

Das FreeBSD-Handbuch

Das FreeBSD-Handbuch

Version: [48963](#)

2016-06-19 16:31:50Z von bhd.

Copyright © 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 The FreeBSD German Documentation Project

Zusammenfassung

Willkommen bei FreeBSD! Dieses Handbuch beschreibt die Installation und den täglichen Umgang mit *FreeBSD 8.4-RELEASE*, *9.3-RELEASE* und *FreeBSD 10.3-RELEASE*. Das Handbuch ist *jederzeit unter Bearbeitung* und das Ergebnis der Arbeit vieler Einzelpersonen. Dies kann dazu führen, dass bestimmte Bereiche nicht mehr aktuell sind und auf den neuesten Stand gebracht werden müssen. Bei Unklarheiten empfiehlt es sich daher stets, die [englische Originalversion](#) des Handbuchs zu lesen.

Wenn Sie bei der Übersetzung des Handbuchs mithelfen möchten, senden Sie bitte eine E-Mail an die Mailingliste 'FreeBSD German Documentation Project' <de-bsd-translators@de.FreeBSD.org>.

Die aktuelle Version des Handbuchs ist immer auf dem [FreeBSD-Webserver](#) verfügbar und kann in verschiedenen Formaten und in komprimierter Form vom [FreeBSD FTP-Server](#) oder einem der vielen [Spiegel](#) heruntergeladen werden (ältere Versionen finden Sie hingegen unter <http://docs.FreeBSD.org/doc/>). Vielleicht möchten Sie das Handbuch aber auch [durchsuchen](#).

Redistribution and use in source (SGML DocBook) and 'compiled' forms (SGML, HTML, PDF, PostScript, RTF and so forth) with or without modification, are permitted provided that the following conditions are met:

1. Redistributions of source code (SGML DocBook) must retain the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer as the first lines of this file unmodified.
2. Redistributions in compiled form (transformed to other DTDs, converted to PDF, PostScript, RTF and other formats) must reproduce the above copyright notice, this list of conditions and the following disclaimer in the documentation and/or other materials provided with the distribution.



Wichtig

THIS DOCUMENTATION IS PROVIDED BY THE FREEBSD DOCUMENTATION PROJECT "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE FREEBSD DOCUMENTATION PROJECT BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL, SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS DOCUMENTATION, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

FreeBSD ist ein eingetragenes Warenzeichen der FreeBSD Foundation.

3Com und HomeConnect sind eingetragene Warenzeichen der 3Com Corporation.

3ware und Escalade sind eingetragene Warenzeichen von 3ware Inc.

ARM ist ein eingetragenes Warenzeichen von ARM Limited.

Adaptec ist ein eingetragenes Warenzeichen von Adaptec, Inc.

Adobe, Acrobat, Acrobat Reader und PostScript sind entweder eingetragene Warenzeichen oder Warenzeichen von Adobe Systems Incorporated in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern.

Apple, FireWire, Mac, Macintosh, Mac OS, Quicktime und TrueType sind eingetragene Warenzeichen von Apple Computer, Inc., in den Vereinigten Staaten und anderen Ländern.

Corel und WordPerfect sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der Corel Corporation und/oder ihren Gesellschaften in den Vereinigten Staaten und/oder anderen Ländern.

Sound Blaster ist ein Warenzeichen von Creative Technology Ltd. in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern.

Android is a trademark of Google Inc.

Heidelberg, Helvetica, Palatino und Times Roman sind Marken der Heidelberger Druckmaschinen AG in Deutschland und anderen Ländern.

IBM, AIX, OS/2, PowerPC, PS/2, S/390 und ThinkPad sind Warenzeichen der International Business Machines Corporation in den Vereinigten Staaten, anderen Ländern oder beiden.

IEEE, POSIX und 802 sind eingetragene Warenzeichen vom Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. in den Vereinigten Staaten.

Intel, Celeron, EtherExpress, i386, i486, Itanium, Pentium und Xeon sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der Intel Corporation oder ihrer Gesellschaften in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

Intuit und Quicken sind eingetragene Warenzeichen und/oder Dienstleistungsmarken von Intuit Inc. oder einer ihrer Gesellschaften in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

Linux ist ein eingetragenes Warenzeichen von Linus Torvalds.

LSI Logic, AcceleRAID, eXtremeRAID, MegaRAID und Mylex sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der LSI Logic Corp.

Microsoft, MS-DOS, Outlook, Windows, Windows Media und Windows NT sind entweder eingetragene Warenzeichen oder Warenzeichen der Microsoft Corporation in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern.

Motif, OSF/1 und UNIX sind eingetragene Warenzeichen und IT DialTone und The Open Group sind Warenzeichen der The Open Group in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

Oracle ist ein eingetragenes Warenzeichen der Oracle Corporation.

PowerQuest und PartitionMagic sind eingetragene Warenzeichen der PowerQuest Corporation in den Vereinigten Staaten und/oder anderen Ländern.

RealNetworks, RealPlayer und RealAudio sind eingetragene Warenzeichen von RealNetworks, Inc.

Red Hat, RPM, sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von Red Hat, Inc. in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

Sun, Sun Microsystems, Java, Java Virtual Machine, JDK, JSP, JVM, Netra, Solaris, StarOffice und SunOS sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von Sun Microsystems, Inc. in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

Symantec und Ghost sind eingetragene Warenzeichen der Symantec Corporation in den Vereinigten Staaten und in anderen Ländern.

MATLAB ist ein eingetragenes Warenzeichen von The MathWorks, Inc.

SpeedTouch ist ein Warenzeichen von Thomson

U.S. Robotics und Sportster sind eingetragene Warenzeichen der U.S. Robotics Corporation.

VMware ist ein Warenzeichen von VMware, Inc

Waterloo Maple und Maple sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von Waterloo Maple Inc.

Mathematica ist ein eingetragenes Warenzeichen von Wolfram Research, Inc.

XFree86 ist ein Warenzeichen von The XFree86 Project, Inc.

Ogg Vorbis und Xiph.Org sind Warenzeichen von Xiph.Org.

Viele Produktbezeichnungen von Herstellern und Verkäufern sind Warenzeichen. Soweit dem FreeBSD Project das Warenzeichen bekannt ist, werden die in diesem Dokument vorkommenden Bezeichnungen mit dem Symbol „™“ oder dem Symbol „®“ gekennzeichnet.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	xvii
I. Erste Schritte	1
1. Einleitung	5
1.1. Überblick	5
1.2. Willkommen zu FreeBSD	5
1.3. Über das FreeBSD Projekt	10
2. FreeBSD 8.X (und älter) installieren	15
2.1. Übersicht	15
2.2. Hardware-Anforderungen	15
2.3. Vor der Installation	16
2.4. Die Installation starten	23
2.5. Das Werkzeug sysinstall	28
2.6. Plattenplatz für FreeBSD bereitstellen	32
2.7. Den Installationsumfang bestimmen	44
2.8. Das Installationsmedium auswählen	46
2.9. Die Installation festschreiben	47
2.10. Arbeiten nach der Installation	48
2.11. Fehlersuche	73
2.12. Anspruchsvollere Installationen	77
2.13. Eigene Installationsmedien herstellen	78
3. FreeBSD 9.X (und neuer) installieren	85
3.1. Übersicht	85
3.2. Minimale Hardwareanforderungen	85
3.3. Vor der Installation	87
3.4. Die Installation starten	91
3.5. Verwendung von bsdinstall	95
3.6. Installation aus dem Netzwerk	98
3.7. Plattenplatz bereitstellen	99
3.8. Die Installation festschreiben	108
3.9. Arbeiten nach der Installation	110
3.10. Fehlerbehebung	126
3.11. Verwendung der Live-CD	127
4. Grundlagen des UNIX Betriebssystems	129
4.1. Übersicht	129
4.2. Virtuelle Konsolen und Terminals	129
4.3. Benutzer und grundlegende Account-Verwaltung	131
4.4. Zugriffsrechte	139
4.5. Verzeichnis-Strukturen	143
4.6. Festplatten, Slices und Partitionen	145
4.7. Anhängen und Abhängen von Dateisystemen	153
4.8. Prozesse und Dämonen	155
4.9. Shells	158
4.10. Text-Editoren	161
4.11. Geräte und Gerätedateien	161
4.12. Manualpages	161
5. Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports	163
5.1. Übersicht	163
5.2. Installation von Software	163
5.3. Suchen einer Anwendung	164
5.4. Benutzen von pkg zur Verwaltung von Binärpaketen	166
5.5. Benutzen der Ports-Sammlung	170
5.6. Pakete mit Poudriere bauen	177
5.7. Nach der Installation	179
5.8. Kaputte Ports	180
6. Das X-Window-System	181
6.1. Übersicht	181

6.2. Terminologie	181
6.3. Xorg installieren	182
6.4. Xorg konfigurieren	183
6.5. Schriftarten in Xorg benutzen	190
6.6. Der X-Display-Manager	193
6.7. Grafische Oberflächen	194
6.8. Compiz Fusion installieren	197
6.9. Fehlersuche	199
II. Oft benutzte Funktionen	205
7. Desktop-Anwendungen	209
7.1. Übersicht	209
7.2. Browser	209
7.3. Büroanwendungen	213
7.4. Anzeigen von Dokumenten	215
7.5. Finanzsoftware	217
8. Multimedia	219
8.1. Übersicht	219
8.2. Soundkarten einrichten	219
8.3. MP3-Audio	223
8.4. Videos wiedergeben	225
8.5. TV-Karten	230
8.6. MythTV	231
8.7. Scanner	232
9. Konfiguration des FreeBSD-Kernels	237
9.1. Übersicht	237
9.2. Wieso einen eigenen Kernel bauen?	237
9.3. Informationen über die vorhandene Hardware beschaffen	238
9.4. Die Kernelkonfigurationsdatei	239
9.5. Einen angepassten Kernel bauen und installieren	240
9.6. Wenn etwas schiefgeht	241
10. Drucken	243
10.1. Schnellstart	243
10.2. Druckerverbindungen	244
10.3. Gebräuchliche Seitenbeschreibungssprachen	245
10.4. Direktes Drucken	246
10.5. LPD (Line Printer Daemon)	246
10.6. Andere Drucksysteme	253
11. Linux®-Binärkompatibilität	255
11.1. Übersicht	255
11.2. Konfiguration der Linux®-Binärkompatibilität	255
11.3. Weiterführende Themen	257
III. Systemadministration	259
12. Konfiguration und Tuning	265
12.1. Übersicht	265
12.2. Start von Diensten	265
12.3. cron(8) konfigurieren	266
12.4. Dienste unter FreeBSD verwalten	268
12.5. Einrichten von Netzwerkkarten	270
12.6. Virtual Hosts	275
12.7. Konfiguration der Systemprotokollierung	275
12.8. Konfigurationsdateien	281
12.9. Einstellungen mit sysctl(8)	283
12.10. Tuning von Laufwerken	284
12.11. Einstellungen von Kernel Limits	287
12.12. Hinzufügen von Swap-Bereichen	290
12.13. Energie- und Ressourcenverwaltung	291
12.14. ACPI-Fehlersuche	292
13. FreeBSDs Bootvorgang	299

13.1. Übersicht	299
13.2. Das Problem des Bootens	299
13.3. Boot-Manager und Boot-Phasen	300
13.4. Kernel Interaktion während des Bootprozesses	305
13.5. Konfiguration von Geräten	306
13.6. Init: Initialisierung der Prozess-Kontrolle	306
13.7. Der Shutdown-Vorgang	307
14. Sicherheit	309
14.1. Übersicht	309
14.2. Einführung	309
14.3. Einmalpasswörter	316
14.4. TCP Wrapper	318
14.5. Kerberos	320
14.6. OpenSSL	326
14.7. VPN mit IPsec	329
14.8. OpenSSH	334
14.9. Zugriffskontrolllisten für Dateisysteme (ACL)	339
14.10. Sicherheitsprobleme in Software von Drittanbietern überwachen	340
14.11. FreeBSD Sicherheitshinweise	341
14.12. Prozess-Überwachung	345
14.13. Einschränkung von Ressourcen	345
15. Jails	349
15.1. Übersicht	349
15.2. Jails - Definitionen	350
15.3. Einrichtung und Verwaltung von Jails	350
15.4. Feinabstimmung und Administration	352
15.5. Mehrere Jails aktualisieren	353
15.6. Verwaltung von Jails mit ezjail	358
16. Verbindliche Zugriffskontrolle	367
16.1. Übersicht	367
16.2. Schlüsselbegriffe	368
16.3. Erläuterung	369
16.4. MAC Labels verstehen	370
16.5. Planung eines Sicherheitsmodells	375
16.6. Modulkonfiguration	375
16.7. Das MAC Modul seeotheruids	375
16.8. Das MAC Modul bsdextended	376
16.9. Das MAC Modul ifoff	377
16.10. Das MAC Modul portacl	377
16.11. Das MAC Modul partition	379
16.12. Das MAC Modul Multi-Level Security	380
16.13. Das MAC Modul Biba	381
16.14. Das MAC Modul LOMAC	383
16.15. Beispiel 1: Nagios in einer MAC Jail	383
16.16. Beispiel 2: User Lock Down	386
16.17. Fehler im MAC beheben	387
17. Security Event Auditing	389
17.1. Einleitung	389
17.2. Schlüsselbegriffe	390
17.3. Audit Konfiguration	390
17.4. Audit-Trails	394
18. Speichermedien	397
18.1. Übersicht	397
18.2. Hinzufügen von Laufwerken	397
18.3. Partitionen vergrößern	398
18.4. USB Speichermedien	400
18.5. Erstellen und Verwenden von CDs	403
18.6. DVDs benutzen	408

18.7. Disketten benutzen	413
18.8. Datensicherung	413
18.9. Speicherbasierte Laufwerke	417
18.10. Schnappschüsse von Dateisystemen	419
18.11. Disk Quotas	420
18.12. Partitionen verschlüsseln	422
18.13. Den Auslagerungsspeicher verschlüsseln	427
18.14. Highly Available Storage (HAST)	428
19. GEOM: Modulares Framework zur Plattentransformation	435
19.1. Übersicht	435
19.2. RAID0 - Striping	435
19.3. RAID1 - Spiegelung	437
19.4. RAID3 - Byte-Level Striping mit dedizierter Parität	444
19.5. Software RAID	446
19.6. GEOM Gate Netzwerk	449
19.7. Das Labeln von Laufwerken	450
19.8. UFS Journaling in GEOM	452
20. Das Z-Dateisystem (ZFS)	455
20.1. Was ZFS anders macht	455
20.2. Schnellstartanleitung	455
20.3. zpools Administration	460
20.4. zfs Administration	475
20.5. Delegierbare Administration	491
20.6. Themen für Fortgeschrittene	491
20.7. Zusätzliche Informationen	494
20.8. ZFS-Eigenschaften und Terminologie	494
21. Dateisystemunterstützung	507
21.1. Übersicht	507
21.2. Linux® Dateisysteme	507
22. Virtualisierung	509
22.1. Übersicht	509
22.2. FreeBSD als Gast-Betriebssystem	509
22.3. FreeBSD als Host mit Virtualbox	531
22.4. FreeBSD als Host mit bhyve	533
23. Lokalisierung – I18N/L10N einrichten und benutzen	539
23.1. Übersicht	539
23.2. Lokale Anpassungen benutzen	539
23.3. I18N-Programme übersetzen	544
23.4. Lokalisierung für einzelne Sprachen	544
24. FreeBSD aktualisieren	549
24.1. Übersicht	549
24.2. FreeBSD-Update	549
24.3. Portsnap: Ein Werkzeug zur Aktualisierung der Ports-Sammlung	556
24.4. Aktualisieren der Dokumentationssammlung	557
24.5. Einem Entwicklungszweig folgen	561
24.6. Synchronisation der Quellen	564
24.7. Das komplette Basissystem neu bauen	564
24.8. Veraltete Dateien, Verzeichnisse und Bibliotheken löschen	578
24.9. Installation mehrerer Maschinen	579
25. DTrace	581
25.1. Überblick	581
25.2. Unterschiede in der Implementierung	582
25.3. Die DTrace Unterstützung aktivieren	582
25.4. DTrace verwenden	583
IV. Netzwerke	587
26. Serielle Datenübertragung	591
26.1. Übersicht	591
26.2. Begriffe und Hardware	591

26.3. Terminals	595
26.4. Einwahlverbindungen	599
26.5. Verbindungen nach Außen	605
26.6. Einrichten der seriellen Konsole	607
27. PPP	615
27.1. Übersicht	615
27.2. PPP konfigurieren	615
27.3. Probleme bei PPP-Verbindungen	622
27.4. PPP over Ethernet (PPPoE)	624
27.5. PPP over ATM (PPPoA)	625
28. Elektronische Post (E-Mail)	629
28.1. Terminologie	629
28.2. Übersicht	629
28.3. E-Mail Komponenten	630
28.4. Sendmail-Konfigurationsdateien	631
28.5. Wechseln des Mailübertragungs-Agenten	633
28.6. Fehlerbehebung	635
28.7. Weiterführende Themen	637
28.8. Ausgehende E-Mail über einen Relay versenden	638
28.9. E-Mail über Einwahl-Verbindungen	639
28.10. SMTP-Authentifizierung	640
28.11. E-Mail-Programme	641
28.12. E-Mails mit fetchmail abholen	647
28.13. E-Mails mit procmail filtern	648
29. Netzwerkservers	651
29.1. Übersicht	651
29.2. Der inetd „Super-Server“	651
29.3. Network File System (NFS)	654
29.4. Network Information System (NIS)	657
29.5. Lightweight Access Directory Protocol (LDAP)	668
29.6. Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	672
29.7. Domain Name System (DNS)	675
29.8. Apache HTTP-Server	689
29.9. File Transfer Protocol (FTP)	693
29.10. Datei- und Druckserver für Microsoft® Windows®-Clients (Samba)	694
29.11. Die Uhrzeit mit NTP synchronisieren	696
29.12. iSCSI Initiator und Target Konfiguration	698
30. Firewalls	703
30.1. Einführung	703
30.2. Firewallkonzepte	704
30.3. PF	705
30.4. Die IPFILTER-Firewall (IPF)	718
30.5. IPFW	734
31. Weiterführende Netzwerkthemen	751
31.1. Übersicht	751
31.2. Gateways und Routen	751
31.3. Drahtlose Netzwerke	756
31.4. USB Tethering	772
31.5. Bluetooth	773
31.6. LAN-Kopplung mit einer Bridge	779
31.7. Link-Aggregation und Failover	784
31.8. Plattenloser Betrieb mit PXE	788
31.9. IPv6	792
31.10. Common Address Redundancy Protocol (CARP)	796
V. Anhang	799
A. Bezugsquellen für FreeBSD	803
A.1. CD und DVD Sets	803
A.2. FTP-Server	803

A.3. CTM	809
A.4. Benutzen von Subversion	812
A.5. Subversion Mirror Sites	814
A.6. Benutzen von rsync	815
B. Bibliografie	817
B.1. Bücher speziell für FreeBSD	817
B.2. Handbücher	818
B.3. Administrations-Anleitungen	818
B.4. Programmierhandbücher	818
B.5. Betriebssystem-Internia	819
B.6. Sicherheits-Anleitung	819
B.7. Hardware-Anleitung	819
B.8. UNIX® Geschichte	820
B.9. Zeitschriften, Magazine und Journale	820
C. Ressourcen im Internet	821
C.1. Mailinglisten	821
C.2. Usenet-News	835
C.3. World Wide Web Server	836
C.4. E-Mail Adressen	839
D. OpenPGP-Schlüssel	841
D.1. Ansprechpartner	841
FreeBSD Glossar	851
Stichwortverzeichnis	865

Abbildungsverzeichnis

2.1. FreeBSD Boot Loader Menu	25
2.2. Ausgabe der Geräteerkennung	27
2.3. Ihr Land auswählen	28
2.4. Die Tastaturbelegung auswählen	28
2.5. Die Gebrauchsanweisung von sysinstall auswählen	29
2.6. Die Dokumentation abrufen	29
2.7. Das Dokumentationsmenü von sysinstall	30
2.8. Das Hauptmenü von sysinstall	30
2.9. Sysinstall Keymap Menu	31
2.10. Das Hauptmenü von sysinstall	31
2.11. Optionen von sysinstall	32
2.12. Die Standard-Installation starten	32
2.13. Ein Laufwerk für Fdisk aussuchen	35
2.14. Typischer Fdisk-Bildschirm vor dem Editieren	36
2.15. Eine Partition über die gesamte Platte	37
2.16. Sysinstall Boot-Manager-Menü	37
2.17. Die Laufwerksauswahl verlassen	38
2.18. Sysinstall Disklabel-Editor	41
2.19. Sysinstall Disklabel-Editor mit automatischen Vorgaben	41
2.20. Die Größe einer Partition festlegen	42
2.21. Die Größe einer Partition ändern	42
2.22. Den Partitionstyp festlegen	43
2.23. Den Mountpoint festlegen	43
2.24. Sysinstall Disklabel-Editor	44
2.25. Die Distribution auswählen	45
2.26. Die Distributionen bestätigen	46
2.27. Das Installationsmedium auswählen	46
2.28. Eine Netzwerkkarte auswählen	49
2.29. Die Netzwerkkarte ed0 konfigurieren	50
2.30. inetd.conf editieren	52
2.31. Anonymous-FTP konfigurieren	53
2.32. Begrüßungsmeldung des FTP-Servers editieren	54
2.33. exports editieren	55
2.34. Merkmale der Systemkonsole	56
2.35. Bildschirmschoner auswählen	56
2.36. Den Bildschirmschoner einstellen	57
2.37. Die Konfiguration der Systemkonsole verlassen	57
2.38. Das Gebiet auswählen	58
2.39. Das Land auswählen	58
2.40. Die Zeitzone auswählen	59
2.41. Das Mausprotokoll festlegen	60
2.42. Das Mausprotokoll festlegen	60
2.43. Den Mausport einstellen	61
2.44. Den Mausport einstellen	61
2.45. Den Mouse-Daemon aktivieren	62
2.46. Den Mouse-Daemon testen	62
2.47. Die Paketkategorie aussuchen	63
2.48. Pakete auswählen	63
2.49. Pakete installieren	64
2.50. Paketinstallation bestätigen	64
2.51. Benutzerkonto auswählen	65
2.52. Benutzerkonto anlegen	65
2.53. Benutzermenü verlassen	66
2.54. Die Installation beenden	67
2.55. Netzwerkdienste – obere Hälfte	68
2.56. Den MTA festlegen	69

2.57. Ntpdate konfigurieren	70
2.58. Netzwerkdienste – untere Hälfte	70
3.1. FreeBSD Boot Loader Menu	92
3.2. Typical Device Probe Results	94
3.3. Auswahl der Verwendung des Installationsmediums	95
3.4. Tastaturbelegung festlegen	95
3.5. Tastaturauswahlbildschirm	96
3.6. Erweiterte Tastaturbelegung	96
3.7. Festlegen des Rechnernamens	97
3.8. Komponenten für die Installation auswählen	97
3.9. Installation über das Netzwerk	98
3.10. Einen Spiegelserver wählen	99
3.11. Geführte, manuelle oder Shell Partitionierung auswählen	99
3.12. Geführte, manuelle, Shell oder ZFS Partitionierung auswählen	100
3.13. Aus mehreren Platten eine auswählen	101
3.14. Auswahl der gesamten Platte oder einer Partition	101
3.15. Überprüfen der erstellten Partitionen	102
3.16. Partitionen manuell erstellen	102
3.17. Partitionen manuell anlegen	103
3.18. Partitionen manuell erzeugen	104
3.19. ZFS Konfigurationsmenü	106
3.20. ZFS Pool Typen	106
3.21. Auswahl der Laufwerke	107
3.22. Ungültige Auswahl	107
3.23. Eigenschaften einer Festplatte	107
3.24. Passwort für die Verschlüsselung der Platte	108
3.25. Letzte Chance	108
3.26. Letzte Bestätigung	109
3.27. Herunterladen der Distributionsdateien	109
3.28. Überprüfen der Distributionsdateien	110
3.29. Entpacken der Distributionsdateien	110
3.30. Das root-Passwort setzen	111
3.31. Eine zu konfigurierende Netzwerkschnittstelle auswählen	111
3.32. Nach drahtlosen Access Points scannen	112
3.33. Ein drahtloses Netzwerk auswählen	112
3.34. Verbindungsaufbau mit WPA2	113
3.35. Auswahl von IPv4	113
3.36. Auswählen der IPv4-Konfiguration über DHCP	114
3.37. Statische IPv4-Konfiguration	114
3.38. Auswahl von IPv6	115
3.39. Auswahl der IPv6 SLAAC-Konfiguration	115
3.40. Statische IPv6-Konfiguration	116
3.41. DNS-Konfiguration	116
3.42. Lokale oder UTC-Zeit	117
3.43. Das Gebiet auswählen	117
3.44. Das Land auswählen	117
3.45. Wählen einer Zeitzone	118
3.46. Bestätigen der Zeitzone	118
3.47. Auswahl zusätzlicher Dienste	119
3.48. Aktivierung der Absturzaufzeichnung	119
3.49. Benutzerkonten hinzufügen	120
3.50. Benutzerinformationen eingeben	120
3.51. Verlassen der Benutzer- und Gruppenverwaltung	121
3.52. Letzte Schritte der Konfiguration	121
3.53. Manuelle Konfiguration	122
3.54. Die Installation vervollständigen	122
31.1. PXE-Bootvorgang mit NFS Root Mount	792

Tabellenverzeichnis

2.1. Gerätekonfiguration	17
2.2. Partitionen auf dem ersten Laufwerk	38
2.3. Partitionen auf weiteren Laufwerken	39
2.4. FreeBSD 8.X ISO-Abbilder	79
3.1. Partitionierungsschemas	103
4.1. Programme zur Verwaltung von Benutzer-Accounts	134
4.2. UNIX® Zugriffsrechte	139
4.3. Laufwerk-Codes	151
4.4. Gebräuchliche Umgebungsvariablen	159
6.1. Die Konfigurationsdateien von XDM	193
8.1. Typische Fehlermeldungen	221
10.1. Ausgabe PDLs	246
14.1. Ressourcenbeschränkungen für Login-Klassen	346
17.1. Audit-Ereignisklassen	391
17.2. Präfixe für Audit-Ereignisklassen	392
26.1. Nullmodemkabel vom Typ DB-25-zu-DB-25	592
26.2. Nullmodemkabel vom Typ DB-9-zu-DB-9	592
26.3. Nullmodemkabel vom Typ DB-9-zu-DB-25	592
26.4. Signalnamen	599
26.5. Fall 1: Option 0x10 für sio0	611
26.6. Fall 2: Option 0x30 für sio0	611
29.1. NIS Begriffe	658
29.2. Zusätzliche Benutzer	665
29.3. Zusätzliche Rechner	665
29.4. DNS-Begriffe	675
30.1. Nützliche pfctl Optionen	706
31.1. Allgemeine Attribute in Routingtabellen	753
31.2. Station Capability Codes	759
31.3. Reservierte IPv6-Adressen	794

Liste der Beispiele

2.1. Eine bestehende Partition verwenden	18
2.2. Eine bestehende Partition verkleinern	18
3.1. Eine existierende Partition verändern	88
3.2. Verkleinern einer bestehenden Partition	88
3.3. Ein traditionelles, partitioniertes Dateisystem erstellen	105
4.1. Ein Programm als Superuser installieren	133
4.2. Einen Benutzer unter FreeBSD anlegen	134
4.3. Interaktives Löschen von Accounts mit <code>rmuser</code>	136
4.4. <code>chpass</code> als Superuser verwenden	136
4.5. <code>chpass</code> als normaler Benutzer verwenden	137
4.6. Das eigene Passwort wechseln	137
4.7. Als Superuser das Passwort eines anderen Accounts verändern	137
4.8. Setzen der Mitgliederliste einer Gruppe mit <code>pw(8)</code>	138
4.9. Ein Gruppenmitglied mit <code>pw(8)</code> hinzufügen	138
4.10. Hinzufügen eines neuen Gruppenmitglieds mittels <code>pw(8)</code>	139
4.11. Mit <code>id</code> die Gruppenzugehörigkeit bestimmen	139
4.12. Namen von Platten, Slices und Partitionen	152
4.13. Aufteilung einer Festplatte	152
6.1. Den Intel® Treiber über eine Datei auswählen	185
6.2. Den Radeon Treiber über eine Datei auswählen	185
6.3. Den VESA Treiber über eine Datei auswählen	185
6.4. Den <code>scfb</code> Treiber über eine Datei auswählen	186
6.5. Die Bildschirmauflösung in eine Datei schreiben	187
6.6. Manuelles Einstellen der Monitorfrequenzen	188
6.7. Konfiguration eines Tastaturlayouts	188
6.8. Konfiguration mehrerer Tastaturlayouts	188
6.9. <code>X</code> über die Tastatur beenden	189
6.10. Die Anzahl der Maustasten festlegen	189
12.1. Einfache Server Konfiguration	279
12.2. Erstellen einer Swap-Datei	291
13.1. <code>boot0</code> -Screenshot	300
13.2. <code>boot2</code> -Screenshot	301
13.3. Auf insecure gesetzte Konsole in <code>/etc/ttys</code>	307
14.1. Einen sicheren Tunnel für SMTP erstellen	337
14.2. Sicherer Zugriff auf einen POP3-Server	337
14.3. Umgehen einer Firewall	337
15.1. <code>mergemaster(8)</code> in einer nicht vertrauenswürdigen Jail ausführen	362
15.2. <code>mergemaster(8)</code> in einer vertrauenswürdigen Jail ausführen	362
15.3. <code>BIND</code> in einer Jail laufen lassen	364
18.1. <code>dump</code> mit <code>ssh</code> benutzen	414
18.2. <code>dump</code> über <code>ssh</code> mit gesetzter <code>RSH</code> benutzen	415
18.3. Das aktuelle Verzeichnis mit <code>tar</code> sichern	415
18.4. Wiederherstellung mit <code>tar</code> in das aktuelle Verzeichnis	415
18.5. Rekursive Sicherung des aktuellen Verzeichnisses mit <code>ls</code> und <code>cpio</code>	416
18.6. Das aktuelle Verzeichnis mit <code>pax</code> sichern	416
19.1. Die Partitionen einer Bootplatte labeln	451
26.1. Einträge in <code>/etc/ttys</code> hinzufügen	597
29.1. Die Konfigurationsdatei von <code>inetd</code> neu einlesen	652
29.2. Ein exportiertes Dateisystem mit <code>amd</code> in den Verzeichnisbaum einhängen	657
29.3. Beispiel einer <code>/etc/ntp.conf</code>	697
31.1. LACP Aggregation mit einem Cisco® Switch	785
31.2. Ausfallsicherer Modus	787
31.3. Failover Modus zwischen Ethernet- und Wireless-Schnittstellen	787

Vorwort

Über dieses Buch

Der erste Teil dieses Buchs führt FreeBSD-Einsteiger durch den Installationsprozess und stellt leicht verständlich Konzepte und Konventionen vor, die UNIX® zu Grunde liegen. Sie müssen nur neugierig sein und bereitwillig neue Konzepte aufnehmen, wenn diese vorgestellt werden, um diesen Teil durchzuarbeiten.

Wenn Sie den ersten Teil bewältigt haben, bietet der umfangreichere zweite Teil eine verständliche Darstellung vieler Themen, die für FreeBSD-Administratoren relevant sind. Wenn Kapitel auf anderen Kapiteln aufbauen, wird das in der Übersicht am Anfang eines Kapitels erläutert.

Weitere Informationsquellen entnehmen Sie bitte [Anhang B, Bibliografie](#).

Änderungen gegenüber der dritten Auflage

Die aktuelle Auflage des Handbuchs ist das Ergebnis der engagierten Arbeit Hunderter Mitarbeiter des FreeBSD Documentation Projects in den vergangenen 10 Jahren. Die wichtigsten Änderungen dieser Auflage gegenüber der dritten Auflage von 2004 sind:

- [Kapitel 25, DTrace](#) informiert Sie über die mächtigen Funktionen zur Leistungsmessung, die dieses Werkzeug bietet.
- [Kapitel 21, Dateisystemunterstützung](#) enthält Informationen über die Unterstützung nicht-nativer Dateisysteme in FreeBSD, wie beispielsweise ZFS von Sun™.
- [Kapitel 17, Security Event Auditing](#) informiert über die neuen Auditing-Fähigkeiten von FreeBSD.
- [Kapitel 22, Virtualisierung](#) enthält Informationen zur Installation von FreeBSD in verschiedenen Virtualisierungs-Programmen.
- [Kapitel 3, FreeBSD 9.X \(und neuer\) installieren](#) wurde hinzugefügt, um die Installation von FreeBSD mit dem neuen Installationswerkzeug, `bsdinstall`, zu dokumentieren.

Änderungen gegenüber der zweiten Auflage (2004)

Die dritte Auflage des Handbuchs war das Ergebnis der über zwei Jahre dauernden engagierten Arbeit des FreeBSD Documentation Projects. Die gedruckte Ausgabe war derart umfangreich, dass es notwendig wurde, sie in zwei Bände aufzuteilen. Die wichtigsten Änderungen dieser Auflage waren:

- [Kapitel 12, Konfiguration und Tuning](#) enthält neue Abschnitte über ACPI, Energie- und Ressourcenverwaltung und das Werkzeug `cron`.
- [Kapitel 14, Sicherheit](#) erläutert nun Virtual Private Networks (VPNs), Zugriffskontrolllisten (ACLs) und Sicherheitshinweise.
- [Kapitel 16, Verbindliche Zugriffskontrolle](#) ist ein neues Kapitel, das vorgeschriebene Zugriffskontrollen vorstellt und erklärt, wie FreeBSD-Systeme mit MACs abgesichert werden können.
- [Kapitel 18, Speichermedien](#) enthält neue Informationen über USB-Speichergeräte, Dateisystem-Snapshots, Quotas, Datei- und Netzwerk-basierte Dateisysteme sowie verschlüsselte Partitionen.
- Zum [Kapitel 27, PPP](#) wurde ein Abschnitt über Fehlersuche hinzugefügt.

- [Kapitel 28, Elektronische Post \(E-Mail\)](#) wurde um Abschnitte über alternative Transport-Agenten (MTAs), SMTP-Authentifizierung, UUCP, fetchmail, procmail und weitere Themen erweitert.
- [Kapitel 29, Netzwerkservers](#) ist ein weiteres neues Kapitel dieser Auflage. Das Kapitel beschreibt, wie der Apache HTTP-Server, ftpd und ein Samba-Server für Microsoft® Windows®-Clients eingerichtet werden. Einige Abschnitte aus dem [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#) befinden sich nun, wegen des thematischen Zusammenhangs, in diesem Kapitel.
- Das [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#) beschreibt nun den Einsatz von Bluetooth®-Geräten unter FreeBSD und das Einrichten von drahtlosen Netzwerken sowie ATM-Netzwerken.
- Neu hinzugefügt wurde ein Glossar, das die im Buch verwendeten technischen Ausdrücke definiert.
- Das Erscheinungsbild der Tabellen und Abbildungen im Buch wurde verbessert.

Änderungen gegenüber der ersten Auflage (2001)

Die zweite Auflage ist das Ergebnis der engagierten Arbeit der Mitglieder des FreeBSD Documentation Projects über zwei Jahre. Die wichtigsten Änderungen gegenüber der ersten Auflage sind:

- Ein Index wurde erstellt.
- Alle ASCII-Darstellungen wurden durch Grafiken ersetzt.
- Jedes Kapitel wird durch eine Übersicht eingeleitet, die den Inhalt des Kapitels zusammenfasst und die Voraussetzungen für ein erfolgreiches Durcharbeiten des Kapitels darstellt.
- Der Inhalt wurde in die logischen Abschnitte „Erste Schritte“, „Systemadministration“ und „Anhänge“ unterteilt.
- [Kapitel 2, FreeBSD 8.X \(und älter\) installieren](#) wurde komplett neu geschrieben und mit Abbildungen versehen, die Einsteigern das Verständnis des Texts erleichtern.
- [Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#) wurde um den Abschnitt „Dämonen, Signale und Stoppen von Prozessen“ erweitert.
- Das [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) behandelt nun auch Pakete.
- [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) wurde neu geschrieben. Der Schwerpunkt liegt auf modernen Benutzeroberflächen wie KDE und GNOME unter XFree86™.
- Das [Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang](#) wurde erweitert.
- [Kapitel 18, Speichermedien](#) ist aus den beiden Kapiteln „Laufwerke“ und „Sicherungen“ entstanden. Die in den beiden Kapiteln diskutierten Themen sind so leichter zu verstehen. Hinzugekommen ist ein Abschnitt über Software- und Hardware-RAID.
- Das [Kapitel 26, Serielle Datenübertragung](#) wurde reorganisiert und auf FreeBSD 4.X/5.X angepasst.
- Das [Kapitel 27, PPP](#) wurde aktualisiert.
- [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#) wurde um viele neue Abschnitte erweitert.
- [Kapitel 28, Elektronische Post \(E-Mail\)](#) wurde um einen Abschnitt über die Konfiguration von Sendmail erweitert.
- [Kapitel 11, Linux®-Binärkompatibilität](#) behandelt zusätzlich die Installation von Oracle® und SAP® R/3®.
- Neu hinzugekommen sind:

- [Kapitel 12, Konfiguration und Tuning.](#)
- [Kapitel 8, Multimedia.](#)

Gliederung

Dieses Buch ist in fünf Abschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt, *Erste Schritte*, behandelt die Installation und die Grundlagen von FreeBSD. Dieser Abschnitt sollte in der vorgegebenen Reihenfolge durchgearbeitet werden, schon Bekanntes darf aber übersprungen werden. Der zweite Abschnitt, *Oft benutzte Funktionen*, behandelt häufig benutzte Funktionen von FreeBSD. Dieser Abschnitt sowie alle nachfolgenden Abschnitte können in beliebiger Reihenfolge gelesen werden. Jeder Abschnitt beginnt mit einer kurzen Übersicht, die das Thema des Abschnitts und das nötige Vorwissen erläutert. Die Übersichten helfen dem Leser, interessante Kapitel zu finden und erleichtern das Stöbern im Handbuch. Der dritte Abschnitt, *Systemadministration*, behandelt die Administration eines FreeBSD-Systems. Der vierte Abschnitt, *Netzwerke*, bespricht Netzwerke und Netzwerkdienste. Der fünfte Abschnitt enthält Anhänge und Verweise auf weitere Informationen.

[Kapitel 1, Einleitung](#)

Dieses Kapitel macht Einsteiger mit FreeBSD vertraut. Es behandelt die Geschichte, die Ziele und das Entwicklungsmodell des FreeBSD-Projekts.

[Kapitel 3, FreeBSD 9.X \(und neuer\) installieren](#)

Beschreibt den Ablauf der Installation von FreeBSD 9.x und neuere mittels `bsdinstall`.

[Kapitel 2, FreeBSD 8.X \(und älter\) installieren](#)

Beschreibt den Ablauf der Installation von FreeBSD 8.x und früher mittels `sysinstall`. Spezielle Installationsmethoden, wie die Installation mit einer seriellen Konsole, werden ebenfalls behandelt.

[Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)

Erläutert die elementaren Kommandos und Funktionen von FreeBSD. Wenn Sie schon mit Linux® oder einem anderen UNIX® System vertraut sind, können Sie dieses Kapitel überspringen.

[Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)

Zeigt wie mit der innovativen Ports-Sammlung oder mit Paketen Software von Fremdherstellern installiert wird.

[Kapitel 6, Das X-Window-System](#)

Beschreibt allgemein das X Window System und geht speziell auf X11 unter FreeBSD ein. Weiterhin werden grafische Benutzeroberflächen wie KDE und GNOME behandelt.

[Kapitel 7, Desktop-Anwendungen](#)

Enthält eine Aufstellung verbreiteter Anwendungen wie Browser, Büroanwendungen und Office-Pakete und beschreibt wie diese Anwendungen installiert werden.

[Kapitel 8, Multimedia](#)

Erklärt, wie Sie auf Ihrem System Musik und Videos abspielen können. Beispielhaft werden auch Anwendungen aus dem Multimedia-Bereich beleuchtet.

[Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)

Erklärt, warum Sie einen angepassten Kernel erzeugen sollten und gibt ausführliche Anweisungen wie Sie einen angepassten Kernel konfigurieren, bauen und installieren.

[Kapitel 10, Drucken](#)

Beschreibt, wie Sie Drucker unter FreeBSD verwalten. Diskutiert werden Deckblätter, das Einrichten eines Druckers und ein Abrechnungssystem für ausgedruckte Seiten.

[Kapitel 11, Linux®-Binärkompatibilität](#)

Beschreibt die binäre Kompatibilität zu Linux®. Weiterhin werden ausführliche Installationsanleitungen für Oracle® und Mathematica® gegeben.

Kapitel 12, Configuration und Tuning

Beschreibt die Einstellungen, die ein Systemadministrator vornehmen kann, um die Leistungsfähigkeit eines FreeBSD Systems zu verbessern. In diesem Kapitel werden auch verschiedene Konfigurationsdateien besprochen.

Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang

Erklärt den Bootprozess von FreeBSD und beschreibt die Optionen, mit denen sich der Bootprozess beeinflussen lässt.

Kapitel 14, Sicherheit

Beschreibt die Werkzeuge mit denen Sie Ihr FreeBSD-System absichern. Unter Anderem werden Kerberos, IPsec und OpenSSH besprochen.

Kapitel 15, Jails

Dieses Kapitel beschreibt das Jails-Framework sowie die Vorteile von Jails gegenüber der traditionellen chroot-Unterstützung von FreeBSD.

Kapitel 16, Verbindliche Zugriffskontrolle

Erklärt vorgeschriebene Zugriffskontrollen (MACs) und wie mit ihrer Hilfe FreeBSD-Systeme gesichert werden.

Kapitel 17, Security Event Auditing

Beschreibt, was FreeBSD Event Auditing ist, wie Sie diese Funktion installieren und konfigurieren und die damit erzeugten Audit-Trails überwachen und auswerten können.

Kapitel 18, Speichermedien

Erläutert den Umgang mit Speichermedien und Dateisystemen. Behandelt werden Plattenlaufwerke, RAID-Systeme, optische Medien, Bandlaufwerke, RAM-Laufwerke und verteilte Dateisysteme.

Kapitel 19, GEOM: Modulares Framework zur Plattentransformation

Beschreibt das GEOM-Framework von FreeBSD sowie die Konfiguration der verschiedenen unterstützten RAID-Level.

Kapitel 21, Dateisystemunterstützung

Beschreibt die Unterstützung nicht-nativer Dateisysteme (beispielsweise des Z-Dateisystems (zfs) von Sun™) durch FreeBSD.

Kapitel 22, Virtualisierung

Dieses Kapitel beschreibt verschiedene Virtualisierungslösungen und wie diese mit FreeBSD zusammenarbeiten.

Kapitel 23, Lokalisierung – I18N/L10N einrichten und benutzen

Zeigt wie Sie FreeBSD mit anderen Sprachen als Englisch einsetzen. Es wird sowohl die Lokalisierung auf der System-Ebene wie auch auf der Anwendungs-Ebene betrachtet.

Kapitel 24, FreeBSD aktualisieren

Erklärt die Unterschiede zwischen FreeBSD-STABLE, FreeBSD-CURRENT und FreeBSD-Releases. Das Kapitel enthält Kriterien anhand derer Sie entscheiden können, ob es sich lohnt, ein Entwickler-System zu installieren und aktuell zu halten. Außerdem wird beschrieben, wie Sie Ihr System durch das Einspielen neuer Sicherheits-Patches absichern.

Kapitel 25, DTrace

Beschreibt, wie das von Sun™ entwickelte DTrace-Werkzeug unter FreeBSD konfiguriert und eingesetzt werden kann. Dynamisches Tracing kann Ihnen beim Aufspüren von Leistungsproblemen helfen, indem Sie Echtzeit-Systemanalysen durchführen.

Kapitel 26, Serielle Datenübertragung

Erläutert, wie Sie Terminals und Modems an Ihr FreeBSD-System anschließen und sich so ein- und auswählen können.

Vorwort

Kapitel 27, PPP

Erklärt wie Sie mit PPP, SLIP oder PPP über Ethernet ein FreeBSD-System mit einem entfernten System verbinden.

Kapitel 28, Elektronische Post (E-Mail)

Erläutert die verschiedenen Bestandteile eines E-Mail Servers und zeigt einfache Konfigurationen für sendmail, dem meist genutzten E-Mail-Server.

Kapitel 29, Netzwerkserver

Bietet ausführliche Informationen und Beispielkonfigurationen, die es Ihnen ermöglichen, Ihren FreeBSD-Rechner als *Network File System Server*, *Domain Name Server*, *Network Information Server*, oder als Zeitsynchronisationsserver einzurichten.

Kapitel 30, Firewalls

Erklärt die Philosophie hinter softwarebasierten Firewalls und bietet ausführliche Informationen zur Konfiguration der verschiedenen, für FreeBSD verfügbaren Firewalls.

Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen

Behandelt viele Netzwerkthemen, beispielsweise das Verfügbarmachen einer Internetverbindung für andere Rechner eines LANs, Routing, drahtlose Netzwerke, Bluetooth®, IPv6, ATM und andere mehr.

Anhang A, Bezugsquellen für FreeBSD

Enthält eine Aufstellung der Quellen von denen Sie FreeBSD beziehen können: CD-ROM, DVD sowie Internet-Sites.

Anhang B, Bibliografie

Dieses Buch behandelt viele Themen und kann nicht alle Fragen erschöpfend beantworten. Die Bibliografie enthält weiterführende Bücher, die im Text zitiert werden.

Anhang C, Ressourcen im Internet

Enthält eine Aufstellung der Foren, die FreeBSD Benutzern für Fragen und Diskussionen zur Verfügung stehen.

Anhang D, OpenPGP-Schlüssel

Enthält PGP-Fingerabdrücke von etlichen FreeBSD Entwicklern.

Konventionen in diesem Buch

Damit der Text einheitlich erscheint und leicht zu lesen ist, werden im ganzen Buch die nachstehenden Konventionen beachtet:

Typographie

Kursiv

Für Dateinamen, URLs, betonte Teile eines Satzes und das erste Vorkommen eines Fachbegriffs wird ein *kursiver* Zeichensatz benutzt.

Fixschrift

Fehlermeldungen, Kommandos, Umgebungsvariablen, Namen von Ports, Hostnamen, Benutzernamen, Gruppennamen, Gerätenamen, Variablen und Code-Ausschnitte werden in einer *Fixschrift* dargestellt.

Fett

Fett kennzeichnet Anwendungen, Kommandozeilen und Tastensymbole.

Benutzereingaben

Tasten werden fett dargestellt, um sie von dem umgebenden Text abzuheben. Tasten, die gleichzeitig gedrückt werden müssen, werden durch ein + zwischen den einzelnen Tasten dargestellt:

Ctrl+Alt+Del

Im gezeigten Beispiel soll der Benutzer die Tasten Ctrl, Alt und Del gleichzeitig drücken.

Tasten, die nacheinander gedrückt werden müssen, sind durch Kommas getrennt:

Ctrl+X, Ctrl+S

Das letzte Beispiel bedeutet, dass die Tasten Ctrl und X gleichzeitig betätigt werden und danach die Tasten Ctrl und S gleichzeitig gedrückt werden müssen.

Beispiele

Beispiele, die durch `C:\>` eingeleitet werden, zeigen ein MS-DOS® Kommando. Wenn nichts Anderes angezeigt wird, können diese Kommandos unter neuen Versionen von Microsoft® Windows® auch in einem DOS-Fenster ausgeführt werden.

```
E:\> tools\fdimage floppies\kern.flp A:
```

Beispiele, die mit `#` beginnen, müssen unter FreeBSD mit Superuser-Rechten ausgeführt werden. Dazu melden Sie sich entweder als `root` an oder Sie wechseln von Ihrem normalen Account mit `su(1)` zu dem Benutzer `root`.

```
# dd if=kern.flp of=/dev/fd0
```

Beispiele, die mit `%` anfangen, werden unter einem normalen Benutzer-Account ausgeführt. Sofern nichts Anderes angezeigt wird, verwenden die Beispiele die Syntax der C-Shell.

```
% top
```

Danksagung

Dieses Buch ist aus Beiträgen von vielen Leuten aus allen Teilen der Welt entstanden. Alle eingegangenen Beiträge, zum Beispiel Korrekturen oder vollständige Kapitel, waren wertvoll.

Einige Firmen haben dieses Buch dadurch unterstützt, dass Sie Autoren in Vollzeit beschäftigt und die Veröffentlichung des Buchs finanziert haben. Besonders BSDi (das später von [Wind River Systems](#) übernommen wurde) beschäftigte Mitglieder des FreeBSD Documentation Projects, um dieses Buch zu erstellen. Dadurch wurde die erste (englische) gedruckte Auflage im März 2000 möglich (ISBN 1-57176-241-8). Wind River Systems bezahlte dann weitere Autoren, die die zum Drucken nötige Infrastruktur verbesserten und zusätzliche Kapitel beisteuerten. Das Ergebnis dieser Arbeit ist die zweite (englische) Auflage vom November 2001 (ISBN 1-57176-303-1). Zwischen 2003 und 2004 bezahlte [FreeBSD Mall, Inc](#) mehrere Mitarbeiter für die Vorbereitung der gedruckten dritten Auflage.

Teil I. Erste Schritte

Dieser Teil des FreeBSD-Handbuchs richtet sich an Benutzer und Administratoren für die FreeBSD neu ist. Diese Kapitel

- geben Ihnen eine Einführung in FreeBSD,
- geleiten Sie durch den Installationsprozess,
- erklären Ihnen die Grundlagen von UNIX® Systemen,
- zeigen Ihnen, wie Sie die Fülle der erhältlichen Anwendungen Dritter installieren und
- führen Sie in X, der Benutzeroberfläche von UNIX® Systemen ein. Es wird gezeigt, wie Sie den Desktop konfigurieren, um effektiver arbeiten zu können.

Wir haben uns bemüht, Referenzen auf weiter vorne liegende Textteile auf ein Minimum zu beschränken, so dass Sie diesen Teil des Handbuchs ohne viel Blättern durcharbeiten können.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	5
1.1. Überblick	5
1.2. Willkommen zu FreeBSD	5
1.3. Über das FreeBSD Projekt	10
2. FreeBSD 8.X (und älter) installieren	15
2.1. Übersicht	15
2.2. Hardware-Anforderungen	15
2.3. Vor der Installation	16
2.4. Die Installation starten	23
2.5. Das Werkzeug sysinstall	28
2.6. Plattenplatz für FreeBSD bereitstellen	32
2.7. Den Installationsumfang bestimmen	44
2.8. Das Installationsmedium auswählen	46
2.9. Die Installation festschreiben	47
2.10. Arbeiten nach der Installation	48
2.11. Fehlersuche	73
2.12. Anspruchsvollere Installationen	77
2.13. Eigene Installationsmedien herstellen	78
3. FreeBSD 9.X (und neuer) installieren	85
3.1. Übersicht	85
3.2. Minimale Hardwareanforderungen	85
3.3. Vor der Installation	87
3.4. Die Installation starten	91
3.5. Verwendung von bsdinstall	95
3.6. Installation aus dem Netzwerk	98
3.7. Plattenplatz bereitstellen	99
3.8. Die Installation festschreiben	108
3.9. Arbeiten nach der Installation	110
3.10. Fehlerbehebung	126
3.11. Verwendung der Live-CD	127
4. Grundlagen des UNIX Betriebssystems	129
4.1. Übersicht	129
4.2. Virtuelle Konsolen und Terminals	129
4.3. Benutzer und grundlegende Account-Verwaltung	131
4.4. Zugriffsrechte	139
4.5. Verzeichnis-Strukturen	143
4.6. Festplatten, Slices und Partitionen	145
4.7. Anhängen und Abhängen von Dateisystemen	153
4.8. Prozesse und Dämonen	155
4.9. Shells	158
4.10. Text-Editoren	161
4.11. Geräte und Gerätedateien	161
4.12. Manualpages	161
5. Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports	163
5.1. Übersicht	163
5.2. Installation von Software	163
5.3. Suchen einer Anwendung	164
5.4. Benutzen von pkg zur Verwaltung von Binärpaketen	166
5.5. Benutzen der Ports-Sammlung	170
5.6. Pakete mit Poudriere bauen	177
5.7. Nach der Installation	179
5.8. Kaputte Ports	180
6. Das X-Window-System	181
6.1. Übersicht	181
6.2. Terminologie	181
6.3. Xorg installieren	182

6.4. Xorg konfigurieren	183
6.5. Schriftarten in Xorg benutzen	190
6.6. Der X-Display-Manager	193
6.7. Grafische Oberflächen	194
6.8. Compiz Fusion installieren	197
6.9. Fehlersuche	199

Kapitel 1. Einleitung

Restrukturiert, umorganisiert und Abschnitte neu geschrieben von Jim Mock.

1.1. Überblick

Herzlichen Dank für Ihr Interesse an FreeBSD! Das folgende Kapitel behandelt verschiedene Aspekte des FreeBSD Projekts wie dessen geschichtliche Entwicklung, seine Ziele oder das Entwicklungsmodell.

Nach dem Durcharbeiten des Kapitels wissen Sie über folgende Punkte Bescheid:

- Wo FreeBSD im Vergleich zu anderen Betriebssystemen steht
- Die Geschichte des FreeBSD Projekts
- Die Ziele des FreeBSD Projekts
- Die Grundlagen des FreeBSD-Open-Source-Entwicklungsmodells
- Und natürlich woher der Name „FreeBSD“ kommt.

1.2. Willkommen zu FreeBSD

FreeBSD ist ein auf 4.BSD-Lite basierendes Betriebssystem für Intel (x86 und Itanium®), AMD64 und Sun UltraS-PARC® Rechner. An Portierungen zu anderen Architekturen wird derzeit gearbeitet. Mehr zur Geschichte von FreeBSD erfahren Sie in [die Geschichte von FreeBSD](#) oder aus den [aktuellen Release-Informationen](#). Falls Sie das FreeBSD Projekt unterstützen wollen (z.B. mit Quellcode, Hardware- oder Geldspenden), lesen Sie den [FreeBSD unterstützen](#) Artikel.

1.2.1. Was kann FreeBSD?

FreeBSD hat zahlreiche bemerkenswerte Eigenschaften. Um nur einige zu nennen:

- *Präemptives Multitasking* mit dynamischer Prioritätsanpassung zum reibungslosen und ausgeglichenen Teilen der Systemressourcen zwischen Anwendungen und Anwendern, selbst unter schwerster Last.
- *Mehrbenutzerbetrieb* erlaubt es, viele FreeBSD-Anwender gleichzeitig am System mit verschiedenen Aufgaben arbeiten zu lassen. Beispielsweise können Geräte wie Drucker oder Bandlaufwerke, die sich nur schwerlich unter allen Anwendern des Systems oder im Netzwerk teilen lassen, durch setzen von Beschränkungen auf Benutzer oder Gruppen wichtige Systemressourcen vor Überbeanspruchung geschützt werden.
- *StarkeTCP/IP-Netzwerkfähigkeit* mit Unterstützung von Industriestandards wie SCTP, DHCP, NFS, NIS, PPP, SLIP, IPsec und IPv6. Das bedeutet, Ihr FreeBSD-System kann in einfachster Weise mit anderen Systemen interagieren. Zudem kann es als Server-System im Unternehmen wichtige Aufgaben übernehmen, beispielsweise als NFS- oder E-Mail-Server oder es kann Ihren Betrieb durch HTTP- und FTP-Server beziehungsweise durch Routing und Firewalling Internetfähig machen.
- *Speicherschutz* stellt sicher, dass Anwendungen (oder Anwender) sich nicht gegenseitig stören. Stürzt eine Anwendung ab, hat das keine Auswirkung auf andere Prozesse.
- Der Industriestandard *X-Window-System* (X11R7) bietet eine grafische Benutzeroberfläche (GUI).
- *Binärkompatibilität* mit vielen auf anderen Betriebssystemen erstellten Programmen wie Linux, SCO, SVR4, BSDI und NetBSD.

- Tausende zusätzliche *leicht zu portierende* Anwendungen sind über die FreeBSD Ports und Paket-Sammlung verfügbar. Warum mühselig im Netz nach Software suchen, wenn diese bereits vorhanden ist?
- Tausende zusätzliche *leicht zu portierende* Anwendungen sind über das Internet zu beziehen. FreeBSD ist Quellcode-kompatibel mit den meisten kommerziellen UNIX® Systemen. Daher bedürfen Anwendungen häufig nur geringer oder gar keiner Anpassung, um auf einem FreeBSD-System zu kompilieren.
- Seitenweise anforderbarer *virtueller Speicher* und „merged VM/buffer cache“-Entwurf bedient effektiv den großen Speicherhunger mancher Anwendungen bei gleichzeitigem Aufrechterhalten der Bedienbarkeit des Systems für weitere Benutzer.
- SMP-Unterstützung für Systeme mit mehreren CPUs.
- Ein voller Satz von C und C++ Entwicklungswerkzeugen. Viele zusätzliche Programmiersprachen für höhere Wissenschaft und Entwicklung sind in der Ports- und Packages-Sammlung verfügbar.
- *Quellcode* für das gesamte System bedeutet größtmögliche Kontrolle über Ihre Umgebung. Warum sollte man sich durch proprietäre Lösungen knebeln und sich auf Gedeih und Verderb der Gnade eines Herstellers ausliefern, wenn man doch ein wahrhaft offenes System haben kann?
- Umfangreiche *Online-Dokumentation*.
- *und viele weitere!*

FreeBSD basiert auf dem 4.4BSD-Lite-Release der Computer Systems Research Group (CSRG) der Universität von Kalifornien in Berkeley und führt die namenhafte Tradition der Entwicklung von BSD-Systemen fort. Zusätzlich zu der herausragenden Arbeit der CSRG hat das FreeBSD Projekt tausende weitere Arbeitsstunden investiert, um das System zu verfeinern und maximale Leistung und Zuverlässigkeit bei Alltagslast zu bieten. FreeBSD bietet Leistung und Zuverlässigkeit auf dem Niveau kommerzieller Angebote, und kombiniert viele innovative Funktionen, die in anderen Angeboten nicht verfügbar sind.

Die Anwendungsmöglichkeiten von FreeBSD werden nur durch Ihre Vorstellungskraft begrenzt. Von Software-Entwicklung bis zu Produktionsautomatisierung, von Lagerverwaltung über Abweichungskorrektur bei Satelliten; Falls etwas mit kommerziellen UNIX® Produkten machbar ist, dann ist es höchstwahrscheinlich auch mit FreeBSD möglich. FreeBSD profitiert stark von tausenden hochwertigen Anwendungen aus wissenschaftlichen Instituten und Universitäten in aller Welt. Häufig sind diese für wenig Geld oder sogar kostenlos zu bekommen. Kommerzielle Anwendungen sind ebenso verfügbar und es werden täglich mehr.

Durch den freien Zugang zum Quellcode von FreeBSD ist es in unvergleichbarer Weise möglich, das System für spezielle Anwendungen oder Projekte anzupassen. Dies ist mit den meisten kommerziellen Betriebssystemen einfach nicht möglich. Beispiele für Anwendungen, die unter FreeBSD laufen, sind:

- *Internet-Dienste*: Die robuste TCP/IP-Implementierung in FreeBSD macht es zu einer idealen Plattform für verschiedenste Internet-Dienste, wie zum Beispiel:
 - HTTP-Server (Standard oder mit SSL-Verschlüsselung)
 - IPv4- und IPv6-Routing
 - Firewall NAT („IP-Masquerading“)-Gateways
 - FTP-Server
 - E-Mail-Server
 - Und mehr...
- *Bildung*: Sind Sie Informatikstudent oder Student eines verwandten Studiengangs? Die praktischen Einblicke in FreeBSD sind die beste Möglichkeit etwas über Betriebssysteme, Rechnerarchitektur und Netzwerke zu lernen.

Einige frei erhältliche CAD-, mathematische und grafische Anwendungen sind sehr nützlich, gerade für diejenigen, deren Hauptinteresse in einem Computer darin besteht, *andere* Arbeit zu erledigen!

- *Forschung:* Mit dem frei verfügbaren Quellcode für das gesamte System bildet FreeBSD ein exzellentes Studienobjekt in der Disziplin der Betriebssysteme, wie auch in anderen Zweigen der Informatik. Es ist beispielsweise denkbar, dass räumlich getrennte Gruppen gemeinsam an einer Idee oder Entwicklung arbeiten. Das Konzept der freien Verfügbarkeit und -nutzung von FreeBSD ermöglicht so die freie Verwendung, ohne sich gross Gedanken über Lizenzbedingungen zu machen oder aufgrund von Beschränkungen evtl. in einem offenen Forum bestimmte Dinge nicht diskutieren zu dürfen.
- *Netzwerkfähigkeit:* Brauchen Sie einen neuen Router? Oder einen Name-Server (DNS)? Eine Firewall zum Schutze Ihres Intranets vor Fremdzugriff? FreeBSD macht aus dem in der Ecke verstaubenden 386- oder 486-PC im Handumdrehen einen leistungsfähigen Router mit anspruchsvollen Paketfilter-Funktionen.
- *Embedded:* FreeBSD ist eine exzellente Plattform, um auf embedded Systemen aufzubauen. Mit der Unterstützung für die ARM®, MIPS®- und PowerPC®-Plattformen, verbunden mit dem robusten Netzwerkstack, aktuellen Neuerungen und der freizügigen [BSD-Lizenz](#) stellt FreeBSD eine ausgezeichnete Basis für embedded Router, Firewalls und andere Geräte dar.
- *Desktop:* FreeBSD ist eine gute Wahl für kostengünstige X-Terminals mit dem frei verfügbaren X11-Server. FreeBSD bietet die Auswahl aus vielen Open Source Desktop Umgebungen, dazu gehören auch die GNOME und KDE GUIs. FreeBSD kann sogar „plattenlos“ booten, was einzelne Workstations sogar noch günstiger macht und die Verwaltung erleichtert.
- *Software-Entwicklung:* Das Standard-FreeBSD-System wird mit einem kompletten Satz an Entwicklungswerkzeugen bereitgestellt, unter anderem einem vollständigen C/C++-Compiler und -Debugger. Entwicklungswerkzeugen. Viele zusätzliche Programmiersprachen für Wissenschaft und Entwicklung sind aus der Ports- und Packages-Sammlung zu haben.

FreeBSD ist sowohl in Form von Quellcode als auch in Binärform auf CD-ROM, DVD und über Anonymus FTP erhältlich. Lesen Sie dazu [Anhang A, Bezugsquellen für FreeBSD](#), um weitere Informationen zum Bezug von FreeBSD zu erhalten.

1.2.2. Wer verwendet FreeBSD?

FreeBSDs fortgeschrittene Eigenschaften, bewährte Sicherheit und vorhersehbare Release-Zyklen, genauso wie seine tolerante Lizenz haben dazu geführt, dass es als Plattform zum Aufbau vieler kommerzieller und quelloffener Geräte und Produkte verwendet wird. Viele der weltgrössten IT-Unternehmen benutzen FreeBSD:

- [Apache](#) - Die Apache Software Foundation lässt den Grossteil seiner der Öffentlichkeit zugänglichen Infrastruktur, inklusive des möglicherweise grössten SVN-Repositories der Welt mit über 1,4 Millionen Commits, auf FreeBSD laufen.
- [Apple](#) - OS X verwendet viel von FreeBSDs eigenem Netzwerkstack, virtuellem Dateisystem und den Benutzerumgebungskomponenten für sein eigenes System. Apple iOS nutzt ebenso Elemente, die es von FreeBSD übernommen hat
- [Cisco](#) - IronPort Network Sicherheits- und Anti-Spam-Appliance verwendet einen modifizierten FreeBSD-Kernel.
- [Citrix](#) - Die NetScaler Reihe von Sicherheits-Appliances bietet auf den Schichten 4-7 Load-Balancing, Content Caching, Anwendungsfirewall, gesichertes VPN und mobilen Cloud-Netzwerkzugriff, gepaart mit der Mächtigkeit der FreeBSD-Shell.
- [Dell KACE](#) - Die KACE Systemmanagement-Appliances nutzen FreeBSD wegen seiner Zuverlässigkeit, Skalierbarkeit und Gemeinschaft, welche deren zukünftige Weiterentwicklung fördert.

- [Experts Exchange](#) - Alle öffentlich zugänglichen Webserver werden von FreeBSD betrieben und machen starken Gebrauch von jails, ohne den Überhang von Virtualisierung, um Entwicklungs- und Testumgebung voneinander zu isolieren.
- [Isilon](#) - Isilons Unternehmens-Speicherappliances basieren auf FreeBSD. Die extrem liberale FreeBSD-Lizenz erlaubt Isilon ihr intellektuelles Eigentum durch den gesamten Kernel zu integrieren und kann sich so auf das Erstellen ihres Produktes und nicht des Betriebssystems fokussieren.
- [iXsystems](#) - Die TrueNAS-Linie von vereinheitlichten Speicherappliances beruht auf FreeBSD. Zusätzlich zu deren kommerziellen Produkten, managed iXsystems auch noch die beiden Open Source Projekte PC-BSD und FreeNAS.
- [Juniper](#) - Das JunOS Betriebssystem, welches alle Juniper Netzwerkgeräte (inklusive Router, Switches, Sicherheits- und Netzwerkappliances) antreibt, verwendet FreeBSD Juniper ist einer der vielen Hersteller, welcher das symbolische Verhältnis zwischen dem Projekt und dem Hersteller von kommerziellen Produkten darstellt. Verbesserungen, die Juniper entwickelt hat, werden ebenso in FreeBSD aufgenommen, um die Komplexität der Integration neuer Eigenschaften von FreeBSD zurück in zukünftige JunOS Versionen zu vereinfachen.
- [McAfee](#) - SecurOS, die Basis von McAfee Enterprise-Firewallprodukten inkl. Sidewinder basiert auf FreeBSD.
- [NetApp](#) - Die Data ONTAP GX Reihe von Speicherappliances basieren auf FreeBSD. Zusätzlich hat NetApp viele Neuheiten beigesteuert, inklusive des neuen BSD-lizenzierten Hypervisors bhyve.
- [Netflix](#) - Die OpenConnect-Appliance, die Netflix verwendet, um Filme zu seinen Kunden zu streamen basiert auf FreeBSD. Netflix hat weitreichende Beiträge zum Quellcode von FreeBSD beigetragen und arbeitet daran, ein möglichst geringes Delta zur normalen Version beizubehalten. Netflix OpenConnect-Appliances sind für mehr als 32% vom gesamten Internetverkehr in Nordamerika verantwortlich.
- [Sandvine](#) - Sandvine nutzt FreeBSD als die Basis für deren Echtzeit Hochgeschwindigkeits-Netzwerkplattform, welche den Kern deren intelligenter Netzwerkpolicy-Kontrollprodukte darstellt.
- [Sony](#) - Die PlayStation 4 Spielekonsole verwendet eine modifizierte Version von FreeBSD.
- [Sophos](#) - Das Sophos Email-Appliance Produkt basiert auf einem abgesicherten FreeBSD und scannt eingehende E-Mail auf Spam und Viren, während es gleichzeitig ausgehende Mail auf Schadsoftware und versehentlichen Versand von vertraulichen Informationen überwacht.
- [Spectra Logic](#) - Die nTier Reihe von archivspeicherfähigen Appliances nutzt FreeBSD und OpenZFS.
- [The Weather Channel](#) - Die IntelliStar Appliance, welche am Kopfende eines jeden Kabelversorgers installiert ist und für das Einspeisen von lokalen Wettervorhersagen in das Kabelfernsehprogramm verantwortlich ist, läuft auf FreeBSD.
- [Verisign](#) - Verisign ist für den Betrieb der .com und .net Root-Domainregistries genauso verantwortlich wie für die dazugehörige DNS-Infrastruktur. Sie verlassen sich auf eine Reihe von verschiedenen Netzbetriebssystemen inklusive FreeBSD, um zu gewährleisten, dass es keine gemeinsame Fehlerstelle in deren Infrastruktur gibt.
- [Voxer](#) - Voxer verwendet ZFS auf FreeBSD für ihre mobile Voice-Messaging-Plattform. Voxer wechselte von einem Solaris-Derivat zu FreeBSD, wegen der ausgezeichneten Dokumentation und wegen der größeren, aktiveren und sehr Entwickler freundlichen Gemeinschaft. Neben entscheidenden Merkmalen wie ZFS und DTrace bietet FreeBSD auch TRIM-Unterstützung für ZFS.
- [WhatsApp](#) - Als WhatsApp eine Plattform benötigte, die in der Lage ist, mehr als 1 Million gleichzeitiger TCP-Verbindungen pro Server abzuarbeiten, entschied man sich für FreeBSD. Anschließend führen Sie damit fort, auf 2,5 Millionen Verbindungen pro Server hochzuskalieren.
- [Wheel Systems](#) - Die FUDO Sicherheitsappliance erlaubt es Unternehmen, Vertragspartner und Administratoren, die an ihren Systemen arbeiten durchführen, zu überwachen, zu kontrollieren, aufzuzeichnen und zu begut-

achten. Dies basiert auf all den besten Sicherheitseigenschaften von FreeBSD, inklusive ZFS, GELI, Capsicum, HAST und auditdistd.

FreeBSD hat ebenfalls eine Reihe von verwandten Open Source Projekten hervorgebracht:

- [BSD Router](#) - Einen FreeBSD-basierten Ersatz für grosse Unternehmensrouter, der entwickelt wurde, um auf Standard PC-Hardware zu laufen.
- [FreeNAS](#) - Ein eigens dafür entworfenes FreeBSD für den Zweck als Netzwerk-Dateiserver Appliance zu fungieren. Es enthält eine Python-basierte Webschnittstelle, um das Management von sowohl UFS- als auch ZFS-Systemen zu vereinfachen. Enthalten sind NFS, SMB/CIFS, AFP, FTP und iSCSI. Ebenfalls enthalten ist ein erweiterbares Plugin-System basierend auf FreeBSD-Jails.
- [GhostBSD](#) - Eine auf den Desktop-Einsatz orientierte Distribution von FreeBSD, welche mit einer Gnome-Desktop-Umgebung ausgeliefert wird.
- [mfsBSD](#) - Eine Sammlung von Werkzeugen zum Erstellen von FreeBSD-Systemimages, welches ausschliesslich im Hauptspeicher läuft.
- [NAS4Free](#) - Eine Dateiserverdistribution basierend auf FreeBSD mit einer von PHP-getriebenen Webschnittstelle.
- [OPNSense](#) - OPNSense ist eine quelloffene, einfach zu benutzende und auf FreeBSD basierende Firewall- und Router-Plattform. OPNSense enthält viele Funktionen die sonst nur in kommerziellen Firewalls enthalten sind und manchmal sogar mehr. Es kombiniert die vielfältigen Funktionen kommerzieller Angebote mit den Vorteilen von offenen und nachprüfbaren Quellen.
- [PC-BSD](#) - Eine massgeschneiderte Version von FreeBSD, die sich an Desktop-Benutzern mit graphischen Oberflächenwerkzeugen orientiert, um die Mächtigkeit von FreeBSD allen Benutzern zur Verfügung zu stellen. Entwickelt wurde sie mit dem Ziel, den Übergang von Windows- und OS X-Benutzern zu erleichtern.
- [pfSense](#) - Eine Firewalldistribution basierend auf FreeBSD mit einer grossen Menge von Fähigkeiten und ausgedehnter IPv6-Unterstützung.
- [ZRouter](#) - Eine Open Source Firmware-Alternative für eingebettete Geräte, die auf FreeBSD basiert. Entwickelt wurde sie, um die proprietäre Firmware von Standard-Routern zu ersetzen.

FreeBSD wird auch dazu eingesetzt, um einige der grössten Webseiten des Internets zu betreiben. Dazu gehören:

- [Yahoo!](#)
- [Yandex](#)
- [Rambler](#)
- [Sina](#)
- [Pair Networks](#)
- [Sony Japan](#)
- [Netcraft](#)
- [Netflix](#)
- [NetEase](#)
- [Weathernews](#)
- [TELEHOUSE America](#)

und viele weitere. Wikipedia pflegt eine [Liste von Produkten, die auf FreeBSD basieren](#).

1.3. Über das FreeBSD Projekt

Der folgende Abschnitt bietet einige Hintergrundinformationen zum FreeBSD Projekt, einschließlich einem kurzen geschichtlichen Abriss, den Projektzielen und dem Entwicklungsmodell.

1.3.1. Kurzer geschichtlicher Abriss zu FreeBSD

Das FreeBSD Projekt erblickte das Licht der Welt Anfang 1993 teils als Auswuchs des „Unofficial 386BSD Patchkit“ unter der Regie der letzten drei Koordinatoren des Patchkits: Nate Williams, Rod Grimes und Jordan Hubbard.

Das ursprüngliche Ziel war es, einen zwischenzeitlichen Abzug von 386BSD zu erstellen, um ein paar Probleme zu beseitigen, die das Patchkit-Verfahren nicht lösen konnte. Der frühe Arbeitstitel für das Projekt war „386BSD 0.5“ oder „386BSD Interim“ als Referenz darauf.

386BSD war das Betriebssystem von Bill Jolitz, welches bis zu diesem Zeitpunkt heftig unter fast einjähriger Vernachlässigung litt. Als das Patchkit mit jedem Tag answoll und unhandlicher wurde, entschied man sich, Bill Jolitz zu helfen, indem ein übergangsweise „bereinigter“ Abzug zur Verfügung gestellt wurde. Diese Pläne wurden durchkreuzt, als Bill Jolitz plötzlich seine Zustimmung zu diesem Projekt zurückzog, ohne einen Hinweis darauf, was stattdessen geschehen sollte.

Das Trio entschied, dass das Ziel sich weiterhin lohnen würde, selbst ohne die Unterstützung von Bill und so wurde entschieden, den Namen FreeBSD zu verwenden, der von David Greenman geprägt wurde. Die anfänglichen Ziele wurden festgelegt, nachdem man sich mit den momentanen Benutzern des Systems besprach und abzusehen war, dass das Projekt die Chance hatte, Realität zu werden, kontaktierte Jordan Walnut Creek CDROM mit dem Vorhaben, FreeBSDs Verteilung auch auf diejenigen auszuweiten, die noch keinen Internetzugang besaßen. Walnut Creek CDROM unterstützte nicht nur die Idee durch die Verbreitung von FreeBSD auf CD, sondern ging auch so weit dass es dem Projekt eine Maschine mit schneller Internetverbindung zur Verfügung stellte, um damit zu arbeiten. Ohne den von Walnut Creek bisher nie dagewesenen Grad von Vertrauen in ein, zur damaligen Zeit, komplett unbekanntes Projekt, wäre es unwahrscheinlich, dass FreeBSD so weit gekommen wäre, wie es heute ist.

Die erste auf CD-ROM (und netzweit) verfügbare Veröffentlichung war FreeBSD 1.0 im Dezember 1993. Diese basierte auf dem Band der 4.3BSD-Lite („Net/2“) der Universität von Kalifornien in Berkeley. Viele Teile stammten aus 386BSD und von der Free Software Foundation. Gemessen am ersten Angebot, war das ein ziemlicher Erfolg und Sie ließen dem das extrem erfolgreiche FreeBSD 1.1 im Mai 1994 folgen.

Zu dieser Zeit formierten sich unerwartete Gewitterwolken am Horizont, als Novell und die Universität von Kalifornien in Berkeley (UCB) ihren langen Rechtsstreit über den rechtlichen Status des Berkeley Net/2-Bandes mit einem Vergleich beilegte. Eine Bedingung dieser Einigung war es, dass die UCB große Teile des Net/2-Quellcodes als „belastet“ zugestehen musste, und dass diese Besitz von Novell sind, welches den Code selbst einige Zeit vorher von AT&T bezogen hatte. Im Gegenzug bekam die UCB den „Segen“ von Novell, dass sich das 4.4BSD-Lite-Release bei seiner endgültigen Veröffentlichung als unbelastet bezeichnen darf. Alle Net/2-Benutzer sollten auf das neue Release wechseln. Das betraf auch FreeBSD. Dem Projekt wurde eine Frist bis Ende Juli 1994 eingeräumt, das auf Net/2-basierende Produkt nicht mehr zu vertreiben. Unter den Bedingungen dieser Übereinkunft war es dem Projekt noch erlaubt ein letztes Release vor diesem festgesetzten Zeitpunkt herauszugeben. Das war FreeBSD 1.1.5.1.

FreeBSD machte sich dann an die beschwerliche Aufgabe, sich Stück für Stück aus einem neuen und ziemlich unvollständigen Satz von 4.4BSD-Lite-Teilen, wieder aufzubauen. Die „Lite“-Veröffentlichungen waren deswegen leicht, weil Berkeleys CSRG große Code-Teile, die für ein start- und lauffähiges System gebraucht wurden, aufgrund diverser rechtlicher Anforderungen entfernen musste und weil die 4.4-Portierung für Intel-Rechner extrem unvollständig war. Das Projekt hat bis November 1994 gebraucht diesen Übergang zu vollziehen. Im Dezember wurde dann FreeBSD 2.0 veröffentlicht. Obwohl FreeBSD gerade die ersten Hürden genommen hatte, war dieses Release ein maßgeblicher Erfolg. Diesem folgte im Juni 1995 das robustere und einfacher zu installierende FreeBSD 2.0.5.

Seit dieser Zeit hat FreeBSD eine Reihe von Releases veröffentlicht, die jedes mal die Stabilität, Geschwindigkeit und Menge an verfügbaren Eigenschaften der vorherigen Version verbessert.

Momentan werden langfristige Entwicklungsprojekte im 10.X-CURRENT (Trunk)-Zweig durchgeführt, und Abzüge (Snapshots) der Releases von 10.X werden regelmässig auf den [Snapshot-Servern](#) zur Verfügung gestellt.

1.3.2. Ziele des FreeBSD-Projekts

Beigetragen von Jordan Hubbard.

Das FreeBSD Projekt stellt Software her, die ohne Einschränkungen für beliebige Zwecke eingesetzt werden kann. Viele von uns haben beträchtlich in Quellcode und das Projekt investiert und hätten sicher nichts dagegen, hin und wieder ein wenig finanziellen Ausgleich dafür zu bekommen. Aber in keinem Fall bestehen wir darauf. Wir glauben unsere erste und wichtigste „Mission“ ist es, Software für jeden Interessierten und zu jedem Zweck zur Verfügung zu stellen, damit die Software größtmögliche Verbreitung erlangt und größtmöglichen Nutzen stiftet. Das ist, glaube ich, eines der grundlegenden Ziele freier Software, welche wir mit größter Begeisterung unterstützen.

Der Code in unserem Quellbaum, der unter die General Public License (GPL) oder die Library General Public License (LGPL) fällt, stellt geringfügig mehr Bedingungen. Das aber vielmehr im Sinne von eingefordertem Zugriff, als das übliche Gegenteil der Beschränkungen. Aufgrund zusätzlicher Abhängigkeiten, die sich durch die Verwendung von GPL-Software bei kommerziellem Gebrauch ergeben, bevorzugen wir daher Software unter dem transparenteren BSD-Copyright, wo immer es angebracht ist.

1.3.3. Das FreeBSD-Entwicklungsmodell

Beigetragen von Satoshi Asami.

Die Entwicklung von FreeBSD ist ein offener und flexibler Prozess, der durch den Beitrag von buchstäblich tausenden Leuten rund um die Welt ermöglicht wird, wie an der [Liste der Beitragenden](#) ersehen können. Die vielen Entwickler können aufgrund der Entwicklungs-Infrastruktur von FreeBSD über das Internet zusammenarbeiten. Wir suchen ständig nach neuen Entwicklern, Ideen und jenen, die sich in das Projekt tiefer einbringen wollen. Nehmen Sie einfach auf der Mailingliste [FreeBSD technical discussions](#) Kontakt mit uns auf. Die Mailingliste [FreeBSD announcements](#) steht für wichtige Ankündigungen, die alle FreeBSD-Benutzer betreffen, zur Verfügung.

Unabhängig davon ob Sie alleine oder mit anderen eng zusammen arbeiten, enthält die folgende Aufstellung nützliche Informationen über das FreeBSD Projekt und dessen Entwicklungsabläufe.

Die SVN-Repositories

Der Hauptquellbaum von FreeBSD wurde über viele Jahre ausschließlich mit [CVS](#) (Concurrent-Versions-System) gepflegt, einem frei erhältlichen Versionskontrollsystem. Im Juni 2008 begann das FreeBSD Project mit dem Umstieg auf [SVN](#) (Subversion). Dieser Schritt wurde notwendig, weil durch technische Einschränkungen von CVS aufgrund des rapide wachsenden Quellcodebaumes und dem Umfang der bereits gespeicherten Revisionsinformationen an dessen Grenzen zu stoßen begann. Die Repositories des Dokumentationsprojekts und die Ports-Sammlung wurden ebenfalls von CVS zu SVN im Mai und Juli 2012 umgezogen. Lesen Sie dazu [Synchronisation der Quellen](#) für weitere Informationen zum Beziehen der FreeBSD src/ Repository und [Die Ports-Sammlung verwenden](#) für Details zum Beziehen der FreeBSD Ports-Sammlung.

Die Committer-Liste

Die *Committer* sind diejenigen Leute, welche *schreibenden* Zugriff auf den Subversion-Baum besitzen und berechtigt sind, Änderungen an den FreeBSD-Quellen (der Begriff „Committer“ stammt aus dem Versionskontrollbefehl `commit`, der dazu verwendet wird, Änderungen in das Repository zu bringen). Jeder hat die Möglichkeit über die [Datenbank für Problemberichte](#) einen Fehlerreport einzureichen. Bevor Sie einen Fehlerreport einreichen, sollten Sie auf den FreeBSD Mailinglisten, den IRC-Kanälen oder in Foren überprüfen, ob das Problem tatsächlich ein Fehler ist.

The FreeBSD core team

Die *FreeBSD core team* ist mit dem Vorstand vergleichbar, wenn das FreeBSD Projekt ein Unternehmen wäre. Die Hauptaufgabe des Core Teams ist es sicherzustellen, dass sich das Projekt als Ganzes in einem guten Zustand

befindet und sich in die richtige Richtung bewegt. Das Einladen von engagierten und verantwortungsvollen Entwicklern zu dem Zweck, sich der Gruppe von Comittern anzuschliessen, ist eine der Funktionen des Core Teams, genauso wie neue Mitglieder des Core Teams zu rekrutieren, wenn andere ausscheiden. Das aktuelle Core Team wurde aus einer Menge von Kandidaten aus dem Kreis der Comitter im Juli 2014 gewählt. Wahlen werden alle zwei Jahre abgehalten.



Anmerkung

Wie die meisten Entwickler auch, sind die Mitglieder des Core Teams Freiwillige, wenn es um die Entwicklung von FreeBSD geht und erhalten keinerlei finanziellen Vorteil aus dem Projekt, deshalb sollte „Verpflichtung“ nicht fehlverstanden werden mit „garantierter Unterstützung“. Die „Vorstands“-Analogie oben ist nicht sehr akkurat und kann vielleicht besser damit umschrieben werden, dass diese Leute ihr Leben für FreeBSD gegen jedwede Vernunft geopfert haben.

Aussenstehende Beitragende

Schliesslich stellt die grösste, aber nichtsdestotrotz wichtigste Gruppe von Entwicklern die der Benutzer selbst dar, die stetig Rückmeldungen und Fehlerbehebungen liefert. Der hauptsächliche Weg mit FreeBSDs nicht-zentralisierter Entwicklung Kontakt zu halten, ist, die [FreeBSD technical discussions](#) Mailingliste zu abonnieren, auf der solche Dinge diskutiert werden. Lesen Sie dazu [Anhang C, Ressourcen im Internet](#) für weitere Informationen über die verschiedenen FreeBSD-Mailinglisten.

[Liste der Beitragenden](#) ist eine, die lang ist und stetig wächst, also warum nicht FreeBSD beitreten und noch heute etwas zurückgeben?

Code ist nicht die einzige Art, zu dem Projekt etwas beizutragen. Für eine ausführlichere Liste von Dingen die getan werden müssen, lesen Sie auf der [FreeBSD Projektwebseite](#).

Zusammenfassend ist unser Entwicklungsmodell als eine lose Menge von konzentrischen Kreisen organisiert. Das zentralisierte Modell ist mit der Praktikabilität der *Anwender* von FreeBSD entworfen worden, die mit der einfachen Art einhergeht, eine zentrale Basis für den Code zu haben und keine potentiellen Beiträge auszuschliessen! Unser Ansporn ist es, ein stabiles Betriebssystem mit einer grossen Menge von kohärenten [Anwendungsprogrammen](#), welches die Benutzer einfach installieren und verwenden können - dieses Modell funktioniert darin sehr gut, dieses Ziel zu erreichen.

Alles was wir von denen verlangen, die uns als FreeBSD-Entwickler beitreten ist, etwas von der gleichen Hingabe an den Erfolg, die seine momentanen Gemeinschaft inne hat, zu besitzen.

1.3.4. Programme von Drittherstellern

Zusätzlich zur Basisdistribution bietet FreeBSD eine Sammlung von portierter Software mit tausenden der am meisten nachgefragten Programme an. Als diese Zeilen geschrieben wurden, gab es über 24,000 Ports! Die Liste der Ports reicht von HTTP-Servern, zu Spielen, Sprachen, Editoren und so ziemlich alles, was dazwischen liegt. Die gesamte Port-Sammlung ist geschätzt 500 MB gross. Um einen Port zu übersetzen, wechseln Sie einfach in das Verzeichnis des Programms, das sie installieren möchten und geben `make install` ein und das System erledigt den Rest. Die gesamte Originaldistribution für jeden Port, den Sie bauen wird dynamisch heruntergeladen, so dass sie nur genügend Plattenplatz zum Bauen des Ports, den sie haben möchten, zur Verfügung stellen müssen. Fast jeder Port ist auch als vorkompiliertes „Paket“, das über das folgende einfache Kommando (`pkg install`) für diejenigen, die keine kompilierten Ports aus den Quellen wünschen. Weitere Informationen zu Ports und Paketen finden Sie in [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#).

1.3.5. Zusätzliche Dokumentation

Alle momentanen FreeBSD Versionen bieten eine Option im Installer (entweder `sysinstall(8)` oder `bsdinstall(8)`), um zusätzliche Dokumentation unter `/usr/local/share/doc/freebsd` während des initialen Systemsetups zu

installieren. Dokumentation kann auch zu einem späteren Zeitpunkt über Pakete installiert werden, wie es [Abschnitt 24.4.6.2, „Verwendung von Dokumentations-Paketen“](#) beschreibt. Sie können ebenso die lokal installierten Anleitungen mit jedem HTML-fähigen Browser lesen, indem Sie die folgende URL verwenden:

Das FreeBSD Handbuch

</usr/local/share/doc/freebsd/handbook/index.html>

Die FreeBSD FAQ

</usr/local/share/doc/freebsd/faq/index.html>

Genauso erhalten Sie auch die Master (und am häufigsten aktualisierten) Kopien von <http://www.FreeBSD.org/> .

Kapitel 2. FreeBSD 8.X (und älter) installieren

Überarbeitet und teilweise neu geschrieben von Jim Mock.
Der Gang durch sysinstall und alle Bildschirmabzüge von Randy Pratt.
Übersetzt von Martin Heinen und Johann Kois.

2.1. Übersicht

FreeBSD wird mit dem textorientierten und einfach zu benutzendem Installationsprogramm installiert. Beginnend mit FreeBSD 9.0-RELEASE handelt es sich dabei um das Programm bsdinstall. Ältere FreeBSD-Versionen verwenden hingegen nach wie vor sysinstall für die Installation. Dieses Kapitel beschreibt die Installation von FreeBSD über sysinstall. Der Einsatz von bsdinstall wird hingegen in [Kapitel 3, FreeBSD 9.X \(und neuer\) installieren](#) besprochen.

Dieses Kapitel behandelt folgende Punkte:

- Das Erzeugen von FreeBSD-Startdisketten.
- Wie FreeBSD Platten anspricht und aufteilt.
- Wie sysinstall ausgeführt wird.
- Die Menüs von sysinstall und die erforderlichen Eingaben in den Menüs.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- Die Hardware-Notes der FreeBSD-Release, die Sie installieren wollen, lesen und sicherstellen, dass Ihre Hardware unterstützt wird.



Anmerkung

Diese Installationsanleitung gilt für Rechner mit i386™-Architektur (PC-kompatible Rechner). Abweichende Anweisungen für andere Plattformen werden, falls notwendig, gegeben. Obwohl diese Anleitung so aktuell wie möglich ist, kann das Installationsverfahren von dem hier gezeigten geringfügig abweichen. Legen Sie bitte daher diese Anleitung nicht wortwörtlich aus, sondern lassen Sie sich von diesem Kapitel durch den Installationsprozess leiten.

2.2. Hardware-Anforderungen

2.2.1. Minimalkonfiguration

Die zur Installation von FreeBSD erforderliche Minimalkonfiguration hängt von der zu installierenden FreeBSD-Version sowie von der Hardware-Architektur ab.

Informationen zur jeweiligen Minimalkonfiguration finden Sie in den folgenden Abschnitten dieses Kapitels. Je nachdem, wie Sie FreeBSD installieren, benötigen Sie eventuell auch ein Diskettenlaufwerk, ein unterstütztes CD-ROM-Laufwerk, oder auch eine Netzwerkkarte. [Abschnitt 2.3.7, „Das Startmedium vorbereiten“](#) des Handbuchs enthält weitere Informationen zu den verschiedenen Installationsarten.

2.2.1.1. Die FreeBSD/i386- und FreeBSD/pc98-Architekturen

Sowohl FreeBSD/i386 als auch FreeBSD/pc98 benötigen jeweils mindestens einen 486-Prozessor sowie mindestens 24 MB RAM. Außerdem benötigen Sie für eine Minimalinstallation mindestens 150 MB freien Platz auf Ihrer Festplatte.



Anmerkung

In den meisten derartigen Konfigurationen ist es besser, für mehr RAM und mehr Plattenplatz zu sorgen, statt einen schnelleren Prozessor einzubauen.

2.2.1.2. Die FreeBSD/amd64-Architektur

Es gibt zwei Klassen von Prozessoren, auf denen Sie FreeBSD/amd64 ausführen können. Die erste Klasse bilden die AMD64-Prozessoren (zu denen AMD Athlon 64-, AMD Athlon 64-FX-, oder AMD Opteron-Prozessoren gehören).

Die zweite Klasse von Prozessoren, auf denen Sie diese FreeBSD/amd64 einsetzen können, ist die Intel® EM64T-Architektur. Prozessoren dieser Klasse sind beispielsweise Intel® Core™ 2 Duo-, Quad-, und Extreme-Prozessoren sowie die Intel® Xeon™-Prozessorreihen 3000, 5000, und 7000.

Wenn Sie einen auf dem Chipsatz nVidia nForce3 Pro-150 basierenden Rechner haben, *müssen* Sie im BIOS das IO-APIC deaktivieren. Erlaubt ihr BIOS dies nicht, müssen Sie stattdessen ACPI deaktivieren. Der Grund dafür sind Fehler im Pro-150-Chipsatz, die bis jetzt nicht behoben werden konnten.

2.2.1.3. Die FreeBSD/sparc64-Architektur

Um FreeBSD/sparc64 zu installieren, benötigen Sie eine unterstützte Plattform (lesen Sie dazu auch [Abschnitt 2.2.2, „Unterstützte Hardware“](#) des Handbuchs).

Sie benötigen außerdem eine separate Festplatte, wenn Sie FreeBSD/sparc64 installieren wollen, da es derzeit leider noch nicht möglich ist, die Platte mit einem weiteren Betriebssystem zu teilen.

2.2.2. Unterstützte Hardware

Die Hardware-Notes, die mit jedem FreeBSD-Release ausgeliefert werden, enthalten eine Liste lauffähiger Hardware. Die Hardware-Notes befinden sich üblicherweise in der Datei `HARDWARE.TXT` im Wurzelverzeichnis der Distribution (CD-ROM oder FTP). Sie können die Hardware-Notes außerdem im Dokumentationsmenü von `sysinstall` oder auf der Webseite [Release Information](#) lesen.

2.3. Vor der Installation

2.3.1. Erstellen Sie eine Geräteliste

Bevor Sie FreeBSD installieren, erfassen Sie die Komponenten Ihres Rechners. Die FreeBSD-Installation wird die Komponenten (Festplatten, Netzwerkkarten, CD-ROM-Laufwerke) zusammen mit der Modellbezeichnung und des Herstellers anzeigen. FreeBSD wird auch versuchen, die richtige Konfiguration der Geräte zu ermitteln. Dazu gehören die benutzten Interrupts (IRQ) und IO-Ports. Wegen der Unwägbarkeiten von PC-Hardware kann die Konfiguration der Geräte allerdings fehlschlagen. In diesem Fall müssen Sie die von FreeBSD ermittelte Konfiguration korrigieren.

Wenn Sie schon ein anderes Betriebssystem, wie Windows® oder Linux installiert haben, können Sie die Hardware-Konfiguration mit den Mitteln dieses Betriebssystems bestimmen. Wenn Sie nicht sicher sind, welche Einstellungen eine Erweiterungskarte besitzt, sehen Sie auf der Karte selbst nach. Manchmal sind die Einstellungen

dort aufgedruckt. Gebräuchliche IRQs sind 3, 5 und 7. Die Adressen von IO-Ports werden normalerweise hexadecimal, zum Beispiel 0x330, angegeben.

Halten Sie die Gerätekonfiguration vor der Installation in einer Tabelle wie der nachstehenden fest:

Tabelle 2.1. Gerätekonfiguration

Gerät	IRQ	IO-Ports	Anmerkung
erste Festplatte	-	-	40 GB, Seagate, erster IDE-Master
CD-ROM	-	-	erster IDE-Slave
zweite Festplatte	-	-	20 GB, IBM, zweiter IDE-Master
erster IDE-Controller	14	0x1f0	
Netzwerkkarte	-	-	Intel® 10/100
Modem	-	-	3Com® 56K Faxmodem, an COM1
...			

Nachdem Sie wissen, über welche Hardware Ihr Rechner verfügt, müssen Sie diese Informationen mit den Hardwareanforderungen der zu installierenden FreeBSD-Version abgleichen.

2.3.2. Sichern Sie Ihre Daten

Wenn der Rechner, auf dem Sie FreeBSD installieren wollen, wichtige Daten enthält, sichern Sie bitte diese Daten. Prüfen Sie auch, dass Sie die Daten aus der Sicherung wiederherstellen können, bevor Sie FreeBSD installieren. Die FreeBSD-Installation fragt zwar nach, bevor Sie Daten auf Ihre Festplatte schreibt, Ihre Daten sind allerdings unwiderruflich verloren, wenn der Installationsvorgang einmal angelaufen ist.

2.3.3. Den Installationsort von FreeBSD festlegen

Wenn Sie die gesamte Festplatte für FreeBSD verwenden wollen, müssen Sie sich an dieser Stelle keine weiteren Gedanken machen – lesen Sie bitte im nächsten Abschnitt weiter.

Wenn Sie allerdings FreeBSD neben anderen Betriebssystemen betreiben wollen, müssen Sie wissen, wie Daten auf einer Festplatte abgelegt werden und welche Auswirkungen dies hat.

2.3.3.1. Platteneinteilung von FreeBSD/i386-Systemen

Eine PC-Festplatte wird in einzelne Bereiche unterteilt, die *Partitionen* heißen. FreeBSD verwendet intern ebenfalls Partitionen. Um Verwechslungen und Unklarheiten zu vermeiden, werden diese Plattenbereiche unter FreeBSD als *Slices* bezeichnet. So verwendet beispielsweise das Werkzeug `fdisk` den Begriff *Slices*, um sich auf PC-Partitionen zu beziehen. Auf einer PC-Festplatte können maximal vier Partitionen, die *primäre Partitionen* genannt werden, angelegt werden. Eine *erweiterte Partition* hebt diese Beschränkung auf. Eine Festplatte kann nur eine erweiterte Partition enthalten, die wiederum weitere so genannte *logische Partitionen* enthalten kann.

Jede Partition besitzt eine *Partitions-ID* – eine Zahl, die den Typ der Partition festlegt. FreeBSD-Partitionen tragen die Partitions-ID 165.

Üblicherweise kennzeichnen Betriebssysteme Partitionen in einer besonderen Art und Weise. Beispielsweise werden jeder primären und logischen Partition unter MS-DOS® und dem verwandten Windows® Laufwerksbuchstaben beginnend mit C: zugewiesen.

FreeBSD muss auf einer primären Partition installiert werden. In dieser Partition hält FreeBSD alle Daten einschließlich der Dateien, die Sie anlegen. Verfügt das System über mehrere Festplatten, können Sie auf allen oder einigen Platten eine FreeBSD-Partition einrichten. Zur Installation von FreeBSD benötigen Sie eine freie Partition: Dies kann eine extra für die Installation eingerichtete Partition sein oder eine existierende Partition, die nicht mehr benötigte Daten enthält.

Wenn auf allen Platten bereits sämtliche Partitionen benutzt werden, müssen Sie eine der Partitionen für FreeBSD frei machen. Benutzen Sie dazu die Werkzeuge des eingesetzten Betriebssystems (fdisk unter MS-DOS® oder Windows®).

Verfügt das System über eine freie Partition, benutzen Sie diese Partition. Es kann allerdings sein, dass Sie eine oder mehrere der vorhandenen Partitionen vorher verkleinern müssen.

Eine minimale FreeBSD-Installation benötigt nur 100 MB Plattenplatz. Diese Installation ist allerdings *sehr* begrenzt und lässt wenig Platz für Ihre eigenen Dateien. Realistischer sind 250 MB für FreeBSD ohne graphische Benutzeroberfläche und 350 MB für FreeBSD mit einer graphischen Benutzeroberfläche. Sie benötigen weiteren Platz für die Installation zusätzlicher Software.

Um die Partitionen zu verkleinern, können Sie beispielsweise das kommerzielle PartitionMagic® oder das freie GParted benutzen. Sowohl GParted als auch PartitionMagic® können auch NTFS-Partitionen verändern. GParted ist auf vielen Linux-Live-CDs, beispielsweise der [SystemRescueCD](#), verfügbar.

Bei der Veränderung von Microsoft® Vista-Partitionen kommt es manchmal zu Problemen. In einem solchen Fall ist es von Vorteil, wenn Sie eine Vista-Installations-CD zur Verfügung haben. Wie bei jeder Änderung an Ihrer Festplatte sollten Sie auch hier zuerst ein aktuelles Backup anlegen.



Warnung

Der falsche Gebrauch dieser Werkzeuge kann Daten auf der Festplatte löschen. Vor dem Einsatz dieser Werkzeuge stellen Sie bitte sicher, dass Sie frische, funktionierende Datensicherungen besitzen.

Beispiel 2.1. Eine bestehende Partition verwenden

Nehmen wir an, Sie haben einen Rechner mit einer 4 GB Festplatte, auf der schon eine Version von Windows® installiert ist. Weiterhin haben Sie die Platte in zwei Laufwerke C: und D: unterteilt, die jeweils 2 GB groß sind. Auf C: wird 1 GB benutzt und 0,5 GB von Laufwerk D: werden benutzt.

Sie haben also eine Festplatte mit zwei Partitionen und könnten alle Daten von Laufwerk D: auf das Laufwerk C: kopieren. Damit wäre die zweite Partition für FreeBSD frei.

Beispiel 2.2. Eine bestehende Partition verkleinern

Nehmen wir an, Sie haben einen Rechner mit einer 4 GB Festplatte auf der schon eine Version von Windows® installiert ist. Während der Installation von Windows® haben sie eine große Partition C: angelegt, die 4 GB groß ist. Von den 4 GB werden 1,5 GB benutzt und Sie wollen 2 GB für FreeBSD verwenden.

Sie haben zwei Möglichkeiten, FreeBSD zu installieren:

1. Sichern Sie die Daten der Windows®-Partition und installieren Sie Windows® erneut auf einer 2 GB großen Partition.
2. Verkleinern Sie die Windows®-Partition mit einem der oben aufgeführten Werkzeuge.

2.3.4. Netzwerkparameter ermitteln

Wird während der Installation ein Netzwerk benötigt (weil Sie über FTP oder von einem NFS-Server installieren wollen), müssen Sie die Konfiguration des Netzwerks kennen. Während der Installation werden Netzwerkparameter abgefragt, damit sich FreeBSD mit dem Netzwerk verbinden und die Installation abschließen kann.

2.3.4.1. Verbindung über Ethernet oder ein Kabel/DSL-Modem

Wenn Sie sich mit einem Ethernet verbinden oder eine Internet-Verbindung mit einem Ethernet-Adapter über Kabel oder DSL herstellen, benötigen Sie die nachstehenden Daten:

1. IP-Adresse
2. IP-Adresse des Default-Gateways
3. Hostname
4. IP-Adressen der DNS-Server
5. Subnetzmaske

Wenn Sie die Daten nicht besitzen, fragen Sie bitte Ihren Systemadministrator oder Ihren Service-Provider. Können die Daten über *DHCP* bezogen werden, merken Sie sich diese Tatsache.

2.3.4.2. Verbindung über ein Modem

Auch wenn Sie sich mit einem normalen Modem bei einem ISP einwählen, können Sie FreeBSD aus dem Internet installieren. Die Installation über ein Modem dauert nur sehr lange.

Sie benötigen die nachstehenden Daten:

1. Die Telefonnummer des ISPs.
2. Die COM-Schnittstelle, an der das Modem angeschlossen ist.
3. Den Benutzernamen und das Passwort für Ihr Konto.

2.3.5. Lesen Sie die FreeBSD-Errata

Auch wenn das FreeBSD-Project bemüht ist, ein Release so stabil wie möglich herzustellen, treten ab und an Fehler auf. In seltenen Fällen betrifft ein Fehler die Installations-Prozedur. Die Fehler und deren Behebungen werden in den [FreeBSD-Errata](#) festgehalten. Lesen Sie bitte die Errata, bevor Sie FreeBSD installieren, damit Sie nicht in frisch entdeckte Probleme laufen.

Dokumentation zu jedem Release, inklusive der Errata zu jedem Release, finden Sie im [Release-Bereich](#) des [FreeBSD Webauftritts](#).

2.3.6. Die Installationsdateien beschaffen

FreeBSD kann von Dateien aus irgendeiner der nachstehenden Quellen installiert werden:

- von einer CD-ROM oder einer DVD
- von einem USB-Stick
- von einer MS-DOS®-Partition auf demselben Rechner
- von einem SCSI- oder QIC-Bandlaufwerk

- von Disketten
- von einem FTP-Server, wenn erforderlich auch durch eine Firewall oder durch einen HTTP-Proxy
- von einem NFS-Server
- über eine feste serielle oder eine feste parallele Verbindung

Wenn Sie eine FreeBSD-CD oder FreeBSD-DVD gekauft haben, besitzen Sie schon alles, was Sie zur Installation benötigen. Lesen Sie bitte im nächsten Abschnitt ([Abschnitt 2.3.7, „Das Startmedium vorbereiten“](#)) weiter.

Wenn Sie sich die FreeBSD-Installationsdateien noch nicht besorgt haben, lesen Sie bitte zuerst den [Abschnitt 2.13, „Eigene Installationsmedien herstellen“](#). Dort werden die notwendigen Vorbereitungen für eine Installation von den eben genannten Medien beschrieben. Wenn Sie den Abschnitt durchgearbeitet haben, lesen Sie bitte in [Abschnitt 2.3.7, „Das Startmedium vorbereiten“](#) weiter.

2.3.7. Das Startmedium vorbereiten

Um FreeBSD zu installieren, müssen Sie Ihren Rechner mit einem speziellen Startmedium hochfahren, das die Installationsroutine startet. Sie können das Installationsprogramm nicht unter einem anderen Betriebssystem ausführen. Ein Rechner startet normalerweise das auf der Festplatte installierte Betriebssystem, er kann aber auch von Disketten gestartet werden. Aktuelle Rechner können in der Regel auch von einer CD-ROM oder von einem USB-Stick starten.



Tipp

Wenn Sie eine FreeBSD CD-ROM oder DVD besitzen (gekauft oder selbst erstellt) und Ihr Rechner von CD-ROM oder DVD starten kann (üblicherweise können Sie das mit der BIOS-Option `Boot Order` einstellen), können Sie diesen Abschnitt überspringen. Eine FreeBSD CD-ROM oder DVD lässt sich direkt starten; Sie können damit FreeBSD ohne weitere Vorbereitungen installieren.

Um einen bootbaren USB-Stick zu erstellen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Das Speicherabbild für den USB-Stick herunterladen

Das Speicherabbild finden Sie auf dem FreeBSD-FTP-Server `ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/arch/ISO-IMAGES/version/FreeBSD-version-RELEASE-arch-memstick.img` (oder einem Spiegelserver) im Verzeichnis `ISO-IMAGES/`. Ersetzen Sie *arch* und *version* durch die von Ihnen verwendete Architektur und die FreeBSD-Version, die Sie einsetzen wollen. Für FreeBSD/i386 10.3-RELEASE finden Sie das Speicherabbild für den USB-Stick beispielsweise unter folgenden Link: `ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/i386/ISO-IMAGES/10.3/FreeBSD-10.3-RELEASE-i386-memstick.img`.

Das benötigte Speicherabbild hat den Dateityp `.img`. Das Verzeichnis `ISO-IMAGES/` enthält verschiedene Speicherabbilder. Sie müssen also (basierend auf der zu installierenden FreeBSD-Version und/oder Ihrer Hardware) das für Sie passende Speicherabbild herunterladen.



Wichtig

Sichern Sie Ihre Daten, bevor Sie fortfahren, da im nächsten Schritt alle auf dem USB-Stick befindlichen Daten gelöscht werden.

2. Den USB-Stick vorbereiten

Prozedur 2.1. Den USB-Stick unter FreeBSD vorbereiten



Warnung

Das Beispiel im nächsten Schritt verwendet `/dev/da0` als die Gerätedatei, über die Sie den USB-Stick ansprechen. Achten Sie besonders darauf, dass Sie die richtige Gerätedatei verwenden, da Sie ansonsten unbeabsichtigt Daten löschen könnten.

- Das Image mit `dd(1)` auf den Stick schreiben

Bei der `.img`-Datei handelt es sich *nicht* um eine normale Datei, die Sie einfach auf den Stick kopieren können. Vielmehr handelt es sich dabei um ein Image des kompletten Dateisystems, das Sie mit `dd(1)` direkt auf den USB-Stick schreiben müssen:

```
# dd if=FreeBSD-10.3-RELEASE-i386-memstick.img of=/dev/da0 bs=64k
```

Wird dabei die Fehlermeldung `Operation not permitted` angezeigt, stellen Sie bitte sicher, dass das Zielgerät nicht verwendet, manuell eingehängt oder von einem Systemprogramm automatisch eingehängt wurde. Dann versuchen Sie es erneut.

Prozedur 2.2. Den USB-Stick unter Windows® vorbereiten



Warnung

Stellen Sie unbedingt sicher, dass Sie im folgenden Schritt den korrekten Laufwerkbuchstaben für Ihren USB-Stick angeben, da Sie ansonsten unbeabsichtigt Daten löschen könnten.

1. Image Writer für Windows herunterladen

Image Writer für Windows ist ein frei verfügbares Programm, mit dem Sie ein Image auf einen USB-Stick schreiben können. Laden Sie das Programm von <https://launchpad.net/win32-image-writer/> herunter und entpacken Sie es in einen Ordner auf Ihrer Festplatte.

2. Das Image mit Image Writer auf den Stick schreiben

Klicken Sie doppelt auf das Symbol `Win32DiskImager`, um das Programm zu starten. Vergewissern Sie sich, dass es sich bei dem unter `Device` angezeigten Laufwerk um Ihren USB-Stick handelt. Danach klicken Sie auf das Ordnersymbol und wählen die zuvor heruntergeladene Image-Datei aus. Klicken Sie auf `Save`, um die Image-Datei zu laden. Nachdem Sie alle Eingaben nochmals geprüft haben, müssen Sie noch sicherstellen, dass kein anderes Programm auf den USB-Stick zugreift. Danach klicken Sie auf den Button `Write`, um das Image auf den USB-Stick zu schreiben.

Um Startdisketten zu erzeugen, benutzen Sie die nachstehende Anleitung:

1. Abbilder der Startdisketten besorgen



Wichtig

Beachten Sie, dass ab FreeBSD 8.X Startdisketten nicht mehr unterstützt werden. Lesen Sie bitte weiter oben in diesem Kapitel, wie Sie FreeBSD von einer CD-ROM, einer DVD oder einem USB-Stick installieren können.

Die Abbilder der Startdisketten befinden sich auf dem Installationsmedium im Verzeichnis `floppies/`; sie können auch aus dem Internet heruntergeladen werden: `ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/arch/version-RELEASE/floppies/`. Ersetzen Sie *arch* und *version* durch die passende Architektur und die passende Version. Beispielsweise stehen die Startdisketten von FreeBSD/i386 9.3-RELEASE unter `ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/i386/9.3-RELEASE/floppies/`.

Die Abbilder besitzen die Dateinamenerweiterung `.flp`. Im Verzeichnis `floppies/` befinden sich verschiedene Abbilder; welches Sie benutzen, hängt von der zu installierenden FreeBSD-Version und in einigen Fällen vom Zielrechner ab. In den meisten Fällen werden Sie vier Disketten benötigen: `boot.flp`, `kern1.flp`, `kern2.flp` sowie `kern3.flp`. Lesen Sie bitte die Datei `README.TXT` im Verzeichnis `floppies/`, sie enthält aktuelle Informationen zu den Abbildern.



Wichtig

Wenn Sie die Abbilder aus dem Internet herunterladen, benutzen Sie bitte den *Binärmodus* des FTP-Programms. Einige Web-Browser verwenden den *Textmodus* (oder *ASCII-Modus*), was dazu führt, dass sich die erstellten Disketten nicht starten lassen.

2. Die Disketten vorbereiten

Pro Abbild benötigen Sie eine Diskette. Es ist wichtig, dass die verwendeten Disketten fehlerfrei sind. Sie können dies sicherstellen, indem Sie die Disketten selbst formatieren, verlassen Sie sich bitte nicht auf vorformatierte Disketten. Das Formatierprogramm von Windows® zeigt fehlerhafte Blöcke nicht an, es markiert die Blöcke einfach als fehlerhaft und ignoriert sie dann. Benutzen Sie neue Disketten, wenn Sie diese Installationsart verwenden.



Wichtig

Wenn Sie FreeBSD installieren und das Installationsprogramm abstürzt, einfriert oder sich merkwürdig verhält, sind oft fehlerbehaftete Disketten die Ursache. Schreiben Sie die Abbilder auf neue Disketten und versuchen Sie, noch mal zu installieren.

3. Die Abbilder auf Disketten schreiben

Die `.flp`-Dateien sind *keine* normalen Dateien, die Sie auf eine Diskette kopieren. Sie können die Abbilder *nicht* von einem Laufwerk auf ein anderes Laufwerk kopieren. Die Abbilder werden mit einem speziellen Werkzeug direkt auf die Diskette geschrieben.

Wenn Sie die Startdisketten unter MS-DOS® oder Windows® erstellen, können Sie das mitgelieferte Werkzeug `fdimage` verwenden.

Wenn Sie die Abbilder auf der CD-ROM verwenden und das CD-ROM-Laufwerk den Laufwerksbuchstaben E: besitzt, führen Sie den nachstehenden Befehl aus:

```
E:\> tools\fdimage floppies\boot.flp A:
```

Führen Sie das Kommando für jede .flp-Datei aus. Wechseln Sie bitte jedes Mal die Diskette und beschriften Sie die Diskette mit dem Namen der kopierten Datei. Falls Sie die Abbilder an anderer Stelle liegen haben, passen Sie bitte die Kommandozeile an. Wenn Sie keine CD-ROM besitzen, können Sie fdimage aus dem Verzeichnis `tools` des FreeBSD-FTP-Servers herunterladen.

Wenn Sie Startdisketten auf einem UNIX® System (zum Beispiel einem anderen FreeBSD System) erstellen, schreiben Sie die Abbilder mit dem Befehl `dd(1)` direkt auf die Disketten. Auf einem FreeBSD-System lautet die Kommandozeile:

```
# dd if=boot.flp of=/dev/fd0
```

Unter FreeBSD spricht `/dev/fd0` das erste Diskettenlaufwerk an (das Laufwerk A:), `/dev/fd1` spricht das Laufwerk B: an. Andere UNIX® Varianten verwenden unter Umständen andere Gerätenamen, die in der Dokumentation des jeweiligen Systems beschrieben sind.

Nun ist alles für die FreeBSD-Installation vorbereitet.

2.4. Die Installation starten



Wichtig

Die Installationsprozedur lässt die Daten auf Ihren Laufwerken solange unverändert bis die nachstehende Meldung erscheint:

```
Last Chance: Are you SURE you want continue the installation?
```

```
If you're running this on a disk with data you wish to save then WE  
STRONGLY ENCOURAGE YOU TO MAKE PROPER BACKUPS before proceeding!
```

```
We can take no responsibility for lost disk contents!
```

Vor dieser Meldung kann die Installationsprozedur jederzeit abgebrochen werden, ohne die Daten auf der Festplatte zu verändern. Wenn Sie meinen, etwas falsch konfiguriert zu haben, können Sie vor diesem Zeitpunkt einfach den Rechner ausschalten.

2.4.1. Der Systemstart

2.4.1.1. Systemstart von i386™-Systemen

1. Schalten Sie zunächst Ihren Rechner aus.
2. Schalten Sie den Rechner ein. Während des Starts sollte angezeigt werden, wie Sie das Systemmenü (oder BIOS) erreichen. Meist drücken Sie dazu die Tasten F2, F10, Del oder Alt+S. Benutzen Sie die angezeigte Tastenkombination. Viele Rechner zeigen beim Systemstart eine Grafik an. Typischerweise können Sie die Grafik mit der Taste Esc entfernen und so die angezeigten Meldungen lesen.
3. Suchen Sie Option, die einstellt von welchem Gerät der Rechner startet. Normalerweise wird die Option Boot Order genannt und zeigt eine Geräteliste, beispielsweise Floppy, CD-ROM, First Hard Disk an.

Wenn Sie von einer CD-ROM starten, stellen Sie sicher, dass das CD-ROM-Laufwerk ausgewählt ist. Starten Sie hingegen von einem USB-Stick oder von einer Startdiskette, wählen Sie ebenfalls den entsprechenden

Eintrag aus. Wenn Sie nicht sicher sind, lesen Sie bitte im Handbuch des Rechners oder im Handbuch der Systemplatine nach.

Stellen Sie das gewünschte Startmedium ein und sichern Sie die Einstellungen. Der Rechner sollte dann neu starten.

4. Wenn Sie (wie in [Abschnitt 2.3.7, „Das Startmedium vorbereiten“](#) beschrieben) ein bootbaren USB-Stick vorbereitet haben, stöpseln Sie diesen bitte ein, bevor Sie Ihren Rechner einschalten.

Wenn Sie den Rechner von einer CD-ROM starten, legen Sie die CD-ROM so früh wie möglich in das Laufwerk ein.



Anmerkung

Bis einschließlich FreeBSD 7.3 kann FreeBSD auch von einer Startdiskette aus installiert werden. Eine Anleitung hierzu finden Sie in [Abschnitt 2.3.7, „Das Startmedium vorbereiten“](#)). Legen Sie die erste Diskette (diese enthält das Abbild `boot.flp`) in das Diskettenlaufwerk ein und starten Sie den Rechner.

Wenn Ihr Rechner wieder normal startet und das existierende Betriebssystem lädt, kann das folgende Ursachen haben:

1. Das Startmedium (Diskette, CD-ROM) ist nicht schnell genug eingelegt worden. Belassen Sie das Startmedium im Laufwerk und starten Sie Ihren Rechner neu.
2. Die BIOS-Einstellungen sind falsch vorgenommen worden. Wiederholen Sie diesen Schritt, bis Sie die richtige Einstellung gefunden haben.
3. Das verwendete BIOS kann nicht von dem gewünschten Medium starten.
5. FreeBSD startet jetzt. Wenn Sie von einer CD-ROM starten, sehen Sie die folgenden Meldungen (Versionsangaben entfernt):

```
Booting from CD-Rom...
645MB medium detected
CD Loader 1.2

Building the boot loader arguments
Looking up /BOOT/LOADER... Found
Relocating the loader and the BTX
Starting the BTX loader

BTX loader 1.00 BTX version is 1.02
Consoles: internal video/keyboard
BIOS CD is cd0
BIOS drive C: is disk0
BIOS drive D: is disk1
BIOS 636kB/261056kB available memory

FreeBSD/i386 bootstrap loader, Revision 1.1

Loading /boot/defaults/loader.conf
/boot/kernel/kernel text=0x64daa0 data=0xa4e80+0xa9e40 syms=[0x4+0x6cac0+0x4+0x88e9d]
\
```

Wenn Sie mit Startdisketten hochfahren, sehen Sie folgende Meldungen (Versionsangaben entfernt):

```
Booting from Floppy...
Uncompressing ... done
```

```
BTX loader 1.00  BTX version is 1.01
Console: internal video/keyboard
BIOS drive A: is disk0
BIOS drive C: is disk1
BIOS 639kB/261120kB available memory

FreeBSD/i386 bootstrap loader, Revision 1.1

Loading /boot/defaults/loader.conf
/kernel text=0x277391 data=0x3268c+0x332a8 |

Insert disk labelled "Kernel floppy 1" and press any key...
```

Folgen Sie der Anweisung und entfernen Sie die boot.flp-Diskette, anschließend legen Sie die kern1.flp-Diskette ein und drücken Enter. Starten Sie das System mit der ersten Diskette und legen Sie, wenn Sie dazu aufgefordert werden, die anderen Disketten ein.

6. Unabhängig davon, ob Sie von Disketten oder von CD-ROM gestartet haben, erscheint danach das FreeBSD Bootloader-Menü:



Abbildung 2.1. FreeBSD Boot Loader Menu

Warten Sie entweder zehn Sekunden oder drücken Sie Enter.

2.4.1.2. Systemstart bei SPARC64®-Systemen


Die meisten SPARC64®-Systeme sind so konfiguriert, dass sie automatisch von der Festplatte starten. Um FreeBSD auf einem solchen System zu installieren, müssen Sie das System aber über das Netzwerk oder von einer CD-ROM starten. Daher müssen Sie den Bootprozess unterbrechen und das System über das PROM (OpenFirmware) starten.

Dazu starten Sie Ihr System neu und warten, bis die Startmeldung erscheint. Der genaue Wortlaut hängt vom eingesetzten Modell ab, die Nachricht sollte aber ähnlich der folgenden aussehen:

```
Sun Blade 100 (UltraSPARC-IIe), Keyboard Present
Copyright 1998-2001 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved.
OpenBoot 4.2, 128 MB memory installed, Serial #51090132.
Ethernet address 0:3:ba:b:92:d4, Host ID: 830b92d4.
```

Um den Startvorgang zu unterbrechen, drücken Sie nun die Tastenkombination L1+A oder Stop+A. Verwenden Sie eine serielle Verbindung, senden Sie das Signal BREAK über die serielle Konsole (etwa durch die Eingabe von ~# in den Programmen [tip\(1\)](#) oder [cu\(1\)](#)). In beiden Fällen landen Sie anschließend am PROM-Prompt:

```
ok ❶
```

ok {0} 2

- ❶ Der auf Einprozessorsystemen verwendete Prompt.
- ❷ Der Prompt auf Mehrprozessorsystemen. Die Zahl steht dabei für die Anzahl der vorhandenen Prozessoren.

Nun legen Sie Ihre CD-ROM in das Laufwerk ein und geben am PROM-Prompt `boot cdrom` ein. Danach startet Ihr System von der eingelegten CD-ROM.

2.4.2. Die Geräteerkennung prüfen

Die letzten paar Hundert Zeilen der Bildschirmausgabe werden gesichert und können geprüft werden.

Um sich den Bildschirmpuffer anzusehen, drücken Sie die Taste Scroll-Lock. Im Puffer können Sie mit den Pfeiltasten oder den Tasten PageUp und PageDown blättern. Um zur normalen Bildschirmausgabe zurückzukehren, drücken Sie nochmals die Taste Scroll-Lock.

Prüfen Sie mit diesem Verfahren nun die Ausgaben der Geräteerkennung. Sie werden einen Text ähnlich wie in [Abbildung 2.2, „Ausgabe der Geräteerkennung“](#) sehen. Die genauen Ausgaben sind abhängig von den in Ihrem System installierten Geräten.

```

avail memory = 253050880 (247120K bytes)
Preloaded elf kernel "kernel" at 0xc0817000.
Preloaded mfs_root "/mfsroot" at 0xc0817084.
md0: Preloaded image </mfsroot> 4423680 bytes at 0xc03ddcd4

md1: Malloc disk
Using $PIR table, 4 entries at 0xc00fde60
npx0: <math processor> on motherboard
npx0: INT 16 interface
pcib0: <Host to PCI bridge> on motherboard
pci0: <PCI bus> on pcib0
pcib1: <VIA 82C598MVP (Apollo MVP3) PCI-PCI (AGP) bridge> at device 1.0 on pci0
pci1: <PCI bus> on pcib1
pci1: <Matrox MGA G200 AGP graphics accelerator> at 0.0 irq 11
isab0: <VIA 82C586 PCI-ISA bridge> at device 7.0 on pci0
isa0: <ISA bus> on isab0
atapci0: <VIA 82C586 ATA33 controller> port 0xe000-0xe00f at device 7.1 on pci0
ata0: at 0x1f0 irq 14 on atapci0
ata1: at 0x170 irq 15 on atapci0
uhci0: <VIA 83C572 USB controller> port 0xe400-0xe41f irq 10 at device 7.2 on pci0
usb0: <VIA 83572 USB controller> on uhci0
usb0: USB revision 1.0
uhub0: VIA UHCI root hub, class 9/0, rev 1.00/1.00, addr1
uhub0: 2 ports with 2 removable, self powered
pci0: <unknown card> (vendor=0x1106, dev=0x3040) at 7.3
dc0: <ADMtek AN985 10/100BaseTX> port 0xe800-0xe8ff mem 0xdb000000-0xeb0003ff irq 11 at device 8.0 on pci0
dc0: Ethernet address: 00:04:5a:74:6b:b5
miibus0: <MII bus> on dc0
ukphy0: <Generic IEEE 802.3u media interface> on miibus0
ukphy0: 10baseT, 10baseT-FDX, 100baseTX, 100baseTX-FDX, auto
ed0: <NE2000 PCI Ethernet (RealTek 8029)> port 0xec00-0xec1f irq 9 at device 10.0 on pci0
ed0 address 52:54:05:de:73:1b, type NE2000 (16 bit)
isa0: too many dependant configs (8)
isa0: unexpected small tag 14
orm0: <Option ROM> at iomem 0xc0000-0xc7fff on isa0
fdc0: <NEC 72065B or clone> at port 0x3f0-0x3f5,0x3f7 irq 6 drq2 on isa0
fdc0: FIFO enabled, 8 bytes threshold
fd0: <1440-KB 3.5" drive> on fdc0 drive 0
atkbdc0: <Keyboard controller (i8042)> at port 0x60,0x64 on isa0
atkbd0: <AT Keyboard> flags 0x1 irq1 on atkbdc0
kbd0 at atkbd0
psm0: <PS/2 Mouse> irq 12 on atkbdc0
psm0: model Generic PS/2 mouse, device ID 0
vga0: <Generic ISA VGA> at port 0x3c0-0x3df iomem 0xa0000-0xbffff on isa0
sc0: <System console> at flags 0x100 on isa0
sc0: VGA <16 virtual consoles, flags=0x300>
sio0 at port 0x3f8-0x3ff irq 4 flags 0x10 on isa0
sio0: type 16550A
sio1 at port 0x2f8-0x2ff irq 3 on isa0
sio1: type 16550A
ppc0: <Parallel port> at port 0x378-0x37f irq 7 on isa0
pppc0: SMC-like chipset (ECP/EPP/PS2/NIBBLE) in COMPATIBLE mode
ppc0: FIFO with 16/16/15 bytes threshold
plip0: <PLIP network interface> on ppbus0
ad0: 8063MB <IBM-DHEA-38451> [16383/16/63] at ata0-master UDMA33
acd0: CD-RW <LITE-ON LTR-1210B> at ata1-slave PIO4
Mounting root from ufs:/dev/md0c
/stand/sysinstall running as init on vty0

```

Abbildung 2.2. Ausgabe der Geräteerkennung

Prüfen Sie die Ausgabe der Geräteerkennung sorgfältig und stellen Sie sicher, dass FreeBSD alle erwarteten Geräte gefunden hat. Wenn ein Gerät nicht gefunden wurde, wird es nicht angezeigt. Ist dies bei Ihnen der Fall, müssen Sie

einen [angepassten Kernel](#) erstellen, da das betroffene Gerät (beispielsweise eine Soundkarte) in diesem Fall vom GENERIC-Kernel nicht unterstützt wird.

Sie gelangen im nächsten Schritt in ein Menü, in dem Sie über die Cursortasten das Land, in dem Sie sich befinden, auswählen können ([Abbildung 2.3, „Ihr Land auswählen“](#)). Durch die Bestätigung mit der Enter-Taste wird automatisch das von Ihnen gewählte Land sowie die dazu passende Tastaturbelegung gewählt.



Abbildung 2.3. Ihr Land auswählen

Haben Sie als Land United States gewählt, wird automatisch die amerikanische Standardtastatur verwendet. Haben Sie hingegen ein anderes Land angegeben, erscheint das folgende Menü, in dem Sie Ihre Tastaturbelegung auswählen können (bestätigen Sie Ihre Auswahl mit der Enter-Taste).

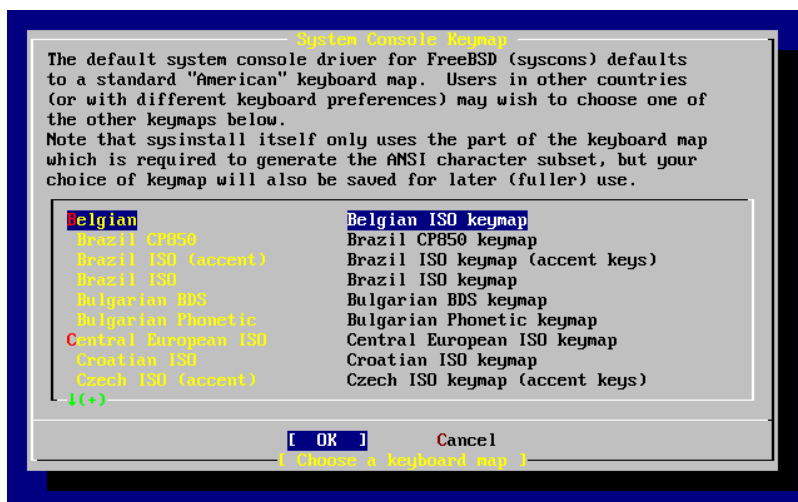


Abbildung 2.4. Die Tastaturbelegung auswählen

Nachdem Sie das Land ausgewählt haben, erscheint das Hauptmenü von sysinstall.

2.5. Das Werkzeug sysinstall

Zum Installieren von FreeBSD stellt das FreeBSD-Projekt das Werkzeug sysinstall zur Verfügung. Das Werkzeug arbeitet textorientiert und bietet eine Reihe von Menüs und Bildschirmen, um den Installationsprozess zu konfigurieren und zu steuern.

Die Menüs von sysinstall werden mit Tasten wie den Pfeiltasten, Enter, Tab oder Space bedient. Eine ausführliche Beschreibung der Tastenbelegung ist in der Gebrauchsanweisung von sysinstall enthalten.

Die Gebrauchsanweisung können Sie lesen, indem Sie den Menüpunkt Usage auswählen. Stellen Sie sicher, dass die Schaltfläche [Select], wie in [Abbildung 2.5](#), „Die Gebrauchsanweisung von sysinstall auswählen“ gezeigt, aktiviert ist und drücken Sie die Taste Enter.

Es erscheinen Anweisungen wie das Menüsystem zu bedienen ist. Wenn Sie diese gelesen haben, drücken Sie Enter, um in das Hauptmenü zurückzukehren.

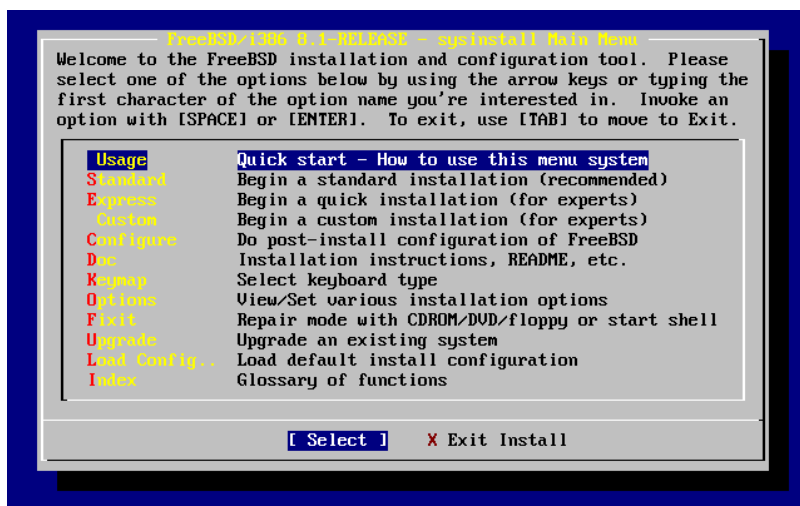


Abbildung 2.5. Die Gebrauchsanweisung von sysinstall auswählen

2.5.1. Die Dokumentation abrufen

Aus dem Hauptmenü wählen Sie mit den Pfeiltasten Doc aus und drücken Enter.

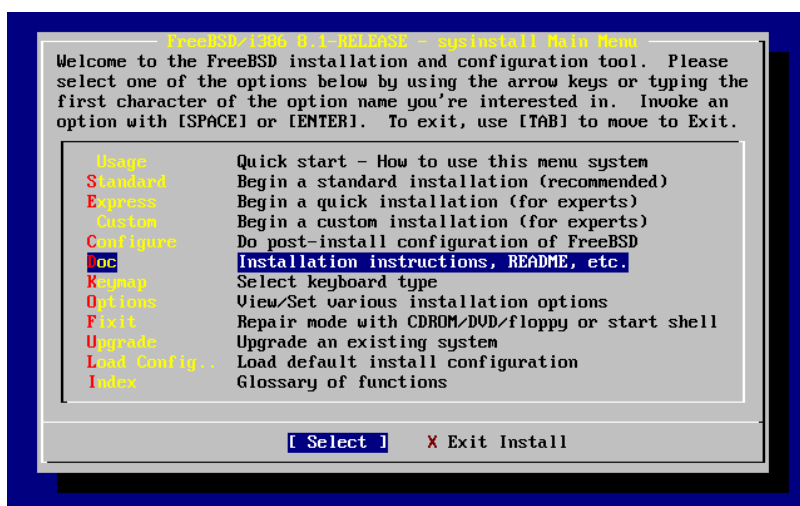


Abbildung 2.6. Die Dokumentation abrufen

Es wird das Dokumentationsmenü angezeigt.

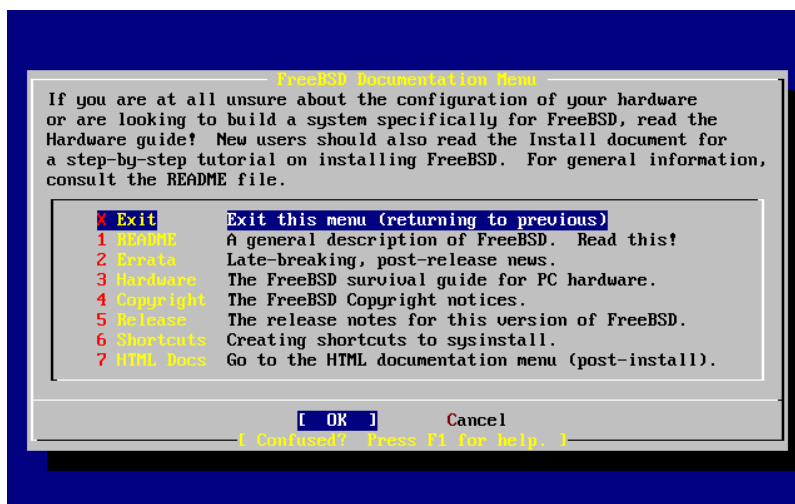


Abbildung 2.7. Das Dokumentationsmenü von sysinstall

Lesen Sie bitte unbedingt die mitgelieferte Dokumentation.

Um ein Dokument zu lesen, wählen Sie das Dokument mit den Pfeiltasten aus und drücken Enter. Wenn Sie das Dokument gelesen haben, kommen Sie mit der Taste Enter in das Dokumentationsmenü zurück.

Um in das Hauptmenü zurückzukommen, wählen Sie mit den Pfeiltasten Exit aus und drücken die Taste Enter.

2.5.2. Die Tastaturbelegung ändern

Um die Tastaturbelegung zu ändern, wählen Sie den Menüpunkt Keymap und drücken Enter. Dies ist nur erforderlich wenn Sie eine nicht standard-konforme Tastatur oder eine andere als eine amerikanische Tastatur einsetzen.

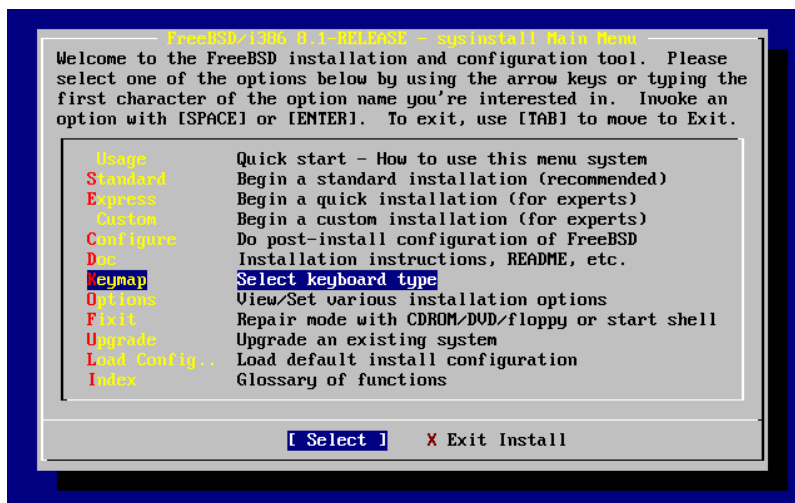


Abbildung 2.8. Das Hauptmenü von sysinstall

Eine andere Tastaturbelegung können Sie mit den Pfeiltasten markieren und der Taste Space auswählen. Wenn Sie die Taste Space nochmals drücken wird die Auswahl aufgehoben. Haben Sie eine Tastaturbelegung ausgewählt, markieren Sie mit den Pfeiltasten [OK] und drücken Sie Enter.

Der Bildschirmabzug zeigt nur einen der verfügbaren Belegungen an. Mit der Taste Tab markieren Sie die Schaltfläche [Cancel], die mit der Vorgabe-Belegung wieder in das Hauptmenü zurückführt.

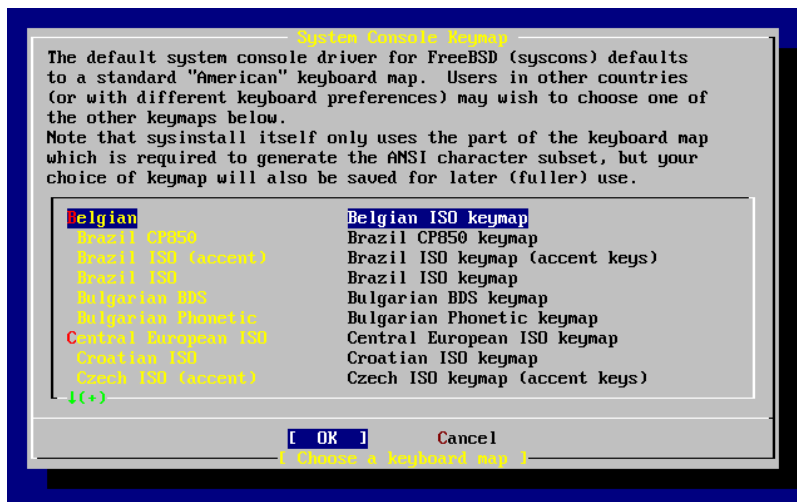


Abbildung 2.9. Sysinstall Keymap Menu

2.5.3. Installationsoptionen einstellen

Wählen Sie Options aus und rücken die Taste Enter.

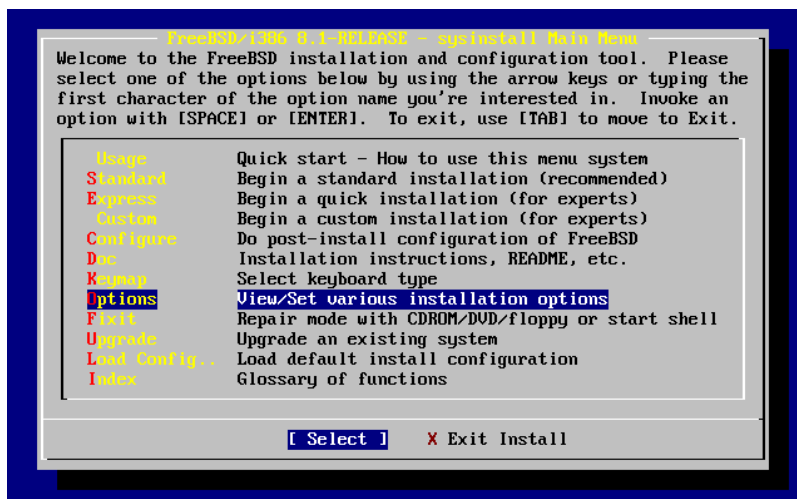


Abbildung 2.10. Das Hauptmenü von sysinstall

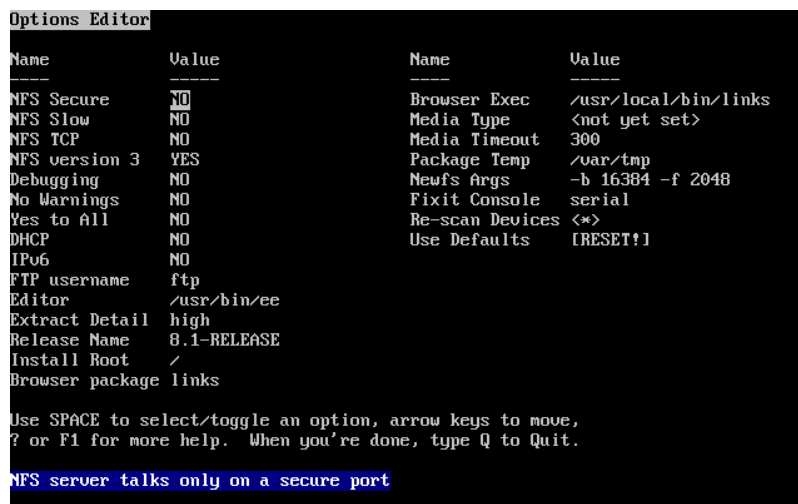


Abbildung 2.11. Optionen von sysinstall

Für die meisten Benutzer sind die voreingestellten Werte völlig ausreichend und brauchen daher nicht geändert werden. Der Name des Releases variiert mit der zu installierenden Version von FreeBSD.

Eine Beschreibung der ausgewählten Option erscheint blau hervorgehoben am unteren Ende des Bildschirms. Mit der Option Use Defaults können Sie alle Optionen auf die Vorgabewerte zurückstellen.

Wenn Sie die Hilfeseite zu den verschiedenen Optionen lesen wollen, drücken Sie die Taste F1.

Die Taste Q führt in das Hauptmenü zurück.

2.5.4. Eine Standard-Installation starten

Die Standard-Installation sollte von allen UNIX®- oder FreeBSD-Anfängern benutzt werden. Markieren Sie mit den Pfeiltasten Standard und drücken Sie Enter, um die Installation zu starten.

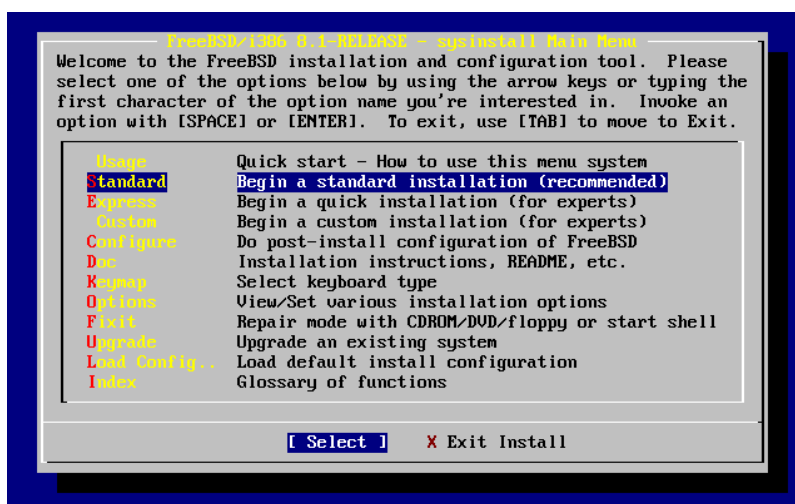


Abbildung 2.12. Die Standard-Installation starten

2.6. Plattenplatz für FreeBSD bereitstellen

Ihre erste Aufgabe ist, FreeBSD Plattenplatz bereitzustellen und den Plattenplatz für sysinstall kenntlich zu machen (*label*). Sie müssen daher wissen, wie FreeBSD mit Platten umgeht.

2.6.1. Nummerierung der Laufwerke im BIOS

Bevor Sie FreeBSD installieren und konfigurieren, sollten Sie einen wichtigen Punkt beachten. Dies gilt insbesondere dann, wenn Sie mehrere Festplatten besitzen.

In einem PC, der unter einem vom BIOS abhängigen Betriebssystem, wie MS-DOS® oder Microsoft® Windows® läuft, kann das BIOS die normale Reihenfolge der Laufwerke verändern und das Betriebssystem beachtet diese Änderung. Mit dieser Funktion kann der Rechner von einem anderen Laufwerk als dem so genannten „primären Laufwerk“ gestartet werden. Die Funktion ist sehr zweckmäßig für Benutzer, die Datensicherungen auf einer zweiten Platte erstellen und dafür Werkzeuge wie Ghost oder xcopy einsetzen. Wenn die erste Platte ausfällt, von einem Virus befallen wird oder durch einen Fehler des Betriebssystems verunstaltet wird, können die Platten im BIOS logisch getauscht werden. Es sieht so aus, als wären die Laufwerke, ohne Öffnen des Gehäuses getauscht worden.

Teurere Systeme mit SCSI-Controllern haben oft BIOS-Erweiterungen, mit denen die Reihenfolge von bis zu sieben SCSI-Platten in ähnlicher Weise verändert werden kann.

Ein Benutzer, der es gewohnt ist, diese BIOS-Funktionen zu benutzen, mag überrascht sein, dass FreeBSD sich nicht wie erwartet verhält. FreeBSD verwendet das BIOS nicht und weiß daher nichts von der logischen Plattenordnung im BIOS. Dies kann zu sehr verwirrenden Situationen führen, insbesondere wenn die Platten identische Geometrien besitzen und Kopien voneinander sind.

Vor der Installation von FreeBSD sollte im BIOS die normale Nummerierung der Laufwerke eingestellt und so belassen werden. Ist es nötig, die Reihenfolge der Laufwerke zu verändern, so sollte das immer auf dem schweren Weg, also durch Öffnen des Gehäuses und Verändern der Jumper und Kabel, erfolgen.

Von Bills und Freds ungewöhnlichen Abenteuern

Bill macht aus einer älteren Wintel Kiste ein neues FreeBSD-System für Fred. Auf einer SCSI-Platte, die er mit der SCSI-ID 0 konfiguriert, installiert Bill FreeBSD.

Nachdem Fred das System einige Tage benutzt hat, bemerkt er, dass die ältere SCSI-Platte viele Fehler meldet und beschwert sich bei Bill.

Nach einigen Tagen entschließt sich Bill, die Sache in die Hand zu nehmen. Er schnappt sich eine identische SCSI-Platte aus dem Lager im Hinterzimmer und baut diese, nachdem Sie einen Oberflächenscan überstanden hat, mit der SCSI-ID 4 ein. Anschließend kopiert er die Daten von der Platte mit der SCSI-ID 0 auf die Platte mit der SCSI-ID 4. Da die neue Platte zufriedenstellend läuft, stellt Bill im SCSI-BIOS die Reihenfolge der Platten so um, dass das System von der neuen Platte startet. Nach einem problemlosen Start von FreeBSD läuft das System und Fred ist zufrieden.

Nach einiger Zeit haben Bill und Fred Lust auf ein weiteres Abenteuer – Sie wollen das System auf eine neue FreeBSD-Version aktualisieren. Bill ersetzt die angeschlagene Platte mit der SCSI-ID 0 durch eine gleiche Platte aus dem Lager. Auf der ausgetauschten Platte installiert er problemlos mithilfe von Freds Startdisketten die neue Version von FreeBSD.

Fred braucht ein paar Tage, um die neue FreeBSD-Version zu testen und entscheidet, dass Sie für den produktiven Einsatz geeignet ist. Nun müssen die Daten von der alten Platte (mit der SCSI-ID 4) kopiert werden. Fred hängt dazu die alte Platte ein und stellt bestürzt fest, dass alle Daten verschwunden sind.

Wo sind die Daten hin?

Bill kopierte die Daten von der Platte mit der SCSI-ID 0 auf die Platte mit der SCSI-ID 4. Als Bill die Startreihenfolge im SCSI-BIOS änderte, führte er sich nur selbst an der Nase herum. FreeBSD lief weiterhin auf der Platte mit der SCSI-ID 0. Durch die Änderung der Startreihenfolge wurde nur ein Teil des Boot- und Loader-Codes von der Platte mit der SCSI-ID 4 geladen. Die Kernel-Treiber von FreeBSD ignorieren die BIOS-Einstellungen und benutzen die normale Nummerierung. Das System lief also weiterhin auf der Platte mit der SCSI-ID 0 und alle Daten von Fred befanden sich auf dieser Platte. Es schien nur so, als würde das System auf der Platte mit der SCSI-ID 4 laufen.

Wir sind erleichtert zu bemerken, dass keine Daten verloren gingen oder verändert wurden. Die alte Platte wurde im Müll wiedergefunden und Freds Daten konnten wiederhergestellt werden (Bill weiß jetzt, dass er noch viel zu lernen hat).

Obwohl in diesem Beispiel SCSI-Platten verwendet wurden, gelten die Konzepte gleichermaßen für IDE-Platten.

2.6.2. Slices mit Fdisk erstellen



Anmerkung

Zu diesem Zeitpunkt werden noch keine Änderungen auf die Festplatte ausgeschrieben. Sie können daher sysinstall jederzeit verlassen, und erneut beginnen, wenn Sie denken, einen Fehler gemacht zu haben. Sie können sysinstall über die Menüs verlassen, die Taste U drücken oder die Option Undo wählen. Wenn Sie einmal nicht wissen, wie Sie ein Menü verlassen, können Sie den Rechner auch einfach ausschalten.

Nachdem Sie in sysinstall die Standard-Installation ausgewählt haben, werden Sie folgende Meldung sehen:

Message

In the next menu, you will need to set up a DOS-style ("fdisk") partitioning scheme for your hard disk. If you simply wish to devote all disk space to FreeBSD (overwriting anything else that might be on the disk(s) selected) then use the (A)ll command to select the default partitioning scheme followed by a (Q)uit. If you wish to allocate only free space to FreeBSD, move to a partition marked "unused" and use the (C)reate command.

[OK -]

[Press enter or space -]

Drücken Sie, wie angegeben, Enter. Im nächsten Bildschirm werden alle Festplatten angezeigt, die der Kernel während der Geräteerkennung gefunden hat. [Abbildung 2.13, „Ein Laufwerk für Fdisk aussuchen“](#) zeigt ein Beispiel von einem System mit zwei IDE-Platten, die als ad0 und ad2 erkannt wurden.

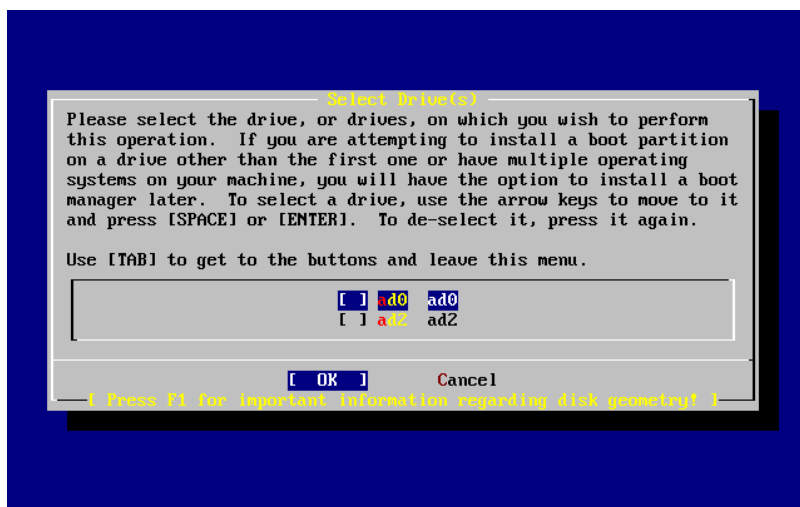


Abbildung 2.13. Ein Laufwerk für Fdisk aussuchen

Sie fragen sich vielleicht, warum ad1 nicht angezeigt wird. Wurde die Platte vielleicht nicht erkannt?

Stellen Sie sich ein System mit zwei IDE-Platten vor. Eine Platte ist als Master am ersten Controller, die andere als Master am zweiten Controller angeschlossen. Wenn FreeBSD die Platten in der Reihenfolge, in der sie gefunden werden, nummerieren würde, hießen die Platten ad0 und ad1 und alles würde funktionieren.

Wenn Sie nun am ersten IDE-Controller eine dritte Platte als Slave anschließen würden, wäre diese Platte ad1. Die vorher ad1 genannte Platte würde nun ad2 heißen. Dateisysteme werden auf Geräten wie ad1s1a angelegt. Daher könnte es passieren, dass auf einmal Dateisysteme nicht mehr gefunden werden und Sie FreeBSD umkonfigurieren müssten.

Um diese Probleme zu umgehen, kann der Kernel so eingestellt werden, dass er Platten nach ihrem Anschlussort anstelle der gefundenen Reihenfolge benennt. Nach diesem Schema ist die Master-Platte am zweiten IDE-Controller *immer* ad2, auch wenn es die Geräte ad0 oder ad1 gar nicht gibt.

Dieses Verhalten ist in FreeBSD voreingestellt und der Grund warum im Beispiel die Geräte ad0 und ad2 angezeigt werden. Der Rechner, von dem die gezeigte Ausgabe stammt, hatte zwei IDE-Platten, die beide als Master konfiguriert waren, und keine Slave-Platten.

Wählen Sie die Platte aus, auf die Sie FreeBSD installieren wollen und drücken Sie **[OK]**. Anschließend startet Fdisk und zeigt einen Bildschirm wie den in [Abbildung 2.14, „Typischer Fdisk-Bildschirm vor dem Editieren“](#).

Der Bildschirm von Fdisk ist in drei Abschnitte unterteilt.

Der erste Abschnitt umfasst die ersten beiden Zeilen der Anzeige. Er enthält Einzelheiten über die aktuell ausgewählte Platte, unter anderem den FreeBSD-Gerätenamen, die Plattengeometrie und die Kapazität der Platte.

Der zweite Abschnitt zeigt die auf der Platte befindlichen Slices. Angezeigt wird der Anfang und das Ende der Slice, die Größe der Slice, der FreeBSD-Gerätename, eine Beschreibung und der Subtyp. Im Beispiel sehen Sie zwei unbenutzte Slices, die durch die Plattenbelegung auf PCs entstehen. Weiterhin sehen Sie eine große FAT-Slice, die ziemlich sicher unter MS-DOS®/Windows® als Laufwerk C: auftaucht und eine erweiterte Slice, die unter MS-DOS®/Windows® weitere Laufwerke enthalten kann.

Im dritten Abschnitt sind die Kommandos von Fdisk zusammengefasst.

```

Disk name:      ad0
DISK Geometry: 16383 cyls/16 heads/63 sectors = 16514064 sectors (8063MB)
FDISK Partition Editor

Offset      Size(ST)      End      Name  PType  Desc  Subtype  Flags
-----
0           63           62      -     6     unused  0
63         4193217       4193279  ad0s1  2      fat    14      >
4193280     1008         4194287  -     6     unused  0      >
4194288    12319776       16514063 ad0s2  4     extended 15      >

The following commands are supported (in upper or lower case):
A = Use Entire Disk    G = set Drive Geometry  C = Create Slice    F = 'DD' mode
D = Delete Slice      Z = Toggle Size Units  S = Set Bootable   I = Wizard m.
T = Change Type       U = Undo All Changes  Q = Finish

Use F1 or ? to get more help, arrow keys to select.

```

Abbildung 2.14. Typischer Fdisk-Bildschirm vor dem Editieren

Die nächsten Schritte hängen von der beabsichtigten Einteilung der Festplatte ab.

Wenn Sie die gesamte Festplatte für FreeBSD verwenden wollen, drücken Sie die Taste A (entspricht dem Menüpunkt Use Entire Disk). Später im Installationsverlauf müssen Sie diese Auswahl bestätigen, danach werden alle bisherigen Daten von der Festplatte gelöscht. Diese Auswahl löscht vorher vorhandene Slices und ersetzt sie durch einen kleinen unbenutzten Bereich (der wieder durch das PC-Design bedingt ist) und eine große Slice für FreeBSD. Wählen Sie dann die neu erstellte Slice mit den Pfeiltasten aus und drücken Sie die Taste S, um die Slice als startfähig (bootbar) zu markieren. [Abbildung 2.15, „Eine Partition über die gesamte Platte“](#) zeigt den Bildschirm zu diesem Zeitpunkt. Beachten Sie das A in der Spalte Flags. Dies zeigt an, dass die Slice aktiv ist und das System von dieser Slice starten wird.

Um Platz für FreeBSD zu schaffen, können Sie auch bestehende Slices löschen. Markieren Sie dazu die Slice mit den Pfeiltasten und drücken Sie die Taste D. Danach legen Sie eine neue Slice mit der Taste C an. Sie werden nach der Größe der zu erstellenden Slice gefragt; der Vorgabewert entspricht der größten Slice, die angelegt werden kann (entspricht entweder dem größten freien Bereich auf der Festplatte oder der ganzen Festplatte).

Wenn Sie schon Platz für FreeBSD geschaffen haben (beispielsweise mit PartitionMagic®), können Sie eine neue Slice direkt mit der Taste C anlegen. Sie werden wieder nach der Größe der anzulegenden Slice gefragt.

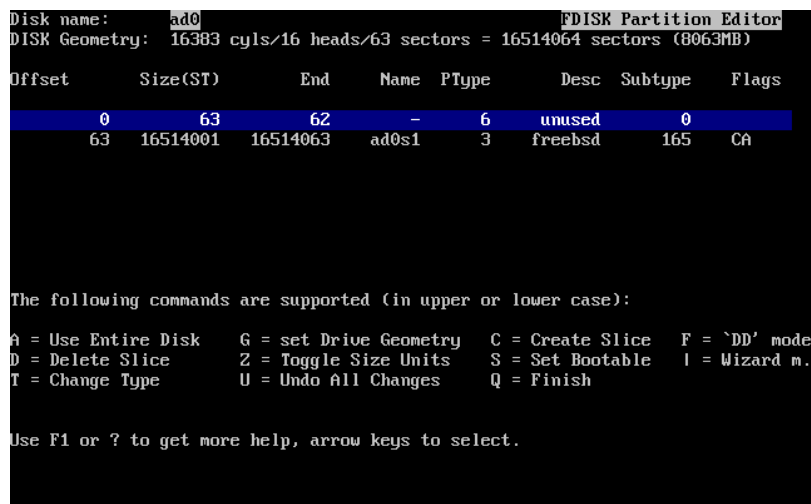


Abbildung 2.15. Eine Partition über die gesamte Platte

Drücken Sie die Taste Q, wenn Sie fertig sind. Sysinstall merkt sich die Änderungen, schreibt sie aber noch nicht auf die Festplatte.

2.6.3. Einen Boot-Manager installieren

Sie können nun einen Boot-Manager installieren. Unter folgenden Umständen sollten Sie den FreeBSD-Boot-Manager installieren:

- Das System besitzt mehr als ein Laufwerk und FreeBSD ist auf einem anderen Laufwerk als dem ersten Laufwerk installiert.
- FreeBSD teilt sich das Laufwerk mit einem anderen Betriebssystem. Beim Systemstart wollen Sie auswählen, welches Betriebssystem gestartet wird.

Wird der Rechner ausschließlich mit FreeBSD betrieben und FreeBSD ist auf dem ersten Laufwerk installiert, dann genügt der Standard-Boot-Manager. Wenn Sie einen anderen Boot-Manager benutzen, der FreeBSD starten kann, wählen Sie bitte None aus.

Nachdem Sie die Auswahl getroffen haben, drücken Sie die Taste Enter.

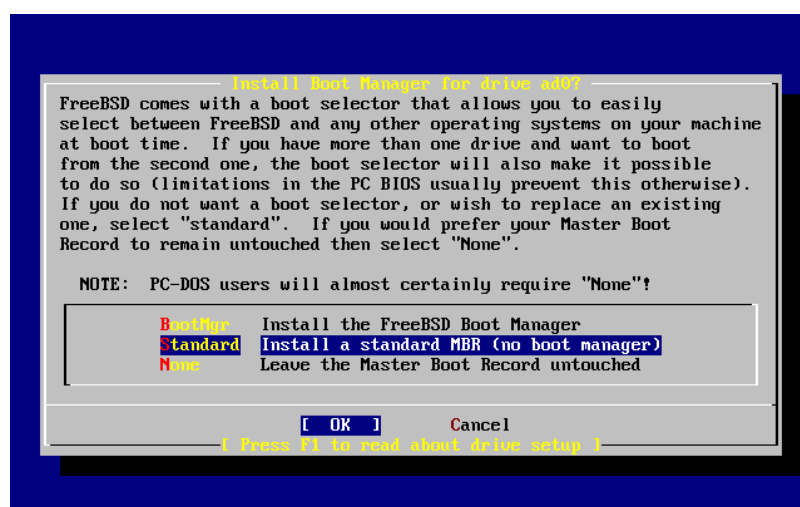


Abbildung 2.16. Sysinstall Boot-Manager-Menü

In der Hilfe, die Sie mit der Taste F1 aufrufen, werden Probleme beschrieben, die entstehen können, wenn sich zwei Betriebssysteme ein Laufwerk teilen.

2.6.4. Slices auf einem anderen Laufwerk anlegen

Wenn das System mehr als ein Laufwerk besitzt, kehrt die Installationsprozedur nach der Auswahl des Boot-Managers zum Bildschirm **Select Drives** zurück. Sie können hier ein anderes Laufwerk auswählen und auf diesem Laufwerk mit Fdisk weitere Slices anlegen.



Wichtig

Wenn Sie FreeBSD auf einem anderen Laufwerk als dem ersten Laufwerk installieren, müssen Sie den FreeBSD-Boot-Manager auf beiden Laufwerken installieren.

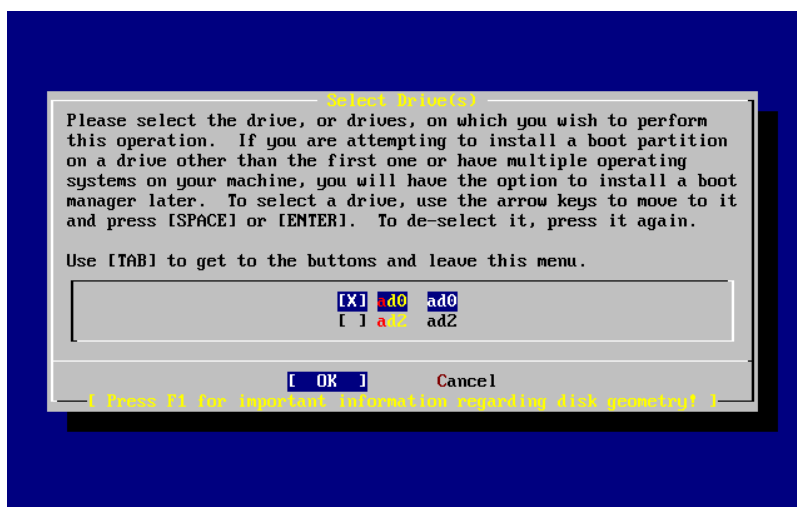


Abbildung 2.17. Die Laufwerksauswahl verlassen

Die Taste Tab wechselt zwischen dem zuletzt ausgewählten Laufwerk und den Schaltflächen **[OK]** und **[Cancel]**.

Drücken Sie einmal die Taste Tab, um **[OK]** auszuwählen und drücken Sie anschließend Enter um die Installation weiterzuführen.

2.6.5. Partitionen mit Bsdlabel anlegen

In jeder angelegten Slice müssen Sie Partitionen anlegen. Die Partitionen werden mit Buchstaben von a bis h gekennzeichnet. Die Buchstaben b, c und d haben eine besondere Bedeutung, die Sie beachten sollten.

Einige Anwendungen profitieren von einer besonderen Aufteilung der Partitionen, insbesondere wenn das System mehr als ein Laufwerk besitzt. Bei der ersten FreeBSD-Installation sollten Sie sich allerdings nicht zu viele Gedanken über die Partitionen machen. Wichtiger ist, dass Sie FreeBSD installieren und benutzen. Wenn Sie mehr Erfahrung mit FreeBSD gesammelt haben, können Sie FreeBSD jederzeit mit anderen Partitionen installieren.

Das folgende Schema legt vier Partitionen an: Eine Partition für den Auslagerungsbereich (*swap space*) und drei Partitionen für Dateisysteme.

Tabelle 2.2. Partitionen auf dem ersten Laufwerk

Partition	Dateisystem	Größe	Beschreibung
a	/	1 GB	Das Root-Dateisystem. Jedes andere Dateisystem wird irgendwo unterhalb von diesem Dateisystem eingehangen. 1 GB ist eine

Partition	Dateisystem	Größe	Beschreibung
			vernünftige Größe für dieses Dateisystem. Sie werden hier wenig Daten speichern und FreeBSD benötigt ungefähr 128 MB Platz auf diesem Dateisystem. Der Rest ist für temporäre Daten und die Reserve, falls künftige Versionen von FreeBSD mehr Platz in / benötigen.
b	N/A	2-3 x RAM	<p>Der Auslagerungsbereich befindet sich auf der b-Partition. Es ist schon fast eine Kunst, die Größe des Auslagerungsbereichs richtig zu bestimmen. Eine gute Daumenregel ist, den Auslagerungsbereich zwei bis dreimal größer als den Hauptspeicher (RAM) anzulegen. Sie sollten mindestens 64 MB für den Auslagerungsbereich vorsehen. Wenn das System also weniger als 32 MB Hauptspeicher besitzt, richten Sie einen 64 MB großen Auslagerungsbereich ein.</p> <p>Besitzt das System mehr als ein Laufwerk, können Sie auf jedem Laufwerk Auslagerungsbereiche anlegen. Da FreeBSD alle Auslagerungsbereiche benutzt, wird der Vorgang des Auslagerns durch mehrere Bereiche beschleunigt. Berechnen Sie in diesem Fall die Größe des benötigten Auslagerungsbereichs, beispielsweise 128 MB, und teilen Sie die Größe durch die Anzahl der Laufwerke. Dies gibt die Größe des Auslagerungsbereichs auf jedem Laufwerk. Mit zwei Platten ergibt das in diesem Beispiel 64 MB Auslagerungsbereich pro Platte.</p>
e	/var	512 MB bis 4096 MB	Das Verzeichnis /var enthält Dateien, die sich dauernd ändern (Protokolldateien und Dateien für Verwaltungszwecke) und auf die im Normalbetrieb oft zugegriffen wird. Liegen diese Dateien in einem gesonderten Dateisystem, kann FreeBSD den Zugriff auf die Dateien optimieren, ohne den Zugriff auf Dateien mit einem anderen Zugriffsmuster zu stören.
f	/usr	Der Rest des Laufwerks (mindestens 8 GB)	Alle anderen Dateien werden normalerweise im Verzeichnis /usr oder einem Unterverzeichnis von /usr abgelegt.



Warnung

Die eben genannten Werte dienen nur als Beispiel und sollten nur von erfahrenen Benutzern editiert werden. Wir empfehlen Ihnen, die vom Partitionseditor vorgeschlagene Aufteilung (Auto Defaults) zu verwenden.

Wenn Sie FreeBSD auf mehr als einem Laufwerk installieren, müssen Sie noch weitere Partitionen in den Slices auf den anderen Laufwerken anlegen. Am einfachsten legen Sie pro Laufwerk zwei Partitionen an: eine für den Auslagerungsbereich und eine andere für ein Dateisystem.

Tabelle 2.3. Partitionen auf weiteren Laufwerken

Partition	Dateisystem	Größe	Beschreibung
b	-	-	Wie schon besprochen, können Sie den Auslagerungsbereich auf mehrere Platten verteilen. Auch wenn die a-Partition frei ist, sollte der Aus-

Partition	Dateisystem	Größe	Beschreibung
			lagerungsbereich entsprechend der Konvention auf der b-Partition angelegt werden.
e	/diskn	Der Rest des Laufwerks	Der Rest der Platte wird von einer großen Partition eingenommen. Sie könnten für diese Partition die a-Partition anstelle der e-Partition benutzen. Allerdings ist die a-Partition per Konvention für das Root-Dateisystem (/) reserviert. Sie brauchen die Konvention nicht zu beachten, da aber sysinstall die Konvention beachtet, ist die Installation sauberer, wenn Sie das auch tun. Sie können das Dateisystem irgendwo einhängen. Das Beispiel schlägt die Verzeichnisse /diskn vor, wobei n die Laufwerke nummeriert. Sie können ein anderes Schema verwenden, wenn Sie möchten.

Wenn Sie die Aufteilung der Partitionen festgelegt haben, können Sie die Partitionen mit sysinstall anlegen. Es erscheint die nachstehende Meldung:

```

                                Message
Now, you need to create BSD partitions inside of the fdisk
partition(s) just created. If you have a reasonable amount of disk
space (1GB or more) and don't have any special requirements, simply
use the (A)uto command to allocate space automatically. If you have
more specific needs or just don't care for the layout chosen by
(A)uto, press F1 for more information on manual layout.

                                [ OK -]
                                [ Press enter or space -]

```

Drücken Sie Enter, um den FreeBSD-Partitionseditor, der Disklabel heißt, zu starten.

Abbildung 2.18, „Sysinstall Disklabel-Editor“ zeigt den Einstiegsbildschirm von Disklabel. Der Bildschirm ist in drei Bereiche geteilt.

Die ersten Zeilen zeigen den Namen des Laufwerks, das Sie gerade bearbeiten und die Slice, die die erstellten Partitionen enthält (Disklabel spricht hier von Partitionen anstatt von Slices). Der freie Platz einer Slice, der noch keiner Partition zugeordnet ist, wird ebenfalls angezeigt.

In der Mitte des Bildschirms werden die angelegten Partitionen, der Name des Dateisystems, das sich in der Partition befindet, dessen Größe und die Optionen zum Erstellen des Dateisystems angezeigt.

Das untere Drittel des Bildschirms zeigt die in Disklabel gültigen Tastenkombinationen.

```

FreeBSD Disklabel Editor
Disk: ad0      Partition name: ad0s1  Free: 16514001 blocks (8063MB)

Part      Mount      Size Newfs  Part      Mount      Size Newfs
-----
-----

The following commands are valid here (upper or lower case):
C = Create      D = Delete      M = Mount pt.
N = Newfs Opts  Q = Finish      S = Toggle SoftUpdates  Z = Custom Newfs
T = Toggle Newfs U = Undo      A = Auto Defaults      R = Delete+Merge

Use F1 or ? to get more help, arrow keys to select.

```

Abbildung 2.18. Sysinstall Disklabel-Editor

Disklabel kann für Sie automatisch Partitionen mit vorgegebenen Größen erstellen (diese Standardgrößen werden durch einen internen Partitionierungsalgorithmus ermittelt, der auf der Plattengröße beruht). Probieren Sie das bitte jetzt aus und drücken Sie die Taste A. Der Bildschirm sieht danach ähnlich wie in [Abbildung 2.19, „Sysinstall Disklabel-Editor mit automatischen Vorgaben“](#) aus. Abhängig von der Größe des Laufwerks können die Vorgabewerte richtig oder falsch sein. Da Sie die Vorgaben nicht akzeptieren müssen, spielt das keine Rolle.



Anmerkung

FreeBSD legt das Verzeichnis /tmp in einer eigenen Partition an. Dies verhindert, dass sich die Root-Partition mit temporären Dateien füllt.

```

FreeBSD Disklabel Editor
Disk: ad0      Partition name: ad0s1  Free: 0 blocks (0MB)

Part      Mount      Size Newfs  Part      Mount      Size Newfs
-----
-----
ad0s1a    /              422MB UFS2   Y
ad0s1b    swap          321MB SWAP
ad0s1d    /var          710MB UFS2+S Y
ad0s1e    /tmp          377MB UFS2+S Y
ad0s1f    /usr          6232MB UFS2+S Y

The following commands are valid here (upper or lower case):
C = Create      D = Delete      M = Mount pt.
N = Newfs Opts  Q = Finish      S = Toggle SoftUpdates  Z = Custom Newfs
T = Toggle Newfs U = Undo      A = Auto Defaults      R = Delete+Merge

Use F1 or ? to get more help, arrow keys to select.

```

Abbildung 2.19. Sysinstall Disklabel-Editor mit automatischen Vorgaben

Wollen Sie die vorgegebenen Partitionen nicht verwenden und durch eigene ersetzen, markieren Sie mit den Pfeiltasten die erste Partition und drücken Sie die Taste D, um die Partition zu löschen. Wiederholen Sie dies für alle vorgegebenen Partitionen.

Um die erste Partition (a), die als / eingehangen wird, zu erstellen, drücken Sie die Taste C. Stellen Sie dabei sicher, dass die richtige Slice im oberen Teil des Bildschirms markiert ist. Wie in [Abbildung 2.20, „Die Größe einer Partition“](#)

festlegen“, erscheint ein Fenster, in dem Sie die Größe der Partition angeben müssen. Sie können die Größe in Blöcken oder einer Zahl gefolgt von M für Megabyte, G für Gigabyte oder C für Zylinder angeben.

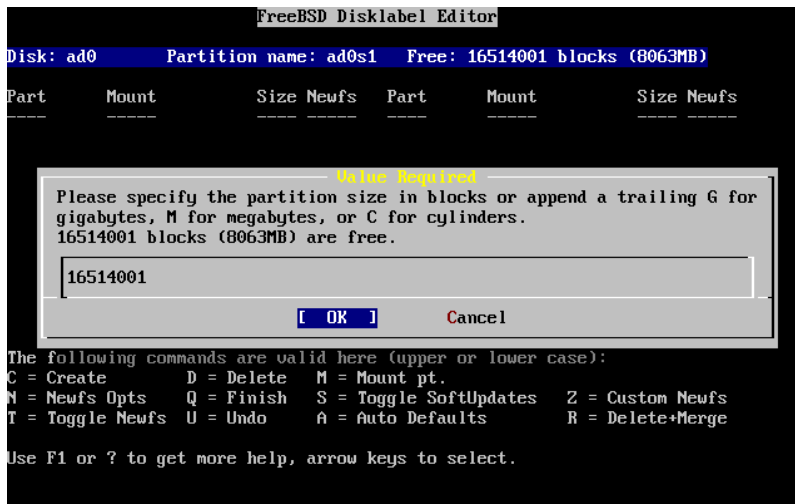


Abbildung 2.20. Die Größe einer Partition festlegen

Die vorgegebene Größe erstellt eine Partition, die den Rest der Slice ausfüllt. Wenn Sie die Größen aus dem früheren Beispiel verwenden, löschen Sie die vorgeschlagene Größe mit der Taste Backspace und tragen Sie **512M** ein, wie in [Abbildung 2.21, „Die Größe einer Partition ändern“](#) gezeigt. Drücken Sie anschließend **[OK]**.

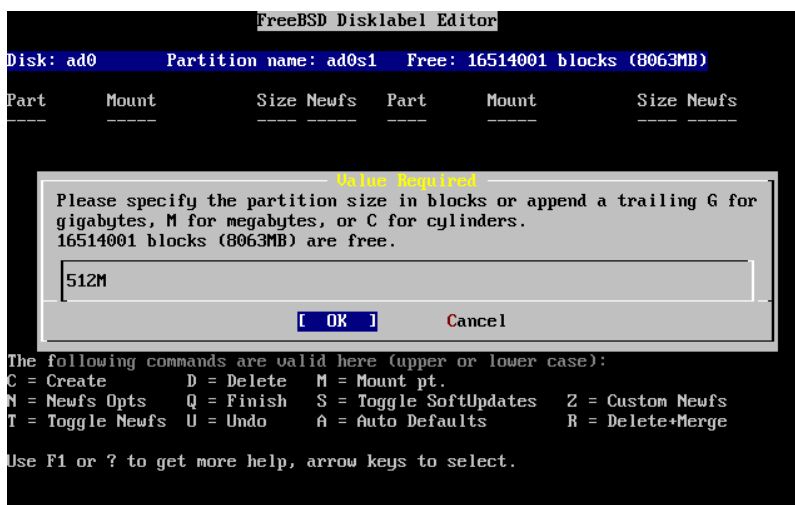


Abbildung 2.21. Die Größe einer Partition ändern

Nachdem Sie die Größe der Partition festgelegt haben, werden Sie gefragt, ob die Partition ein Dateisystem oder einen Auslagerungsbereich enthalten soll (siehe [Abbildung 2.22, „Den Partitionstyp festlegen“](#)). Die erste Partition enthält ein Dateisystem, wählen Sie FS aus und drücken Sie die Taste Enter.



Abbildung 2.22. Den Partitionstyp festlegen

Abschließend müssen Sie, weil Sie ein Dateisystem erstellen, angeben, wo das Dateisystem eingehangen wird. Die Eingabe ist in [Abbildung 2.23, „Den Mountpoint festlegen“](#) dargestellt. Das Root-Dateisystem wird in / eingehangen, geben Sie daher / ein und drücken Sie die Taste Enter.



Abbildung 2.23. Den Mountpoint festlegen

Auf dem Bildschirm wird jetzt die neu angelegte Partition angezeigt. Wiederholen Sie diese Prozedur für die restlichen Partitionen. Beim Anlegen des Auslagerungsbereichs werden Sie nicht nach einem Mountpoint gefragt, da ein Auslagerungsbereich nie eingehangen wird. Wenn Sie die letzte Partition anlegen, /usr, können Sie die vorgeschlagene Größe stehen lassen. Das Dateisystem wird dann den Rest der Slice einnehmen.

Der letzte Bildschirm von Disklabel sieht wie in [Abbildung 2.24, „Sysinstall Disklabel-Editor“](#) aus (Ihre Werte werden von den gezeigten Werten abweichen). Drücken Sie die Taste Q, um Disklabel zu verlassen.



Abbildung 2.24. Sysinstall Disklabel-Editor

2.7. Den Installationsumfang bestimmen

2.7.1. Die Distribution auswählen

Welche Software Sie installieren, hängt hauptsächlich vom Zweck des Rechners und dem zur Verfügung stehenden Plattenplatz ab. Die vorgegebenen Distributionen reichen von der minimalen Installation bis hin zu einer kompletten Installation. Anfänger sollten eine der vorgegebenen Distributionen auswählen, erfahrene Benutzer können die zu installierende Distribution anpassen.

Die Taste F1 führt zu einem Hilfebildschirm, der die Distributionen und deren Inhalte beschreibt. Drücken Sie Enter, um die Hilfe zu verlassen und zur Auswahl der Distribution zurückzukehren.

Wenn Sie eine graphische Benutzeroberfläche installieren wollen, müssen Sie die Konfiguration des X-Servers und die Auswahl der Benutzeroberfläche nach erfolgreicher Installation durchführen. Die Installation und Konfiguration des X-Servers wird in [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) besprochen.

Wenn Sie einen angepassten Kernel erstellen wollen, wählen Sie eine Distribution aus, die den Quellcode (*source code*) enthält. Warum und wie Sie einen angepassten Kernel erstellen, erfahren Sie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#).

Natürlich ist das flexibelste System das, auf dem alles installiert ist. Wenn das System über ausreichend Plattenplatz verfügt, wählen Sie mit den Pfeiltasten die Option All aus (siehe [Abbildung 2.25, „Die Distribution auswählen“](#)) und drücken die Taste Enter. Wenn Sie Bedenken haben, dass der Plattenplatz nicht ausreicht, wählen Sie eine Distribution, die weniger Software enthält. Machen Sie sich keine unnötigen Sorgen um die richtige Distribution, ausgelassene Distribution können später nachinstalliert werden.

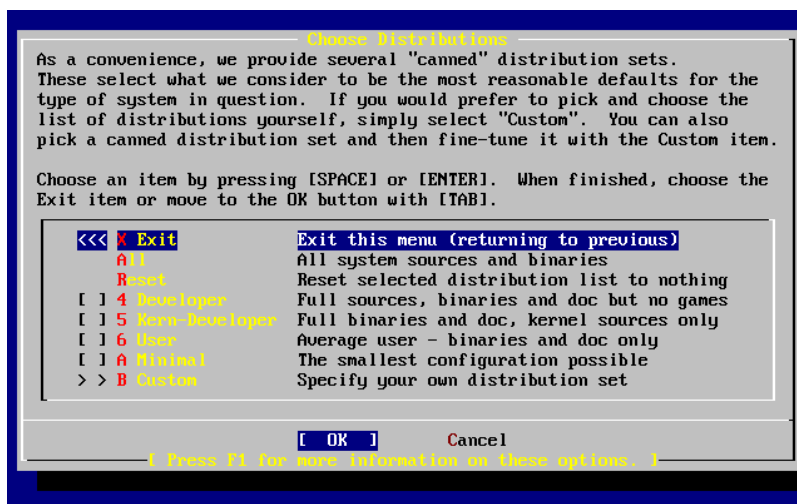
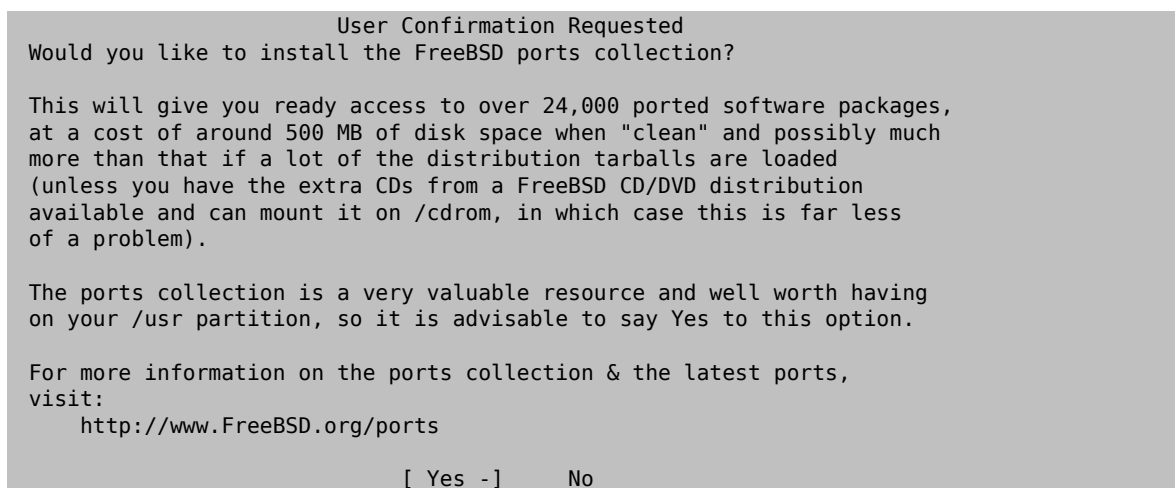


Abbildung 2.25. Die Distribution auswählen

2.7.2. Die Ports-Sammlung installieren

Nach der Auswahl der Distribution haben Sie Gelegenheit, die FreeBSD-Ports-Sammlung zu installieren. Mit der Ports-Sammlung lässt sich Software Dritter auf einfache Art und Weise installieren. Der Quellcode der zu installierenden Software ist nicht in der Ports-Sammlung enthalten. Stattdessen enthält die Ports-Sammlung Dateien, die den Installationsprozess (herunterladen, übersetzen und installieren) automatisieren. Die Ports-Sammlung wird in [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) besprochen.

Der Installationsprozess prüft nicht, ob ausreichend Platz für die Ports-Sammlung vorhanden ist. Wählen Sie die Ports-Sammlung bitte nur aus, wenn das System über ausreichenden Platz verfügt. In FreeBSD 10.3 nimmt die Ports-Sammlung ungefähr 500 MB Plattenplatz in Anspruch. Neuere Versionen von FreeBSD benötigen mit Sicherheit noch mehr Platz.



Wählen Sie mit den Pfeiltasten **[Yes]** aus, um die Ports-Sammlung zu installieren. Wählen Sie **[No]** aus, um die Ports-Sammlung auszulassen. Drücken Sie danach die Taste Enter, es erscheint wieder das Distributionsmenü.

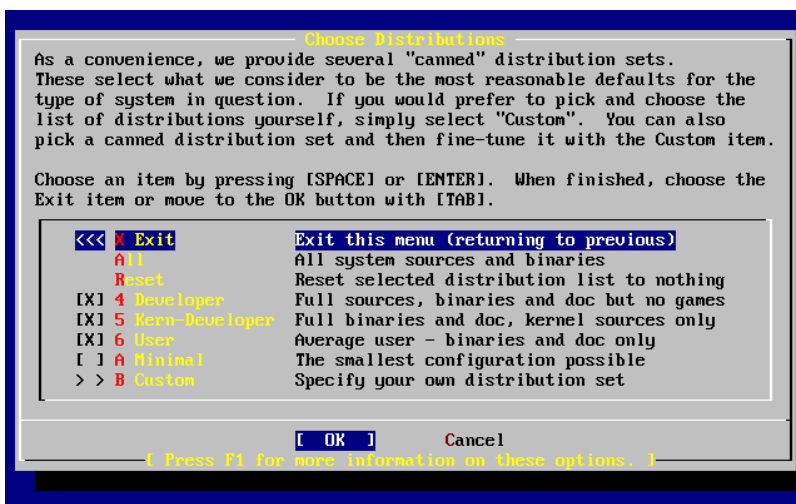


Abbildung 2.26. Die Distributionen bestätigen

Wenn Sie mit den ausgewählten Optionen zufrieden sind, wählen Sie mit den Pfeiltasten Exit aus (stellen Sie sicher, dass **[OK]** aktiv ist) und drücken Sie die Taste Enter.

2.8. Das Installationsmedium auswählen

Wenn Sie von einer CD-ROM oder einer DVD installieren, wählen Sie bitte Install from a FreeBSD CD/DVD aus. Stellen Sie sicher, dass **[OK]** aktiv ist und drücken Sie dann die Taste Enter, um mit der Installation fortzufahren.

Wenn Sie ein anderes Installationsmedium benutzen, wählen Sie die passende Option aus und folgen den angezeigten Anweisungen.

Die Hilfeseiten über Installationsmedien erreichen Sie mit der Taste F1. Drücken Sie Enter, um zur Auswahl des Installationsmediums zurückzukehren.

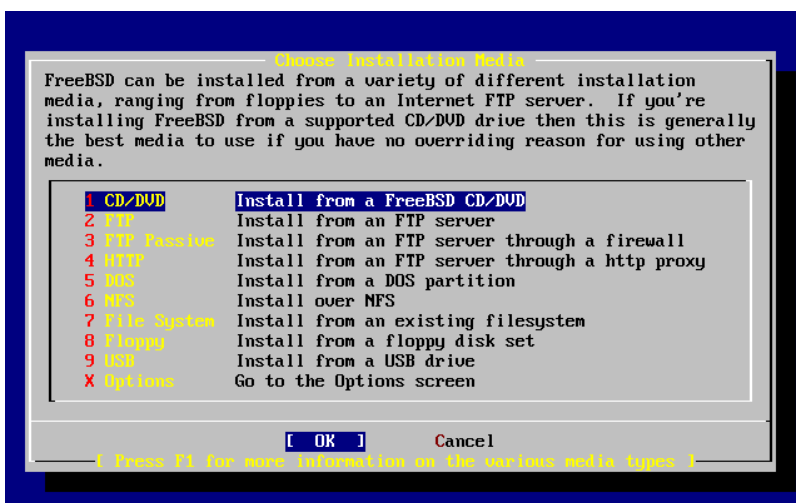


Abbildung 2.27. Das Installationsmedium auswählen



FTP-Installationsmodi

Sie können zwischen drei FTP-Installationsmodi wählen: Active-FTP, Passive-FTP oder über einen HTTP-Proxy.

FTP Active: Install from an FTP server

Diese Option führt alle FTP-Operationen im Active-Mode aus. Dieser Modus funktioniert nicht durch Firewalls, er funktioniert aber mit alten FTP-Servern, die den Passive-Mode nicht beherrschen. Wenn die Verbindung im Passive-Mode (das ist die Vorgabe) hängt, versuchen Sie den Active-Mode.

FTP Passive: Install from an FTP server through a firewall

Mit dieser Option benutzt sysinstall Passive-Mode für alle FTP-Operationen. In diesem Modus funktionieren Verbindungen durch Firewalls, die einkommende Pakete auf beliebigen TCP-Ports blockieren.

FTP via a HTTP proxy: Install from an FTP server through a http proxy

Diese Option weist sysinstall an, alle FTP-Operationen mit HTTP über einen Proxy (wie ein Web-Browser) durchzuführen. Der Proxy leitet die Anfragen an den richtigen FTP-Server weiter. Mit dieser Option passieren Sie eine Firewall, die FTP-Verbindungen verbietet, aber einen HTTP-Proxy anbietet. Neben dem FTP-Server müssen Sie in diesem Fall den Proxy-Server angeben.

Bei einem FTP-Proxy-Server müssen Sie normalerweise den Ziel-FTP-Server als Teil des Benutzernamens hinter dem Klammeraffen („@“) angeben. Der Proxy-Server übernimmt die Kommunikation mit dem Ziel-FTP-Server. Nehmen wir an, Sie wollen von `ftp.FreeBSD.org` über den FTP-Proxy `foo.example.com` auf Port 1234 installieren.

Wählen Sie das Menü Options aus und setzen Sie dort den FTP-Benutzernamen (*username*) auf `ftp@ftp.FreeBSD.org`. Als Passwort geben Sie bitte Ihre E-Mail-Adresse an. Setzen Sie das Installationsmedium auf Active-FTP oder Passive-FTP, je nachdem welchen Modus der Proxy-Server unterstützt. Für die URL geben Sie `ftp://foo.example.com:1234/pub/FreeBSD` an.

Der Proxy-Server `foo.example.com` leitet Zugriffe auf das Verzeichnis `/pub/FreeBSD` an den Server `ftp.FreeBSD.org` weiter. Daher können `foo.example.com` als FTP-Server angeben.

2.9. Die Installation festschreiben

Wenn Sie wünschen, kann die Installation nun beginnen. Dies ist die letzte Gelegenheit, die Installation abubrechen und Änderungen auf der Festplatte zu vermeiden.

```
User Confirmation Requested
Last Chance! Are you SURE you want to continue the installation?

If you're running this on a disk with data you wish to save then WE
STRONGLY ENCOURAGE YOU TO MAKE PROPER BACKUPS before proceeding!

We can take no responsibility for lost disk contents!

[ Yes - ]    No
```

Wählen Sie `[Yes]` aus und drücken Sie Enter, um weiter zu machen.

Die Installationsdauer hängt von den ausgewählten Distributionen, dem Installationsmedium und der Geschwindigkeit des Rechners ab. Während der Installation wird der Fortgang mit Statusmeldungen angezeigt.

Die Installation ist beendet, wenn die folgende Meldung erscheint:

```
Message
Congratulations! You now have FreeBSD installed on your system.

We will now move on to the final configuration questions.
For any option you do not wish to configure, simply select No.

If you wish to re-enter this utility after the system is up, you may
do so by typing: /usr/sbin/sysinstall.

[ OK -]

[ Press enter or space -]
```

Drücken Sie die Taste Enter, um die Nacharbeiten durchzuführen.

Wenn Sie **[No]** auswählen und Enter drücken wird die Installation abgebrochen und das System wird nicht verändert. Die nachstehende Meldung wird angezeigt:

```
Message
Installation complete with some errors. You may wish to scroll
through the debugging messages on VT1 with the scroll-lock feature.
You can also choose "No" at the next prompt and go back into the
installation menus to retry whichever operations have failed.

[ OK -]
```

Die Meldung wird angezeigt, weil nichts installiert wurde. Drücken Sie Enter, um in das Hauptmenü zurückzukehren. Dort können Sie die Installationsprozedur verlassen.

2.10. Arbeiten nach der Installation

Nach einer erfolgreichen Installation wird das System konfiguriert. Sie können das System direkt konfigurieren oder nach einem Neustart. Nach einem Neustart rufen Sie `sysinstall` auf und wählen den Menüpunkt Configure.

2.10.1. Netzwerkkonfiguration

Wenn Sie schon PPP für eine FTP-Installation konfiguriert haben, erscheint dieser Bildschirm nicht. Sie können die Konfiguration später in `sysinstall` vornehmen.

Netzwerke und die Konfiguration von FreeBSD als Gateway oder Router werden eingehend im Kapitel [Weiterführende Netzwerkhemen](#) behandelt.

```
User Confirmation Requested
Would you like to configure any Ethernet or PPP network devices?

[ Yes -] No
```

Wenn Sie eine Netzwerkkarte konfigurieren wollen, wählen Sie **[Yes]** aus und drücken Sie die Taste Enter. Wählen Sie **[No]**, um die Netzwerkkonfiguration zu überspringen.

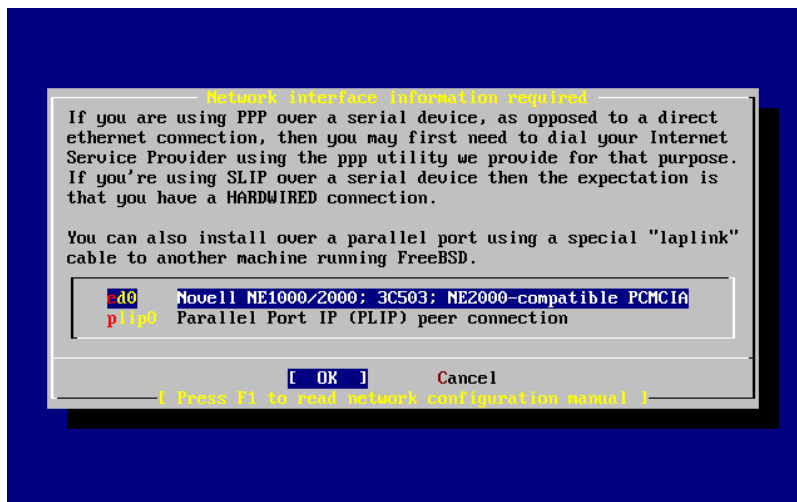
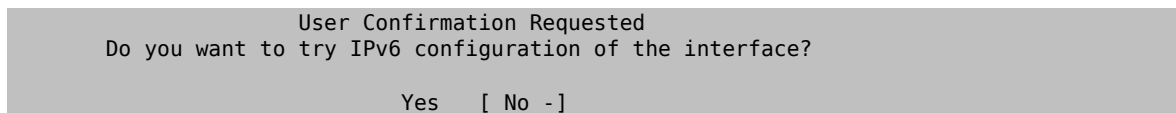


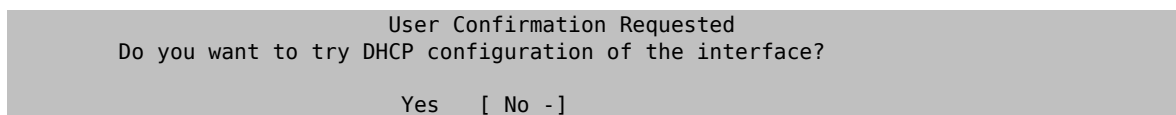
Abbildung 2.28. Eine Netzwerkkarte auswählen

Wählen Sie die zu konfigurierende Karte mit den Pfeiltasten aus und drücken Sie die Taste Enter.



Für das gezeigte Installationsbeispiel genügte das momentan verwendete Internet-Protokoll (IPv4). Daher wurde mit den Pfeiltasten **[No]** ausgewählt und mit der Taste Enter bestätigt.

Wenn Sie durch einen RA-Server mit einem IPv6-Netzwerk verbunden sind, wählen Sie bitte **[Yes]** und drücken die Taste Enter. Die Suche nach den RA-Servern dauert einige Sekunden.



Falls Sie das Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) nicht verwenden, wählen Sie **[No]** aus und drücken Sie Enter.

Wenn Sie **[Yes]** auswählen, wird das Programm dhclient ausgeführt und bei Erfolg die Netzwerkkarte konfiguriert. Mehr über DHCP können Sie in [Abschnitt 29.6, „Dynamic Host Configuration Protocol \(DHCP\)“](#) nachlesen.

Der nächste Bildschirmabzug zeigt die Netzwerkkonfiguration eines Systems, das Gateway für das lokale Netz ist.

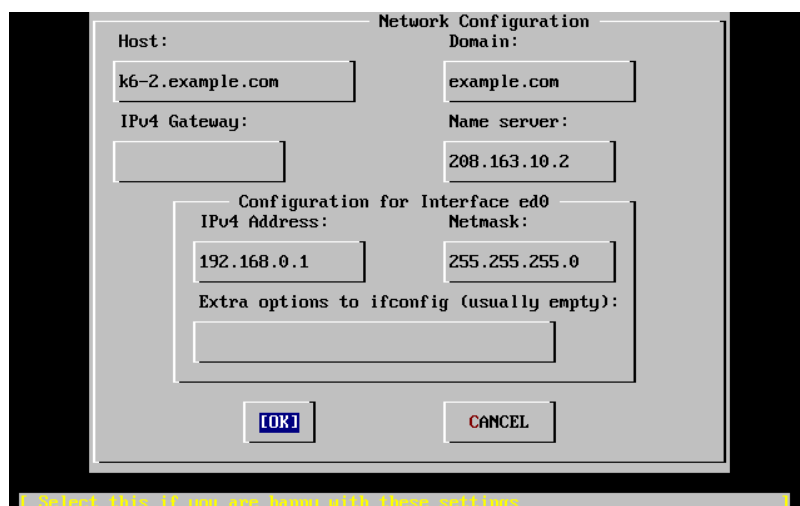


Abbildung 2.29. Die Netzwerkkarte ed0 konfigurieren

Tragen Sie in die Felder, die Sie mit der Taste Tab auswählen können, die richtige Konfiguration ein.

Host

Der vollständige Rechnername (*fully-qualified hostname*), wie in diesem Beispiel `k6-2.example.com`.

Domain

Der Domain-Name, in dem sich der Rechner befindet. Im Beispiel ist das `example.com`.

IPv4 Gateway

Die IP-Adresse des Rechners, der Pakete an entfernte Netze weiterleitet. Sie müssen dieses Feld ausfüllen, wenn der sich der Rechner in einem Netzwerk befindet. *Lassen Sie das Feld leer*, wenn der Rechner der Gateway in das Internet ist. Der IPv4-Gateway wird auch *default gateway* oder *default route* genannt.

Name server

Die IP-Adresse des lokalen DNS-Servers. Im Beispiel gibt es keinen lokalen DNS-Server, daher wurde der DNS-Server des Providers (`208.163.10.2`) benutzt.

IPv4 address

Die IP-Adresse der Netzwerkkarte (`192.168.0.1`).

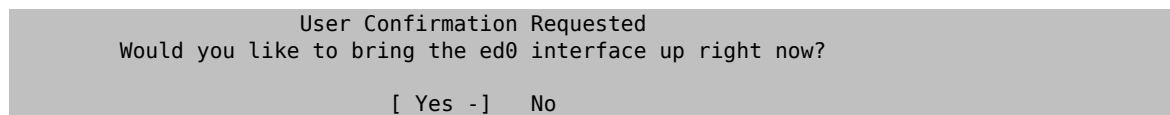
Netmask (Netzmaske)

Im Beispiel werden Adressen aus einem Klasse C Netz (`192.168.0.0` bis `192.168.0.255`) benutzt. Standardmäßig besitzt ein Klasse C Netz die Netzmaske `255.255.255.0`.

Extra options to ifconfig (Optionen für ifconfig)

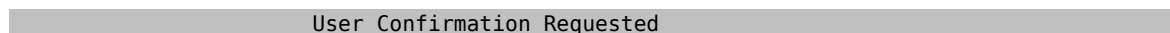
Zusätzliche Optionen für den Befehl `ifconfig`, die spezifisch für die verwendete Netzwerkkarte sind. Im Beispiel sind keine Optionen angegeben.

Wenn Sie alle Werte eingegeben haben, wählen Sie mit Tab **[OK]** aus und drücken Sie Enter.



Wenn Sie **[Yes]** auswählen und Enter drücken, wird die Netzwerkkonfiguration aktiviert. Allerdings bringt dies zu diesem Zeitpunkt nicht viel, da der Rechner noch neu gestartet werden muss.

2.10.2. Gateway einrichten



```
Do you want this machine to function as a network gateway?
```

```
[ Yes -]    No
```

Wählen Sie **[Yes]**, wenn der Rechner ein Gateway für ein lokales Netz ist und Pakete an andere Netze weiterleitet. Wenn der Rechner ein normaler Netzknoten ist, wählen Sie **[No]** aus. Bestätigen Sie die Auswahl mit der Taste Enter.

2.10.3. IP-Dienste einrichten

```
User Confirmation Requested
```

```
Do you want to configure inetd and the network services that it provides?
```

```
Yes    [ No -]
```

Wenn **[No]** ausgewählt wird, werden Dienste wie telnetd nicht aktiviert. Benutzer können sich dann von entfernten Rechnern nicht mit telnet an dieser Maschine anmelden. Lokale Benutzer können aber auf entfernte Rechner mit telnet zugreifen.

Die Dienste können Sie nach der Installation aktivieren, indem Sie die Datei `/etc/inetd.conf` editieren. Dies wird in [Abschnitt 29.2.1, „Konfigurationsdatei“](#) beschrieben.

Wenn Sie jetzt weitere Dienste aktivieren möchten, wählen Sie **[Yes]** aus. Es erscheint die nachstehende Rückfrage:

```
User Confirmation Requested
```

```
The Internet Super Server (inetd) allows a number of simple Internet services to be enabled, including finger, ftp and telnetd. Enabling these services may increase risk of security problems by increasing the exposure of your system.
```

```
With this in mind, do you wish to enable inetd?
```

```
[ Yes -]    No
```

Bestätigen Sie die Rückfrage mit **[Yes]**.

```
User Confirmation Requested
```

```
inetd(8) relies on its configuration file, /etc/inetd.conf, to determine which of its Internet services will be available. The default FreeBSD inetd.conf(5) leaves all services disabled by default, so they must be specifically enabled in the configuration file before they will function, even once inetd(8) is enabled. Note that services for IPv6 must be separately enabled from IPv4 services.
```

```
Select [Yes] now to invoke an editor on /etc/inetd.conf, or [No] to use the current settings.
```

```
[ Yes -]    No
```

Wenn Sie **[Yes]** auswählen, können Sie Dienste aktivieren, indem Sie das Zeichen `#` am Zeilenanfang entfernen.

```

^I (escape) menu  ^y search prompt  ^k delete line  ^p prev li  ^g prev page
^o ascii code    ^x search         ^l undelete line ^n next li  ^u next page
^u end of file    ^a begin of line  ^w delete word   ^b back 1 char
^t top of text    ^e end of line    ^r restore word  ^f forward 1 char
^c command        ^d delete char    ^j undelete char ^z next word
=====line 1 col 0 lines from top 1=====
# $FreeBSD: src/etc/inetd.conf,v 1.73.10.2.4.1 2010/06/14 02:09:06 kensmith Exp
#
# Internet server configuration database
#
# Define *both* IPv4 and IPv6 entries for dual-stack support.
# To disable a service, comment it out by prefixing the line with '#'.
# To enable a service, remove the '#' at the beginning of the line.
#
#ftp    stream  tcp    nowait  root    /usr/libexec/ftpd      ftpd -l
#ftp    stream  tcp6   nowait  root    /usr/libexec/ftpd      ftpd -l
#ssh    stream  tcp    nowait  root    /usr/sbin/sshd         sshd -i -4
#ssh    stream  tcp6   nowait  root    /usr/sbin/sshd         sshd -i -6
#telnet stream  tcp    nowait  root    /usr/libexec/telnetd   telnetd
#telnet stream  tcp6   nowait  root    /usr/libexec/telnetd   telnetd
#shell  stream  tcp    nowait  root    /usr/libexec/rshd      rshd
#shell  stream  tcp6   nowait  root    /usr/libexec/rshd      rshd
#login  stream  tcp    nowait  root    /usr/libexec/rlogind   rlogind
#login  stream  tcp6   nowait  root    /usr/libexec/rlogind   rlogind
file "/etc/inetd.conf", 118 lines

```

Abbildung 2.30. inetd.conf editieren

Wenn Sie die gewünschten Dienste aktiviert haben, drücken Sie die Taste Esc. Es erscheint ein Menü, in dem Sie die Änderungen abspeichern und den Editor verlassen können.

2.10.4. SSH aktivieren

```

User Confirmation Requested
Would you like to enable SSH login?
Yes      [ No - ]

```

Durch die Auswahl von **[Yes]**, wird **sshd(8)**, der OpenSSH-Daemon aktiviert. Danach ist es möglich, sich über eine verschlüsselte Verbindung auf Ihrem System anzumelden. Weitere Informationen über OpenSSH finden Sie in [Abschnitt 14.8, „OpenSSH“](#) des FreeBSD-Handbuchs.

2.10.5. Anonymous-FTP

```

User Confirmation Requested
Do you want to have anonymous FTP access to this machine?

Yes      [ No - ]

```

2.10.5.1. Anonymous-FTP verbieten

Wenn Sie die vorgegebene Auswahl **[No]** mit der Taste Enter bestätigen, können Benutzer, die ein Konto und ein Passwort auf dem System besitzen, immer noch mit FTP auf das System zugreifen.

2.10.5.2. Anonymous-FTP erlauben

Wenn Sie Anonymous-FTP erlauben, darf jeder auf Ihr System zugreifen. Bedenken Sie die Folgen für die System-sicherheit (siehe [Kapitel 14, Sicherheit](#)) bevor Sie diese Option aktivieren.

Um Anonymous-FTP zu aktivieren, wählen Sie mit den Pfeiltasten **[Yes]** aus und drücken Sie die Taste Enter. Es erscheint folgende Meldung:

```

User Confirmation Requested
Anonymous FTP permits un-authenticated users to connect to the system
FTP server, if FTP service is enabled. Anonymous users are
restricted to a specific subset of the file system, and the default
configuration provides a drop-box incoming directory to which uploads
are permitted. You must separately enable both inetd(8), and enable
ftpd(8) in inetd.conf(5) for FTP services to be available. If you

```

```
did not do so earlier, you will have the opportunity to enable inetd(8)
again later.
```

```
If you want the server to be read-only you should leave the upload
directory option empty and add the -r command-line option to ftpd(8)
in inetd.conf(5)
```

```
Do you wish to continue configuring anonymous FTP?
```

```
[ Yes -]      No
```

Diese Nachricht informiert Sie darüber, dass der FTP-Dienst auch in der Datei `/etc/inetd.conf` aktiviert werden muss, wenn Sie anonyme FTP-Verbindungen erlauben wollen (lesen Sie dazu auch [Abschnitt 2.10.3, „IP-Dienste einrichten“](#) des FreeBSD-Handbuchs). Wählen Sie `[Yes]` und drücken Sie Enter, um fortzufahren. Danach erscheint der folgende Bildschirm:

The screenshot shows a window titled "Anonymous FTP Configuration". It has three input fields at the top: "UID:" with the value "14", "Group:" with the value "ftp", and "Comment:" with the value "Anonymous FTP Admin". Below these is a section titled "Path Configuration" which contains two more input fields: "FTP Root Directory:" with the value "/var/ftp" and "Upload Subdirectory:" with the value "incoming". At the bottom of the window are two buttons: "OK" and "CANCEL". A yellow status bar at the very bottom of the window contains the text "That user ID to assign to FTP Admin".

Abbildung 2.31. Anonymous-FTP konfigurieren

Mit der Taste Tab wechseln Sie zwischen den Feldern, in die Sie die benötigten Informationen eingeben.

UID

Die User-ID, die dem anonymen FTP-Benutzer zugewiesen werden soll. Alle hochgeladenen Dateien werden diesem User-ID gehören.

Group

Die Gruppe, zu der der anonyme FTP-Benutzer gehören soll.

Comment

Eine Beschreibung dieses Benutzers in der Datei `/etc/passwd`.

FTP Root Directory

Ort, an dem Dateien für anonymen FTP-Zugang bereitgestellt werden sollen.

Upload Subdirectory

Das Verzeichnis, in dem von einem anonymen FTP-Benutzer hochgeladene Dateien gespeichert werden.

Das FTP-Wurzelverzeichnis wird per Voreinstellung in `/var` angelegt. Wenn in `/var` zu wenig Platz vorhanden ist, können Sie das FTP-Wurzelverzeichnis beispielsweise nach `/usr/ftp` verlegen.

Wenn Sie mit den Einstellungen zufrieden sind, drücken Sie die Taste Enter.

User Confirmation Requested

```
Create a welcome message file for anonymous FTP users?
```

```
[ Yes - ]    No
```

Wenn Sie **[Yes]** auswählen und mit Enter bestätigen, können Sie die Begrüßungsmeldung des FTP-Servers in einem Editor ändern.

```

^I (escape) menu ^G search prompt ^K delete line ^P prev line ^G prev page
^O ascii code ^X search ^L undelete line ^N next line ^V next page
^U end of file ^A begin of line ^W delete word ^B back char ^Z next word
^T begin of file ^E end of line ^R restore word ^F forward char
^C command ^D delete char ^J undelete char ESC-Enter: exit
=====
Your welcome message here.

file "/var/ftp/etc/ftpmotd", 1 lines, read only

```

Abbildung 2.32. Begrüßungsmeldung des FTP-Servers editieren

Der Editor, in dem Sie sich befinden, heißt ee. Folgen Sie den Anweisungen, um die Meldung zu editieren. Sie können die Meldung auch später in einem Editor Ihrer Wahl editieren. Merken Sie sich dazu den Dateinamen, der im Editor unten angezeigt wird.

Wenn Sie die Taste Esc drücken, erscheint ein Menü, in dem a) leave editor vorgewählt ist. Drücken Sie die Taste Enter, um den Editor zu verlassen. Falls Sie Änderungen vorgenommen haben, bestätigen Sie die Änderungen nochmals mit Enter.

2.10.6. Network-File-System einrichten

Mit dem Network-File-System (NFS) können Sie über ein Netzwerk auf Dateien zugreifen. Ein Rechner kann NFS-Server, NFS-Client oder beides sein. NFS wird in [Abschnitt 29.3, „Network File System \(NFS\)“](#) besprochen.

2.10.6.1. NFS-Server einrichten

```

User Confirmation Requested
Do you want to configure this machine as an NFS server?

Yes    [ No - ]

```

Wenn Sie keinen NFS-Server benötigen, wählen Sie **[No]** aus und bestätigen Sie mit Enter.

Wenn Sie **[Yes]** auswählen, erscheint der Hinweis, dass die Datei `exports` angelegt werden muss.

```

Message
Operating as an NFS server means that you must first configure an
/etc/exports file to indicate which hosts are allowed certain kinds of
access to your local filesystems.
Press [Enter] now to invoke an editor on /etc/exports
[ OK - ]

```

Drücken Sie Enter und es wird ein Editor gestartet, in dem Sie die Datei `exports` editieren können.


```

^_ (escape) menu  ^_ search prompt  ^_ delete line  ^_ prev li  ^_ prev page
^o ascii code    ^x search        ^l undelete line ^n next li  ^u next page
^u end of file   ^a begin of line ^w delete word  ^b back 1 char
^t begin of file ^e end of line   ^r restore word ^f forward 1 char
^c command       ^d delete char   ^j undelete char ^z next word
L: 1 C: 1 =====
#The following examples export /usr to 3 machines named after ducks,
# /usr/src and /usr/ports read-only to machines named after trouble makers
# /home and all directories under it to machines named after dead rock stars
# and, /a to a network of privileged machines allowed to write on it as root.
# /usr          huey louie dewie
# /usr/src /usr/obj -ro calvin hobbes
# /home        -alldirs  janice jimmy frank
# /a           -maproot=0 -network 10.0.1.0 -mask 255.255.248.0
#
# You should replace these lines with your actual exported filesystems.
# Note that BSD's export syntax is 'host-centric' us. Sun's 'FS-centric' one.
file "/etc/exports", 12 lines

```

Abbildung 2.33. exports editieren

Folgen Sie den Anweisungen, um Dateisysteme zu exportieren. Sie können die Datei auch später in einem Editor Ihrer Wahl editieren. Merken Sie sich dazu den Dateinamen, der im Editor unten angezeigt wird.

Drücken Sie die Taste Esc und es erscheint ein Menü, in dem a) leave editor vorgewählt ist. Drücken Sie die Taste Enter, um den Editor zu verlassen.

2.10.6.2. NFS-Client einrichten

Mit einem NFS-Client können Sie auf NFS-Server zugreifen.

```

User Confirmation Requested
Do you want to configure this machine as an NFS client?

Yes    [ No - ]

```

Wählen Sie entweder **[Yes]** oder **[No]** aus und drücken Sie Enter.

2.10.7. Die Systemkonsole einrichten

Sie können verschiedene Merkmale der Systemkonsole anpassen.

```

User Confirmation Requested
Would you like to customize your system console settings?

[ Yes - ] No

```

Wenn Sie die Merkmale der Systemkonsole anpassen wollen, wählen Sie **[Yes]** aus und drücken Sie die Taste Enter.

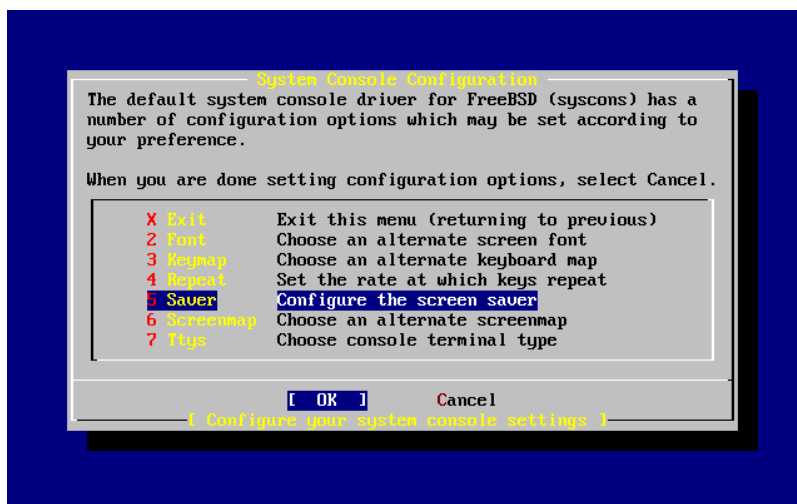


Abbildung 2.34. Merkmale der Systemkonsole

Oft wird ein Bildschirmschoner auf der Konsole aktiviert. Wählen Sie mit den Pfeiltasten Saver aus und drücken Sie die Taste Enter.

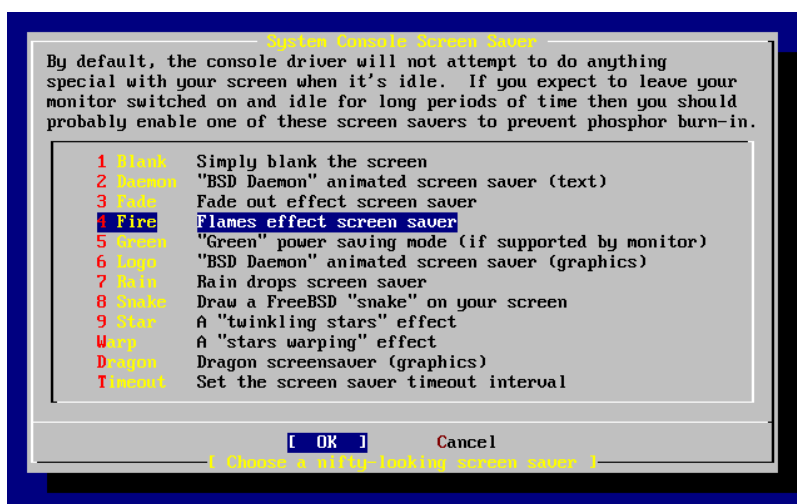


Abbildung 2.35. Bildschirmschoner auswählen

Wählen Sie den gewünschten Bildschirmschoner mit den Pfeiltasten aus und drücken Sie Enter. Das Konfigurationsmenü der Systemkonsole erscheint wieder.

In der Voreinstellung wird der Bildschirmschoner nach 300 Sekunden aktiviert. Um diese Zeitspanne zu ändern, wählen Sie wieder Saver aus. Mit den Pfeiltasten wählen Sie dann Timeout aus und drücken Enter. Es erscheint ein Eingabefenster:

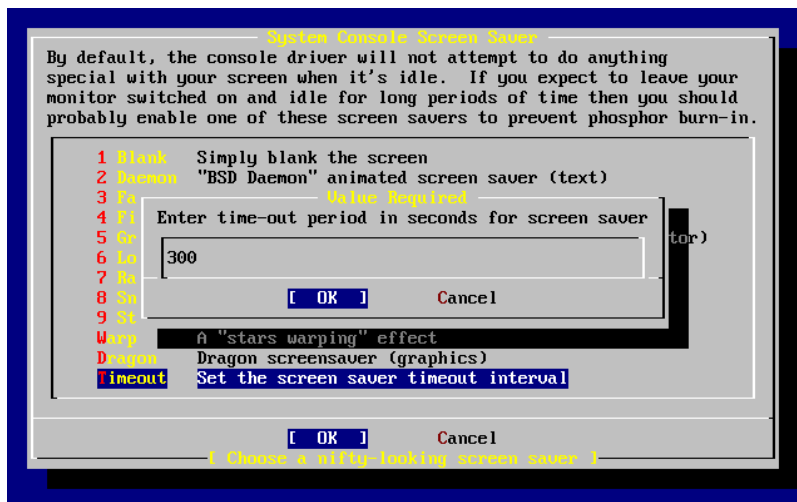


Abbildung 2.36. Den Bildschirmschoner einstellen

Ändern Sie die Zeitspanne und wählen Sie **[OK]** aus. Mit Enter kehren Sie in das Konfigurationsmenü der Systemkonsole zurück.

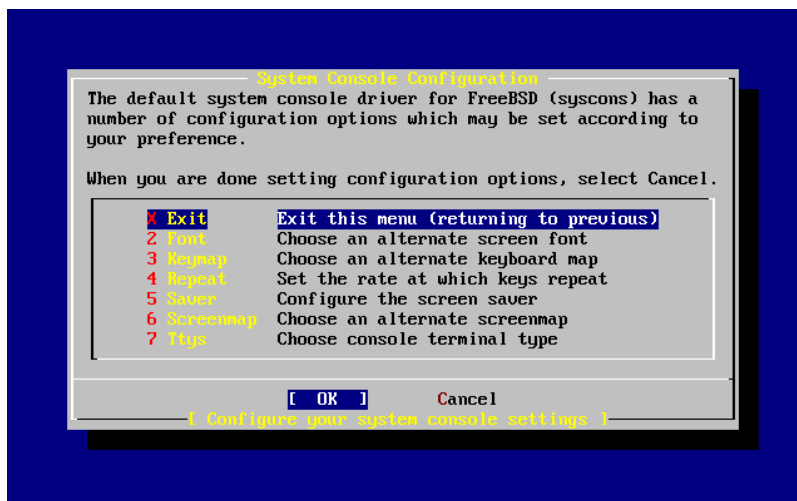


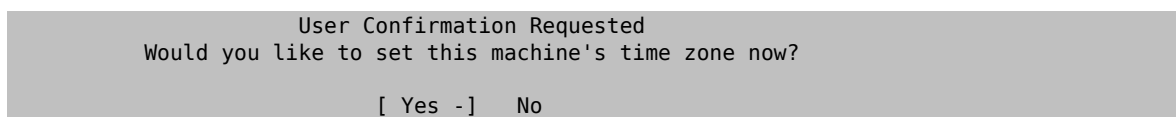
Abbildung 2.37. Die Konfiguration der Systemkonsole verlassen

Um die Nacharbeiten fortzuführen, wählen Sie **Exit** aus und drücken Sie Enter.

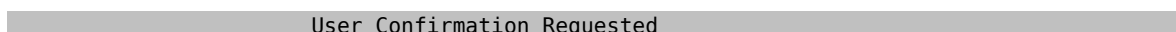
2.10.8. Die Zeitzone einstellen

Wenn Sie die Zeitzone richtig einstellen, kann Ihr Rechner automatisch regional bedingte Zeitumstellungen ausführen und andere von der Zeitzone abhängige Funktionen handhaben.

Das folgende Beispiel gilt für den Osten der USA. Ihre Auswahl hängt vom geographischen Standort Ihres Rechners ab.



Um die Zeitzone einzustellen, wählen Sie **[Yes]** und drücken Enter.



Is this machine's CMOS clock set to UTC? If it is set to local time
or you don't know, please choose NO here!

Yes [No -]

Je nachdem ob die Systemzeit die Zeitzone UTC verwendet, wählen Sie [Yes] oder [No] aus. Bestätigen Sie die Auswahl mit der Taste Enter.



Abbildung 2.38. Das Gebiet auswählen

Wählen Sie mit den Pfeiltasten das richtige Gebiet aus und drücken Sie Enter.



Abbildung 2.39. Das Land auswählen

Wählen Sie mit den Pfeiltasten das richtige Land aus und drücken Sie Enter.

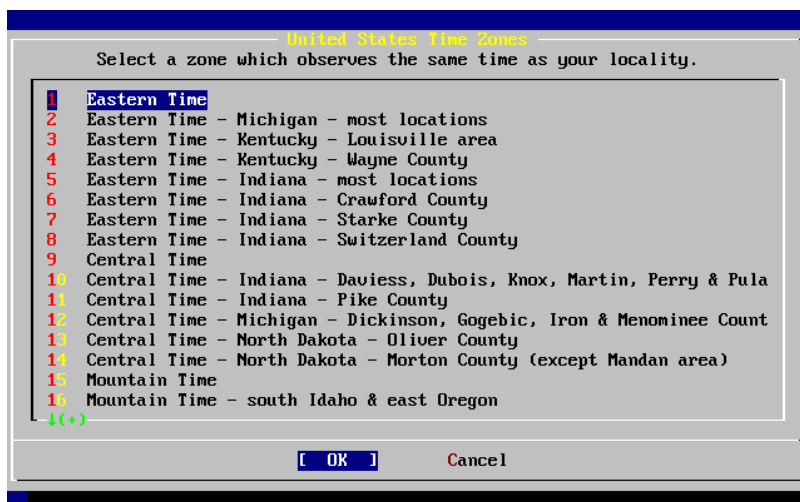
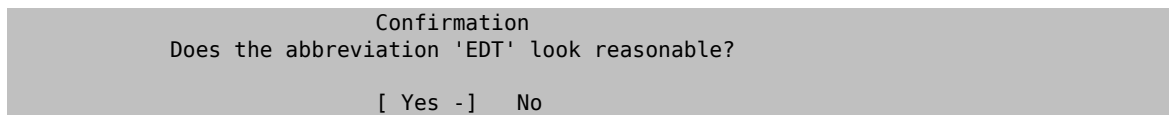


Abbildung 2.40. Die Zeitzone auswählen

Wählen Sie mit den Pfeiltasten die richtige Zeitzone aus drücken Sie Enter.



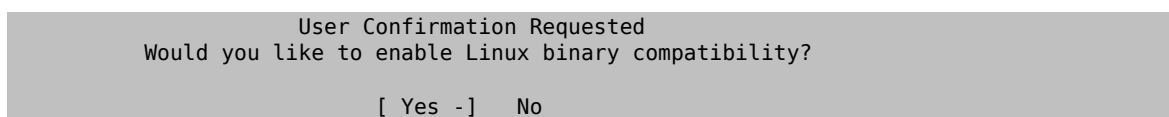
Wenn die angezeigte Abkürzung der Zeitzone richtig ist, bestätigen Sie diese mit der Taste Enter.

2.10.9. Linux-Kompatibilität



Anmerkung

Die folgenden Anweisungen sind nur für FreeBSD 7.X gültig. Installieren Sie eine FreeBSD 8.X-Version, wird der folgende Bildschirm nicht angezeigt.

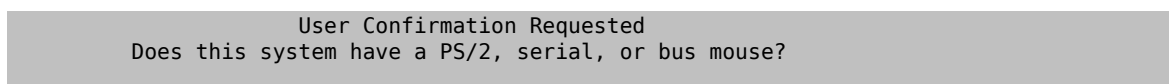


Wenn Sie [Yes] auswählen und Enter drücken, können Sie Linux-Software auf FreeBSD laufen lassen. Später wird dazu die notwendige Software installiert.

Wenn Sie über FTP installieren, müssen Sie mit dem Internet verbunden sein. Einige FTP-Server bieten nicht alle verfügbare Software an. Es kann sein, dass die nötige Software für die Linux-Kompatibilität nicht installiert werden kann, dies können Sie später jedoch nachholen.

2.10.10. Die Maus konfigurieren

Mit einer 3-Tasten-Maus können Sie Texte auf der Konsole und in Programmen markieren und einfügen (*cut and paste*). Wenn Sie eine 2-Tasten-Maus besitzen, können Sie eine 3-Tasten-Maus emulieren. Lesen Sie dazu nach der Installation die Hilfeseite [moused\(8\)](#). Das folgende Beispiel zeigt die Konfiguration einer nicht-USB-Maus (PS/2 oder serielle Maus):



[Yes -] No

Wählen Sie **[Yes]** für eine PS/2-, eine serielle oder eine Bus-Maus. Haben Sie hingegen eine USB-Maus, wählen Sie **[No]**. Danach drücken Sie Enter.

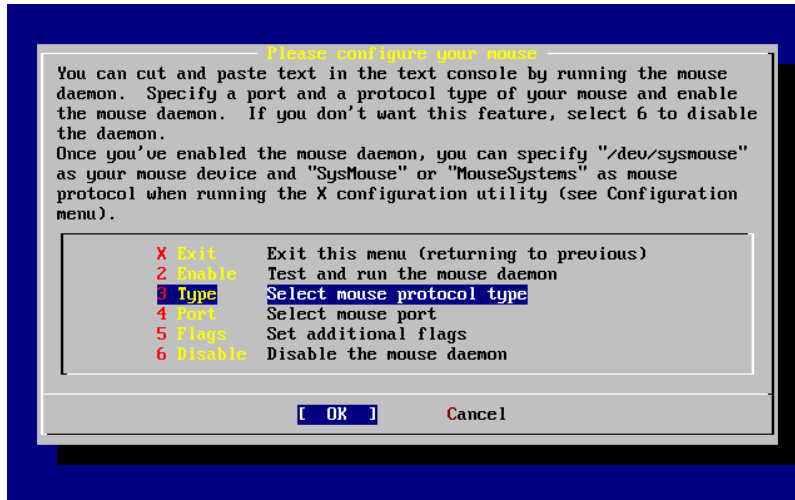


Abbildung 2.41. Das Mausprotokoll festlegen

Markieren Sie mit den Pfeiltasten Type und drücken Sie press Enter.

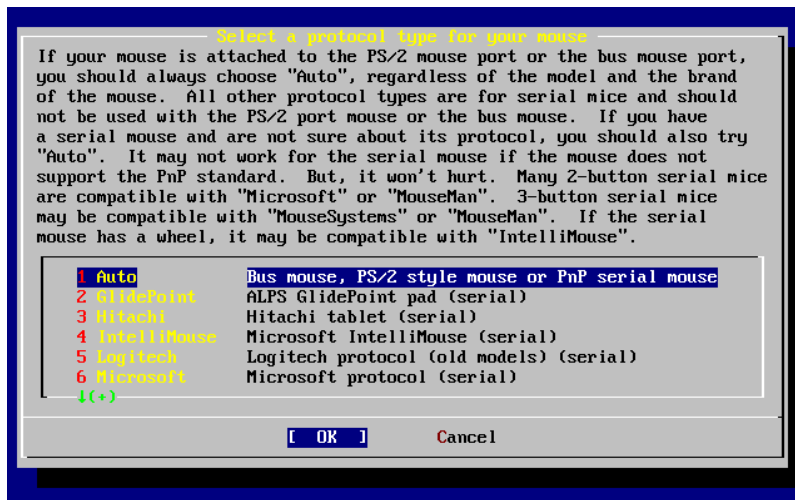


Abbildung 2.42. Das Mausprotokoll festlegen

Im Beispiel wurde eine PS/2-Maus verwendet, sodass die Vorgabe Auto passend war. Sie können das Protokoll mit den Pfeiltasten ändern. Stellen Sie sicher, dass **[OK]** aktiviert ist und verlassen Sie das Menü mit der Taste Enter.

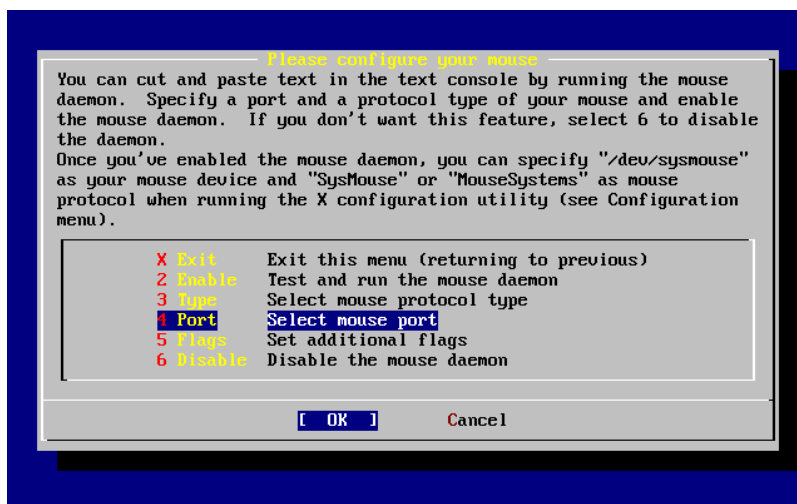


Abbildung 2.43. Den Mausport einstellen

Wählen Sie mit den Pfeiltasten Port und drücken Sie die Taste Enter.

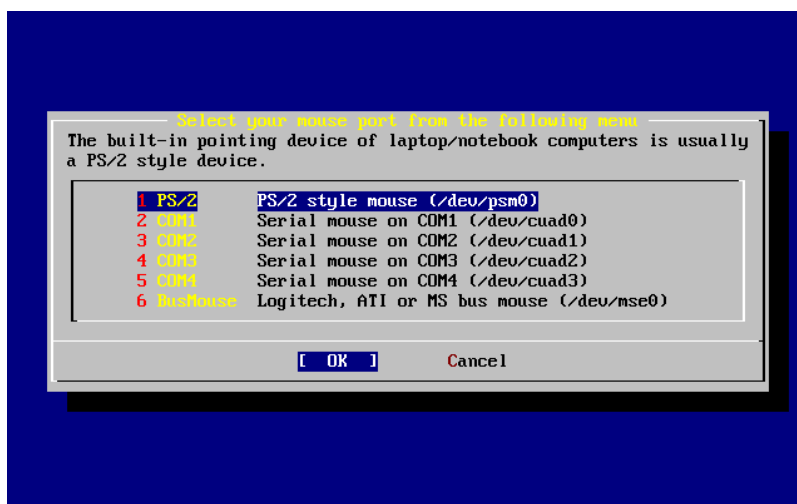


Abbildung 2.44. Den Mausport einstellen

Im Beispiel wurde eine PS/2-Maus verwendet, sodass die Vorgabe PS/2 richtig war. Sie können den Port mit den Pfeiltasten ändern. Bestätigen Sie die Auswahl mit der Taste Enter.

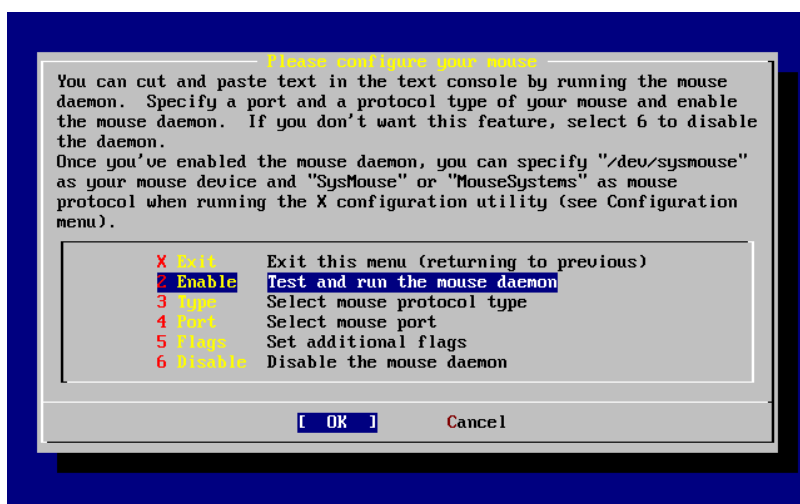


Abbildung 2.45. Den Mouse-Daemon aktivieren

Wählen Sie nun mit den Pfeiltasten Enable aus und drücken Sie die Taste Enter, um den Mouse-Daemon zu aktivieren und zu testen.

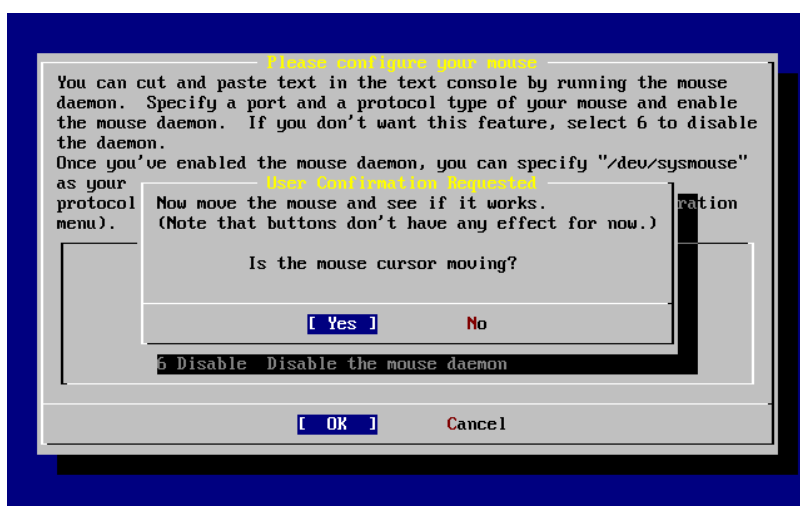


Abbildung 2.46. Den Mouse-Daemon testen

Bewegen Sie die Maus hin und her und prüfen Sie, dass sich der Mauszeiger entsprechend bewegt. Wenn alles in Ordnung ist, wählen Sie [Yes] aus und drücken Sie Enter. Wenn sich die Maus nicht richtig verhält, wurde sie nicht korrekt konfiguriert. Wählen Sie in diesem Fall [No] und versuchen Sie, die Einstellungen zu korrigieren.

Um mit den Nacharbeiten fortzufahren, wählen Sie mit den Pfeiltasten Exit aus und drücken Sie Enter.

2.10.11. Pakete installieren

Pakete (*packages*) sind schon übersetzte Programme und sind ein zweckmäßiger Weg, Programme zu installieren.

Beispielhaft wird im Folgenden die Installation eines Paketes gezeigt. In diesem Schritt können auch weitere Pakete installiert werden. Nach der Installation können Sie mit `sysinstall` zusätzliche Pakete installieren.

User Confirmation Requested

The FreeBSD package collection is a collection of hundreds of ready-to-run applications, from text editors to games to WEB servers and more. Would you like to browse the collection now?

[Yes -] No

Nachdem Sie [Yes] ausgewählt und Enter gedrückt haben, gelangen Sie in die Paketauswahl:

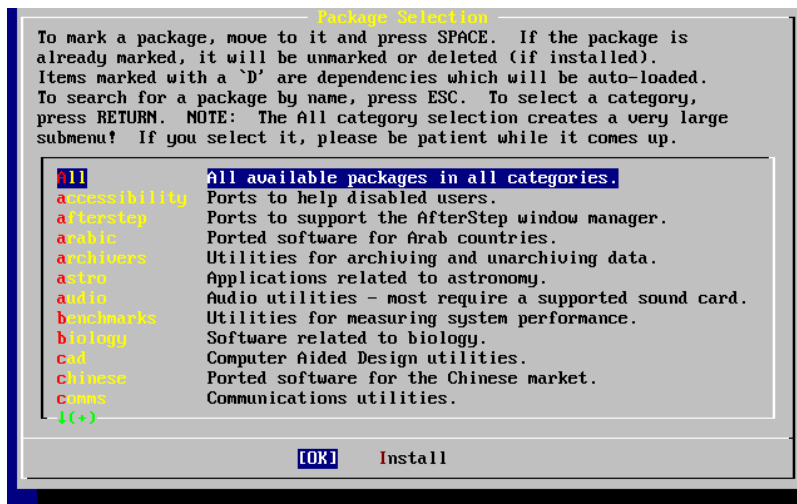


Abbildung 2.47. Die Paketkategorie aussuchen

Es stehen nur die Pakete zur Auswahl, die sich auf dem momentanen Installationsmedium befinden.

Wenn Sie All auswählen, werden alle Pakete angezeigt. Sie können die Anzeige auf die Pakete einer Kategorie beschränken. Wählen Sie mit den Pfeiltasten die Kategorie aus und drücken Sie die Taste Enter.

Ein Menü mit allen Paketen der ausgewählten Kategorie erscheint:

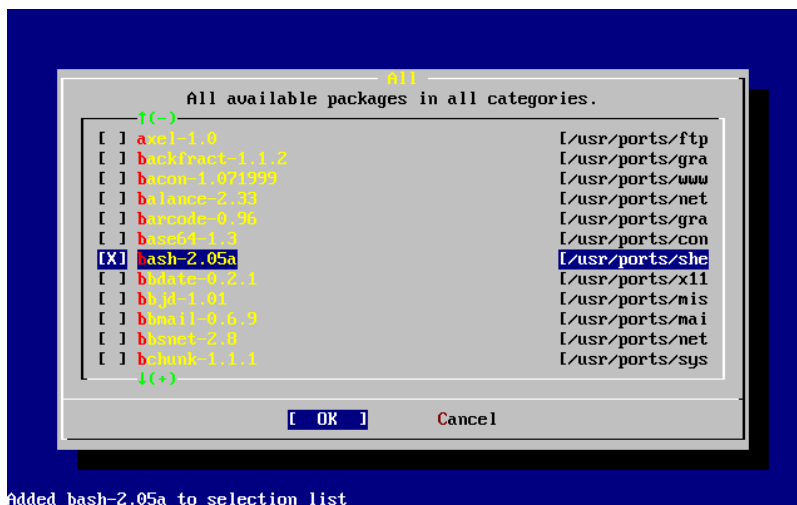


Abbildung 2.48. Pakete auswählen

Im gezeigten Bildschirm ist das Paket bash ausgewählt. Sie können weitere Pakete auswählen, indem Sie die Pakete mit den Pfeiltasten markieren und die Taste Space drücken. In der unteren linken Ecke des Bildschirms wird eine Kurzbeschreibung des ausgewählten Pakets angezeigt.

Die Taste Tab wechselt zwischen dem zuletzt ausgesuchten Paket, [OK] und [Cancel].

Wenn Sie die zu installierenden Pakete ausgewählt haben, drücken Sie einmal Tab, um [OK] zu markieren. Drücken Sie dann Enter, um wieder in die Paketauswahl zu gelangen.

Die rechte und die linke Pfeiltaste wechseln ebenfalls zwischen [OK] und [Cancel]. Mit diesen Tasten können Sie auch [OK] auswählen und dann mit Enter zur Paketauswahl zurückkehren.

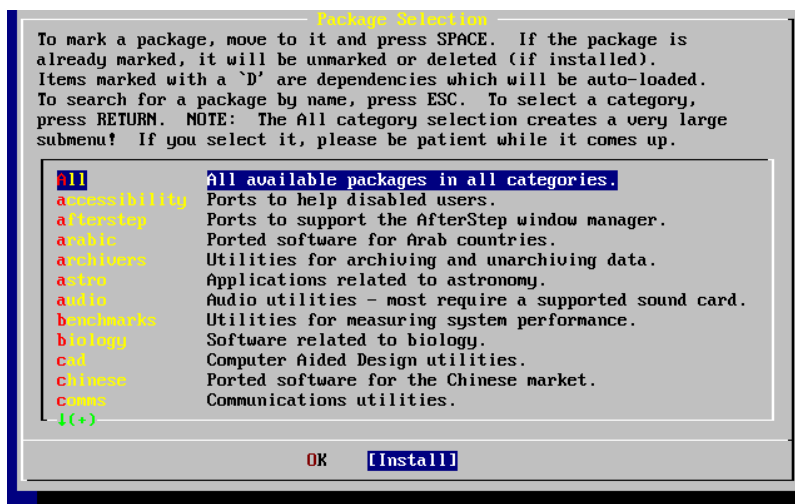


Abbildung 2.49. Pakete installieren

Benutzen Sie die Taste Tab und die Pfeiltasten um [Install] auszuwählen. Drücken Sie anschließend die Taste Enter. Sie müssen jetzt die Installation der Pakete bestätigen:

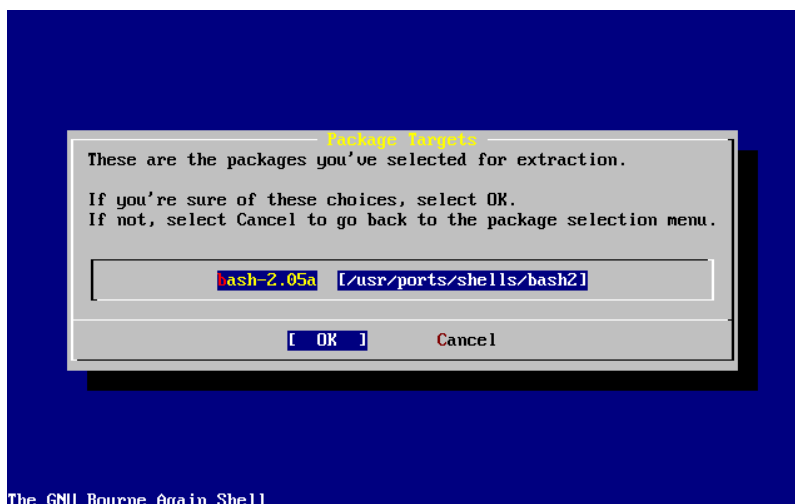


Abbildung 2.50. Paketinstallation bestätigen

Die Paketinstallation wird gestartet, wenn Sie [OK] auswählen und Enter drücken. Den Verlauf der Installation können Sie anhand der angezeigten Meldungen verfolgen; achten Sie dabei auf Fehlermeldungen.

Nach der Paketinstallation können Sie die Nacharbeiten fortsetzen. Wenn Sie keine Pakete ausgewählt haben und die Nacharbeiten fortsetzen möchten, wählen Sie trotzdem [Install] aus.

2.10.12. Benutzer und Gruppen anlegen

Während der Installation sollten Sie mindestens ein Benutzerkonto anlegen, sodass Sie das System ohne das Konto root benutzen können. Normalerweise ist die Root-Partition recht klein und läuft schnell voll, wenn Sie Anwendungen unter dem root-Konto laufen lassen. Vor der größten Gefahr warnt der nachstehende Hinweis:

User Confirmation Requested

Would you like to add any initial user accounts to the system? Adding at least one account for yourself at this stage is suggested since working as the "root" user is dangerous (it is easy to do things which adversely affect the entire system).

[Yes -] No

Der Bildschirm auf Deutsch:

Bestätigung erforderlich
Wollen Sie Benutzerkonten anlegen? Wir empfehlen, mindestens ein Konto für sich selbst anzulegen, da es gefährlich ist, unter "root" zu arbeiten (es ist leicht, Befehle einzugeben, die das System nachhaltig beeinträchtigen).

[Yes -] No

Um ein Benutzerkonto anzulegen, wählen Sie **[Yes]** aus und drücken Enter.

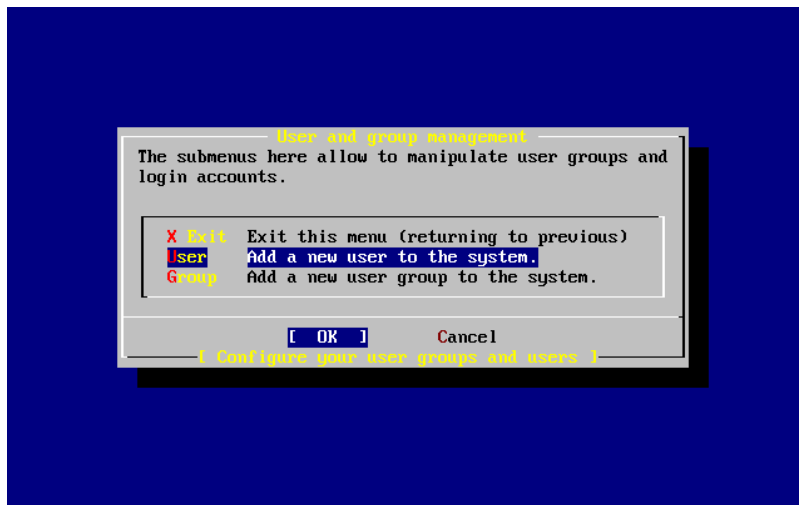


Abbildung 2.51. Benutzerkonto auswählen

Markieren Sie User mit den Pfeiltasten und drücken Sie die Taste Enter.

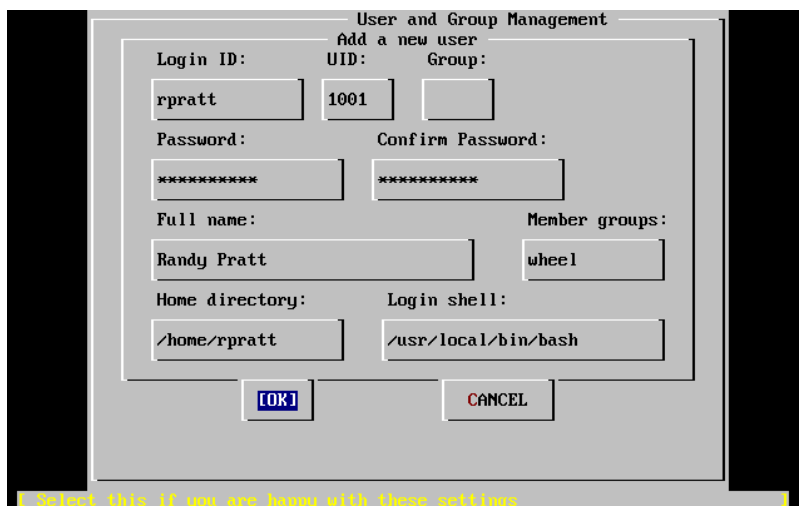


Abbildung 2.52. Benutzerkonto anlegen

Wählen Sie die Felder zum Ausfüllen mit der Taste Tab aus. Zur Hilfe werden die nachstehenden Beschreibungen werden im unteren Teil des Bildschirms angezeigt:

Login ID

Der Name des Benutzerkontos (verpflichtend).

UID

Die numerische ID dieses Kontos. Wenn Sie das Feld leer lassen, wird eine ID automatisch zugeteilt.

Group

Die diesem Konto zugeordnete Login-Gruppe. Wenn Sie das Feld leer lassen, wird automatisch eine Gruppe zugeteilt.

Password

Das Passwort des Benutzerkontos. Füllen Sie dieses Feld sehr sorgfältig aus.

Full name

Der vollständige Name des Benutzers (Kommentarfeld).

Member groups

Die Gruppen, in denen dieses Konto Mitglied ist (das Konto erhält Zugriffsrechte auf Dateien dieser Gruppe).

Home directory

Das Heimatverzeichnis des Benutzerkontos. Wenn Sie das Feld leer lassen, wird das Verzeichnis automatisch festgelegt.

Login shell

Die Login-Shell des Kontos. Wenn Sie das Feld leer lassen, wird `/bin/sh` als Login-Shell festgesetzt.

Im Beispiel wurde die Login-Shell von `/bin/sh` zu der vorher installierten `/usr/local/bin/bash` geändert. Tragen Sie keine Shell ein, die nicht existiert, da sich sonst nicht anmelden können. In der BSD-Welt wird häufig die C-Shell benutzt, die Sie mit `/bin/tcsh` angeben können.

Damit ein Wechsel auf den Superuser `root` möglich ist, wurde dem Benutzerkonto die Gruppe `wheel` zugeordnet.

Wenn Sie zufrieden sind, drücken Sie **[OK]**. Es erscheint wieder das Benutzer-Menü:

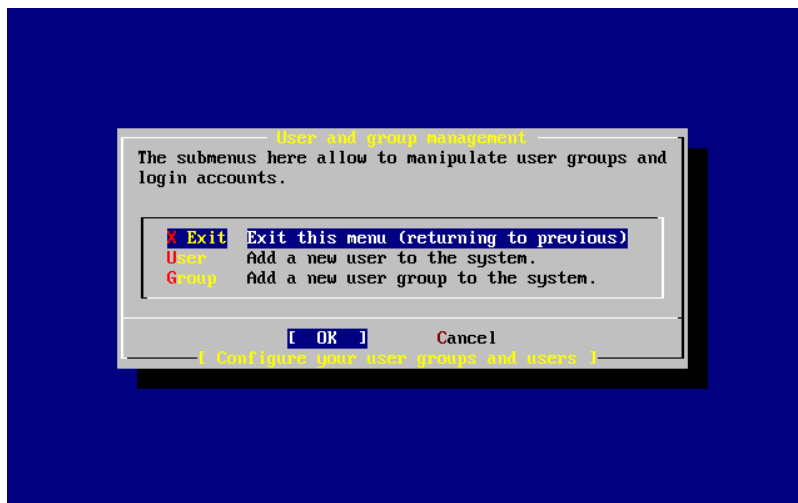


Abbildung 2.53. Benutzermenü verlassen

Weitere Gruppen können, wenn Sie die Anforderungen schon kennen, zu diesem Zeitpunkt angelegt werden. Nach der Installation können Sie Gruppen mit dem Werkzeug `sysinstall` anlegen.

Wenn Sie alle Benutzer angelegt haben, wählen Sie mit den Pfeiltasten `Exit` aus und drücken Sie die Taste `Enter`.

2.10.13. Das root-Passwort festlegen

Message
 Now you must set the system manager's password.

```
This is the password you'll use to log in as "root".
```

```
[ OK -]
```

```
[ Press enter or space -]
```

Um das root-Passwort festzulegen, drücken Sie die Taste Enter.

Sie müssen das Passwort zweimal eingeben. Stellen Sie sicher, dass Sie das Passwort nicht vergessen. Beachten Sie, dass bei der Eingabe das Passwort weder ausgegeben wird noch Sterne angezeigt werden.

```
New password :
```

```
Retype new password :
```

Nach der erfolgreichen Eingabe des Passworts kann die Installation fortgesetzt werden.

2.10.14. Die Installation beenden

Wenn Sie noch weitere Netzwerkkarten konfigurieren oder [weitere Einstellungen](#) vornehmen wollen, können Sie das jetzt tun. Sie können die Einstellungen auch nach der Installation mit `sysinstall` vornehmen.

```
User Confirmation Requested
```

```
Visit the general configuration menu for a chance to set any last options?
```

```
Yes [ No -]
```

Um in das Hauptmenü zurückzukehren, wählen Sie mit den Pfeiltasten **[No]** aus und drücken Sie Enter.

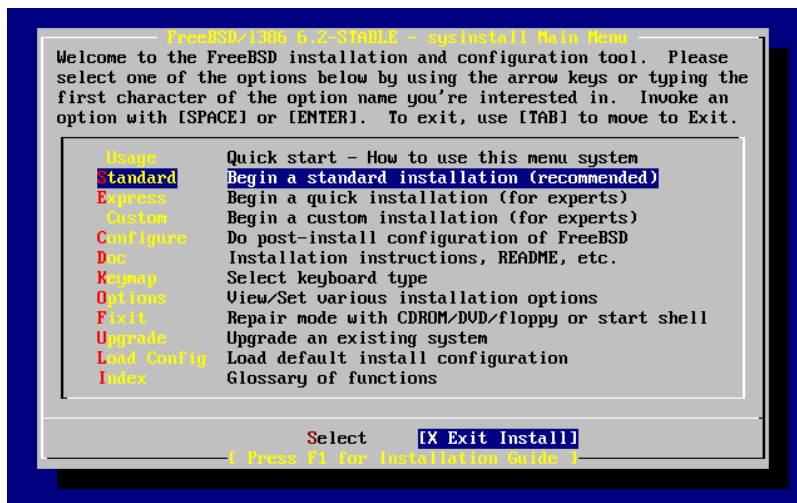


Abbildung 2.54. Die Installation beenden

Wählen Sie mit den Pfeiltasten **[X Exit Install]** aus und drücken Sie die Taste Enter. Sie müssen das Beenden der Installation bestätigen:

```
User Confirmation Requested
```

```
Are you sure you wish to exit? The system will reboot.
```

```
[ Yes -] No
```

Wählen Sie **[Yes]**. Wenn Sie von einer CD-ROM gestartet haben, erhalten Sie die folgende Meldung, die Sie daran erinnert, die CD-ROM aus dem Laufwerk zu entfernen:

```
Message
```

```
Be sure to remove the media from the drive.
```

[OK -]
[Press enter or space -]

Das CD-Laufwerk ist bis zum Neustart des Systems verriegelt. Entfernen Sie die CD zügig, wenn der Rechner startet.

Achten Sie beim Neustart des Systems auf eventuell auftauchende Fehlermeldungen (lesen Sie [Abschnitt 2.10.16, „FreeBSD starten“](#) für weitere Informationen).

2.10.15. Weitere Netzwerkdienste einrichten

Beigetragen von Tom Rhodes.

Anfänger ohne Vorwissen finden das Einrichten von Netzwerkdiensten oft deprimierend. Netzwerke und das Internet sind für moderne Betriebssysteme von entscheidender Bedeutung. Es ist daher wichtig, die Netzwerkfunktionen von FreeBSD zu kennen. Die von FreeBSD angebotenen Netzwerkdienste können Sie während der Installation kennen lernen.

Netzwerkdienste sind Programme, die Eingaben aus dem Netzwerk entgegennehmen. Es wird große Mühe darauf verwendet, dass diese Programme keinen Schaden verursachen. Leider können auch Programmierern Fehler unterlaufen und es gibt Fälle, in denen Fehler in Netzwerkdiensten von Angreifern ausgenutzt wurden. Es ist daher wichtig, dass Sie nur Dienste aktivieren, die Sie benötigen. Im Zweifallsfall sollten Sie einen Dienst solange nicht aktivieren, bis Sie herausfinden, dass Sie den Dienst benötigen. Einen Dienst können Sie später immer noch mit `sysinstall` oder in der Datei `/etc/rc.conf` aktivieren.

Wählen Sie den Menüpunkt Networking und es erscheint ein Menü wie das nachstehende:

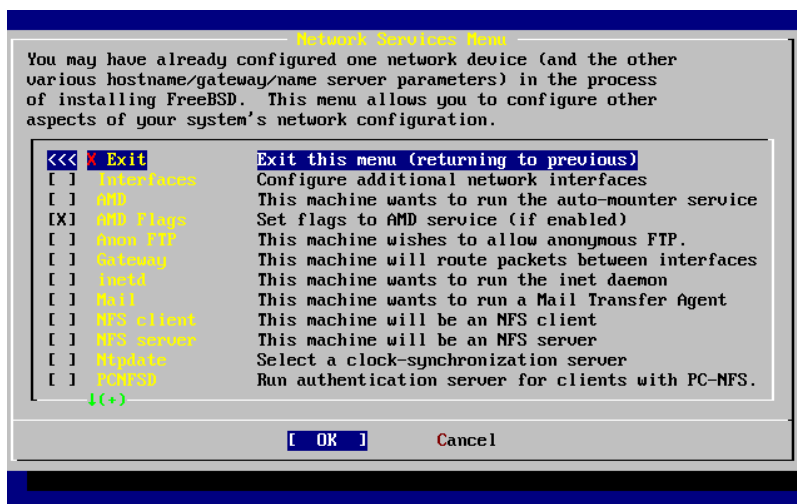


Abbildung 2.55. Netzwerkdienste – obere Hälfte

Die erste Option, Interfaces, wurde schon in [Abschnitt 2.10.1, „Netzwerkconfiguration“](#) konfiguriert. Sie können daher diesen Punkt überspringen.

Der Punkt AMD aktiviert einen Dienst, der automatisch Dateisysteme einhängt. Normalerweise wird der Dienst zusammen mit dem NFS-Protokoll (siehe unten) verwendet, um automatisch entfernte Dateisysteme einzuhängen. Dieser Menüpunkt erfordert keine weitere Konfiguration.

Der nächste Menüpunkt ist AMD Flags. Wenn Sie den Punkt auswählen, erscheint ein Fenster, in dem Sie AMD-spezifische Optionen eingeben können. Die nachstehenden Optionen sind schon vorgegeben:

```
-a /.amd_mnt -l syslog /host /etc/amd.map /net /etc/amd.map
```

Die Option `-a` legt das Verzeichnis fest (hier `/.amd_mnt`), unter dem Dateisysteme eingehangen werden. Die Option `-l` legt die Protokolldatei fest. Wenn `syslogd` verwendet wird, werden alle Meldungen an den Daemon `syslogd`

gesendet. Das Verzeichnis `/host` dient zum Zugriff auf exportierte Verzeichnisse von entfernten Rechnern, das Verzeichnis `/net` dient zum Zugriff auf exportierte Verzeichnisse von entfernten IP-Adressen. Die Datei `/etc/amd.map` enthält die Einstellungen für von AMD verwaltete Dateisysteme.

Die Auswahl Anon FTP erlaubt Anonymous-FTP-Verbindungen. Wählen Sie diese Option, wenn Sie einen Anonymous-FTP-Server einrichten wollen. Seien Sie sich über die Sicherheitsrisiken bewusst, wenn Sie Anonymous-FTP erlauben. Die Sicherheitsrisiken und die Konfiguration von Anonymous-FTP werden in einem gesonderten Fenster erklärt, das aufgeht, wenn Sie diese Option auswählen.

Der Menüpunkt Gateway konfiguriert das System, wie vorher erläutert, als Gateway. Wenn Sie während der Installation den Rechner aus Versehen als Gateway konfiguriert haben, können Sie dies hier wieder rückgängig machen.

Der Menüpunkt Inetd konfiguriert, wie schon oben besprochen, den Daemon [inetd\(8\)](#).

Die Auswahl Mail konfiguriert den Mail Transfer Agent (MTA) des Systems. Wenn Sie diesen Punkt auswählen, erscheint das folgende Menü:

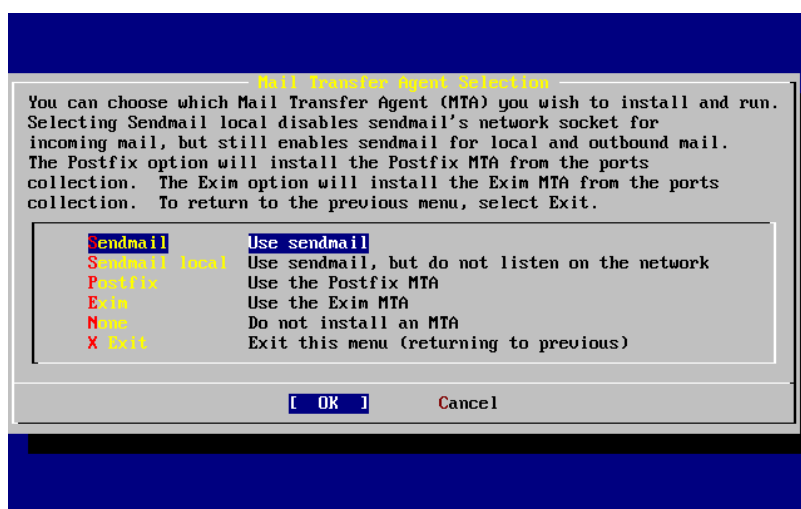


Abbildung 2.56. Den MTA festlegen

In diesem Menü wählen Sie aus, welcher MTA installiert und benutzt wird. Ein MTA ist ein Mail-Server, der E-Mails an lokale Empfänger oder an Empfänger im Internet ausliefert.

Die Auswahl Sendmail installiert das verbreitete sendmail (in FreeBSD die Voreinstellung). Die Auswahl Sendmail local verwendet sendmail als MTA, deaktiviert aber den Empfang von E-Mails aus dem Internet. Postfix und Exim sind ähnlich wie Sendmail. Beide Programme liefern E-Mails aus und einige Anwender verwenden lieber eines der beiden Programme als MTA.

Nachdem Sie einen MTA ausgewählt haben (oder beschlossen haben, keinen MTA zu benutzen), erscheint wieder das Menü Netzwerkdienste. Der nächste Menüpunkt ist NFS client.

Die Auswahl NFS client erlaubt es dem System, mit einem NFS-Server zu kommunizieren. Ein NFS-Server stellt mithilfe des NFS-Protokolls Dateisysteme für andere Systeme auf dem Netzwerk bereit. Wenn der Rechner alleine für sich steht, können Sie diesen Menüpunkt auslassen. Wahrscheinlich müssen Sie noch weitere Einstellungen vornehmen; der [Abschnitt 29.3, „Network File System \(NFS\)“](#) beschreibt die Einstellungen für NFS-Server und NFS-Clients.

Der Menüpunkt NFS server richtet einen NFS-Server auf dem Rechner ein. Durch die Auswahl dieses Punktes werden die für Remote-Procedure-Call (RPC) benötigten Dienste gestartet. Mit RPC werden Routinen auf entfernten Rechnern aufgerufen.

Der nächste Punkt, Ntpdate, konfiguriert die Zeitsynchronisation. Wenn Sie diesen Punkt auswählen, erscheint das folgende Menü:

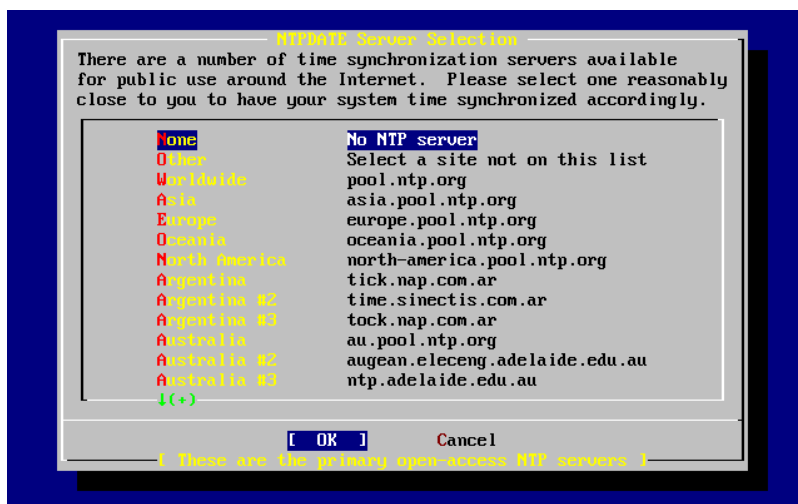


Abbildung 2.57. Ntpdate konfigurieren

Wählen Sie aus diesem Menü einen nahe liegenden Server aus. Die Zeitsynchronisation mit einem nahe liegenden Server ist, wegen der geringeren Latenzzeit, genauer als die Synchronisation mit einem weiter entfernten Server.

Der nächste Menüpunkt ist PCNFS. Wenn Sie diesen Punkt auswählen, wird [net/pcnfsd](#) aus der Ports-Sammlung installiert. Dieses nützliche Werkzeug stellt NFS-Authentifizierungsdienste für Systeme bereit, die diese Dienste nicht anbieten (beispielsweise Microsofts MS-DOS®).

Um die nächsten Menüpunkte zu sehen, müssen Sie herunterblättern:

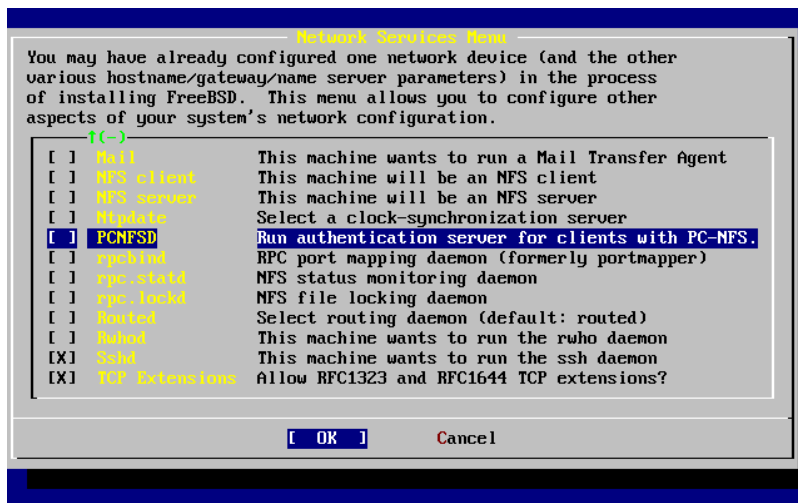


Abbildung 2.58. Netzwerkdienste – untere Hälfte

Die Programme [rpcbind\(8\)](#), [rpc.statd\(8\)](#) und [rpc.lockd\(8\)](#) werden für Remote-Procedure-Calls (RPC) benutzt. Das Programm [rpcbind](#) verwaltet die Kommunikation zwischen NFS-Servern und NFS-Clients und ist für den Betrieb eines NFS-Servers erforderlich. Der Daemon [rpc.statd](#) hält zusammen mit dem Daemon [rpc.lockd](#) des entfernten Rechners den Status der Verbindung. Der Status einer Verbindung wird normalerweise in der Datei `/var/db/statd.status` festgehalten. Der nächste Menüpunkt ist [rpc.lockd](#), der Dateisperren (*file locks*) bereitstellt. [rpc.lockd](#) wird normalerweise zusammen mit dem Daemon [rpc.statd](#) benutzt, der festhält welche Rechner Sperren anfordern und wie oft Sperren angefordert werden. Beide Dienste sind wunderbar zur Fehlersuche geeignet, doch werden Sie zum Betrieb von NFS-Servern und NFS-Clients nicht benötigt.

Der nächste Punkt in der Auswahl ist [Routed](#), der Routing-Daemon. Das Programm [routed\(8\)](#) verwaltet die Routing-Tabelle, entdeckt Multicast-Router und stellt die Routing-Tabelle auf Anfrage jedem mit dem Netz verbundenen Rechner zur Verfügung. Der Daemon wird hauptsächlich auf Gateways eines lokalen Netzes eingesetzt. Wenn

Sie den Punkt auswählen müssen Sie den Ort des Programms angeben. Die Vorgabe können Sie mit der Taste Enter übernehmen. Anschließend werden Sie nach den Kommandozeilenoptionen für `routed` gefragt. Vorgegeben ist die Option `-q`.

Der nächste Menüpunkt ist `Rwhod`. Wenn Sie diesen Punkt auswählen, wird während des Systemstarts der Daemon `rwhod(8)` gestartet. Das Kommando `rwhod` schickt Broadcast-Meldungen in das Netz oder empfängt diese im Consumer-Mode. Die Funktion der Werkzeuge wird in den Hilfeseiten `ruptime(1)` und `rwho(1)` beschrieben.

Der vorletzte Menüpunkt aktiviert den Daemon `sshd(8)`, den OpenSSH Secure-Shell-Server. Wo möglich sollte SSH anstelle von telnet und FTP eingesetzt werden. Der Secure-Shell-Server erstellt verschlüsselte und daher sichere Verbindungen zwischen zwei Rechnern.

TCP Extensions ist der letzte Menüpunkt. Diese Auswahl aktiviert die TCP-Erweiterungen aus RFC 1323 und RFC 1644. Obwohl dies auf vielen Rechnern die Verbindungsgeschwindigkeit erhöht, können durch diese Option auch Verbindungsabbrüche auftreten. Auf Servern sollte diese Option nicht aktiviert werden, auf Einzelmaschinen kann diese Option nützlich sein.

Wenn Sie die Netzwerkdienste eingerichtet haben, blättern Sie zum Menüpunkt Exit hoch, um die Nacharbeiten fortzusetzen oder verlassen Sie `sysinstall`, indem Sie zweimal X Exit und danach **[X Exit Install]** wählen.

2.10.16. FreeBSD starten

2.10.16.1. Start von FreeBSD auf FreeBSD/i386

Wenn alles funktioniert hat, laufen viele Meldungen über den Bildschirm und schließlich erscheint ein Anmeldeprompt. Um sich die Meldungen anzusehen, drücken Sie die Taste Scroll-Lock. Sie können dann mit den Tasten PgUp und PgDn blättern. Wenn Sie erneut Scroll-Lock drücken, kehren Sie zum Anmeldeprompt zurück.

Es kann sein, dass der Puffer zu klein ist, um alle Meldungen anzuzeigen. Nachdem Sie sich angemeldet haben, können Sie sich mit dem Kommando `dmesg` alle Meldungen ansehen.

Melden Sie sich bitte mit dem Benutzerkonto an (`rpratt` im Beispiel), das Sie während der Installation eingerichtet haben. Arbeiten Sie mit `root` nur dann wenn es erforderlich ist.

Die nachfolgende Abbildung zeigt typische Startmeldungen (Versionsangaben entfernt):

```
Copyright (c) 1992-2002 The FreeBSD Project.
Copyright (c) 1979, 1980, 1983, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994
    The Regents of the University of California. All rights reserved.

Timecounter "i8254" frequency 1193182 Hz
CPU: AMD-K6(tm) 3D processor (300.68-MHz 586-class CPU)
  Origin = "AuthenticAMD" Id = 0x580 Stepping = 0
  Features=0x8001bf<FPU,VME,DE,PSE,TSC,MSR,MCE,CX8,MMX>
  AMD Features=0x80000800<SYSCALL,3DNow!>
real memory = 268435456 (262144K bytes)
config> di sn0
config> di lnc0
config> di le0
config> di ie0
config> di fe0
config> di cs0
config> di bt0
config> di aic0
config> di aha0
config> di adv0
config> q
avail memory = 256311296 (250304K bytes)
Preloaded elf kernel "kernel" at 0xc0491000.
Preloaded userconfig_script "/boot/kernel.conf" at 0xc049109c.
md0: Malloc disk
Using $PIR table, 4 entries at 0xc00fde60
npx0: <math processor> on motherboard
npx0: INT 16 interface
```

```

pcib0: <Host to PCI bridge> on motherboard
pci0: <PCI bus> on pcib0
pcib1: <VIA 82C598MVP (Apollo MVP3) PCI-PCI (AGP) bridge> at device 1.0 on pci0
pci1: <PCI bus> on pcib1
pci1: <Matrox MGA G200 AGP graphics accelerator> at 0.0 irq 11
isab0: <VIA 82C586 PCI-ISA bridge> at device 7.0 on pci0
isa0: <ISA bus> on isab0
atapci0: <VIA 82C586 ATA33 controller> port 0xe000-0xe00f at device 7.1 on pci0
ata0: at 0x1f0 irq 14 on atapci0
ata1: at 0x170 irq 15 on atapci0
uhci0: <VIA 83C572 USB controller> port 0xe400-0xe41f irq 10 at device 7.2 on pci0
usb0: <VIA 83C572 USB controller> on uhci0
usb0: USB revision 1.0
uhub0: VIA UHCI root hub, class 9/0, rev 1.00/1.00, addr 1
uhub0: 2 ports with 2 removable, self powered
chip1: <VIA 82C586B ACPI interface> at device 7.3 on pci0
ed0: <NE2000 PCI Ethernet (RealTek 8029)> port 0xe800-0xe81f irq 9 at
device 10.0 on pci0
ed0: address 52:54:05:de:73:1b, type NE2000 (16 bit)
isa0: too many dependant configs (8)
isa0: unexpected small tag 14
fdc0: <NEC 72065B or clone> at port 0x3f0-0x3f5,0x3f7 irq 6 drq 2 on isa0
fdc0: FIFO enabled, 8 bytes threshold
fd0: <1440-KB 3.5" drive> on fdc0 drive 0
atkbdc0: <keyboard controller (i8042)> at port 0x60-0x64 on isa0
atkbd0: <AT Keyboard> flags 0x1 irq 1 on atkbdc0
kbd0 at atkbd0
psm0: <PS/2 Mouse> irq 12 on atkbdc0
psm0: model Generic PS/2 mouse, device ID 0
vga0: <Generic ISA VGA> at port 0x3c0-0x3df iomem 0xa0000-0xbffff on isa0
sc0: <System console> at flags 0x1 on isa0
sc0: VGA <16 virtual consoles, flags=0x300>
sio0 at port 0x3f8-0x3ff irq 4 flags 0x10 on isa0
sio0: type 16550A
siol at port 0x2f8-0x2ff irq 3 on isa0
siol: type 16550A
ppc0: <Parallel port> at port 0x378-0x37f irq 7 on isa0
ppc0: SMC-like chipset (ECP/EPP/PS2/NIBBLE) in COMPATIBLE mode
ppc0: FIFO with 16/16/15 bytes threshold
ppbus0: IEEE1284 device found /NIBBLE
Probing for PnP devices on ppbus0:
plip0: <PLIP network interface> on ppbus0
lpt0: <Printer> on ppbus0
lpt0: Interrupt-driven port
ppi0: <Parallel I/O> on ppbus0
ad0: 8063MB <IBM-DHEA-38451> [16383/16/63] at ata0-master using UDMA33
ad2: 8063MB <IBM-DHEA-38451> [16383/16/63] at ata1-master using UDMA33
acd0: CDROM <DELTA OTC-H101/ST3 F/W by OIPD> at ata0-slave using PIO4
Mounting root from ufs:/dev/ad0s1a
swapon: adding /dev/ad0s1b as swap device
Automatic boot in progress...
/dev/ad0s1a: FILESYSTEM CLEAN; SKIPPING CHECKS
/dev/ad0s1a: clean, 48752 free (552 frags, 6025 blocks, 0.9% fragmentation)
/dev/ad0s1f: FILESYSTEM CLEAN; SKIPPING CHECKS
/dev/ad0s1f: clean, 128997 free (21 frags, 16122 blocks, 0.0% fragmentation)
/dev/ad0s1g: FILESYSTEM CLEAN; SKIPPING CHECKS
/dev/ad0s1g: clean, 3036299 free (43175 frags, 374073 blocks, 1.3% fragmentation)
/dev/ad0s1e: filesystem CLEAN; SKIPPING CHECKS
/dev/ad0s1e: clean, 128193 free (17 frags, 16022 blocks, 0.0% fragmentation)
Doing initial network setup: hostname.
ed0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.0.1 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
    inet6 fe80::5054::5ff::fede:731b%ed0 prefixlen 64 tentative scopeid 0x1
    ether 52:54:05:de:73:1b
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 16384
    inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x8

```

```
inet6 ::1 prefixlen 128
inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
Additional routing options: IP gateway=YES TCP keepalive=YES
routing daemons:.
additional daemons: syslogd.
Doing additional network setup:.
Starting final network daemons: creating ssh RSA host key
Generating public/private rsa1 key pair.
Your identification has been saved in /etc/ssh/ssh_host_key.
Your public key has been saved in /etc/ssh/ssh_host_key.pub.
The key fingerprint is:
cd:76:89:16:69:0e:d0:6e:f8:66:d0:07:26:3c:7e:2d root@k6-2.example.com
creating ssh DSA host key
Generating public/private dsa key pair.
Your identification has been saved in /etc/ssh/ssh_host_dsa_key.
Your public key has been saved in /etc/ssh/ssh_host_dsa_key.pub.
The key fingerprint is:
f9:a1:a9:47:c4:ad:f9:8d:52:b8:b8:ff:8c:ad:2d:e6 root@k6-2.example.com.
setting ELF ldconfig path: /usr/lib /usr/lib/compat /usr/X11R6/lib
/usr/local/lib
a.out ldconfig path: /usr/lib/aout /usr/lib/compat/aout /usr/X11R6/lib/aout
starting standard daemons: inetd cron sshd usbd sendmail.
Initial rc.i386 initialization:.
rc.i386 configuring syscons: blank_time screensaver moused.
Additional ABI support: linux.
Local package initialization:.
Additional TCP options:.

FreeBSD/i386 (k6-2.example.com) (ttyv0)

login: rpratt
Password:
```

Das Erzeugen der RSA- und DSA-Schlüssel kann auf langsamen Maschinen lange dauern. Die Schlüssel werden nur beim ersten Neustart erzeugt, spätere Neustarts sind schneller.

Wenn der X-Server konfiguriert ist und eine Oberfläche ausgewählt wurde, können Sie X mit dem Kommando `startx` starten.

2.10.17. FreeBSD herunterfahren

Es ist wichtig, dass Sie das Betriebssystem richtig herunterfahren. Wechseln Sie zunächst mit dem Befehl `su` zum Superuser; Sie müssen dazu das `root`-Passwort eingeben. Der Wechsel auf den Superuser gelingt nur, wenn der Benutzer ein Mitglied der Gruppe `wheel` ist. Ansonsten melden Sie sich direkt als Benutzer `root` an. Der Befehl `shutdown -h now` hält das System an.

```
The operating system has halted.
Please press any key to reboot.
```

Sie können den Rechner ausschalten, nachdem die Meldung `Please press any key to reboot` erschienen ist. Wenn Sie stattdessen eine Taste drücken, startet das System erneut.

Sie können das System auch mit der Tastenkombination `Ctrl+Alt+Del` neu starten. Sie sollten diese Tastenkombination allerdings nicht gewohnheitsmäßig benutzen.

2.11. Fehlersuche

Dieser Abschnitt behandelt häufig auftretende Installationsprobleme. Weiterhin enthält er Hinweise, wie FreeBSD parallel mit MS-DOS® oder Windows® betrieben wird.

2.11.1. Wenn etwas schief geht

Aufgrund der Beschränkungen der PC-Architektur ist eine zuverlässige Geräteerkennung nicht möglich. Falls die Geräteerkennung fehlschlägt, können Sie einige Dinge versuchen.

Sehen Sie in den [Hardware Notes](#) Ihrer FreeBSD-Version nach, ob Ihre Hardware unterstützt wird.

Wenn Ihre Hardware unterstützt wird und sich der Installationsprozess aufhängt oder sonstige Probleme auftauchen, müssen Sie einen [angepassten Kernel](#) erstellen, da Ihre Hardware in diesem Fall nicht vom GENERIC -Kernel unterstützt wird. Der Kernel auf den Startdisketten verwendet die Werkseinstellungen für IRQs, IO-Adressen und DMA-Kanäle. Geänderte Einstellungen müssen Sie daher in der Kernelkonfigurationsdatei angeben, damit FreeBSD diese Geräte korrekt erkennt.

Es ist auch möglich, dass die Suche nach einem nicht vorhandenen Gerät dazu führt, dass die Erkennung eines vorhandenen Geräts fehlschlägt. In diesem Fall sollten Sie nicht vorhandene Geräte, deren Einstellungen sich mit vorhandenen Geräten überschneiden, deaktivieren.



Anmerkung

Einige Installationsprobleme können Sie vermeiden oder umgehen, indem Sie die Firmware der Hardware, insbesondere die Firmware der Systemplatine, aktualisieren. Die Firmware der Systemplatine ist das BIOS. Die meisten Hardware-Hersteller bieten aktuelle Firmware und Anleitungen zur Aktualisierung der Firmware auf dem Internet an.

Viele Hersteller raten davon ab, ohne guten Grund das BIOS zu aktualisieren. Die Aktualisierung *kann* fehlschlagen und den BIOS-Chip dauerhaft beschädigen.

2.11.2. MS-DOS®- und Windows®-Dateisysteme benutzen

Mit Double Space™ komprimierte Dateisysteme werden zurzeit von FreeBSD nicht unterstützt. Damit FreeBSD auf die Daten zugreifen kann, müssen Sie das Dateisystem daher dekomprimieren. Rufen Sie dazu den Compression Agent aus dem Menü Start > Programs > System Tools auf.

FreeBSD unterstützt MS-DOS®-Dateisysteme (manchmal auch als FAT-Dateisysteme bezeichnet). Der Befehl [mount_msdosfs\(8\)](#) bindet diese Dateisysteme in den FreeBSD-Verzeichnisbaum ein und erlaubt dadurch den Zugriff auf die darin enthaltenen Daten. [mount_msdosfs\(8\)](#) wird normalerweise nicht direkt, sondern über einen Eintrag in der Datei `/etc/fstab` oder durch den Aufruf des Befehls [mount\(8\)](#) (in Kombination mit den korrekten Parametern).

Ein typischer Eintrag in `/etc/fstab` sieht so aus:

```
/dev/ad0s1N /dos msdosfs rw 0 0
```



Anmerkung

Das Verzeichnis `/dos` muss bereits vorhanden sein, damit dieser Eintrag funktioniert. Weitere Informationen zu den Einstellungen in der Datei `/etc/fstab` finden sich in der Manualseite [fstab\(5\)](#).

Ein typischer Aufruf von [mount\(8\)](#) zum Einhängen eines MS-DOS®-Dateisystems sieht so aus:

```
# mount -t msdosfs /dev/ad0s1 /mnt
```

Das MS-DOS®-Dateisystem befindet sich hier auf der ersten Partition der primären Platte. Dies kann bei Ihnen anders sein. Die Anordnung der Partitionen entnehmen Sie den Ausgaben von `dmesg` und `mount`.



Anmerkung

FreeBSD numeriert Platten (genauer MS-DOS®-Partitionen) anders als andere Betriebssysteme. Die Nummern von erweiterten Partitionen sind in der Regel höher als die Nummern von primären Partitionen. Das Werkzeug `fdisk(8)` kann Ihnen dabei helfen, festzustellen, welche Partitionen zu FreeBSD und welche zu einem anderen Betriebssystem gehören.

Analog werden NTFS-Partitionen mit dem Kommando `mount_ntfs(8)` eingehangen.

2.11.3. Fragen und Antworten zu häufig auftretenden Problemen

- F: Mein System hängt sich beim Testen der Hardware auf, oder es verhält sich seltsam während der Installation oder das Diskettenlaufwerk wird nicht getestet.
- A: FreeBSD 5.0 und neuer machen ausgiebig Gebrauch von den ACPI-Systemdiensten zur Systemkonfiguration der i386-, amd64- und ia64-Plattformen, falls diese während des Bootvorgangs gefunden werden. Leider enthalten sowohl der ACPI-Treiber als auch manche Motherboard- und BIOS-Implementierungen für ACPI noch einige Fehler. Kommt es auf Ihrem System zu Problemen, können Sie ACPI daher deaktivieren, indem während des Bootvorganges den „Hint“ `hint.acpi.0.disabled` aktivieren:

```
set hint.acpi.0.disabled="1"
```

Da diese Einstellung bei jedem Neustart verloren geht, aktivieren Sie sie dauerhaft, indem Sie die Zeile `hint.acpi.0.disabled="1"` in die Datei `/boot/loader.conf`. Weitere Informationen über den Bootloader finden Sie in [Abschnitt 13.1, „Übersicht“](#) des FreeBSD-Handbuchs.

- F: Direkt nach der Installation beginnt das System zwar zu booten, der Kernel wird geladen und meine Hardware getestet. Dann bricht der Bootvorgang aber mit der folgenden (oder einer ähnlichen) Fehlermeldung ab:

```
changing root device to ad1s1a panic: cannot mount root
```

Was läuft hier falsch? Was kann/muss ich tun?

Was soll ich mit diesem `bios_drive:interface(unit,partition)kernel_name` anfangen, das mir die Hilfefunktion ausgibt?

- A: Dabei handelt es sich um ein lange bekanntes Problem, das nur dann auftritt, wenn es sich bei der Bootplatte nicht um die erste Platte im System handelt. Das BIOS numeriert die Festplatten anders als FreeBSD, daher ist das System manchmal nicht in der Lage, diese Numerierungen selbst automatisch in Einklang zu bringen.

Sollte Ihre Bootplatte nicht die erste Platte im System sein, können Sie FreeBSD dabei helfen, diese Platte zu finden. Es gibt zwei Situationen, in denen Sie FreeBSD mitteilen müssen, wo sich das root-Dateisystem befindet. Dazu müssen Sie die Nummer der Platte im BIOS, den Plattentyp sowie die Nummer der Platte unter FreeBSD angeben.

Im ersten Fall verfügen Sie über zwei IDE-Platten, die beide als Master an ihrem jeweiligen IDE-Controller konfiguriert sind. FreeBSD soll dabei von der zweiten Platte booten. Ihr BIOS erkennt die beiden Platten als „Platte 1“ und „Platte 2“, während FreeBSD die Platten als `ad0` und `ad2` erkennt.

Für das BIOS befindet sich FreeBSD auf der Platte Nummer 1, der Typ ist `ad`, und FreeBSD erkennt die Platte als Platte Nummer 2. Daher geben Sie Folgendes ein:

```
1:ad(2,a)kernel
```

Beachten Sie, dass dieser Eintrag nicht notwendig ist, wenn die zweite Platte als Slave am primären IDE-Controller konfiguriert ist (sondern sogar falsch wäre).

Die zweite Situation entsteht, wenn Sie von einer SCSI-Platte booten und zusätzlich eine oder mehrere IDE-Platten installiert haben. In diesem Fall ist die Plattennummer unter FreeBSD kleiner als die Plattennummer im BIOS. Verfügen Sie über zwei IDE-Platten und eine SCSI-Platte, hat die SCSI-Platte im BIOS die Nummer 2, den Typ da, und wird von FreeBSD als Platte Nummer 0 erkannt. In diesem Fall geben Sie daher Folgendes ein:

```
2:da(0,a)kernel
```

Durch diese Zeile teilen Sie FreeBSD mit, dass Sie von der BIOS-Platte Nummer 2 booten wollen (bei der es sich um die erste SCSI-Platte Ihres Systems handelt). Verfügen Sie nur über eine IDE-Platte, geben Sie hingegen 1: ein.

Nachdem Sie die korrekten Werte ermittelt haben, können Sie die entsprechende Zeile in exakt der gleichen Form in die Datei `/boot.config` aufnehmen. In der Voreinstellung verwendet FreeBSD den Inhalt dieser Datei als Standardantwort am `boot: -`Prompt.

- F: Nach der Installation beginnt das System zu booten, der Bootmanager zeigt im Bootmenü aber immer nur F? an und das System startet nicht.
- A: Sie haben bei der FreeBSD-Installation eine falsche Plattengeometrie angegeben. Starten Sie den Partitionseditor neu und geben Sie die korrekte Plattengeometrie an. Danach installieren Sie FreeBSD erneut (diesmal mit der korrekten Plattengeometrie).

Ist es Ihnen nicht möglich, die korrekte Plattengeometrie herauszufinden, hilft Ihnen vielleicht der folgende Tipp weiter: Legen Sie eine kleine MS-DOS®-Partition am Beginn Ihrer Bootplatte an und installieren Sie anschließend FreeBSD auf diese Platte. Das FreeBSD-Installationsprogramm wird die MS-DOS®-Partition erkennen und ist dadurch normalerweise in der Lage, die korrekte Plattenkonfiguration automatisch zu erkennen.

Die Vorgangsweise im folgenden Tipp wird zwar nicht länger empfohlen, soll aber trotzdem dokumentiert werden:

Wenn Sie ein reines FreeBSD-System aufsetzen wollen (als Server oder als Workstation) und daher nie auf Kompatibilität zu MS-DOS®, Linux oder anderen Betriebssystemen angewiesen sein werden, haben Sie auch die Möglichkeit, die komplette Platte (durch die Wahl von A im Partitionseditor) für FreeBSD zu verwenden. Danach wird FreeBSD die komplette Platte vom ersten bis zum letzten Sektor verwenden und die tatsächliche Plattengeometrie ignorieren. Danach ist es allerdings nicht mehr möglich, ein anderes Betriebssystem auf die gleiche Platte zu installieren (ohne auch FreeBSD neu zu installieren).

- F: FreeBSD erkennt meine `ed(4)`-Netzwerkkarte. Trotzdem erhalte ich weiterhin Timeout-Meldungen für dieses Gerät.
- A: Ihre Karte verwendet wahrscheinlich einen anderen IRQ als den, der in der Datei `/boot/device.hints` angegeben wurde. Der `ed(4)`-Treiber verwendet in der Voreinstellung keine „Soft“-Konfiguration (also Werte, die durch EZSETUP unter MS-DOS® eingegeben wurden). Sie können dies allerdings erzwingen, indem Sie die Option `-1` in den „Hints“ für dieses Gerät angeben.

Entweder verändern Sie die Jumper-Konfiguration der Karte (und, falls notwendig, die Kerneleinstellungen). Oder Sie geben den IRQ als `-1` an, indem Sie `hint.ed.0.irq="-1"` eingeben. Dadurch wird der Kernel angewiesen, die „Soft“-Konfiguration zu verwenden.

Prüfen Sie auch, ob Ihre Karte nicht etwa IRQ 9 verwendet, da dieser mit IRQ 2 geteilt wird. Diese Einstellung verursacht häufig Probleme (insbesondere dann, wenn IRQ 2 durch eine VGA-Grafikkarte belegt ist!). Wenn irgend möglich, sollten Sie daher IRQ 2 oder 9 nicht verwenden.

- F: Wenn ich sysinstall aus einem X-Terminal starte, ist die gelbe Schritt auf dem grauen Hintergrund nur schwer zu erkennen. Gibt es eine Möglichkeit, den Kontrast für dieses Programm zu erhöhen?
- A: Haben Sie X11 bereits installiert und die von sysinstall verwendeten Farben bereiten Ihnen beim Lesen von Text Probleme (wenn Sie ein X-Terminal verwenden), sollten Sie die Zeile `XTerm*color7: #c0c0c0` in die Datei `~/Xdefaults` aufnehmen. Dadurch wird der Hintergrund in einem dunkleren Grauton dargestellt.

2.12. Anspruchsvollere Installationen

Beigetragen von Valentino Vaschetto.

Aktualisiert von Marc Fonvieille.

Dieser Abschnitt beschreibt die Installation von FreeBSD in besonderen Situationen.

2.12.1. FreeBSD auf einem System ohne Monitor oder Tastatur installieren

Diese Methode wird als „headless install“ (kopflose Installation) bezeichnet, da die Maschine, auf die FreeBSD installiert werden soll, entweder keinen Monitor angeschlossen hat oder über keine VGA-Karte verfügt. Wie kann FreeBSD dennoch installiert werden? Eben mithilfe einer seriellen Konsole. Im Wesentlichen ist eine serielle Konsole eine andere Maschine, die Ein- und Ausgaben für eine andere Maschine bereitstellt. Um über eine serielle Konsole zu installieren, erstellen Sie zunächst (wie in [Abschnitt 2.3.7](#), „Das Startmedium vorbereiten“ beschrieben) einen bootbaren USB-Stick oder laden Sie das passende CD-ISO-Abbild herunter.

Um von diesen Medien in eine serielle Konsole booten zu können, müssen Sie die folgenden Schritte durchführen (bei Verwendung einer Boot-CD kann der erste Schritt entfallen):

1. Den USB-Stick für eine serielle Konsole anpassen

Wenn Sie ein System mit dem frisch erstellten USB-Stick starten, läuft der normale FreeBSD-Installationsprozess an. Diese Installation soll aber über die serielle Konsole gesteuert werden. Daher müssen Sie den USB-Stick mit dem Befehl `mount(8)` in den Verzeichnisbaum einhängen:

```
# mount /dev/dar0a /mnt
```



Anmerkung

Passen Sie den Mountpunkt und die Gerätedatei falls nötig an Ihre Gegebenheiten an.

Nachdem Sie den USB-Stick eingehängt haben, müssen Sie ihn rekonfigurieren, damit er in eine serielle Konsole startet. Dazu nehmen Sie in die Datei `loader.conf` des USB-Sticks eine Zeile auf, die die serielle Konsole als Systemkonsole festlegt:

```
# echo 'console="comconsole"' >> /mnt/boot/loader.conf
```

Damit ist Ihr USB-Stick für die Installation vorbereitet. Sie können ihn daher wieder aus dem Dateisystem aushängen:

```
# umount /mnt
```

Entfernen Sie nun den USB-Stick und machen Sie direkt mit Schritt 3 weiter.

2. Die Installations-CD für eine serielle Konsole anpassen

Wenn Sie von dem soeben heruntergeladenen CD-ISO-Abbild (siehe [Abschnitt 2.13.1](#), „Eine Installations-CD-ROM erzeugen“) starten, gelangen Sie in den normalen Installationsmodus von FreeBSD. Da wir aber in eine

serielle Konsole booten wollen, muss das CD-Image extrahiert, modifiziert und neu erzeugt werden, bevor Sie es auf eine CD-R brennen.

Entpacken Sie alle Dateien des CD-ISO-Abbilds (beispielsweise `FreeBSD-10.3-RELEASE-i386-disc1.iso`) auf dem System, auf das Sie das Abbild heruntergeladen haben unter Verwendung von [tar\(1\)](#):

```
# mkdir /path/to/headless-iso
# tar -C /path/to/headless-iso -pxvf FreeBSD-10.3-RELEASE-i386-disc1.iso
```

Nun müssen Sie das entpackte ISO-Abbild rekonfigurieren, damit es künftig in eine serielle Konsole startet. Dazu nehmen Sie in die Datei `loader.conf` des entpackten ISO-Abbild eine Zeile auf, die die serielle Konsole als Systemkonsole festlegt:

```
# echo 'console="comconsole"' >> /path/to/headless-iso/boot/loader.conf
```

Damit ist der Dateibaum des entpackten ISO-Abbilds für die Installation vorbereitet und Sie können über den Befehl [mkisofs\(8\)](#) (das Sie über den Port [sysutils/cdrtools](#) installieren können) ein neues CD-ISO-Abbild erzeugen:

```
# mkisofs -v -b boot/cdboot -no-emul-boot -r -J -V "Headless_install" \
-o Headless-FreeBSD-10.3-RELEASE-i386-disc1.iso /path/to/headless-iso
```

Dieses rekonfigurierte ISO-Abbild brennen Sie nun mit dem Brennprogramm Ihrer Wahl auf eine CD-R.

3. Das Nullmodemkabel anschließen

Sie müssen beide Maschinen mit einem [Nullmodemkabel](#) verbinden. Schließen Sie das Nullmodemkabel an die seriellen Schnittstellen beider Maschinen an. *Sie können kein direktes serielles Kabel verwenden*, Nullmodemkabel besitzen gekreuzte Leitungen.

4. Die Installation starten

Sie können die Installation jetzt starten. Stöpseln Sie den vorbereiteten USB-Stick ein und starten Sie Ihren Computer. Alternativ starten Sie Ihren Computer und legen die vorbereitete Installations-CD ein.

5. Die Verbindung mit der zur installierenden Maschine herstellen

Mit dem Kommando [cu\(1\)](#) verbinden Sie sich mit der zu installierenden Maschine:

```
# cu -l /dev/cuau0
```

Unter FreeBSD 7.X verwenden Sie hingegen den folgenden Befehl:

```
# cu -l /dev/cuad0
```

Fertig! Über die `cu`-Sitzung können Sie nun die zu installierende Maschine steuern. Der Kernel wird automatisch geladen und Sie können anschließend den Terminaltyp festlegen. Wählen Sie die `FreeBSD color console` aus und fahren wie gewohnt mit der Installation fort.

2.13. Eigene Installationsmedien herstellen



Anmerkung

Im Folgenden ist mit „Installations-CD“ eine CD-ROM oder DVD gemeint, die Sie gekauft oder selbst hergestellt haben.

Oft müssen Sie eigene Installationsmedien erzeugen. Dies können physische Medien wie Bänder sein oder Installationsquellen sein, aus denen `sysinstall` Dateien herunterlädt, beispielsweise ein lokaler FTP-Server oder eine MS-DOS®-Partition.

Beispiele:

- Im lokalen Netzwerk befinden sich viele Maschinen, Sie besitzen allerdings nur eine Installations-CD. Den Inhalt der Installations-CD wollen Sie auf einem lokalem FTP-Server bereitstellen. Zur Installation wird der lokale FTP-Server anstelle eines Internet-Servers benutzt.
- Sie haben eine Installations-CD, allerdings erkennt FreeBSD im Gegensatz zu MS-DOS®/Windows® das CD- oder DVD-Laufwerk nicht. Sie können die Installationsdateien auf eine MS-DOS®-Partition desselben Rechners kopieren und FreeBSD von der MS-DOS®-Partition installieren.
- Der Rechner, auf dem Sie FreeBSD installieren wollen, besitzt kein CD- oder DVD-Laufwerk. Ein anderer Rechner, zu dem eine serielle oder parallele Verbindung besteht, besitzt allerdings ein CD- oder DVD-Laufwerk.
- Sie wollen ein Band erzeugen, mit dem Sie FreeBSD installieren können.

2.13.1. Eine Installations-CD-ROM erzeugen

Mit jeder Release stellt das FreeBSD-Project für jede unterstützte Architektur mindestens zwei CD-Abbilder („ISO-Images“) zur Verfügung. Wenn Sie einen CD-Brenner besitzen, können Sie diese Abbilder brennen und damit FreeBSD installieren. Wenn Sie einen CD-Brenner besitzen und über eine gute Internet-Verbindung verfügen, ist das die preiswerteste Art, FreeBSD zu installieren.

1. Das richtige Abbild herunterladen

Die ISO-Abbilder für jedes Releases können Sie von <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/ISO-IMAGES-arch/version> oder einem nahe gelegenen Spiegel herunterladen. Ersetzen Sie *arch* und *version* durch passende Werte.

Das Verzeichnis enthält die folgenden Abbilder:

Tabelle 2.4. FreeBSD 8.X ISO-Abbilder

Dateiname	Inhalt
FreeBSD-version-RELEASE-arch-bootonly.iso	Enthält alles, was Sie benötigen, um den FreeBSD-Kernel zu laden und das Installationsprogramm zu starten. Die zu installierenden Dateien müssen allerdings über FTP oder eine andere geeignete Quelle bezogen werden, da sie in diesem Abbild nicht enthalten sind.
FreeBSD-version-RELEASE-arch-dvd1.iso.gz	Dieses DVD-Abbild enthält alle zur Installation von FreeBSD nötigen Dateien, eine Auswahl an Paketen Dritter sowie die Dokumentation. Zusätzlich ermöglicht es Ihnen dieses Abbild, einen „livefs“-basierten Rettungsmodus zu starten.
FreeBSD-version-RELEASE-arch-memstick.img	Dieses Abbild kann auf einen USB-Stick geschrieben werden. Dieser kann danach als Installationsmedium verwendet werden (wenn Ihr System dies unterstützt). Zusätzlich ermöglicht es Ihnen dieses Abbild, einen „livefs“-basierten Rettungsmodus zu starten. Die FreeBSD-Dokumentation ist ebenfalls enthalten, aber keine Pakete Dritter. Dieses Abbild ist erst ab FreeBSD 8.0 verfügbar.

Dateiname	Inhalt
FreeBSD-version-RELEASE-arch-disc1.iso	Dieses CD-Abbild enthält alle für die Installation von FreeBSD nötigen Dateien sowie die Dokumentation. Es sind allerdings keine Pakete Dritter enthalten.
FreeBSD-version-RELEASE-arch-disc2.iso	So viele Pakete Dritter, wie auf dem Installationsmedium Platz hatten. Dieses Abbild ist für FreeBSD 8.X nicht mehr verfügbar.
FreeBSD-version-RELEASE-arch-disc3.iso	Ein weiteres Abbild mit so vielen Paketen Dritter, wie auf dem Installationsmedium Platz hatten. Dieses Abbild ist für FreeBSD 8.X nicht mehr verfügbar.
version-RELEASE-arch-docs.iso	Die FreeBSD-Dokumentation.
FreeBSD-version-RELEASE-arch-livefs.iso	Dieses Abbild enthält einen „livefs“-basierten Rettungsmodus. Eine Installation von FreeBSD ist mit diesem Abbild allerdings nicht möglich.



Anmerkung

Die Abbilder für FreeBSD 7.X-Releases vor FreeBSD 7.3 sowie für FreeBSD 8.0 wurden noch unterschiedlich benannt. Bei Ihnen fehlt die Bezeichnung FreeBSD- am Anfang des Abbildnamens.

Sie benötigen nur eines der beiden Abbilder `bootonly` oder `disc1`. Laden Sie bitte nicht beide Abbilder herunter, das `disc1`-Abbild enthält alles, was das `bootonly`-Abbild enthält.

Benutzen Sie das `bootonly`-Abbild, wenn Sie eine preiswerte Internet-Anbindung besitzen. Mit diesem Abbild können Sie FreeBSD installieren. Software Dritter können Sie anschließend mithilfe des Ports-Systems ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)) herunterladen.

Benutzen Sie das `dvd1`-Abbild, wenn Sie FreeBSD installieren wollen und das Installationsmedium eine angemessene Auswahl an Software Dritter enthalten soll.

Die zusätzlichen Abbilder sind nützlich, aber nicht notwendig, insbesondere wenn Sie eine schnelle Internet-Verbindung besitzen.

2. Die CDs brennen

Sie müssen die Abbilder auf eine CD brennen. Das Brennen von CDs unter FreeBSD wird in [Abschnitt 18.5.2, „Eine CD brennen“](#) beschrieben.

Wenn Sie die CDs unter einem anderen Betriebssystem erstellen, benutzen Sie die entsprechenden Werkzeuge des Betriebssystems. Die Abbilder sind Standard-ISO-Abbilder und können von vielen Brennprogrammen verarbeitet werden.



Anmerkung

Wenn Sie eine angepasste Version von FreeBSD erstellen wollen, sollten Sie den [Release Engineering Article](#) lesen.

2.13.2. Einen lokalen FTP-Server einrichten

Die Dateien auf der Installations-CD sind genauso angeordnet wie auf den FreeBSD-FTP-Servern. Daher ist es einfach, einen lokalen FTP-Server für die FreeBSD-Installation über ein Netzwerk einzurichten.

1. Hängen Sie auf dem FTP-Server die CD-ROM in das Verzeichnis `/cdrom` ein:

```
# mount /cdrom
```

2. Legen Sie ein Konto für Anonymous-FTP an. Dazu editieren Sie die Datei `/etc/passwd` mit dem Kommando `vipw(8)` und fügen die nachstehende Zeile hinzu:

```
ftp:*:99:99::0:0:FTP:/cdrom:/nonexistent
```

3. Stellen Sie sicher, dass der FTP-Dienst in der Datei `/etc/inetd.conf` aktiviert ist.

Jeder, der Ihren Rechner über das Netzwerk erreicht, kann nun FreeBSD über FTP installieren. In `sysinstall` wird dazu FTP als Installationsmedium gewählt. Der FTP-Server wird durch die Auswahl `Other` (andere als die vorgegebenen Server) und anschließende Eingabe von `ftp://Ihr Rechner` festgelegt.



Anmerkung

Wenn die Version der für die FTP-Installation Ihrer Clients verwendeten Bootmedien (normalerweise Disketten) nicht exakt der von Ihnen auf Ihrem lokalen FTP-Server angebotenen Version entspricht, ist `sysinstall` nicht in der Lage, die Installation abzuschließen. Sind die Versionsnummern unterschiedlich, können Sie durch das Aufrufen des Punktes `Options` `sysinstall` dazu zwingen, die Installation dennoch abzuschließen. Dazu setzen Sie den Namen der Distribution auf `any`.



Warnung

Diese Vorgehensweise ist in Ihrem lokalen Netzwerk, das durch eine Firewall geschützt ist, völlig in Ordnung. Wenn Sie FTP für Rechner auf dem Internet (und nicht für lokale Rechner) anbieten, zieht Ihr Server die Aufmerksamkeit von Crackern und andere Unannehmlichkeiten auf sich. Achten Sie in diesem Fall darauf, dass Sie gute Sicherheitsverfahren anwenden.

2.13.3. Installationsdisketten erstellen

Wenn Sie, was wir *nicht* empfehlen, von Disketten installieren müssen, weil Disketten das einzig unterstützte Installationsmedium sind oder Sie es sich einfach schwer machen wollen, müssen Sie zunächst einige Disketten vorbereiten.

Sie müssen mindestens den Inhalt des Verzeichnisses `base` auf 1.44 MB Disketten kopieren. Wenn Sie die Disketten unter MS-DOS® erstellen, *müssen* Sie die Disketten mit dem MS-DOS®-Kommando `FORMAT` formatieren. Unter Windows® können Sie Disketten mithilfe des Explorers formatieren (klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das A:-Laufwerk und wählen Sie Format aus).

Vertrauen Sie vorformatierten Disketten nicht; formatieren Sie die Disketten zur Sicherheit immer selbst. In der Vergangenheit waren vorformatierte Disketten der Verursacher vieler Probleme.

Falls Sie die Disketten auf einer FreeBSD-Maschine erstellen, sollten Sie immer noch formatieren. Allerdings brauchen Sie kein MS-DOS®-Dateisystem auf den Disketten anzulegen. Mit den Kommandos `bsdlabel` und `newfs` können Sie das Dateisystem UFS verwenden, wie im nachstehenden Beispiel für 3.5" 1.44 MB Disketten gezeigt:

```
# fdformat -f 1440 fd0.1440
```

```
# bsdlabel -w fd0.1440 floppy3
# newfs -t 2 -u 18 -l 1 -i 65536 /dev/fd0
```

Anschließend können Sie die Disketten wie ein normales Dateisystem einhängen und beschreiben.

Nachdem Sie die Disketten formatiert haben, kopieren Sie die Dateien der Distribution auf die Disketten. Die Dateien der Distribution sind in Stücke geteilt, sodass fünf Dateien auf eine 1.44 MB Diskette passen. Kopieren Sie die gewünschte Distribution auf Disketten, wobei Sie so viele Dateien wie möglich auf eine Diskette kopieren. Jede Distribution wird auf der Diskette in einem eigenen Verzeichnis abgelegt, beispielsweise `a:\base\base.aa`, `a:\base\base.ab` und so weiter.



Wichtig

Die Datei `base.inf` muss unbedingt auf die erste Diskette des `base`-Diskettensatzes kopiert werden, damit das Installationsprogramm feststellen kann, wie viele Disketten geladen werden müssen, um die Distribution wieder zusammenzusetzen.

Im Installationsprozess wählen Sie als Installationsmedium Floppy aus. Folgen Sie dann den gegebenen Anweisungen.

2.13.4. Von einer MS-DOS®-Partition installieren

Um eine Installation von einer MS-DOS®-Partition vorzubereiten, kopieren Sie Dateien der Distributionen in das Verzeichnis `freebsd` direkt unterhalb des Wurzelverzeichnisses (zum Beispiel `c:\freebsd`). In diesem Verzeichnis muss sich dieselbe Verzeichnisstruktur wie auf dem Installationsmedium befinden. Wenn Sie die Dateien von einer Installations-CD kopieren, empfehlen wir den MS-DOS®-Befehl `xcopy`. Das nachstehende Beispiel bereitet eine minimale Installation von FreeBSD vor:

```
C:\> md c:\freebsd
C:\> xcopy e:\bin c:\freebsd\bin /s
C:\> xcopy e:\manpages c:\freebsd\manpages /s
```

Im Beispiel wurde angenommen, dass auf Laufwerk C: ausreichend Platz vorhanden ist und die CD-ROM Laufwerk E: ist.

Wenn Sie kein CD-Laufwerk besitzen, können Sie die Distributionen von ftp.FreeBSD.org herunterladen. Jede Distribution liegt in einem eigenen Verzeichnis. Beispielsweise liegt die Base-Distribution im Verzeichnis [10.3/base/](#).

Kopieren Sie jede Distribution, die Sie von einer MS-DOS®-Partition installieren wollen (und für die Platz ist) in das Verzeichnis `c:\freebsd`. Für eine minimale Installation benötigen Sie nur die Base-Distribution.

2.13.5. Ein Installationsband erstellen

Falls Sie nicht über FTP oder von einer CD-ROM installieren können, ist die Installation von Band wahrscheinlich die einfachste Methode. Das Installationsprogramm erwartet, dass sich die Distributionen im `tar`-Format auf dem Band befinden. Von den Distributions-Dateien erstellen Sie das Installationsband einfach mit dem Kommando `tar`:

```
# cd /freebsd/distdir
# tar cvf /dev/rwt0 dist1 ... dist2
```

Stellen Sie während der Installation sicher, dass Sie über genügend freien Platz in einem temporären Verzeichnis (das Sie festlegen können) verfügen. Das temporäre Verzeichnis muss den *gesamten* Inhalt des Bands aufnehmen können. Da auf Bänder nicht wahlfrei zugegriffen werden kann, benötigt diese Installationsmethode temporär sehr viel Platz.



Anmerkung

Das Band muss sich vor dem Neustart mit der Startdiskette im Laufwerk befinden. Ansonsten wird das Band während der Geräteerkennung vielleicht nicht erkannt.

2.13.6. Eine Netzwerkinstallation vorbereiten

Sie können drei Verbindungsarten für eine Netzwerkinstallation benutzen: Eine Ethernet-Verbindung, eine serielle Verbindung (PPP), oder eine parallele Verbindung (PLIP, Laplink-Kabel).

Die schnellste Netzwerkinstallation ist natürlich mit einer Netzwerkkarte möglich. FreeBSD unterstützt die meisten der üblichen Netzwerkkarten. Eine Liste der unterstützten Netzwerkkarten ist in den Hardware-Notes jedes Releases enthalten. Wenn Sie eine unterstützte PCMCIA-Netzwerkkarte benutzen, stellen Sie sicher, dass die Karte eingesteckt ist, *bevor* der Laptop eingeschaltet wird. Leider unterstützt FreeBSD das Einstecken von PCMCIA-Karten während der Installation noch nicht.

Für eine Netzwerkinstallation müssen Sie Ihre IP-Adresse, die Netzwerkmaske und den Namen Ihres Rechners kennen. Wenn Sie über eine PPP-Verbindung installieren und keine feste IP-Adresse besitzen, braucht Sie der vorgehende Satz nicht zu beunruhigen. Sie können eine IP-Adresse dynamisch von Ihrem ISP beziehen. Fragen Sie Ihren Systemadministrator nach den richtigen Netzwerkeinstellungen. Wenn Sie andere Rechner über Namen anstatt über IP-Adressen erreichen wollen, brauchen Sie zudem einen Nameserver und möglicherweise die Adresse eines Gateways (mit PPP ist das die Adresse des ISPs), über den Sie den Nameserver erreichen. Wenn Sie von einem FTP-Server über einen HTTP-Proxy installieren wollen, benötigen Sie außerdem noch die Adresse des Proxy-Servers. Wenn Sie nicht alle oder zumindest die meisten der benötigten Daten kennen, sollten Sie wirklich *vor* der Installation mit Ihrem Systemadministrator oder ISP reden!

Wenn Sie ein Modem benutzen, ist PPP ziemlich sicher die einzige Wahl. Stellen Sie sicher, dass Sie die Daten Ihres Service Providers bereitliegen haben, da Sie während der Installation die Daten früh benötigen.

Wenn Sie PAP oder CHAP benutzen, um sich mit Ihrem ISP zu verbinden (wenn Sie unter Windows® kein Skript benötigen, um die Verbindung herzustellen), brauchen Sie an der ppp-Eingabeaufforderung nur das Kommando `dia1` abzusetzen. Ansonsten müssen Sie sich mit Modem-spezifischen AT-Kommandos bei Ihrem ISP einwählen (PPP stellt nur einen einfachen Terminal-Emulator zur Verfügung). Weiteres über PPP erfahren Sie im Abschnitt [User-PPP](#) des Handbuchs und im [PPP-Abschnitt](#) der FAQ. Bei Problemen können Sie mit dem Kommando `set log local` Meldungen auf den Bildschirm umleiten.

Wenn eine feste Verbindung zu einer anderen FreeBSD-Maschine besteht, sollten Sie ein paralleles Laplink-Kabel in Betracht ziehen. Über eine parallele Verbindung sind höhere Geschwindigkeiten als über eine serielle Verbindung (typischerweise bis zu 50 kByte/s) möglich. Daher ist die Installation über eine parallele Verbindung schneller als eine Installation über eine serielle Verbindung.

2.13.6.1. Eine NFS-Installation vorbereiten

Eine NFS-Installation ist unkompliziert. Kopieren Sie einfach die Distributionen auf einen NFS-Server und wählen Sie NFS als Installationsmedium aus.

Wenn der NFS-Server nur Verbindungen über privilegierte Ports (Ports kleiner 1024) annimmt, setzen Sie vor der Installation die Option `NFS Secure` im Menü `Options`.

Wenn Sie eine schlechte Netzwerkkarte besitzen, die sehr langsam ist, wählen Sie die Option `NFS Slow`.

Damit die NFS-Installation funktioniert, muss der NFS-Server auch Unterverzeichnisse von exportierten Verzeichnissen zum Einhängen freigeben. Wenn beispielsweise die Distribution von FreeBSD 10.3 unter `ziggy:/usr/archi-`

ve/stuff/FreeBSD liegt, muss der Rechner ziggy erlauben, das Verzeichnis /usr/archive/stuff/FreeBSD einzuhängen. Es reicht nicht, dass ziggy erlaubt das Verzeichnis /usr oder /usr/archive/stuff einzuhängen.

Unter FreeBSD werden diese Freigaben in der Datei /etc/exports mit der Option -alldirs eingestellt. Die nötigen Einstellungen können auf einem anderen NFS-Server unterschiedlich sein. Wenn Sie vom NFS-Server die Fehlermeldung permission denied erhalten, dann haben Sie wahrscheinlich die Freigaben nicht richtig konfiguriert.

Kapitel 3. FreeBSD 9.X (und neuer) installieren

Restructured, reorganized, and parts rewritten by Jim Mock.
Updated for bsdinstall by Gavin Atkinson und Warren Block.
Erweitert um root-on-ZFS von Allan Jude.
Übersetzt von Benedict Reuschling.

3.1. Übersicht

Beginnend mit FreeBSD 9.0-RELEASE enthält FreeBSD ein text-basiertes, einfach zu verwendendes Installationsprogramm namens bsdinstall. Dieses Kapitel beschreibt die Installation von FreeBSD mit Hilfe von bsdinstall. Der Einsatz von sysinstall, das Installationsprogramm von FreeBSD-nbsp;8.x, wird in [Kapitel 2, FreeBSD 8.X \(und älter\) installieren](#) behandelt.

Die Installationsanweisungen in diesem Kapitel gelten für die i386™- und AMD64-Architekturen. Gegebenenfalls werden spezifische Anweisungen für andere Plattformen erwähnt. Möglicherweise gibt es auch geringfügige Unterschiede zwischen dem Installationsprogramm und dem, was hier gezeigt wird. Sie sollten dieses Kapitel daher als eine Art Wegweiser und nicht als exakte Anleitung betrachten.



Anmerkung

Benutzer, die es vorziehen, FreeBSD mit einem graphischen Installationsprogramm zu installieren, sind vielleicht an pc-sysinstall, dem Installationsprogramm des PC-BSD Projekts interessiert. Dieses Installationsprogramm kann benutzt werden, um einen graphischen Desktop (PC-BSD) oder eine Kommandozeilen-Version von FreeBSD zu installieren. Weitere Details finden Sie im PC-BSD Handbuch (<http://wiki.pcbsd.org/index.php/Colophon>).

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie wissen:

- welche Mindestanforderungen an die Hardware gestellt werden und welche Architekturen FreeBSD unterstützt.
- wie man FreeBSD Installationsmedien erstellt.
- wie man bsdinstall startet.
- welche Fragen bsdinstall stellt, was sie bedeuten und wie man diese beantwortet.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Die Liste von unterstützter Hardware lesen, die mit der zu installierenden Version von FreeBSD ausgeliefert wird, um sicherzustellen, dass die Hardware auch unterstützt wird.

3.2. Minimale Hardwareanforderungen

Die Hardwareanforderungen zur Installation von FreeBSD variieren mit der Version von FreeBSD und der Hardwarearchitektur. Hardwarearchitekturen und von FreeBSD unterstützte Geräte werden in den Hardware Notes aufgelistet. Normalerweise heißt diese Datei `HARDWARE.TXT` und befindet sich im Wurzelverzeichnis des Installationsmediums. Kopien dieser Hardwareliste finden Sie in den Release Information der FreeBSD Webseite (<http://www.FreeBSD.org/releases/index.html>).

Für die Installation von FreeBSD sind mindestens 64 MB RAM und 1.5 GB freier Festplattenspeicher erforderlich. Das ist jedoch eine minimale Installation, die kaum freien Speicherplatz bietet. Die Anforderungen an den Arbeitsspeicher hängen stark vom Einsatzzweck ab. Während spezialisierte FreeBSD-Systeme mit weniger als 128 MB RAM auskommen, sollten Desktop-Systeme mindestens 4 GB RAM haben.

Die Anforderungen an den Prozessor für jede Architektur lassen sich wie folgt zusammenfassen:

amd64

Dies ist die häufigste Art von Prozessor für Desktop- und Laptop-Computern. Andere Anbieter nennen diese Architektur auch x86-64.

Es gibt zwei primäre Anbieter von amd64-Prozessoren: Intel® (produziert Intel64-Prozessoren) und AMD (produziert AMD64).

Beispiele für amd64-kompatible Prozessoren umfassen: AMD Athlon™64, AMD Opteron™, multi-core Intel® Xeon™ und Intel® Core™ 2 sowie neuere Prozessoren.

i386

Die 32-Bit x86-Architektur.

Fast alle i386-kompatiblen Prozessoren mit einer Floating-Point-Einheit werden unterstützt. Alle Intel®-Prozessoren 486 oder neuer werden unterstützt.

FreeBSD nutzt die *Physical Address Extensions* (PAE), falls die CPU diese Funktion unterstützt. Wenn PAE im Kernel aktiviert ist, wird Speicher über 4 GB vom Kernel erkannt und kann von System verwendet werden. Diese Funktion bringt auch Einschränkungen für die Gerätetreiber und anderen Komponenten von FreeBSD. Einzelheiten finden Sie in [pae\(4\)](#).

ia64

Die derzeit unterstützten Prozessoren sind Itanium® und Itanium® 2. Zu den unterstützten Chipsätzen zählen HP zx1, Intel® 460GX und Intel® E8870. Sowohl Einprozessorsysteme (UP) als auch Mehrprozessorsysteme (SMP) werden unterstützt.

pc98

Die NEC PC-9801/9821-Serie mit fast allen i386-kompatiblen Prozessoren, einschließlich 80486, Pentium®, Pentium® Pro und Pentium® II werden unterstützt. Alle i386-kompatiblen Prozessoren von AMD, Cyrix, IBM und IDT werden ebenfalls unterstützt. Ebenso die EPSON PC-386/486/586-Serie, welche mit der NEC-Serie PC-9801 kompatibel ist. NEC FC-9801/9821 und die NEC SV-98-Serie sollte ebenfalls unterstützt werden.

Der hochauflösende Modus wird nicht unterstützt. NEC PC-98XA/XL/RL/XL^2 und die NEC PC-H98-Serie werden nur im normalen (PC-9801 kompatibel) Modus unterstützt. Die SMP bezogenen Funktionen von FreeBSD werden nicht unterstützt. Auch der *New Extend Standard Architecture* (NESA) Bus, verwendet in den Serien PC-H98, SV-H98 und FC-H98, wird nicht unterstützt.

powerpc

Alle New World ROM Apple® Mac®-Systeme mit integriertem USB werden unterstützt. SMP wird auf Maschinen mit mehreren CPUs unterstützt.

Ein 32-Bit Kernel kann jedoch nur die ersten 2 GB RAM verwenden.

sparc64

Systeme, die von FreeBSD/sparc64 unterstützt werden, sind auf der FreeBSD/sparc64-Projektseite aufgelistet (<http://www.FreeBSD.org/platforms/sparc.html>).

SMP wird auf allen Systemen mit mehr als einem Prozessor unterstützt. Eine dedizierte Platte wird benötigt, da es nicht möglich ist, eine Platte mit einem anderen Betriebssystem zur gleichen Zeit zu teilen.

3.3. Vor der Installation

3.3.1. Sichern Sie wichtige Daten

Sichern Sie alle wichtigen Daten auf dem Zielcomputer, auf dem FreeBSD installiert werden soll. überprüfen Sie diese Sicherungen, bevor Sie fortfahren. Die FreeBSD Installation wird Sie vor Änderungen an den Platten danach fragen, jedoch kann dies nicht mehr rückgängig gemacht werden, sobald der Prozess gestartet wurde.

3.3.2. Den Installationsort von FreeBSD festlegen

Falls FreeBSD das einzige installierte Betriebssystem sein wird und die gesamte Platte dazu verwenden kann, kann der Rest dieses Abschnitts übersprungen werden. Sollten Sie allerdings die Platte mit anderen Betriebssystemen teilen, ist ein Verständnis des Plattenlayouts hilfreich für die Installation.

3.3.2.1. Festplattenlayout für FreeBSD/i386 und FreeBSD/amd64

Festplatten können in mehrere verschiedene Bereiche aufgeteilt werden. Diese Bereiche werden *Partitionen* genannt.

Es gibt zwei Arten, eine Festplatte in mehrere Partitionen einzuteilen. Traditionell enthält ein *Master Boot Record* (MBR) eine Partitionstabelle, welche bis zu vier *primäre Partitionen* aufnehmen kann. Aus historischen Gründen werden diese primären Partitionen in FreeBSD *slices* genannt. Eine Begrenzung von nur vier Partitionen ist für große Platten sehr beschränkt, so dass eine dieser primären Partitionen als *erweiterte Partition* eingesetzt wird. Mehrere *logische Partitionen* können dann innerhalb der erweiterten Partition angelegt werden. Dies mag etwas unhandlich erscheinen und das ist auch der Fall.

Die *GUID-Partitionstabelle* (GPT) ist eine neuere und einfachere Methode zur Partition einer Festplatte. GPT ist weit-aus flexibler als die traditionelle MBR-Partitionstabelle. Geläufige GPT-Implementierungen erlauben bis zu 128 Partitionen pro Platte, was die Notwendigkeit von umständlichen Behelfen wie logische Partitionen eliminiert.



Warnung

Manche älteren Betriebssysteme wie Windows® XP sind mit dem GPT-Partitionsschema nicht kompatibel. Wenn sich FreeBSD die Platte mit einem solchen Betriebssystem teilen soll, werden MBR Partitionen benötigt.

FreeBSDs Standard-Bootloader benötigt entweder eine primäre oder eine GPT-Partition. Lesen Sie dazu [Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang](#) für weitere Informationen zum FreeBSD Bootvorgang. Wenn alle der primären oder GPT-Partitionen bereits in Verwendung sind, muss eine davon für FreeBSD zur Verfügung gestellt werden.

Eine Minimalinstallation von FreeBSD braucht ungefähr 1 GB Plattenplatz. Dies ist jedoch eine *sehr* minimale Installation, die fast gar keinen freien Speicherplatz übrig lässt. Eine etwas realistischere Minimalangabe sind 3 GB ohne eine graphische Umgebung und 5 GB oder mehr, falls eine graphische Benutzeroberfläche verwendet werden soll. Anwendungen von Drittanbietern benötigt sogar noch mehr Platz.

Eine Vielzahl freier und kommerzieller Werkzeuge zur Veränderung der Partitionsgrößen finden Sie unter http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_disk_partitioning_software. GParted Live (<http://gparted.sourceforge.net/livecd.php>) ist eine freie Live-CD, die den GParted-Partitionseditor enthält. GParted ist auch in einer Vielzahl von anderen Linux Live-CD Distributionen enthalten.



Warnung

Anwendungen zur Festplattenpartition kann Daten zerstören. Erstellen Sie eine Vollsicherung und überprüfen Sie deren Integrität bevor Sie die Partitionen auf der Platte verändern.

Die Veränderung der Grösse von Microsoft® Vista-Partitionen kann schwierig sein. Eine Vista Installations-CD kann hilfreich sein, wenn eine solche Aktion versucht wird.

Beispiel 3.1. Eine existierende Partition verändern

Ein Windows®-Computer besitzt eine einzelne 40 GB Platte, die in zwei 20 GB Partitionen aufgeteilt wurde. Windows® nennt diese C: und D:. Die C: Partition enthält 10 GB und die D: Partition 5 GB an Daten.

Durch kopieren der Daten von D: nach C: macht die zweite Partition frei, so dass FreeBSD sie benutzen kann.

Beispiel 3.2. Verkleinern einer bestehenden Partition

Ein Windows®-Computer besitzt eine einzelne 40 GB Platte und eine grosse Partition, welche die gesamte Platte einnimmt. Windows® zeigt diese 40 GB Partition als einzelne C: Partition. 15 GB Plattenplatz wird verwendet. Das Ziel ist, für Windows® eine 20 GB Partition einzurichten und eine weitere 20 GB Partition für FreeBSD bereitzustellen.

Es gibt zwei Wege, dieses Ziel zu erreichen:

1. Sichern Sie alle Windows®-Daten. Installieren Sie dann Windows® neu, indem Sie eine 20 GB Partition während der Installation anlegen.
2. Verwenden Sie ein Werkzeug zur Veränderung einer Partition wie GParted, um die Windows®-Partition zu verkleinern und eine neue Partition im freigewordenen Plattenplatz für FreeBSD anzulegen.

Festplattenpartitionen, die unterschiedliche Betriebssysteme enthalten, ermöglichen es, jeweils eines dieser Systeme zu verwenden. Eine andere Methode, die es erlaubt, mehrere Betriebssysteme gleichzeitig einzusetzen, wird im [Kapitel 22, Virtualisierung](#) behandelt.

3.3.3. Netzwerkparameter ermitteln

Manche FreeBSD Installationsarten benötigen eine Netzwerkverbindung, um Dateien herunter zu laden. Um zu einem Ethernet-Netzwerk (bzw. Kabel oder DSL-Modem mit einem Ethernet-Anschluss) eine Verbindung herzustellen, wird das Installationsprogramm bestimmte Information zum Netzwerk abfragen.

DHCP wird allgemein verwendet, um automatisch Netzwerkeinstellungen vorzunehmen. Falls DHCP nicht verfügbar ist, müssen diese Netzwerkeinstellungen vom lokalen Netzwerkadministrator oder Provider erfragt werden:

1. IP-Adresse
2. Subnetz-Maske

3. Default-Router IP-Adresse
4. Domänenname des lokalen Netzwerks
5. DNS-Server IP-Adresse(n)

3.3.4. Lesen Sie die FreeBSD-Errata

Obwohl das FreeBSD Projekt sich bemüht, jede veröffentlichte Version von FreeBSD so stabil wie möglich zu machen, können sich doch gelegentlich Fehler in den Veröffentlichungsprozess einschleichen. In sehr seltenen Fällen betreffen diese Fehler den Installationsvorgang. Wenn diese Probleme entdeckt und behoben sind, werden dazu Hinweise in der FreeBSD Errata (<http://www.freebsd.org/releases/10.3R/errata.html> auf der FreeBSD Webseite veröffentlicht. Prüfen Sie die Errata vor der Installation, um sicherzustellen, dass es keine Probleme gibt, welche die Installation betreffen.

Informationen und Errata für all diese Veröffentlichungen finden Sie unter den Release Informationen auf der FreeBSD Webseite (<http://www.freebsd.org/releases/index.html>).

3.3.5. Die Installationsmedien beschaffen

Eine FreeBSD-Installation wird durch das starten des Computers mit einer eingelegten FreeBSD-Installations-CD/DVD oder eines USB-Sticks begonnen. Das Installationsprogramm ist kein Programm das aus einem anderen Betriebssystem heraus gestartet werden kann.

Zusätzlich zum Standardinstallationsmedium, welches Kopien von allen FreeBSD-Installationsdateien enthält, gibt es auch eine *bootonly*-Variante. Ein solches Installationsmedium besitzt keine Kopien der Installationsdateien, jedoch kann es diese während der Installation aus dem Netzwerk nachladen. Die bootonly Installations-CD ist dadurch viel kleiner und reduziert die benötigte Bandbreite während der Installation durch herunterladen der allernötigsten Dateien.

Kopien der FreeBSD-Installationsmedien sind unter www.freebsd.org/where.html#download verfügbar. Laden Sie auch CHECKSUM.SHA256 aus dem gleichen Verzeichnis herunter, um die Integrität der Installationsmedien anhand einer Prüfsumme zu berechnen. FreeBSD bietet hierfür [sha256\(1\)](#) an, andere Betriebssysteme haben ähnliche Programme. Vergleichen Sie die Prüfsumme mit der in CHECKSUM.SHA256. Wenn die beiden Prüfsummen nicht übereinstimmen, ist die Datei beschädigt und sollte erneut heruntergeladen werden.



Tipp

Falls Sie bereits eine Kopie von FreeBSD auf CD, DVD oder USB-Stick besitzen, kann dieser Abschnitt übersprungen werden.

CD und DVD-Images von FreeBSD sind startfähige ISO-Dateien. Nur eine CD oder DVD wird für eine Installation benötigt. Brennen Sie ein ISO-Image auf eine startfähige CD oder DVD mit Hilfe eines CD-Brennprogramms, das für das aktuelle Betriebssystem zur Verfügung steht.

Um einen startfähigen USB-Stick zu erstellen, führen Sie die folgenden Schritte durch:

1. Das Image für den USB-Stick herunterladen

Das Image für FreeBSD 9.0-RELEASE und höhere Versionen kann aus dem ISO-IMAGES/-Verzeichnis unter <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/arch/arch/ISO-IMAGES/version/FreeBSD-version-RELEASE-arch-memstick.img> bezogen werden. Ersetzen Sie jeweils *arch* und *version* mit der Architektur und der Versionsnummer, die installiert werden soll. Beispielsweise sind die USB-Stick Images für FreeBSD/i386 9.0-RELEASE verfügbar unter <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/i386/i386/ISO-IMAGES/9.0/FreeBSD-9.0-RELEASE-i386-memstick.img>.



Tipp

Für FreeBSD 8.X und frühere Versionen wird ein anderer Pfad verwendet. Details für das Herunterladen und Installieren von FreeBSD 8.X und frühere werden im [Kapitel 2, FreeBSD 8.X \(und älter\) installieren](#) behandelt.

Das USB-Stick Image hat die Endung `.img`. Das Verzeichnis `ISO-IMAGES/` enthält eine Vielzahl von verschiedenen Installations-Images und die jeweils benötigte Version von FreeBSD, sowie in manchen Fällen die Zielhardware.



Wichtig

Bevor Sie fortfahren, *machen Sie Sicherungskopien* der Daten auf dem USB-Stick, da die folgende Prozedur alle Daten *löscht*.

2. Das Image auf den USB-Stick schreiben

Prozedur 3.1. Den USB-Stick unter FreeBSD vorbereiten



Warnung

Das Beispiel unten verwendet `/dev/da0` als das Zielgerät, auf welches das Image geschrieben werden soll. Seien Sie vorsichtig, dass das richtige Gerät als Ausgabe benutzt wird, da das Kommando alle vorhandenen Daten zerstört.

- Das Image mit `dd(1)` schreiben

Die `.img`-Datei ist *keine* gewöhnliche Datei. Es ist ein *Image* des kompletten späteren Inhalts des USB-Sticks. Es kann *nicht* wie eine gewöhnliche Datei kopiert werden, sondern muss direkt auf das Zielgerät mit `dd(1)` geschrieben werden:

```
# dd if=FreeBSD-9.0-RELEASE-i386-memstick.img of=/dev/da0 bs=64k
```

Prozedur 3.2. Das Image unter Windows® schreiben



Warnung

Versichern Sie sich, dass Sie den korrekten Laufwerksbuchstaben als Ausgabe angeben, da die bestehenden Daten überschrieben und zerstört werden.

1. Image Writer für Windows® herunterladen

Image Writer für Windows® ist eine frei verfügbare Anwendung, welche eine Imagedatei korrekt auf einen USB-Stick schreiben kann. Laden Sie diese von <https://launchpad.net/win32-image-writer/> herunter und entpacken Sie sie in einen Ordner.

2. Das Image mit Image Writer auf den USB-Stick schreiben

Klicken Sie doppelt auf das Win32DiskImager-Icon, um das Programm zu starten. Prüfen Sie dabei, dass der Laufwerksbuchstabe unter **Device** dem Gerät entspricht, in dem sich der USB-Stick befindet. Klicken Sie auf das Ordnersymbol und wählen Sie das Image aus, welches auf den USB-Stick geschrieben werden soll. Um den Image-Dateinamen zu akzeptieren, klicken Sie auf **[Save]**. Überprüfen Sie erneut, ob alles stimmt und dass keine Ordner auf dem USB-Stick in anderen Fenstern geöffnet sind. Sobald alles bereit ist, klicken Sie auf **[Write]**, um die Imagedatei auf den USB-Stick zu schreiben.



Anmerkung

Die Installation von Disketten wird nicht mehr unterstützt.

Sie sind jetzt dazu bereit, mit der Installation von FreeBSD zu beginnen.

3.4. Die Installation starten



Wichtig

Es werden bei Installation so lange keine Änderungen an den Festplatten durchgeführt, bis die folgende Meldung erscheint:

```
Your changes will now be written to disk.  If you
have chosen to overwrite existing data, it will
be PERMANENTLY ERASED. Are you sure you want to
commit your changes?
```

Die Installation kann vor dieser Warnung zu jeder Zeit abgebrochen werden. Falls Zweifel bestehen, dass etwas falsch konfiguriert wurde, schalten Sie einfach den Computer vor diesem Punkt aus und es werden keine Änderungen an der Festplatte vorgenommen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie das System vom Installationsmedium, das nach den Anweisungen in [Abschnitt 3.3.5, „Die Installationsmedien beschaffen“](#) erstellt wurde, gebootet wird. Wenn Sie einen bootfähigen USB-Stick einsetzen, verbinden Sie diesen mit dem System, bevor Sie den Computer einschalten. Falls die Installation von einer CD startet, müssen Sie den Computer einschalten und die CD so bald wie möglich einlegen. Wie das System konfiguriert werden muss, um von dem verwendeten Installationsmedium zu booten, hängt von der Architektur ab.

3.4.1. Systemstart von i386™ und amd64

Diese Architekturen beinhalten ein BIOS-Menü zur Auswahl des Boot-Gerätes. Abhängig von dem verwendeten Installationsmedium können Sie CD/DVD oder USB als erstes Boot-Gerät auswählen. Die meisten Systeme erlauben es auch, das Boot-Gerät während des Startvorgangs zu wählen, typischerweise durch drücken von F10, F11, F12 oder Esc.

Falls der Computer wie normal startet und das bestehende Betriebssystem lädt, befolgen Sie einen der hier aufgeführten Schritte:

1. Das Installationsmedium wurde während des Startvorgangs nicht früh genug eingelegt. Lassen Sie das Medium eingelegt und versuchen Sie, den Rechner neu zu starten.

- Die Änderungen am BIOS waren nicht richtig oder wurden nicht gespeichert. Überprüfen Sie, dass das richtige Boot-Gerät als erstes Boot-Gerät ausgewählt ist.
- Das verwendete System ist zu alt und unterstützt das starten vom gewählten Medium nicht. In diesem Fall kann der Plop Boot Manager (<http://www.plop.at/en/bootmanager.html>) verwendet werden, um ältere Computer von CD oder USB-Medien zu starten.

3.4.2. Systemstart beim PowerPC®

Auf den meisten Maschinen können Sie C auf der Tastatur gedrückt halten, um von der CD zu starten. Andernfalls, halten Sie Command+Option+O+F, oder Windows+Alt+O+F auf nicht-Apple® Tastaturen gedrückt. Geben Sie an der 0 >-Eingabeaufforderung folgendes ein:

```
boot cd:,\ppc\loader cd:0
```

3.4.3. Systemstart für SPARC64®

Die meisten SPARC64®-Systeme sind so eingerichtet, dass diese automatisch von der Festplatte starten. Um FreeBSD von CD zu installieren ist es nötig, in die PROM einzubrechen.

Um dies zu tun, starten Sie das System neu und warten Sie bis die Startmeldungen erscheinen. Abhängig vom Modell sollte dies in etwa folgendermaßen aussehen:

```
Sun Blade 100 (UltraSPARC-IIe), Keyboard Present
Copyright 1998-2001 Sun Microsystems, Inc. All rights reserved.
OpenBoot 4.2, 128 MB memory installed, Serial #51090132.
Ethernet address 0:3:ba:b:92:d4, Host ID: 830b92d4.
```

Falls das System jetzt damit fortfährt von Platte zu starten, müssen Sie L1+A oder Stop+A auf der Tastatur eingeben oder ein BREAK über die serielle Konsole senden. Wenn Sie tip oder cu bentutzen, können Sie mit ~# einen BREAK erzeugen. Der Prompt von PROM zeigt dann ok an, wenn es sich um ein System mit einer CPU handelt, beziehungsweise ok {0} auf SMP-Systemen, wobei die Nummer die Anzahl der aktiven CPUs anzeigt.

Legen Sie nun die CD in das Laufwerk und geben Sie boot cdrom am PROM-Prompt ein.

3.4.4. FreeBSD Bootmenü

Wenn das System vom Installationsmedium gestartet wird, erscheint folgendes Menü auf dem Bildschirm:

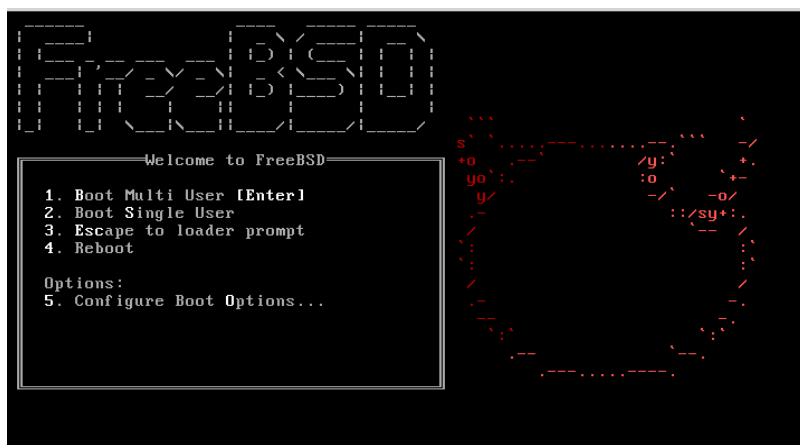


Abbildung 3.1. FreeBSD Boot Loader Menu

In der Voreinstellung wird das Menü zehn Sekunden auf Benutzereingaben warten, bevor das Installationsprogramm gestartet wird. Drücken Sie die Leertaste, um den Timer anzuhalten.

Die letzten hundert Zeilen, die am Bildschirm angezeigt wurden, sind gespeichert worden und können erneut abgerufen werden.

Um diesen Puffer anzusehen, drücken Sie Scroll Lock. Das bewirkt, dass Sie die Bildschirmanzeige hoch und runter bewegen (scrollen) können. Benutzen Sie die Pfeiltasten oder PageUp und PageDown, um die Meldungen zu sehen. Drücken Sie Scroll Lock erneut, um das scrollen zu stoppen.

Tun Sie dies jetzt, um den Text, der aus den Bildschirm gelaufen ist, als der Kernel die Geräteerkennung durchgeführt hat, erneut zu prüfen. Sie werden einen Text ähnlich zu [Abbildung 3.2, „Typical Device Probe Results“](#) sehen, obwohl sich der genaue Text, abhängig von den Geräten im Computer, unterscheiden wird.

```

Copyright (c) 1992-2011 The FreeBSD Project.
Copyright (c) 1979, 1980, 1983, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994
    The Regents of the University of California. All rights reserved.
FreeBSD is a registered trademark of The FreeBSD Foundation.
FreeBSD 9.0-RELEASE #0 r225473M: Sun Sep 11 16:07:30 BST 2011
root@psi:/usr/obj/usr/src/sys/GENERIC amd64
CPU: Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU     T9400   @ 2.53GHz (2527.05-MHz K8-class CPU)
    Origin = "GenuineIntel"  Id = 0x10676  Family = 6  Model = 17  Stepping = 6
    Features=0xbfebfbff<FPU,VME,DE,PSE,TSC,MSR,PAE,MCE,CX8,APIC,SEP,MTRR,PGE,MCA,CMOV,PAT,PSE36,CLFLUSH,DTS,ACPI
    Features2=0x8e3fd<SSE3,DTES64,MON,DS_CPL,VMX,SMX,EST,TM2,SSSE3,CX16,xTPR,PDCM,SSE4.1>
    AMD Features=0x20100800<SYSCALL,NX,LM>
    AMD Features2=0x1<LAHF>
    TSC: P-state invariant, performance statistics
real memory = 3221225472 (3072 MB)
avail memory = 2926649344 (2791 MB)
Event timer "LAPIC" quality 400
ACPI APIC Table: <TOSHIB A0064  >
FreeBSD/SMP: Multiprocessor System Detected: 2 CPUs
FreeBSD/SMP: 1 package(s) x 2 core(s)
  cpu0 (BSP): APIC ID: 0
  cpu1 (AP): APIC ID: 1
ioapic0: Changing APIC ID to 1
ioapic0 <Version 2.0> irqs 0-23 on motherboard
kbd1 at kbdmux0
acpi0: <TOSHIB A0064> on motherboard
acpi0: Power Button (fixed)
acpi0: reservation of 0, a0000 (3) failed
acpi0: reservation of 100000, b6690000 (3) failed
Timecounter "ACPI-safe" frequency 3579545 Hz quality 850
acpi_timer0: <24-bit timer at 3.579545MHz> port 0xd808-0xd80b on acpi0
cpu0: <ACPI CPU> on acpi0
ACPI Warning: Incorrect checksum in table [ASF!] - 0xFE, should be 0x9A (20110527/
tbutils-282)
cpu1: <ACPI CPU> on acpi0
pcib0: <ACPI Host-PCI bridge> port 0xcf8-0xcff on acpi0
pci0: <ACPI PCI bus> on pcib0
vgapci0: <VGA-compatible display> port 0xcff8-0xcfff mem 0
0xff400000-0xff7fffff,0xe0000000-0xffffffff irq 16 at device 2.0 on pci0
agp0: <Intel GM45 SVGA controller> on vgapci0
agp0: aperture size is 256M, detected 131068k stolen memory
vgapci1: <VGA-compatible display> mem 0xffc00000-0xffcfffff at device 2.1 on pci0
pci0: <simple comms> at device 3.0 (no driver attached)
em0: <Intel(R) PRO/1000 Network Connection 7.2.3> port 0xcf80-0xcf9f mem 0
0xff9c0000-0xff9dffff,0xff9fe000-0xff9fefff irq 20 at device 25.0 on pci0
em0: Using an MSI interrupt
em0: Ethernet address: 00:1c:7e:6a:ca:b0
uhci0: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> port 0xcf60-0xcf7f irq 16 at device 26.0 on 0
pci0
usb0: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> on uhci0
uhci1: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> port 0xcf40-0xcf5f irq 21 at device 26.1 on 0
pci0
usb1: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> on uhci1
uhci2: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> port 0xcf20-0xcf3f irq 19 at device 26.2 on 0
pci0
usb2: <Intel 82801I (ICH9) USB controller> on uhci2
ehci0: <Intel 82801I (ICH9) USB 2.0 controller> mem 0xff9ff800-0xff9ffbff irq 19 at 0
device 26.7 on pci0
usb3: EHCI version 1.0
usb3: <Intel 82801I (ICH9) USB 2.0 controller> on ehci0
hdac0: <Intel 82801I High Definition Audio Controller> mem 0xff9f8000-0xff9fbfff irq 22 0
at device 27.0 on pci0
pcib1: <ACPI PCI-PCI bridge> irq 17 at device 28.0 on pci0
pci1: <ACPI PCI bus> on pcib1
iwn0: <Intel(R) WiFi Link 5100> mem 0xff8fe000-0xff8fffff irq 16 at device 0.0 on pci1
pcib2: <ACPI PCI-PCI bridge> irq 16 at device 28.1 on pci0
pcib3: <ACPI PCI-PCI bridge> irq 18 at device 28.2 on pci0
pcib4: <ACPI PCI-PCI bridge> at device 30.0 on pci0
pci5: <ACPI PCI bus> on pcib4
cbb0: <RF5C476 PCI-CardBus Bridge> at device 11.0 on pci5
cardbus0: <CardBus bus> on cbb0
pccard0: <16-bit PCCard bus> on cbb0
isab0: <PCI-ISA bridge> at device 31.0 on pci0

```


Prüfen Sie die Ergebnisse der Geräteerkennung genau, um sicher zu stellen, dass FreeBSD alle Geräte gefunden hat. Falls ein Gerät nicht gefunden wurde, wird es auch nicht aufgelistet. [Abschnitt 9.2, „Wieso einen eigenen Kernel bauen?“](#) erklärt, wie Sie Unterstützung für Geräte, die nicht im GENERIC -Kernel vorhanden sind, hinzuzufügen.

Nach der Geräteerkennungsprozedur, werden Sie das Menü aus [Abbildung 3.3, „Auswahl der Verwendung des Installationsmediums“](#) sehen. Das Installationsmedium kann auf drei Arten verwendet werden: um FreeBSD zu installieren, als Live-CD wie in [Abschnitt 3.11, „Verwendung der Live-CD“](#) beschrieben, oder um eine FreeBSD-Shell zu öffnen. Benutzen Sie die Pfeiltasten, um eine Option auszuwählen und drücken Sie Enter zum bestätigen.



Abbildung 3.3. Auswahl der Verwendung des Installationsmediums

Wählen Sie hier `[Install]`, gelangen Sie in das Installationsprogramm.

3.5. Verwendung von bsdinstall

Dieser Abschnitt zeigt die Reihenfolge der Menüs von bsdinstall sowie die Informationen, die während der Installation abgefragt werden. Benutzen Sie die Pfeiltasten zur Navigation und die Leertaste, um einen Menüpunkt zu aktivieren oder zu deaktivieren. Wenn Sie fertig sind, drücken Sie Enter, um die Auswahl zu speichern und zum nächsten Bildschirm zu gelangen.

3.5.1. Die Tastaturbelegung auswählen

Abhängig davon, welche Systemkonsole verwendet wird, zeigt bsdinstall am Anfang das Menü aus [Abbildung 3.4, „Tastaturbelegung festlegen“](#).

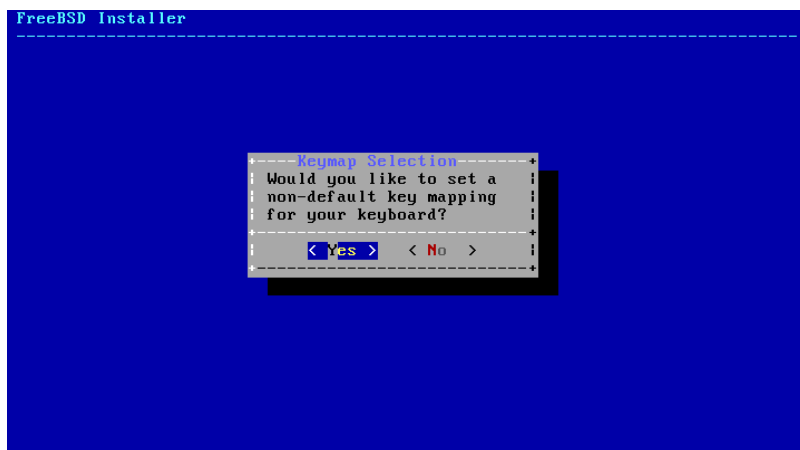


Abbildung 3.4. Tastaturbelegung festlegen

Um die Tastaturbelegung zu konfigurieren, wählen Sie **[YES]** gefolgt von Enter. Dadurch wird das Menü aus [Abbildung 3.5](#), „Tastaturauswahlbildschirm“ angezeigt. Wenn Sie stattdessen die Standardtastaturbelegung verwenden möchten, wählen Sie **[NO]** gefolgt von Enter, um dieses Menü zu überspringen.

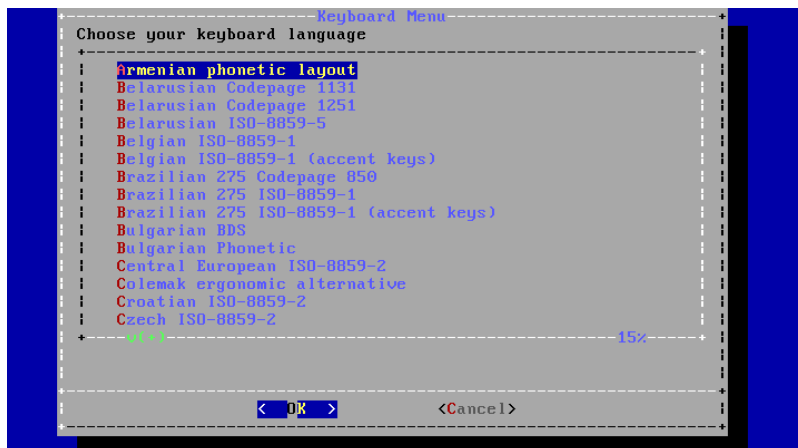


Abbildung 3.5. Tastaturauswahlbildschirm

Wählen Sie die Tastenbelegung, die der am System angeschlossenen Tastatur am nächsten kommt, indem Sie die Pfeiltasten Hoch/Runter verwenden und anschließend Enter drücken.



Anmerkung

Durch drücken von Esc wird das Menü verlassen und die Standardbelegung eingestellt. United States of America ISO-8859-1 ist eine sichere Option, falls Sie sich unsicher sind, welche Auswahl Sie treffen sollen.

In FreeBSD 10.0-RELEASE und neueren Versionen wurde dieses Menü erweitert. Die vollständige Auswahl der Tastaturbelegungen wird nun angezeigt und die Voreinstellung ist ausgewählt. Wird die Tastenbelegung geändert, erscheint ein Dialog, in dem der Benutzer die Einstellung testen kann, bevor die Installation fortgesetzt wird.

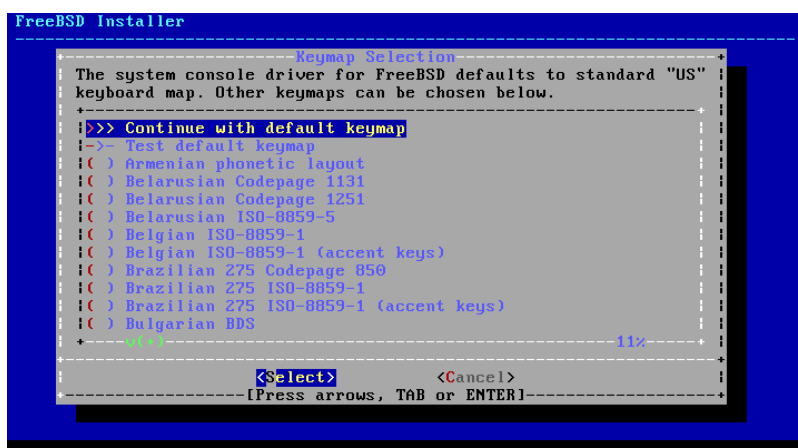


Abbildung 3.6. Erweiterte Tastaturbelegung

3.5.2. Den Rechnernamen festlegen

Das nächste bsdinstall-Menü konfiguriert den Rechnernamen, der für das neu zu installierende System verwendet werden soll.

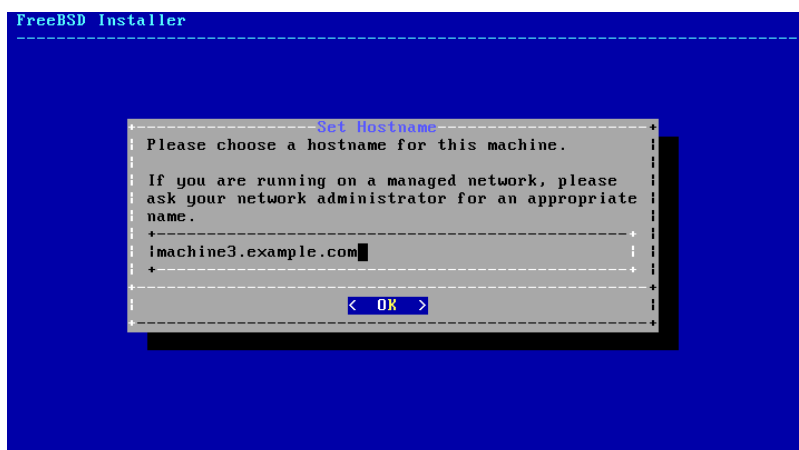


Abbildung 3.7. Festlegen des Rechnernamens

Geben Sie einen für das Netzwerk eindeutigen Rechnernamen an. Der eingegebene Rechnername sollte ein vollqualifizierter Rechnername sein, so wie z.B. machine3.example.com

3.5.3. Auswahl der zu installierenden Komponenten

Im nächsten Schritt fragt Sie bsdinstall, die optionalen Komponenten für die Installation auszuwählen.

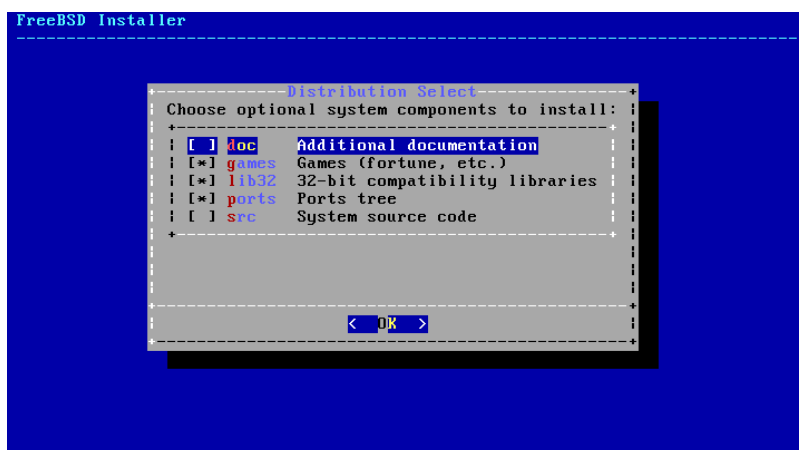


Abbildung 3.8. Komponenten für die Installation auswählen

Die Entscheidung, welche Komponenten auszuwählen sind, hängt grösstenteils davon ab, für was das System künftig eingesetzt werden soll und der zur Verfügung stehende Plattenplatz. Der FreeBSD-Kernel und die Systemprogramme (zusammengenommen auch als „Basissystem“ bezeichnet) werden immer installiert. Abhängig vom Typ der Installation, werden manche dieser Komponenten nicht erscheinen.

- doc - Zusätzliche Dokumentation, meistens eher von historischem Interesse, wird nach /usr/share/doc installiert. Dokumentation, wie Sie vom FreeBSD Dokumentationsprojekt bereitgestellt wird, kann zu einem späteren Zeitpunkt installiert werden. Anweisungen dazu finden Sie in [Abschnitt 24.4, „Aktualisieren der Dokumentationsammlung“](#).
- games - Mehrere traditionelle BSD-Spiele, darunter fortune, rot13 und andere.
- lib32 - Kompatibilitäts-Bibliotheken, um 32-bit Anwendungen auf der 64-bit Version von FreeBSD laufen zu lassen.
- ports - Die FreeBSD Ports-Sammlung.

Die Ports-Sammlung stellt eine einfache und praktische Art dar, Software zu installieren. Die Ports-Sammlung enthält nicht den nötigen Quellcode, um die Software zu erstellen. Stattdessen handelt es sich um eine Sammlung von Dateien, die heruntergeladen, erstellt und installiert werden. Die Verwendung der Ports-Sammlung ist automatisiert. [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) behandelt die Verwendung der Ports-Sammlung.



Warnung

Das Installationsprogramm prüft nicht, ob genügend Plattenplatz zur Verfügung steht. Wählen Sie diese Option nur, wenn die Festplatte über ausreichend Speicher verfügt. Die Ports-Sammlung nimmt etwa 500 MB Plattenplatz ein.

- src - Quellcode für das System.

FreeBSD wird mit allen Quellen für den Kernel und die Systemprogramme ausgeliefert. Obwohl dies für die meisten Anwendungen nicht benötigt wird, kann es doch für manche Software, die als Quellcode verbreitet wird (beispielsweise Gerätetreiber oder Kernelmodule), oder um an FreeBSD selbst mitzuentwickeln, notwendig sein.

Der komplette Quellcodebaum benötigt 1 GB Plattenplatz und um das gesamte Betriebssystem neu zu erstellen, werden zusätzliche 5 GB Platz benötigt.

3.6. Installation aus dem Netzwerk

Die *bootonly*-Installationsmedien enthält keine Kopien der Installationsdateien. Wenn eine *bootonly*-Installationsmethode verwendet wird, müssen die Dateien über eine Netzwerkverbindung übertragen werden, sobald diese benötigt werden.

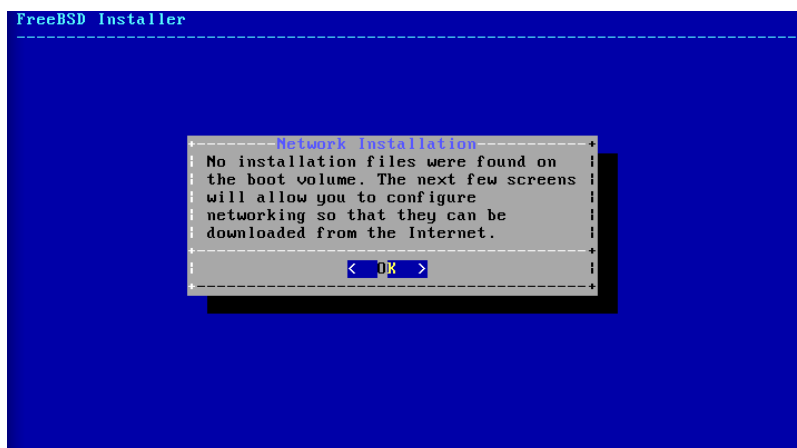


Abbildung 3.9. Installation über das Netzwerk

Nachdem die Netzwerkverbindung wie in [Abschnitt 3.9.2, „Die Netzwerkschnittstelle konfigurieren“](#) konfiguriert wurde, kann ein Spiegelserver ausgewählt werden. Spiegelserver dienen zur Zwischenspeicherung von Kopien der FreeBSD-Dateien. Wählen Sie einen Spiegelserver, welcher in der gleichen Region auf der Welt beheimatet ist, wie der Computer, auf dem FreeBSD installiert werden soll. Dateien können so viel schneller übertragen werden, wenn der Spiegelserver sich näher am Zielcomputer befindet und die Installationszeit wird somit reduziert.

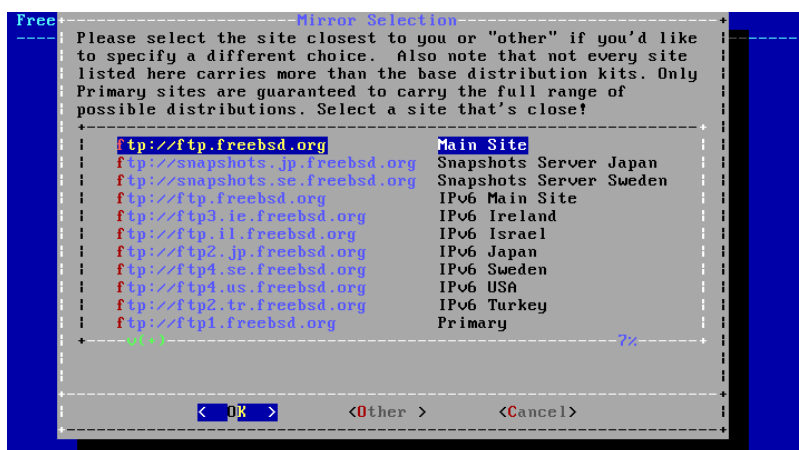


Abbildung 3.10. Einen Spiegelserver wählen

Die Installation wird auf die gleiche Weise fortfahren, als würden die Installationsdateien auf einem lokalen Medium vorliegen.

3.7. Plattenplatz bereitstellen

Es gibt vier Arten, Plattenplatz für FreeBSD zur Verfügung zu stellen. *Geführte* Partitionierung richtet Partitionen automatisch ein, während *manuelle* Partitionierung es fortgeschrittenen Anwendern erlaubt, selbstgewählte Partitionen zu erzeugen. ZFS Partitionierung, die ab FreeBSD 10 verfügbar ist, erstellt ein *root-on-ZFS* System mit Unterstützung für *Boot Environments*, welches optional verschlüsselt werden kann. Schließlich gbt es noch die Option eine Shell zu starten, in der Kommandozeilenprogramme wie [gpart\(8\)](#), [fdisk\(8\)](#) und [bsdlabel\(8\)](#) direkt ausgeführt werden können.

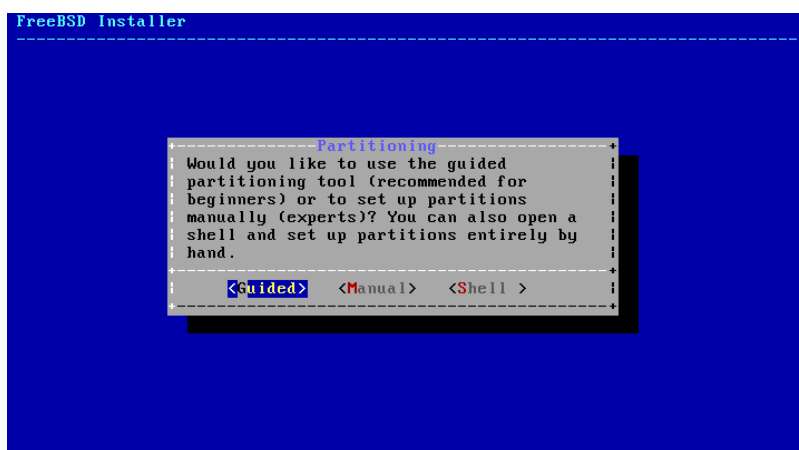


Abbildung 3.11. Geführte, manuelle oder Shell Partitionierung auswählen

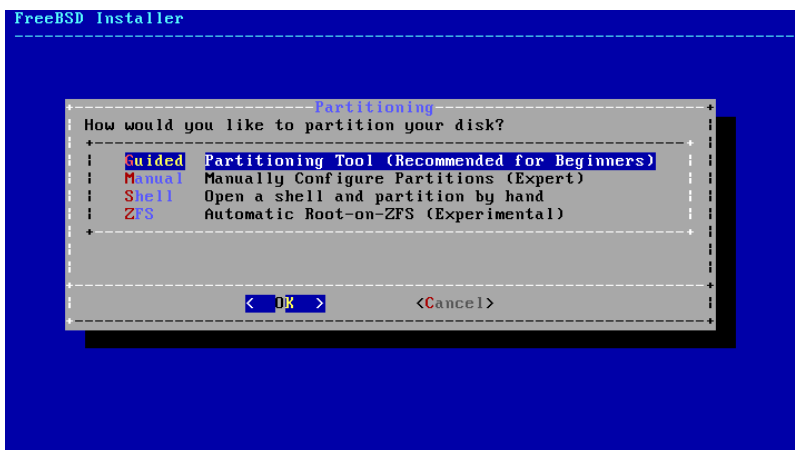


Abbildung 3.12. Geführte, manuelle, Shell oder ZFS Partitionierung auswählen

Dieser Abschnitt beschreibt, was bei der Partitionierung der Platten zu beachten ist und wie die einzelnen Methoden zur Partitionierung angewendet werden.

3.7.1. Ein Partitionslayout entwerfen

Wenn Sie Dateisysteme anlegen, sollten Sie beachten, dass Festplatten auf Daten in den äußeren Spuren schneller zugreifen können als auf Daten in den inneren Spuren. Daher sollten die kleineren und oft benutzten Dateisysteme an den äußeren Rand der Platte gelegt werden. Die größeren Partitionen wie `/usr` sollten in die inneren Bereiche gelegt werden. Es empfiehlt sich, die Partitionen in folgender Reihenfolge anzulegen: `/`, `swap`, `/var` und `/usr`.

Die Größe der `/var`-Partition ist abhängig vom Zweck der Maschine. Diese Partition enthält hauptsächlich Postfächer, Logdateien und Druckwarteschlangen. Abhängig von der Anzahl an Systembenutzern und der Aufbewahrungszeit für Logdateien, können Postfächer und Logdateien unerwartete Größen annehmen. Die meisten Benutzer benötigen nur selten mehr als ein Gigabyte für `/var`.



Anmerkung

Ein paar Mal wird es vorkommen, dass viel Festplattenspeicher in `/var/tmp` benötigt wird. Wenn neue Software mit `pkg_add(1)` installiert wird, extrahieren die Paketwerkzeuge eine vorübergehende Kopie der Pakete unter `/var/tmp`. Die Installation grosser Softwarepakete wie Firefox, Apache OpenOffice oder LibreOffice kann sich wegen zu wenig Speicherplatz in `/var/tmp` als trickreich herausstellen.

Die `/usr` Partition enthält viele der Hauptbestandteile des Systems, einschließlich der FreeBSD Ports-Sammlung und den Quellcode des Systems. Für diese Partition werden mindestens zwei Gigabyte empfohlen.

Behalten Sie bei der Auswahl der Partitionsgrößen den Platzbedarf im Auge. Wenn Sie den Platz auf einer Partition vollständig aufgebraucht haben, eine andere Partition aber kaum benutzen, kann die Handhabung des Systems schwierig werden.

Als Daumenregel sollten Sie doppelt soviel Speicher für die Swap-Partition vorsehen, als Sie Hauptspeicher haben, da die VM-Paging-Algorithmen im Kernel so eingestellt sind, dass sie am besten laufen, wenn die Swap-Partition mindestens doppelt so groß wie der Hauptspeicher ist. Zu wenig Swap kann zu einer Leistungsverminderung im *VM page scanning* Code führen, sowie Probleme verursachen, wenn später mehr Speicher in die Maschine eingebaut wird.

Auf größeren Systemen mit mehreren SCSI-, oder IDE-Laufwerken an unterschiedlichen Controllern, wird empfohlen, Swap-Bereiche auf bis zu vier Laufwerken einzurichten. Diese Swap-Partitionen sollten ungefähr diesel-

be Größe haben. Der Kernel kann zwar mit beliebigen Größen umgehen, aber die internen Datenstrukturen skalieren bis zur vierfachen Größe der größten Partition. Ungefähr gleich große Swap-Partitionen erlauben es dem Kernel, den Swap-Bereich optimal über die Laufwerke zu verteilen. Große Swap-Bereiche, auch wenn sie nicht oft gebraucht werden, sind nützlich, da sich ein speicherfressendes Programm unter Umständen auch ohne einen Neustart des Systems beenden lässt.

Indem Sie ein System richtig partitionieren, verhindern Sie, dass eine Fragmentierung in den häufig beschriebenen Partitionen auf die meist nur gelesenen Partitionen übergreift. Wenn Sie die häufig beschriebenen Partitionen an den Rand der Platte legen, dann wird die I/O-Leistung dieser Partitionen steigen. Die I/O-Leistung ist natürlich auch für große Partitionen wichtig, doch erzielen Sie eine größere Leistungssteigerung, wenn Sie `/var` an den Rand der Platte legen.

3.7.2. Geführte Partitionierung

Sollten mehrere Platten angeschlossen sein, wählen Sie diejenige aus, auf der FreeBSD installiert werden soll.

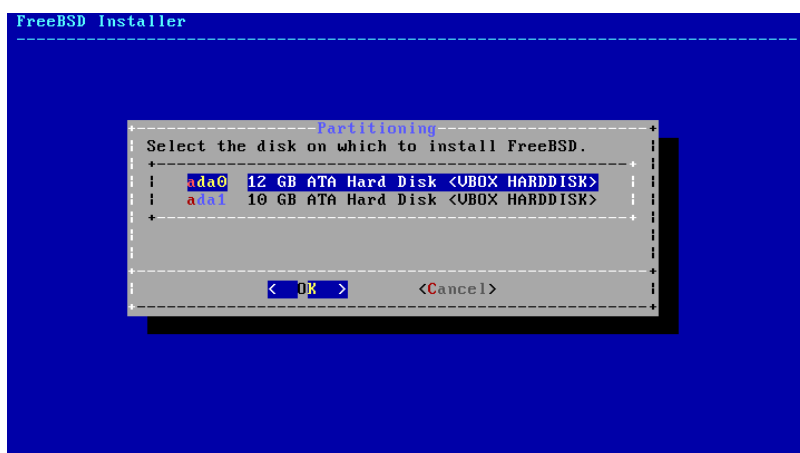


Abbildung 3.13. Aus mehreren Platten eine auswählen

Die gesamte Festplatte oder nur ein Teil davon kann für FreeBSD verwendet werden. Ein allgemeines Partitionslayout, das die gesamte Platte einnimmt wird erstellt, wenn `[Entire Disk]` ausgewählt wird. Durch die Wahl von `[Partition]` wird ein Partitionslayout im unbenutzten Speicherplatz der Platte eingerichtet.

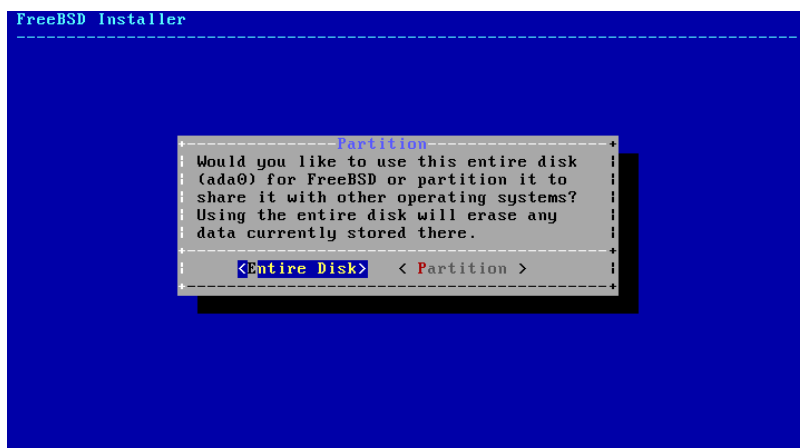


Abbildung 3.14. Auswahl der gesamten Platte oder einer Partition

Nachdem das Partitionslayout nun erstellt wurde, sollten Sie es danach noch einmal auf Korrektheit prüfen. Sollten Sie einen Fehler gemacht haben, können Sie durch Auswahl von `[Revert]` wieder die ursprünglichen Partitionen setzen oder durch `[Auto]` die automatischen FreeBSD Partitionen wiederherstellen. Partitionen können manuell

erstellt, geändert oder gelöscht werden. Sollte die Partitionierung richtig sein, wählen Sie **[Finish]** aus, um mit der Installation fortzufahren.

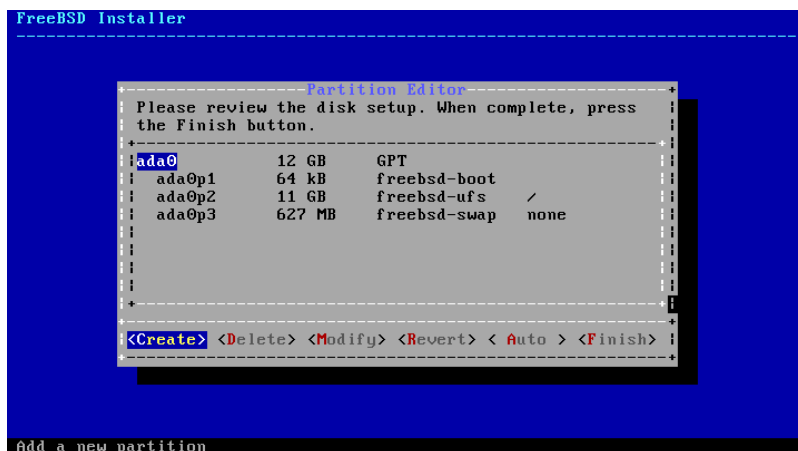


Abbildung 3.15. Überprüfen der erstellten Partitionen

3.7.3. Manuelle Partitionierung

Manuelle Partitionierung führt Sie direkt zum Partitionseditor.

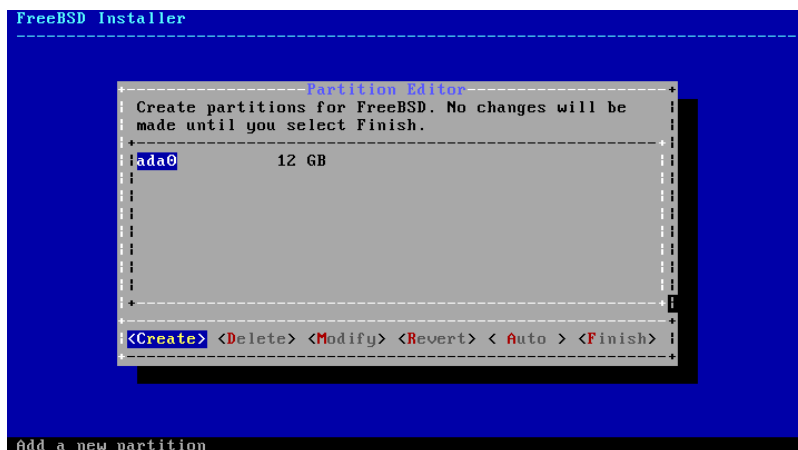


Abbildung 3.16. Partitionen manuell erstellen

Durch hervorheben einer Platte (in diesem Fall `ada0`) und die Auswahl von **[Create]**, wird ein Menü zur Wahl des Partitionierungsschemas angezeigt.



Abbildung 3.17. Partitionen manuell anlegen

GPT-Partitionierung ist normalerweise die passendste Auswahl für PC-kompatible Rechner. Ältere PC Betriebssysteme, die nicht mit GPT kompatibel und benötigen stattdessen MBR-Partitionen. Die anderen Partitionsschemata werden für gewöhnlich für ältere Computersysteme benutzt.

Tabelle 3.1. Partitionierungsschemas

Abkürzung	Beschreibung
APM	Apple Partition Map, von PowerPC® Macintosh® verwendet (http://support.apple.com/kb/TA21692).
BSD	BSD-Labels ohne einen MBR, manchmal auch „dangerously dedicated mode“ genannt. Lesen Sie dazu bsdlabel(8) .
GPT	GUID Partition Table (http://en.wikipedia.org/wiki/GUID_Partition_Table).
MBR	Master Boot Record (http://en.wikipedia.org/wiki/Master_boot_record).
PC98	MBR-Variante, verwendet von NEC PC-98 Computern (http://en.wikipedia.org/wiki/Pc9801).
UTOC8	Volume Table Of Contents, von Sun SPARC64 und UltraSPARC Computern verwendet.

Nachdem das Partitionierungsschema ausgewählt und erstellt wurde, werden durch erneute Auswahl von **Create** neue Partitionen erzeugt.

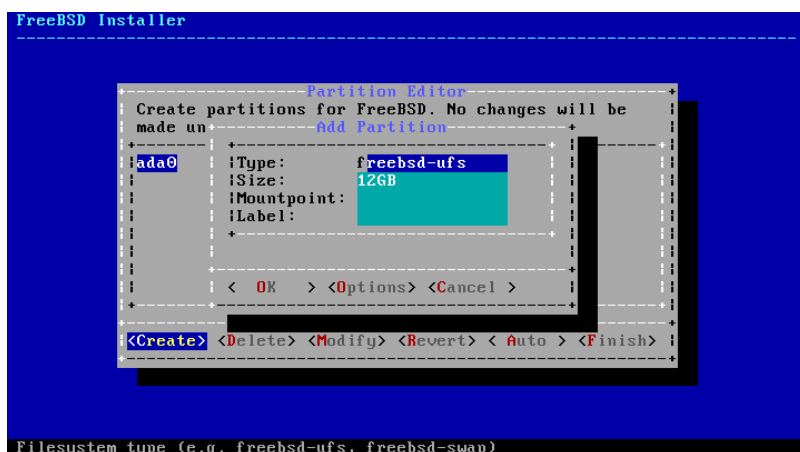


Abbildung 3.18. Partitionen manuell erzeugen

Eine FreeBSD-Standardinstallation mit GPT legt mindestens die folgenden drei Partitionen an:

- `freebsd-boot` - FreeBSD-Bootcode.
- `freebsd-ufs` - Ein FreeBSD UFS-Dateisystem.
- `freebsd-swap` - FreeBSD Auslagerungsbereich (swap space).

Ein weiterer Partitionstyp ist `freebsd-zfs`. Dieser Typ ist für Partitionen bestimmt, die ein FreeBSD ZFS-Dateisystem verwenden sollen. [gpart\(8\)](#) beschreibt weitere verfügbare Partitionstypen.

Mehrere Dateisystempartitionen können benutzt werden und manche Leute ziehen es vor, ein traditionelles Layout mit getrennten Partitionen für die Dateisysteme `/`, `/var`, `/tmp` und `/usr` zu erstellen. Lesen Sie dazu [Beispiel 3.3](#), „Ein traditionelles, partitioniertes Dateisystem erstellen“, um ein Beispiel zu erhalten.

Größenangaben können mit gängigen Abkürzungen eingegeben werden: *K* für Kilobytes, *M* für Megabytes oder *G* für Gigabytes.



Tipp

Korrekte Sektorausrichtung ermöglicht grösstmögliche Geschwindigkeit und das Anlegen von Partitionsgrößen als vielfaches von 4K-Bytes hilft, die passende Ausrichtung auf Platten mit entweder 512-Bytes oder 4K-Bytes Sektorgrößen, festzulegen. Generell sollte die Verwendung von Partitionsgrößen, die sogar vielfache von 1M oder 1G sind, den einfachsten Weg darstellen, um sicher zu stellen, dass jede Partition an einem vielfachen von 4K beginnt. Eine Ausnahme gibt es: momentan sollte die `freebsd-boot`-Partition aufgrund von Beschränkungen im Bootcode nicht grösser sein als 512K.

Ein Einhängepunkt wird benötigt, falls diese Partition ein Dateisystem enthält. Falls nur eine einzelne UFS-Partition erstellt wird, sollte der Einhängepunkt `/` lauten.

Ein *label* wird ebenfalls benötigt. Ein Label ist ein Name, durch den diese Partition angesprochen wird. Festplattenamen oder -nummern können sich ändern, falls die Platte einmal an einem anderen Controller oder Port angeschlossen sein sollte, doch das Partitionslabel ändert sich dadurch nicht. Anstatt auf Plattennamen und Partitionsnummern in Dateien wie `/etc/fstab` zu verweisen, sorgen Labels dafür, dass das System Hardwareänderungen eher toleriert. GPT-Labels erscheinen in `/dev/gpt/`, wenn eine Platte angeschlossen wird. Andere Partitionierungsschemas besitzen unterschiedliche Fähigkeiten, Labels zu verwenden und diese erscheinen in anderen `/dev/`-Verzeichnissen.



Tipp

Vergeben Sie ein einzigartiges Label auf jedem Dateisystem um Konflikte mit identischen Labels zu verhindern. Ein paar Buchstaben des Computernamens, dessen Verwendungszweck oder Ortes kann dem Label hinzugefügt werden. Beispielsweise „labroot“ oder „rootfs-lab“ für die UFS root-Partition auf einem Laborrechner.

Beispiel 3.3. Ein traditionelles, partitioniertes Dateisystem erstellen

Für ein traditionelles Partitionslayout, in dem sich `/`, `/var`, `/tmp` und `/usr` in getrennten Partitionen befinden sollen, erstellen Sie ein GPT-Partitionsschema und anschliessend die Partitionen selbst. Die gezeigten Partitionsgrößen sind typisch für eine Festplatte von 20 G. Falls mehr Platz verfügbar ist, sind größere Swap oder `/var`-Partitionen nützlich. Den hier gezeigten Beschreibungen sind bsp für „Beispiel“ vorangestellt, jedoch sollten Sie andere, einzigartige Beschreibungen verwenden, wie oben beschrieben.

Standardmäßig erwartet FreeBSDs `gptboot`, dass die erste erkannte UFS-Partition die `/`-Partition ist.

Partitionstyp	Grösse	Eingehängt als	Beschreibung
freebsd-boot	512K		
freebsd-ufs	2G	<code>/</code>	bsprootfs
freebsd-swap	4G	bspswap	
freebsd-ufs	2G	<code>/var</code>	bspvarfs
freebsd-ufs	1G	<code>/tmp</code>	bsptmpfs
freebsd-ufs	Akzeptieren Sie die Standardeinstellungen (Rest der Platte)	<code>/usr</code>	bspusrfs

Nachdem die selbstgewählten Partitionen erzeugt wurden, wählen Sie **[Finish]**, um mit der Installation fortzusetzen.

3.7.4. Root-on-ZFS automatische Partitionierung

Die Unterstützung für die automatische Erstellung von Root-on-ZFS Installationen wurde in FreeBSD 10.0-RELEASE hinzugefügt. Dieser Modus funktioniert nur mit ganzen Laufwerken und wird alle vorhandenen Daten auf der Platte löschen. Das Installationsprogramm wird die Partitionen für ZFS automatisch an 4k Sektoren ausrichten. Dies funktioniert auch zuverlässig bei einer Sektorgröße von 512 Byte und hat den Vorteil, dass nachträglich Laufwerke mit einer Sektorgröße von 4k hinzugefügt werden können, entweder als zusätzlicher Speicherplatz oder als Ersatz für eine ausgefallene Platte. Das Installationsprogramm kann auch optional die Platte mit GELI verschlüsseln, wie in [Abschnitt 18.12.2, „Plattenverschlüsselung mit geli“](#) beschrieben. Wird die Verschlüsselung aktiviert, wird eine 2 GB große unverschlüsselte Partition für `/boot` erstellt. Diese Partition enthält den Kernel und weitere Dateien, die nötig sind um den Kernel zu booten. Zudem wird eine Swap-Partition erstellt. Der verbleibende Platz wird für den ZFS-Pool verwendet.

Das Konfigurationsmenü für ZFS bietet einige Optionen, um die Erstellung des Pools zu beeinflussen.

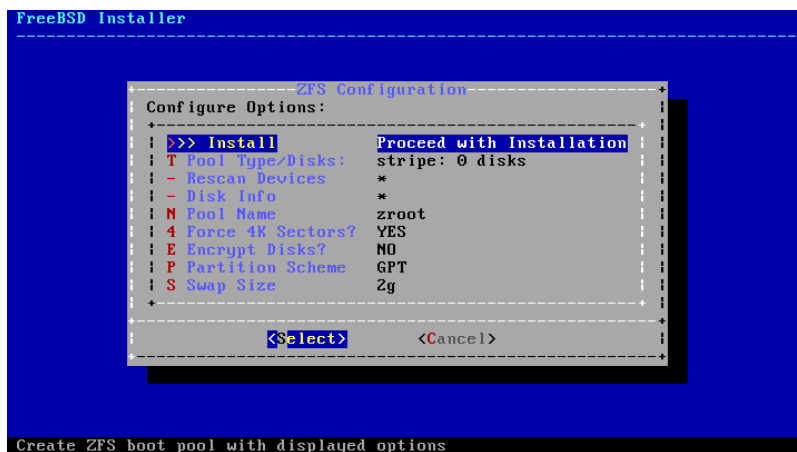


Abbildung 3.19. ZFS Konfigurationsmenü

Die wichtigste Option ist die Auswahl des vdev-Typs und der Festplatten, die das vdev für den Pool bilden werden. Mit Ausnahme des Stripe Modus, unterstützt das automatische ZFS Installationsprogramm derzeit nur die Erstellung eines einzigen Top-Level-vdevs. Wenn Sie komplexere Pools erstellen möchten, folgen Sie den Anweisungen in [Abschnitt 3.7.5, „Shell Partitionierung“](#). Das Installationsprogramm unterstützt verschiedene Pool Typen, einschließlich Stripe (nicht empfohlen, keine Redundanz), Spiegel (beste Leistung, weniger nutzbarer Speicherplatz), und RAID-Z 1, 2 und 3 (übersteht den Ausfall von jeweils einer, zwei und drei Platten). Am unteren Rand des Bildschirms werden Hinweise zur Anzahl der benötigten Platten angezeigt. Im Fall von RAID-Z wird die optimale Anzahl von Platten für die jeweilige Konfiguration angezeigt.

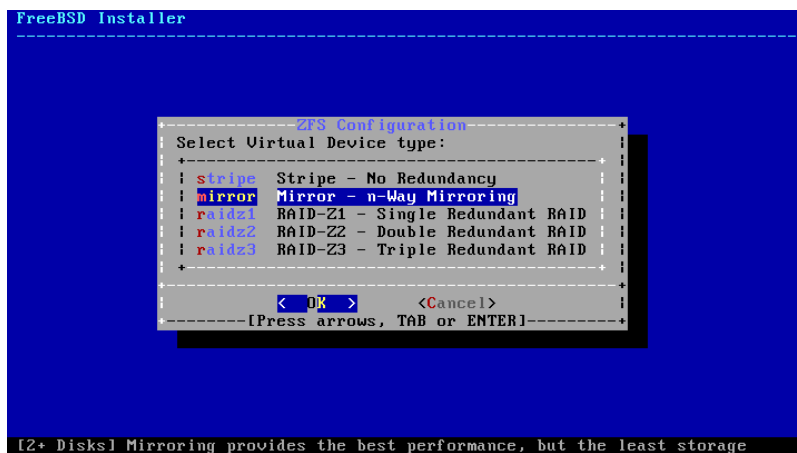


Abbildung 3.20. ZFS Pool Typen

Sobald ein Pool Typ ausgewählt wurde, wird eine Liste der verfügbaren Laufwerke angezeigt und der Benutzer wird aufgefordert, eine oder mehrere Festplatten auszuwählen um den Pool zu bilden. Anschließend wird die Konfiguration geprüft um zu gewährleisten, dass genug Platten ausgewählt wurden. Wählen Sie **<Change Selection>** um zur Auswahl der Laufwerke zurückzukehren, oder **<Cancel>** um den Pool Typ zu ändern.

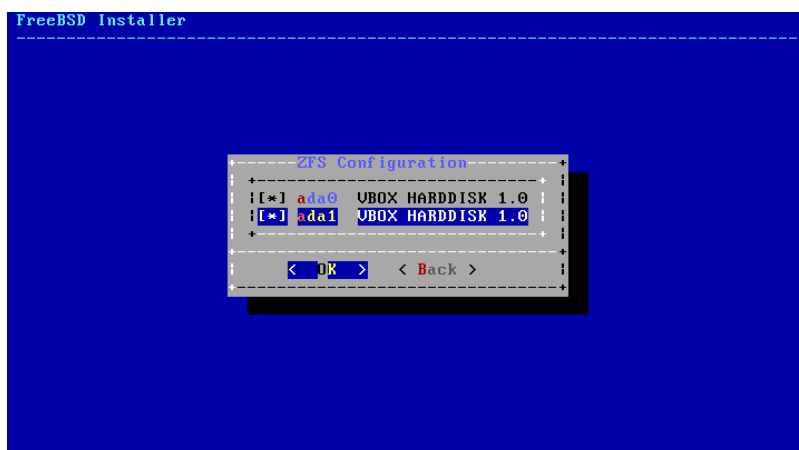


Abbildung 3.21. Auswahl der Laufwerke

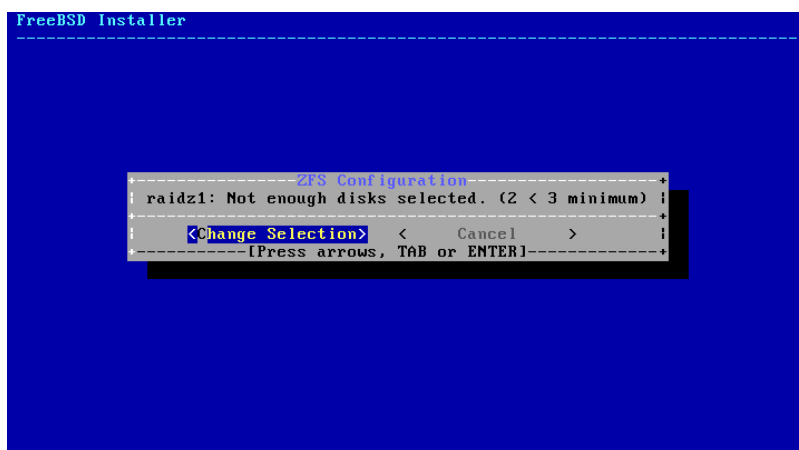


Abbildung 3.22. Ungültige Auswahl

Wenn eine oder mehrere Platten in der Liste fehlen, oder wenn Festplatten angebunden wurden, nachdem das Installationsprogramm gestartet wurde, wählen Sie **Rescan Devices** um die Laufwerke nochmals zu suchen und anzuzeigen. Um sicherzustellen, dass die richtigen Platten ausgewählt wurden, können Sie das **Disk-Info** Menü verwenden. Dieses Menü zeigt verschiedene Informationen, einschließlich der Partitionstabelle, der Modellnummer und der Seriennummer, falls verfügbar.

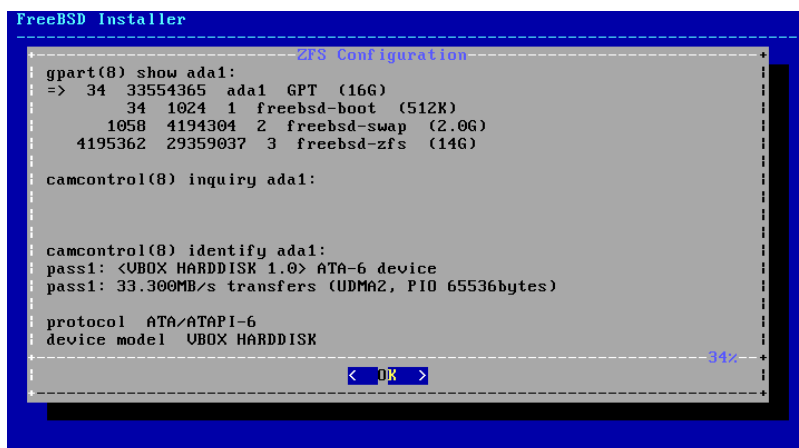


Abbildung 3.23. Eigenschaften einer Festplatte

Das Menü ermöglicht es dem Benutzer auch, einen Namen für den Pool zu vergeben, 4k Sektoren zu deaktivieren, Tabellentypen zu aktivieren oder deaktivieren, und die Größe des Swap-Bereichs zu wählen. Wenn alle Optionen auf die gewünschten Werte eingestellt sind, wählen Sie **>>> Install** am oberen Rand des Menüs.

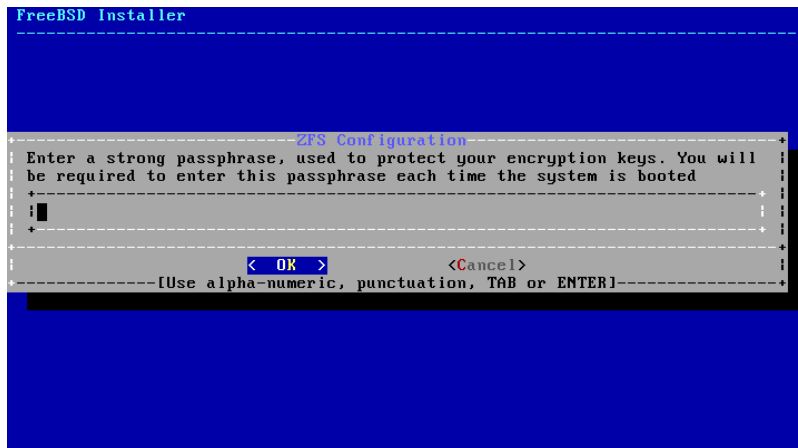


Abbildung 3.24. Passwort für die Verschlüsselung der Platte

Das Installationsprogramm bietet dann eine letzte Chance, abzubrechen, bevor der Inhalt der ausgewählten Laufwerke zerstört wird, um den neuen ZFS-Pool zu erstellen.

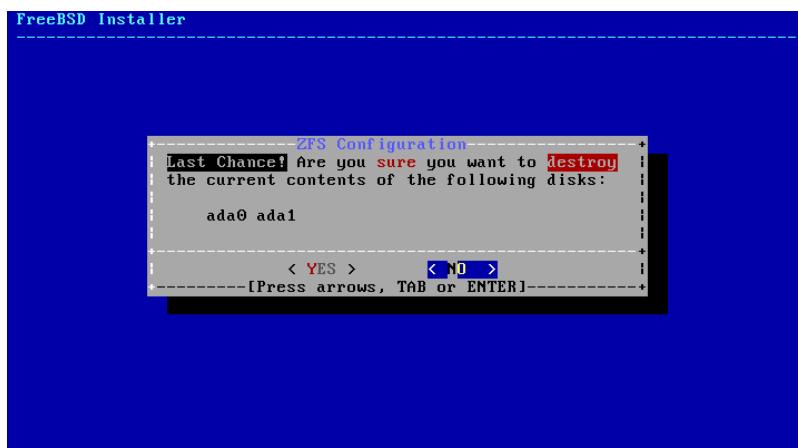


Abbildung 3.25. Letzte Chance

Danach wird die Installation normal weitergeführt.

3.7.5. Shell Partitionierung

bsdinstall bietet bei fortgeschrittenen Installationen womöglich nicht die benötigte Flexibilität. Erfahrene Benutzer können die Option **Shell** im Menü auswählen, um die Laufwerke manuell zu partitionieren, Dateisysteme zu erstellen, `/tmp/bsdinstall_etc/fstab` zu befüllen und Dateisysteme unter `/mnt` einzuhängen. Geben Sie anschließend `exit` ein, um zu `bsdinstall` zurückzukehren und die Installation fortzusetzen.

3.8. Die Installation festschreiben

Dies ist die letzte Chance, die Installation abzubrechen, ohne Änderungen an den Festplatten vorzunehmen.

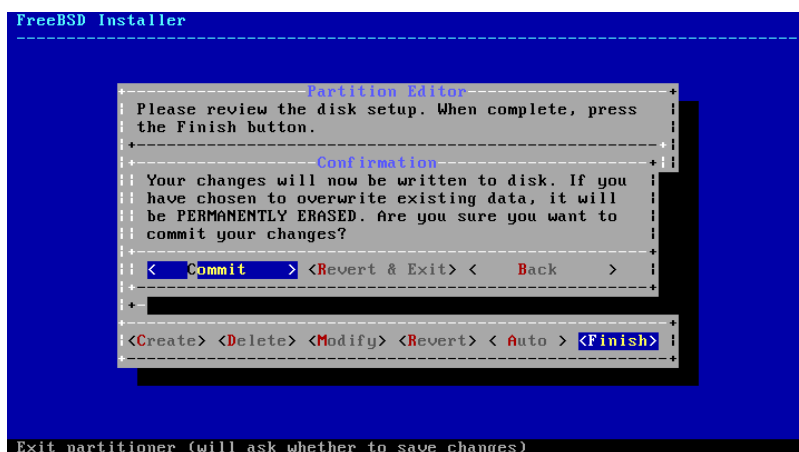


Abbildung 3.26. Letzte Bestätigung

Wählen Sie **[Commit]** und drücken Sie Enter, um fortzufahren. Fall noch Änderungen zu machen sind, wählen Sie **[Back]**, um zum Partitionseditor zurück zu gelangen. Mittels **[Revert & Exit]** wird das Installationsprogramm beendet, ohne Änderungen an den Festplatten durchzuführen.

Die Installationsdauer hängt von den gewählten Distributionen, dem Installationsmedium und der Geschwindigkeit des Computers ab. Eine Reihe von Nachrichten werden angezeigt, um den Fortschritt darzustellen.

Zuerst wird das Installationsprogramm die Partitionen auf die Platte schreiben und den Befehl `newfs` ausführen, um die Partitionen zu initialisieren.

Falls Sie eine Netzwerkinstallation vornehmen, wird `bsdinstall` dann mit dem heruntergeladen der benötigten Distributionsdateien fortfahren.

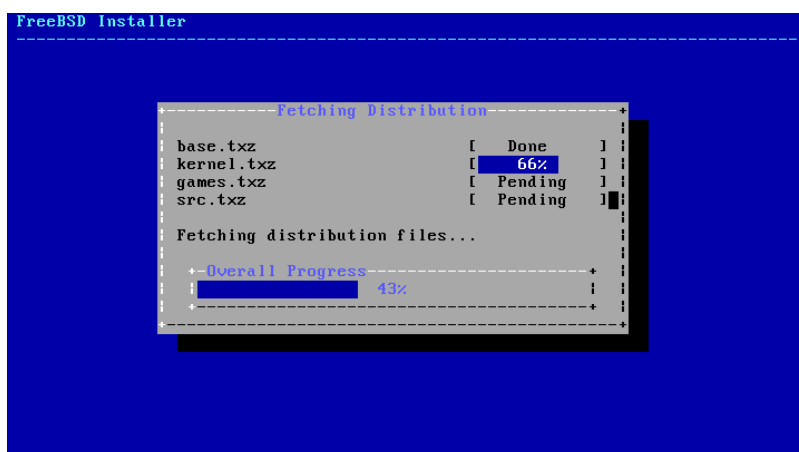


Abbildung 3.27. Herunterladen der Distributionsdateien

Als nächstes wird die Integrität der Distributionsdateien überprüft, um sicherzustellen, dass diese während des Ladevorgangs nicht beschädigt oder unsauber vom Installationsmedium gelesen wurden.

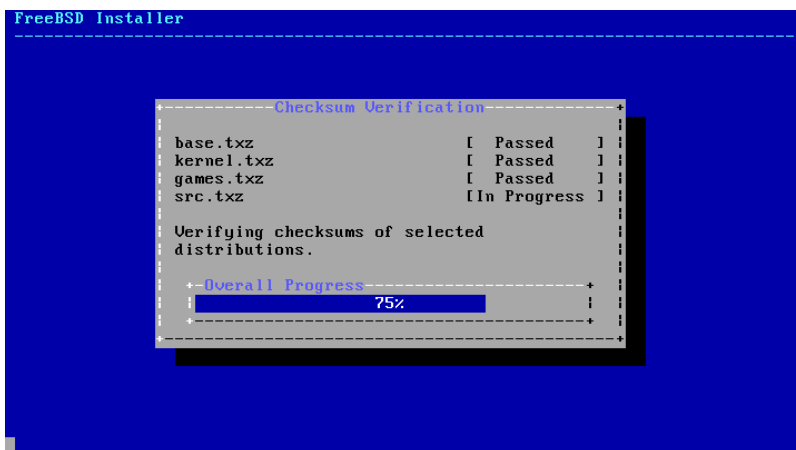


Abbildung 3.28. Überprüfen der Distributionsdateien

Zum Schluss werden die überprüften Distributionsdateien auf die Festplatte entpackt.

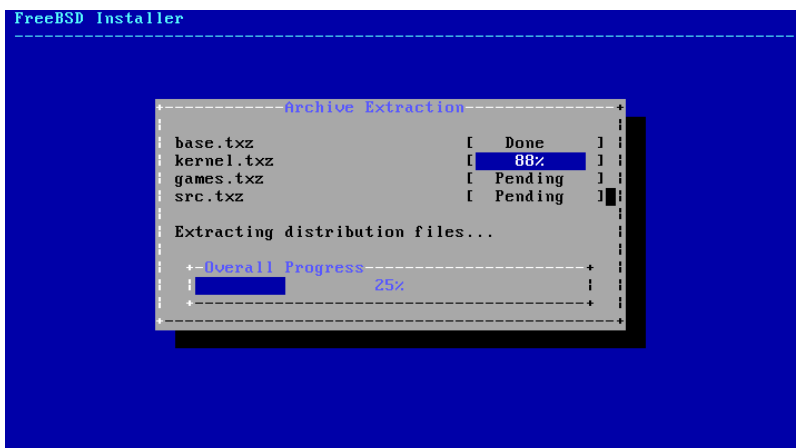


Abbildung 3.29. Entpacken der Distributionsdateien

Sobald alle benötigten Distributionsdateien entpackt wurden, wird `bsdinstall` direkt mit den Arbeiten nach der Installation, wie in [Abschnitt 3.9, „Arbeiten nach der Installation“](#) beschrieben, fortfahren.

3.9. Arbeiten nach der Installation

Die Konfiguration von verschiedenen Optionen folgt auf eine erfolgreiche FreeBSD-Installation. Eine solche Option kann durch das erneute betreten der Konfigurationsoptionen aus dem letzten Menü vor dem Neustart in das gerade installierte FreeBSD-System angepasst werden.

3.9.1. Setzen des root-Passworts

Das root-Passwort muss gesetzt werden. Wichtig ist dabei zu wissen, dass die eingegebenen Zeichen nicht auf dem Bildschirm angezeigt werden. Nachdem das Passwort eingegeben wurde, muss es zur Bestätigung erneut eingegeben werden. Damit werden auch Tippfehler verhindert.

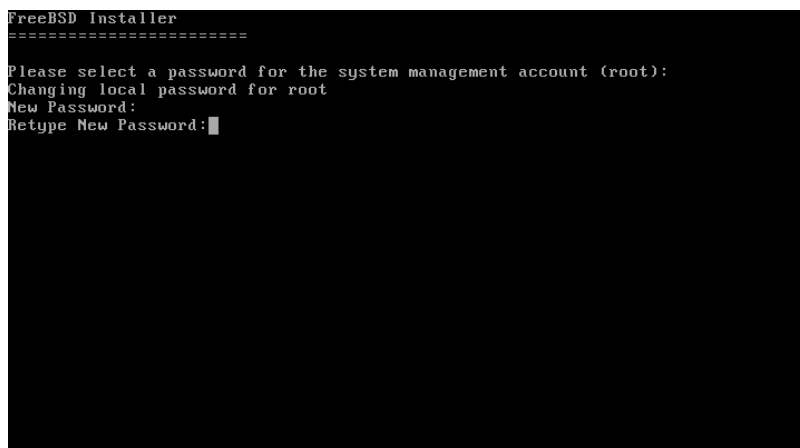


Abbildung 3.30. Das root-Passwort setzen

Nachdem das Passwort erfolgreich gesetzt wurde, wird die Installation nun fortgesetzt.

3.9.2. Die Netzwerkschnittstelle konfigurieren



Anmerkung

Die Netzwerkkonfiguration wird übersprungen, falls dies bereits als Teil der *bootonly* durchgeführt worden ist.

Eine Liste aller gefundenen Netzwerkschnittstellen, die auf diesem Computer gefunden wurden, wird als nächstes angezeigt. Wählen Sie davon eine aus, um diese zu konfigurieren.

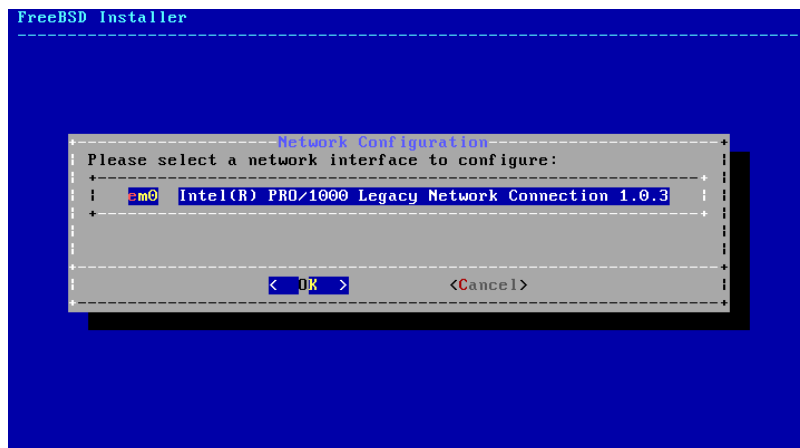


Abbildung 3.31. Eine zu konfigurierende Netzwerkschnittstelle auswählen

3.9.2.1. Eine drahtlose Netzwerkverbindung einrichten

Sollte eine drahtlose Netzwerkverbindung ausgewählt worden sein, müssen WLAN-Identifikation und Sicherheitsparameter nun eingegeben werden, um die Verbindung mit dem Netzwerk herzustellen.

Drahtlose Netzwerke werden durch einen Service Set Identifier oder auch SSID genannt, identifiziert. Der SSID ist ein kurzer, eindeutiger Name, der für jedes Netzwerk vergeben wird.

Die meisten drahtlosen Netzwerke verschlüsseln die übertragenen Daten, um die Information darin vor unautorisiertem Zugriff zu schützen. Die Verwendung von WPA2-Verschlüsselung wird empfohlen. Ältere Verschlüsselungstypen, wie WEP, bieten nur sehr wenig Sicherheit.

Der erste Schritt des Verbindungsaufbaus ist das drahtlose Netzwerk nach drahtlosen Zugriffspunkten (access points) zu scannen.

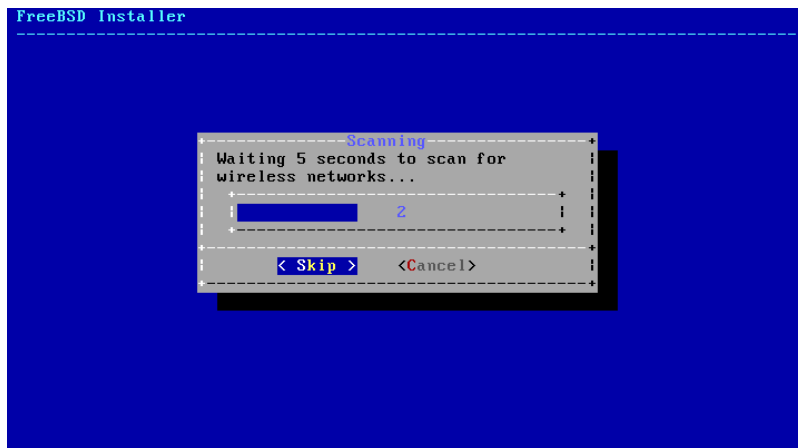


Abbildung 3.32. Nach drahtlosen Access Points scannen

SSIDs, die während des scannens gefunden wurden, werden aufgelistet, gefolgt von einer Beschreibung der Verschlüsselungsarten, die für dieses Netzwerk verfügbar sind. Falls die gewünschte SSID nicht in der Liste auftaucht, wählen Sie **[Rescan]**, um erneut einen Scanvorgang durchzuführen. Falls dann das gewünschte Netzwerk immer noch nicht erscheint, überprüfen Sie die Antenne auf Verbindungsprobleme oder versuchen Sie, näher an den Access point zu gelangen. Scannen Sie erneut nach jeder vorgenommenen Änderung.

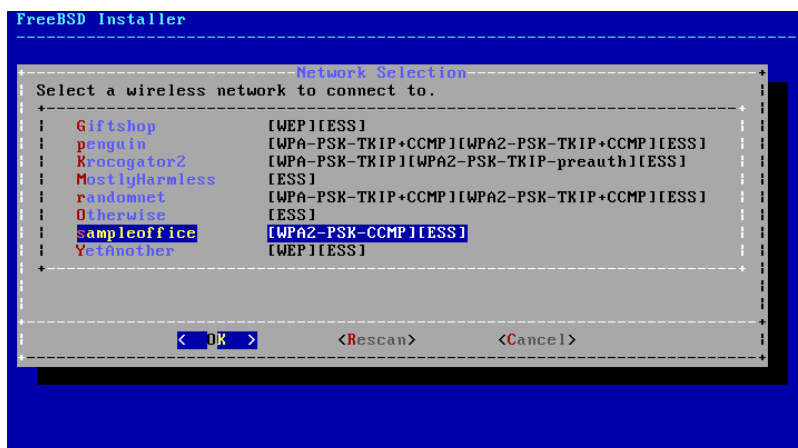


Abbildung 3.33. Ein drahtloses Netzwerk auswählen

Die Verschlüsselungsinformationen, um sich mit dem Netzwerk zu verbinden, werden nach der Auswahl des Netzwerks eingegeben. Mit WPA2 wird nur ein Passwort (auch bekannt als Pre-Shared Key oder PSK) benötigt. Zeichen, die in die Eingabebox getippt werden, erscheinen aus Sicherheitsgründen als Sternchen.

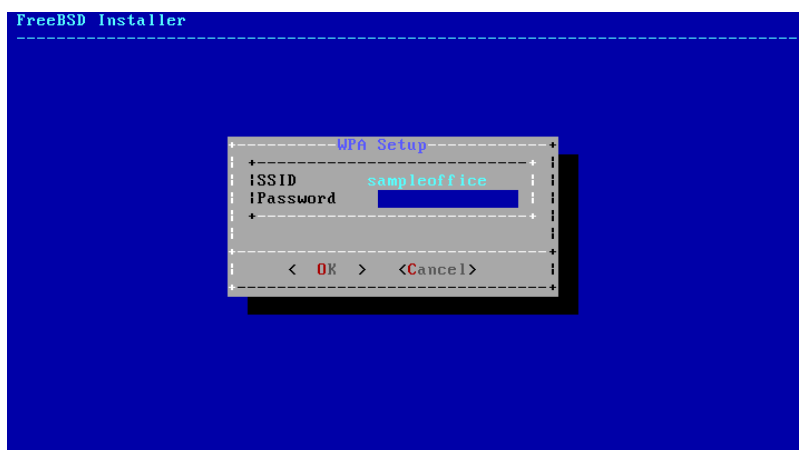


Abbildung 3.34. Verbindungsaufbau mit WPA2

Die Netzwerkkonfiguration wird fortgesetzt, nachdem das drahtlose Netzwerk und die Verbindungsinformationen eingegeben wurden.

3.9.2.2. Konfiguration des IPv4-Netzwerks

Wählen Sie, ob Sie ein IPv4-Netzwerk verwenden möchten. Dies ist der am häufigsten vorkommende Typ einer Netzwerkverbindung.

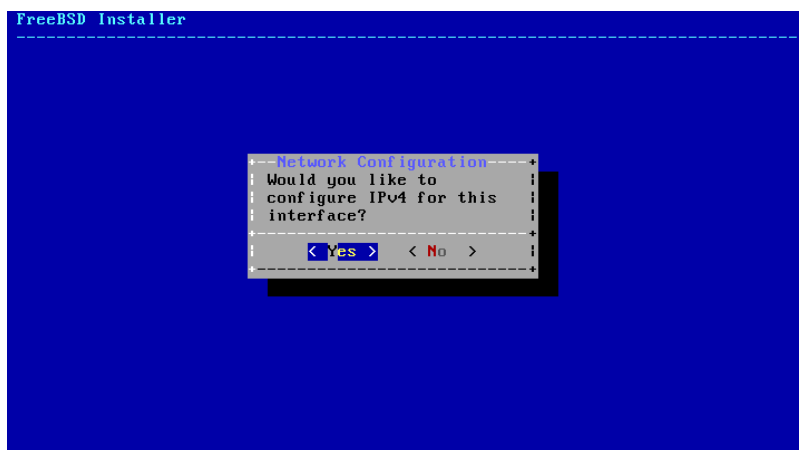


Abbildung 3.35. Auswahl von IPv4

Es gibt zwei Arten, ein IPv4-Netzwerk zu konfigurieren. *DHCP* wird automatisch die Netzwerkschnittstelle richtig konfigurieren und sollte als bevorzugte Methode verwendet werden. *Statische* Konfiguration erfordert die manuelle Eingabe von Netzwerkinformationen.



Anmerkung

Geben Sie keine zufällig gewählten Netzwerkinformationen ein, da dies nicht funktionieren wird. Holen Sie sich die in [Abschnitt 3.3.3, „Netzwerkparameter ermitteln“](#) gezeigten Informationen vom Netzwerkadministrator oder Serviceprovider.

3.9.2.2.1. Netzwerkkonfiguration von IPv4 mittels DHCP

Falls ein DHCP-Server zur Verfügung steht, wählen Sie **[Yes]**, um die Netzwerkschnittstelle automatisch einrichten zu lassen.

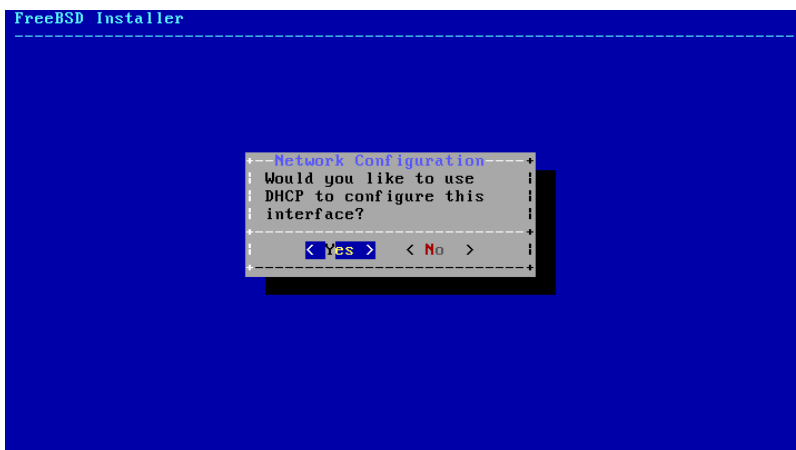


Abbildung 3.36. Auswählen der IPv4-Konfiguration über DHCP

3.9.2.2. Statische IPv4-Netzwerkconfiguration

Statische Konfiguration der Netzwerkschnittstelle erfordert die Eingabe einiger IPv4-Informationen.

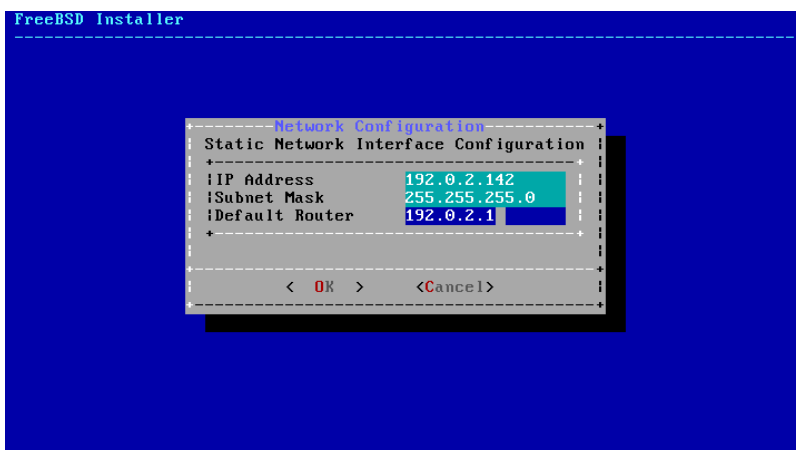


Abbildung 3.37. Statische IPv4-Konfiguration

- IP-Adresse - Die manuell festgelegte IPv4-Adresse, welche diesem Computer zugewiesen werden soll. Diese Adresse muss eindeutig sein und darf nicht bereits von einem anderen Gerät im lokalen Netzwerk verwendet werden.
- Subnetzmaske - Die Subnetzmaske, die im lokalen Netzwerk Verwendung findet. Typischerweise ist dies 255.255.255.0 .
- Defaultrouter - Die IP-Adresse des Defaultrouters in diesem Netzwerk. Normalerweise ist das die Adresse des Routers oder einer anderen Netzwerkkomponente, die das lokale Netzwerk mit dem Internet verbindet. Auch bekannt als das *Default Gateway*.

3.9.2.3. Konfiguration des IPv6-Netzwerks

IPv6 ist eine neuere Methode der Netzwerkconfiguration. Falls IPv6 verfügbar ist und verwendet werden soll, wählen Sie **Yes** aus.

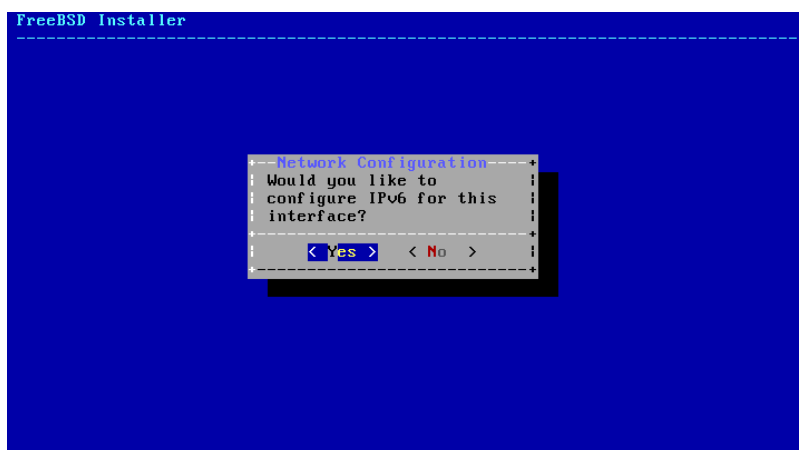


Abbildung 3.38. Auswahl von IPv6

IPv6 besitzt ebenfalls zwei Arten der Konfiguration. *SLAAC*, oder *StateLess Address AutoConfiguration*, wird die Netzwerkschnittstelle automatisch richtig konfigurieren. *Statische* Konfiguration verlangt die manuelle Eingabe von Netzwerkinformationen.

3.9.2.3.1. IPv6 Stateless Address Autoconfiguration

SLAAC erlaubt es einer IPv6-Netzwerkkomponente, die Information zur automatischen Konfiguration von einem lokalen Router abzufragen. Lesen Sie <http://tools.ietf.org/html/rfc4862> für weitere Informationen.

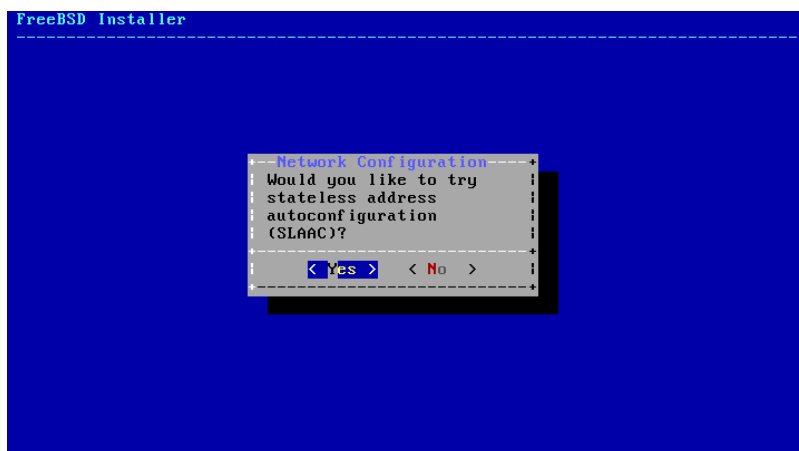


Abbildung 3.39. Auswahl der IPv6 SLAAC-Konfiguration

3.9.2.3.2. Statische IPv6-Netzwerkkonfiguration

Statische Konfiguration der Netzwerkschnittstelle benötigt die Eingabe von IPv6-Konfigurationsinformationen.

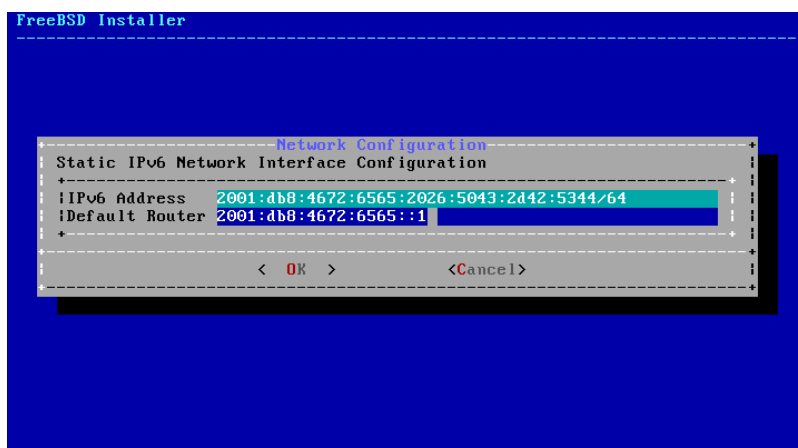


Abbildung 3.40. Statische IPv6-Konfiguration

- **IPv6-Adresse** - Die manuell zugewiesene IP-Adresse, welche dem Computer zugeteilt werden soll. Diese Adresse muss eindeutig sein und nicht bereits von einer anderen Netzwerkkomponente im lokalen Netzwerk verwendet werden.
- **Defaultrouter** - Die IPv6-Adresse des Defaultrouters in diesem Netzwerk. Normalerweise ist dies die Adresse des Routers oder einer anderen Netzwerkkomponente, welche das lokale Netz mit dem Internet verbindet. Auch bekannt als *Default Gateway*.

3.9.2.4. DNS-Konfiguration

Der *Domain Name System* (oder auch *DNS*) Resolver wandelt Hostnamen von und zu Netzwerkadressen um. Falls DHCP oder SLAAC verwendet wurde, um die Netzwerkschnittstelle zu konfigurieren, ist die Konfiguration für den Resolver möglicherweise bereits vorhanden. Andernfalls geben Sie den lokalen Netzwerkdomännennamen in das Feld Search ein. DNS #1 und DNS #2 sind die IP-Adressen der lokalen DNS-Server. Zumindest ein DNS-Server wird benötigt.

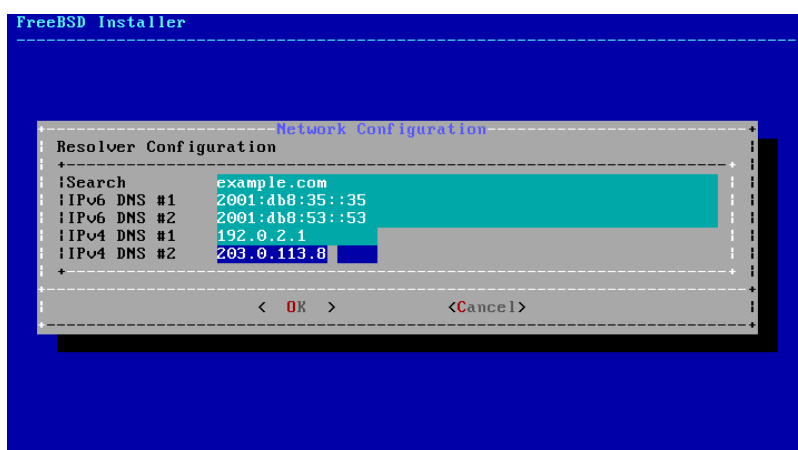


Abbildung 3.41. DNS-Konfiguration

3.9.3. Setzen der Zeitzone

Das Setzen der Zeitzone für die Maschine erlaubt es, diese auf regionale Zeitveränderungen hin anzupassen und um andere zeitzonenbezogene Funktionen richtig durchzuführen.

Das hier gezeigte Beispiel bezieht sich auf einen Rechner in der östlichen Zeitzone der Vereinigten Staaten. Die Auswahl wird von der geographischen Position abhängig sein.

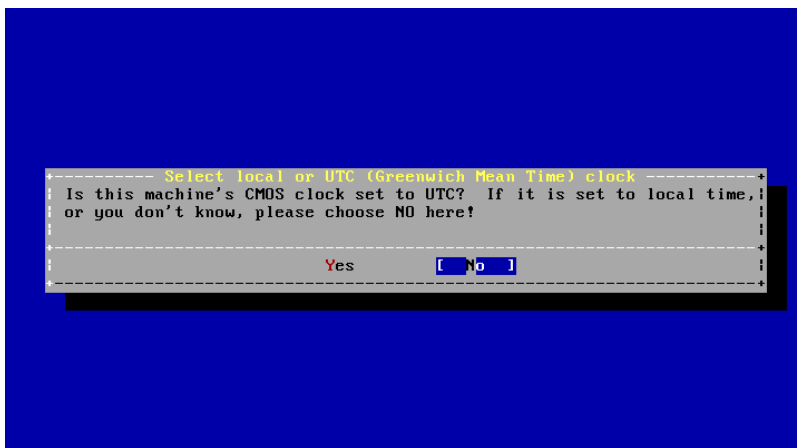


Abbildung 3.42. Lokale oder UTC-Zeit

Wählen Sie **[Yes]** oder **[No]**, abhängig davon, wie die Rechneruhr konfiguriert ist und drücken Sie dann Enter. Wenn Sie nicht wissen, ob das System UTC oder lokale Zeit verwendet, wählen Sie **[No]**, um die am häufigsten verwendete lokale Zeit zu setzen.

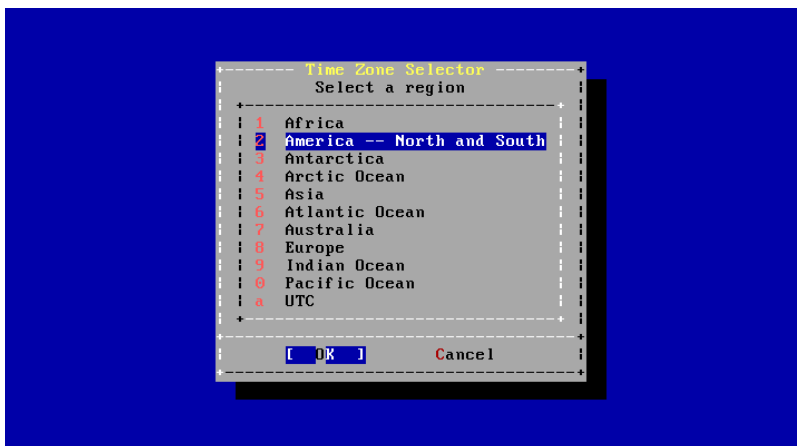


Abbildung 3.43. Das Gebiet auswählen

Das passende Gebiet wird durch die Pfeiltasten und das anschließende drücken von Enter gewählt.



Abbildung 3.44. Das Land auswählen

Wählen Sie das zutreffende Land mit den Pfeiltasten und durch anschließendes drücken von Enter aus.



Abbildung 3.45. Wählen einer Zeitzone

Die passende Zeitzone wird durch die Pfeiltasten und anschließendes drücken von Enter ausgewählt.

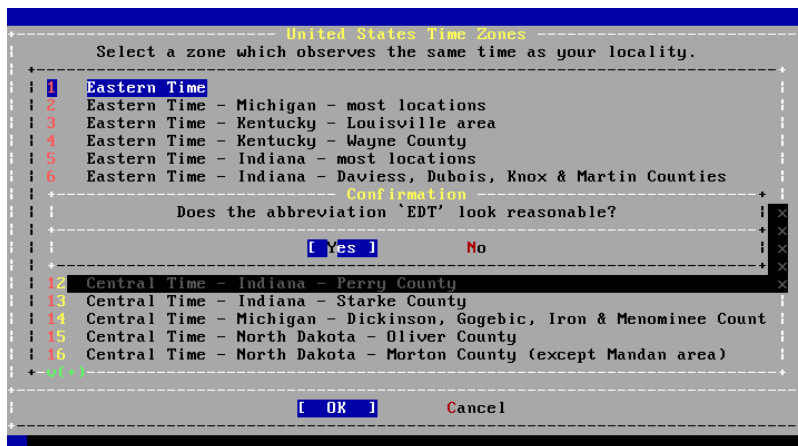


Abbildung 3.46. Bestätigen der Zeitzone

Bestätigen Sie, dass die Abkürzung für die Zeitzone richtig ist. Wenn Ihnen diese richtig erscheint, drücken Sie Enter, um mit dem Rest der Konfiguration nach der Installation fortzufahren.

3.9.4. Zu aktivierende Dienste auswählen

Zusätzliche Systemdienste, die zur Startzeit aktiviert werden sollen, können eingeschaltet werden. All diese Dienste sind optional.

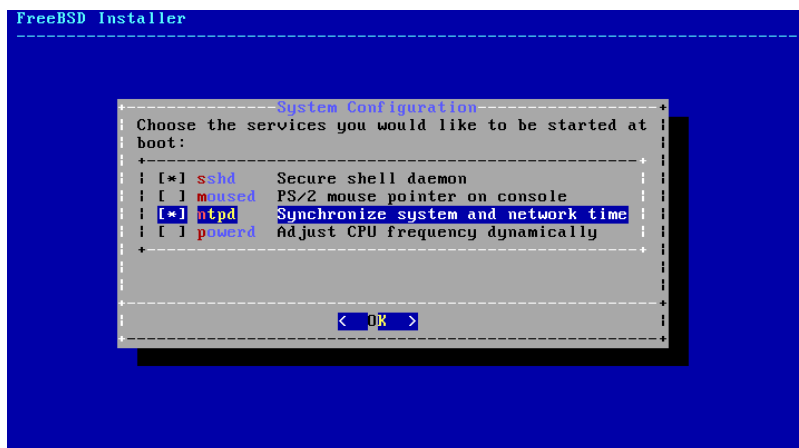


Abbildung 3.47. Auswahl zusätzlicher Dienste

- sshd - Secure Shell (SSH)-Dienst für sicheren Fernzugriff.
- moused - Sorgt für Mausunterstützung innerhalb der Systemkonsole.
- ntpd - Network Time Protocol (NTP)-Dienst zur automatischen Uhrzeitsynchronisation.
- powerd - Systemleistungskontrollwerkzeug zur Leistungsregelung und für Stromsparfunktionen.

3.9.5. Absturzaufzeichnung aktivieren

bsdinstall wird Sie fragen, ob die Absturzaufzeichnung auf dem Zielsystem aktiviert werden soll. Die Aktivierung von Absturzaufzeichnungen kann sehr nützlich sein, um Systemfehler aufzuspüren, deswegen wird Anwendern empfohlen, diese so oft wie möglich einzusetzen. Wählen Sie **[Yes]**, um Absturzaufzeichnungen zu aktivieren oder **[No]**, um ohne die Aufzeichnung von Abstürzen fortzufahren.



Abbildung 3.48. Aktivierung der Absturzaufzeichnung

3.9.6. Benutzer hinzufügen

Das hinzufügen von mindestens einem Benutzer während der Installation erlaubt das Benutzen des Systems ohne als root-Benutzer angemeldet zu sein. Wenn man als root angemeldet ist, gibt es so gut wie keine Beschränkungen oder Schutz vor dem, was man tun kann. Anmelden als normaler Benutzer ist daher sicherer und bietet mehr Schutz.

Wählen Sie **[Yes]**, um neue Benutzer hinzuzufügen.

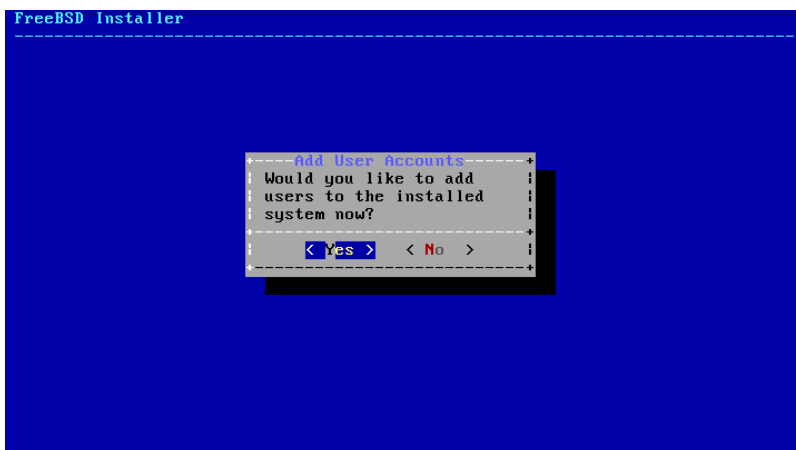


Abbildung 3.49. Benutzerkonten hinzufügen

Geben Sie die nötigen Informationen für den Benutzer ein, der dem System hinzugefügt werden soll.

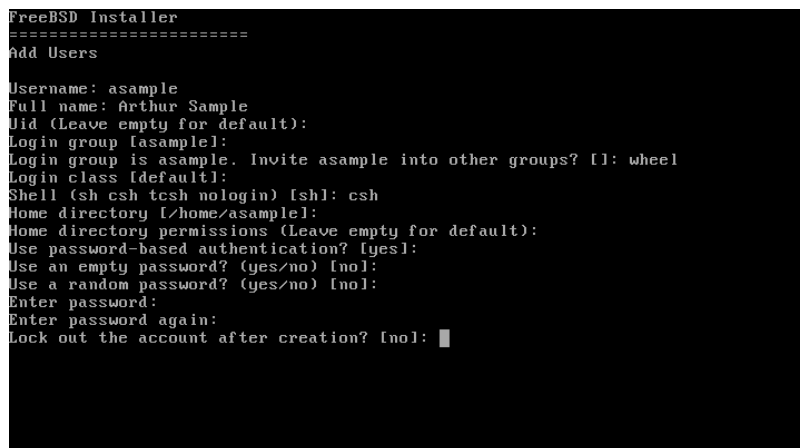


Abbildung 3.50. Benutzerinformationen eingeben

- Username - Der Name des Benutzers, den man zur Anmeldung eingeben muss. Typischerweise der erste Buchstabe des Vornamens, gefolgt vom Nachnamen.
- Full name - Der volle Name des Benutzers.
- Uid - User ID. Normalerweise wird dieses Feld leer gelassen, so dass das System einen Wert vergibt.
- Login group - Die Benutzergruppe. Normalerweise bleibt dieses Feld leer, um die Standardgruppe zu akzeptieren.
- Invite *user* into other groups? - Zusätzliche Gruppen zu denen der Benutzer als Mitglied hinzugefügt werden soll.
- Login class - In der Regel bleibt dieses Feld leer.
- Shell - Die interaktive Shell für diesen Benutzer. In diesem Beispiel wurde [csh\(1\)](#) ausgewählt.
- Home directory - Das Heimatverzeichnis des Benutzers. Die Vorgabe ist für gewöhnlich richtig.
- Home directory permissions - Zugriffsrechte auf das Heimatverzeichnis des Benutzers. Die Vorgabe ist normalerweise die passende.
- Use password-based authentication? Normalerweise yes.
- Use an empty password? - Normalerweise no.

- Use a random password? - Normalerweise no.
- Enter password - Das Passwort für diesem Benutzer. Eingegebene Zeichen werden nicht am Bildschirm angezeigt.
- Enter password again - Das Passwort muss zur Überprüfung erneut eingegeben werden.
- Lock out the account after creation? - Normalerweise no.

Nachdem alles eingegeben wurde, wird eine Zusammenfassung angezeigt und das System fragt Sie, dies so korrekt ist. Falls ein Eingabefehler gemacht wurde, geben Sie no ein und versuchen es erneut. Falls alles in Ordnung ist, drücken Sie yes, um den neuen Benutzer anzulegen.

```

Login group [asample]:
Login group is asample. Invite asample into other groups? [!]: wheel
Login class [default]:
Shell (sh csh tesh nologin) [sh]: csh
Home directory [/home/asample]:
Home directory permissions (Leave empty for default):
Use password-based authentication? [yes]:
Use an empty password? (yes/no) [no]:
Use a random password? (yes/no) [no]:
Enter password:
Enter password again:
Lock out the account after creation? [no]:
Username      : asample
Password      : *****
Full Name     : Arthur Sample
Uid           : 1001
Class        :
Groups       : asample wheel
Home         : /home/asample
Home Mode    :
Shell        : /bin/csh
Locked       : no
OK? (yes/no): yes
adduser: INFO: Successfully added (asample) to the user database.
Add another user? (yes/no):

```

Abbildung 3.51. Verlassen der Benutzer- und Gruppenverwaltung

Falls es mehr Benutzer hinzuzufügen gibt, beantworten Sie die Frage Add another user? mit yes. Geben Sie no ein, wird das hinzufügen von Benutzern beendet und die Installation fortgesetzt.

Für weitere Informationen zum hinzufügen von Benutzern und deren Verwaltung, lesen Sie [Abschnitt 4.3, „Benutzer und grundlegende Account-Verwaltung“](#).

3.9.7. Letzte Konfigurationsschritte

Nachdem alles installiert und konfiguriert wurde, bekommen Sie noch eine letzte Chance, um Einstellungen zu verändern.

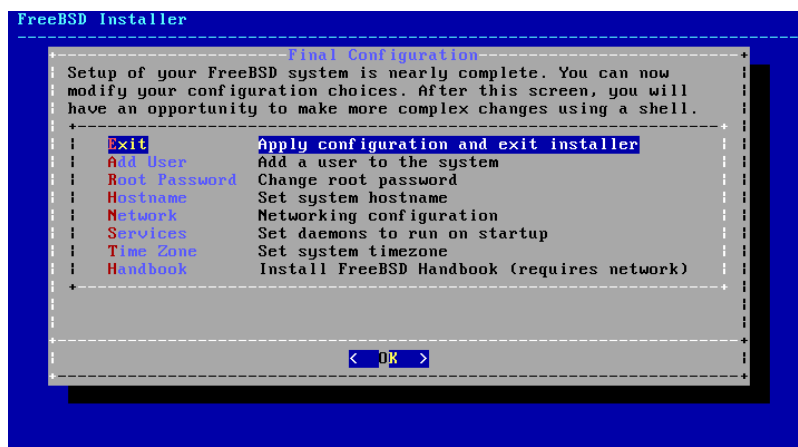


Abbildung 3.52. Letzte Schritte der Konfiguration

Verwenden Sie dieses Menü, um noch letzte Änderungen oder zusätzliche Konfigurationen vor dem Abschliessen der Installation zu tätigen.

- Add User - Beschrieben in [Abschnitt 3.9.6, „Benutzer hinzufügen“](#).
- Root Password - Beschrieben in [Abschnitt 3.9.1, „Setzen des root-Passworts“](#).
- Hostname - Beschrieben in [Abschnitt 3.5.2, „Den Rechnernamen festlegen“](#).
- Network - Beschrieben in [Abschnitt 3.9.2, „Die Netzwerkschnittstelle konfigurieren“](#).
- Services - Beschrieben in [Abschnitt 3.9.4, „Zu aktivierende Dienste auswählen“](#).
- Time Zone - Beschrieben in [Abschnitt 3.9.3, „Setzen der Zeitzone“](#).
- Handbook - Herunterladen und installieren des FreeBSD Handbuchs.

Nachdem die letzten Konfigurationsschritte beendet sind, wählen Sie **Exit**, um die Installation zu verlassen.



Abbildung 3.53. Manuelle Konfiguration

bsdinstall wird nach zusätzlichen Konfigurationen, die noch zu tätigen sind, fragen, bevor in das neue System gebootet wird. Wählen Sie **[Yes]**, um in eine Shell innerhalb des neuen Systems zu wechseln oder **[No]**, um mit dem letzten Schritt der Installation zu beginnen.

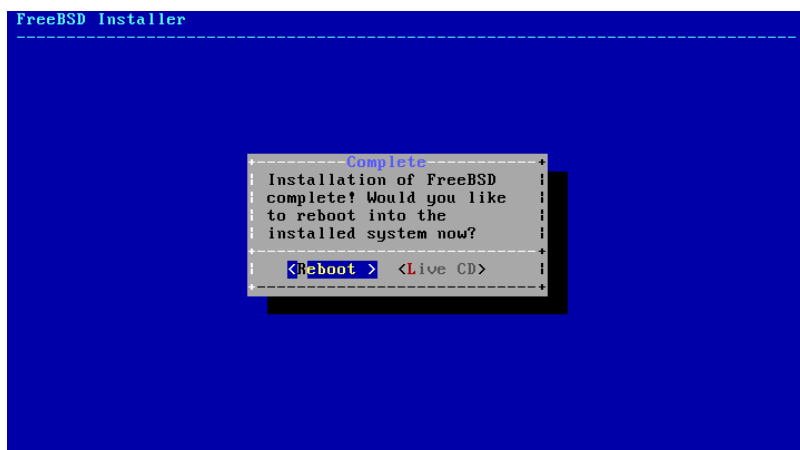


Abbildung 3.54. Die Installation vervollständigen

Wenn weitere Konfigurationen oder besondere Einstellungen benötigt werden, kann durch auswählen von **[Live CD]** das Installationsmedium im Live-CD Modus gestartet werden.

Wenn die Installation vollständig ist, wählen Sie **[Reboot]**, um den Computer neu zu starten und das neu installierte FreeBSD-System zu booten. Vergessen Sie nicht, die FreeBSD Installations-CD, -DVD oder den USB-Stick zu entfernen, oder der Computer wird erneut davon starten.

3.9.8. FreeBSD starten und herunterfahren

3.9.8.1. FreeBSD/i386 starten

Wenn FreeBSD startet, werden viele Informationsmeldungen ausgegeben. Die meisten davon werden aus dem Bildschirm verschwinden, das ist normal. Nachdem das System den Startvorgang abgeschlossen hat, wird eine Anmeldeaufforderungen angezeigt. Um Nachrichten, die aus dem Bildschirm gelaufen sind, zu sehen, aktivieren Sie durch drücken von Scroll-Lock den *scroll-back buffer*. Die Tasten PgUp, PgDn und die Pfeiltasten dienen zur Navigation durch die Nachrichten. Durch erneutes drücken von Scroll-Lock wird der Bildschirm wieder entsperrt und kehrt zur normalen Anzeige zurück.

Am login:-Bildschirm geben Sie den Benutzernamen ein, den Sie während der Installation angelegt haben, in diesem Fall ist das *asample*. Vermeiden Sie die Anmeldung als *root*, ausser wenn es wirklich notwendig ist.

Der oben beschriebene scroll-back buffer ist in der Größe beschränkt, somit werden vielleicht nicht alle Nachrichten sichtbar sein. Nach dem Anmelden können die meisten davon aus der Kommandozeile aus durch eingabe von `dmesg | less` betrachtet werden. Durch drücken von `q` kehren Sie wieder zur Kommandozeile zurück.

Typische Startmeldungen (Versionsinformationen wurden hier weggelassen):

```
Copyright (c) 1992-2011 The FreeBSD Project.
Copyright (c) 1979, 1980, 1983, 1986, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994
    The Regents of the University of California. All rights reserved.
FreeBSD is a registered trademark of The FreeBSD Foundation.

root@farrell.cse.buffalo.edu:/usr/obj/usr/src/sys/GENERIC amd64
CPU: Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU     E8400   @ 3.00GHz (3007.77-MHz K8-class CPU)
    Origin = "GenuineIntel"  Id = 0x10676   Family = 6   Model = 17   Stepping = 6
    Features=0x783fbfff<FPU,VME,DE,PSE,TSC,MSR,PAE,MCE,CX8,APIC,SEP,MTRR,PGE,MCA,CMOV,PAT,PSE36,MMX,FXSR,SSE,SSE2>
    Features2=0x209<SSE3,MON,SSSE3>
    AMD Features=0x20100800<SYSCALL,NX,LM>
    AMD Features2=0x1<LAHF>
real memory  = 536805376 (511 MB)
avail memory = 491819008 (469 MB)
Event timer "LAPIC" quality 400
ACPI APIC Table: <VBOX  VBOXAPIC>
ioapic0: Changing APIC ID to 1
ioapic0 <Version 1.1> irqs 0-23 on motherboard
kbd1 at kbdmux0
acpi0: <VBOX VBOXXSDT> on motherboard
acpi0: Power Button (fixed)
acpi0: Sleep Button (fixed)
Timecounter "ACPI-fast" frequency 3579545 Hz quality 900
acpi_timer0: <32-bit timer at 3.579545MHz> port 0x4008-0x400b on acpi0
cpu0: <ACPI CPU> on acpi0
pcib0: <ACPI Host-PCI bridge> port 0xcf8-0xcff on acpi0
pci0: <ACPI PCI bus> on pcib0
isab0: <PCI-ISA bridge> at device 1.0 on pci0
isa0: <ISA bus> on isab0
atapci0: <Intel PIIX4 UDMA33 controller> port 0x1f0-0x1f7,0x3f6,0x170-0x177,0x376,0xd000-0xd00f at device 1.1 on pci0
ata0: <ATA channel 0> on atapci0
ata1: <ATA channel 1> on atapci0
vgapci0: <VGA-compatible display> mem 0xe0000000-0xe0ffffff irq 18 at device 2.0 on pci0
em0: <Intel(R) PRO/1000 Legacy Network Connection 1.0.3> port 0xd010-0xd017 mem 0xf0000000-0xf001ffff irq 19 at device 3.0 on pci0
em0: Ethernet address: 08:00:27:9f:e0:92
pci0: <base peripheral> at device 4.0 (no driver attached)
pcm0: <Intel ICH (82801AA)> port 0xd100-0xd1ff,0xd200-0xd23f irq 21 at device 5.0 on pci0
pcm0: <SigmaTel STAC9700/83/84 AC97 Codec>
ohci0: <OHCI (generic) USB controller> mem 0xf0804000-0xf0804fff irq 22 at device 6.0 on pci0
usb0: <OHCI (generic) USB controller> on ohci0
pci0: <bridge> at device 7.0 (no driver attached)
```

```

acpi_acad0: <AC Adapter> on acpi0
atkbdc0: <Keyboard controller (i8042)> port 0x60,0x64 irq 1 on acpi0
atkbd0: <AT Keyboard> irq 1 on atkbdc0
kbd0 at atkbd0
atkbd0: [GIANT-LOCKED]
psm0: <PS/2 Mouse> irq 12 on atkbdc0
psm0: [GIANT-LOCKED]
psm0: model IntelliMouse Explorer, device ID 4
attimer0: <AT timer> port 0x40-0x43,0x50-0x53 on acpi0
Timecounter "i8254" frequency 1193182 Hz quality 0
Event timer "i8254" frequency 1193182 Hz quality 100
sc0: <System console> at flags 0x100 on isa0
sc0: VGA <16 virtual consoles, flags=0x300>
vga0: <Generic ISA VGA> at port 0x3c0-0x3df iomem 0xa0000-0xbffff on isa0
atrtc0: <AT realtime clock> at port 0x70 irq 8 on isa0
Event timer "RTC" frequency 32768 Hz quality 0
ppc0: cannot reserve I/O port range
Timecounters tick every 10.000 msec
pcm0: measured ac97 link rate at 485193 Hz
em0: link state changed to UP
usb0: 12Mbps Full Speed USB v1.0
ugen0.1: <Apple> at usb0
uhub0: <Apple OHCI root HUB, class 9/0, rev 1.00/1.00, addr 1> on usb0
cd0 at ata1 bus 0 scbus1 target 0 lun 0
cd0: <VBOX CD-ROM 1.0> Removable CD-ROM SCSI-0 device
cd0: 33.300MB/s transfers (UDMA2, ATAPI 12bytes, PIO 65534bytes)
cd0: Attempt to query device size failed: NOT READY, Medium not present
ada0 at ata0 bus 0 scbus0 target 0 lun 0
ada0: <VBOX HARDDISK 1.0> ATA-6 device
ada0: 33.300MB/s transfers (UDMA2, PIO 65536bytes)
ada0: 12546MB (25694208 512 byte sectors: 16H 63S/T 16383C)
ada0: Previously was known as ad0
Timecounter "TSC" frequency 3007772192 Hz quality 800
Root mount waiting for: usb0
uhub0: 8 ports with 8 removable, self powered
Trying to mount root from ufs:/dev/ada0p2 [rw]...
Setting hostuuid: 1848d7bf-e6a4-4ed4-b782-bd3f1685d551.
Setting hostid: 0xa03479b2.
Entropy harvesting: interrupts ethernet point_to_point kickstart.
Starting file system checks:
/dev/ada0p2: FILE SYSTEM CLEAN; SKIPPING CHECKS
/dev/ada0p2: clean, 2620402 free (714 frags, 327461 blocks, 0.0% fragmentation)
Mounting local file systems:.
vboxguest0 port 0xd020-0xd03f mem 0xf0400000-0xf07fffff,0xf0800000-0xf0803fff irq 20 at u
device 4.0 on pci0
vboxguest: loaded successfully
Setting hostname: machine3.example.com.
Starting Network: lo0 em0.
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> metric 0 mtu 16384
options=3<RXCSUM,TXCSUM>
inet6 ::1 prefixlen 128
inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x3
inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
nd6 options=21<PERFORMNUD,AUTO_LINKLOCAL>
em0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=9b<RXCSUM,TXCSUM,VLAN_MTU,VLAN_HWTAGGING,VLAN_HWCSUM>
ether 08:00:27:9f:e0:92
nd6 options=29<PERFORMNUD,IFDISABLED,AUTO_LINKLOCAL>
media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
status: active
Starting devd.
Starting Network: usb0.
DHCPREQUEST on em0 to 255.255.255.255 port 67
DHCPACK from 10.0.2.2
bound to 192.168.1.142 -- renewal in 43200 seconds.
add net ::ffff:0.0.0.0: gateway ::1

```

```

add net ::0.0.0.0: gateway ::1
add net fe80:: gateway ::1
add net ff02:: gateway ::1
ELF ldconfig path: /lib /usr/lib /usr/lib/compat /usr/local/lib
32-bit compatibility ldconfig path: /usr/lib32
Creating and/or trimming log files.
Starting syslogd.
No core dumps found.
Clearing /tmp (X related).
Updating motd:.
Configuring syscons: blanktime.
Generating public/private rsa1 key pair.
Your identification has been saved in /etc/ssh/ssh_host_key.
Your public key has been saved in /etc/ssh/ssh_host_key.pub.
The key fingerprint is:
10:a0:f5:af:93:ae:a3:1a:b2:bb:3c:35:d9:5a:b3:f3 root@machine3.example.com
The key's randomart image is:
+--[RSA1 1024]-----+
|    o..          |
|    o . .        |
|    . o          |
|      o          |
|    o  S         |
|    + + o        |
|o . + *         |
|o+ ..+ .        |
|==o..o+E        |
+-----+
Generating public/private dsa key pair.
Your identification has been saved in /etc/ssh/ssh_host_dsa_key.
Your public key has been saved in /etc/ssh/ssh_host_dsa_key.pub.
The key fingerprint is:
7e:1c:ce:dc:8a:3a:18:13:5b:34:b5:cf:d9:d1:47:b2 root@machine3.example.com
The key's randomart image is:
+--[ DSA 1024]-----+
|    ..          . |
|    o . . . +    |
|    . . . . E .   |
|    . . o o . .   |
|    + S = .       |
|    + . = o       |
|    + . * .       |
|    . . o .       |
|    .o. .         |
+-----+
Starting sshd.
Starting cron.
Starting background file system checks in 60 seconds.

Thu Oct  6 19:15:31 MDT 2011

FreeBSD/amd64 (machine3.example.com) (ttyv0)

login:

```

Das Generieren der RSA- und DSA-Schlüssel kann auf langsameren Rechnern einige Zeit benötigen. Dies geschieht nur während der Startphase einer neuen Installation und auch nur, wenn sshd zum automatischen Start gesetzt ist. Die nachfolgenden Startvorgänge werden schneller sein.

FreeBSD installiert standardmässig keine graphische Umgebung, jedoch stehen viele zur Verfügung. Lesen Sie [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) für weitere Informationen.

3.9.9. FreeBSD herunterfahren

Das korrekte herunterfahren eines FreeBSD-Computers hilft, beugt dem Datenverlust vor und schützt sogar die Hardware vor Schäden. Schalten Sie nicht den Strom ab, bevor das System ordnungsgemäß heruntergefahren wurde. Wenn der Benutzer ein Mitglied der `wheel`-Gruppe ist, können Sie zum Superuser durch die Eingabe von `su` und der anschließenden Eingabe des Passworts von `root` werden. Andernfalls melden Sie sich mit `root` an und verwenden den Befehl `shutdown -p now`. Das System wird jetzt sauber heruntergefahren und den Rechner ausschalten.

Die `Ctrl+Alt+Del` Kombination kann verwendet werden, um das System neu zu starten, jedoch wird dies nicht während des normalen Betriebs empfohlen.

3.10. Fehlerbehebung

Der folgende Abschnitt behandelt einfache Fehlerbehebungen für die Installation, wie beispielsweise häufig auftretende Fehler, die von Anwendern berichtet wurden.

3.10.1. Was man tun sollte, wenn etwas schiefgeht

Wegen verschiedener Limitierungen der PC-Architektur ist es unmöglich dass die Geräteerkennung 100% verlässlich funktioniert. Jedoch gibt es ein paar Dinge, die man tun kann, wenn es fehlschlägt.

Überprüfen Sie die Hardware Notes (<http://www.FreeBSD.org/releases/index.html>) nach der Version von FreeBSD, um sicher zu stellen, dass die Hardware auch unterstützt wird.

Wenn die Hardware unterstützt wird und Sie immer noch Abstürze oder andere Probleme erleben, müssen Sie einen eigenen Kernel bauen. Diese Prozedur wird in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben. Das erlaubt es, Unterstützung für Geräte, die im `GENERIC`-Kernel nicht vorhanden sind, hinzuzufügen. Der Kernel auf den Bootmedien ist mit der Annahme konfiguriert, dass die Hardwaregeräte sich in ihren Fabrikeinstellungen in Bezug auf IRQs, I/O-Adressen und DMA-Kanälen befinden. Wenn die Hardware neu konfiguriert wurde, werden Sie möglicherweise die Konfiguration des Kernels bearbeiten und diesen neu erstellen müssen, um FreeBSD mitzuteilen, wo es gewisse Dinge finden kann.

Es ist auch möglich, dass ein fehlerhaft erkanntes Gerät die Erkennung eines vorhandenen, späteren Geräts ebenfalls fehlschlagen lässt. In diesem Fall sollte die Erkennung des fehlerhaften Gerätetreibers deaktiviert werden.



Anmerkung

Manche Installationsprobleme können Aktualisierung der Firmware auf verschiedenen Hardwarekomponenten verhindert oder verringert werden, meistens am Mainboard. Mit Mainboard-Firmware ist für gewöhnlich das BIOS gemeint. Die meisten Mainboard- und Computerhersteller haben eine Webseite mit Aktualisierungen und Informationen zur Durchführung.

Hersteller raten meist von einer Aktualisierung des Mainboard-BIOS ab, ausser es gibt einen guten Grund dafür, wie beispielsweise eine kritische Aktualisierung. Der Aktualisierungsvorgang *kann* schiefgehen, was das BIOS unvollständig macht und den Computer nicht mehr starten lässt.

3.10.2. Fragen und Antworten zur Fehlerbehebung

F: Mein System hängt während die Geräteerkennung beim Starten durchgeführt wird oder verhält sich merkwürdig während der Installation.

- A: FreeBSD macht starken Gebrauch vom ACPI-Dienst des Systems auf den i386-, amd64-, and ia64-Plattformen, um den System bei der Konfiguration während des Startvorgangs zu helfen. Leider existieren immer noch Fehler im ACPI-Treiber, in den Mainboards und der BIOS-Firmware. ACPI kann durch setzen der Einstellung `hint.acpi.0.disabled` im dritten Teil des Bootloaders deaktiviert werden:

```
set hint.acpi.0.disabled="1"
```

Dies wird nach jedem Neustart des Systems wieder zurückgesetzt, also ist es notwendig, die Zeile `hint.acpi.0.disabled="1"` zu der Datei `/boot/loader.conf` hinzuzufügen. Weitere Informationen über den Bootloader lassen sich in [Abschnitt 13.1, „Übersicht“](#) nachlesen.

3.11. Verwendung der Live-CD

Neben dem Installationsprogramm steht auch die Live-CD von FreeBSD auf der CD zur Verfügung. Die Live-CD ist für Benutzer, die sich fragen, ob FreeBSD das richtige Betriebssystem für sie ist und die vor der Installation noch einige Merkmale und Eigenschaften testen wollen.



Anmerkung

Die folgenden Punkte sollten beachtet werden, während die Live-CD benutzt wird:

- Um Zugriff auf das System zu bekommen, wird eine Authentifizierung benötigt. Der Benutzername ist `root` und das Kennwort bleibt leer.
- Da das System direkt von der CD ausgeführt wird, ist die Geschwindigkeit deutlich langsamer als bei einem System, das auf einer Festplatte installiert ist.
- Die Live-CD enthält nur eine Eingabeaufforderung und keine graphische Oberfläche.

Kapitel 4. Grundlagen des UNIX Betriebssystems

4.1. Übersicht

Dieses Kapitel umfasst die grundlegenden Kommandos und Funktionsweisen des FreeBSD-Betriebssystems. Viel von diesem Material gilt auch für jedes andere UNIX®-artige System. Neue Benutzer von FreeBSD sollten dieses Kapitel aufmerksam lesen.

Dieser Abschnitt behandelt die folgenden Themen:

- virtuelle Konsolen,
- Erstellung und Verwaltung von Benutzern und Gruppen in FreeBSD,
- Zugriffsrechte unter UNIX® sowie Datei-Flags unter FreeBSD,
- Zugriffskontrolllisten für Dateisysteme,
- die Verzeichnisstruktur von FreeBSD,
- Organisation von Dateisystemen unter FreeBSD,
- Ein- und Abhängen von Dateisystemen,
- Prozesse, Dämonen und Signale,
- Shells und die Login-Umgebung,
- Texteditoren,
- Geräte und Gerätedateien,
- wie Sie in den Manualpages nach weiteren Informationen suchen können.

4.2. Virtuelle Konsolen und Terminals

Wenn das FreeBSD-System so konfiguriert wurde, dass es ohne eine grafische Benutzeroberfläche startet, wird das System nach dem Start einen Anmeldeprompt ausgeben, wie in diesem Beispiel zu sehen:

```
FreeBSD/amd64 (pc3.example.org) (ttyv0)
login:
```

Die erste Zeile enthält einige Informationen über das System. `amd64` zeigt an, dass auf dem System in diesem Beispiel eine 64-Bit Version von FreeBSD läuft. Der Hostname ist `pc3.example.org` und `ttyv0` gibt an, dass dies die „Systemkonsole“ ist. Die zweite Zeile zeigt den Anmeldeprompt.

Da FreeBSD ein Mehrbenutzersystem ist, muss es die verschiedenen Benutzer voneinander unterscheiden können. Dies wird dadurch erreicht, dass sich jeder Benutzer zuerst am System anmelden muss, um Zugriff auf die Programme zu bekommen. Jeder Benutzer hat einen eindeutigen „Benutzernamen“ und ein persönliches „Kennwort“.

Um sich auf der Systemkonsole anzumelden, geben Sie den Benutzernamen ein, der während der Systeminstallation, wie in ??? beschrieben, konfiguriert wurde und drücken Sie Enter. Geben Sie dann das zum Benutzernamen zugeordnete Passwort ein und drücken Enter. Das Passwort wird aus Sicherheitsgründen *nicht angezeigt*.

Sobald das richtige Passwort eingegeben wird, wird die Nachricht des Tages (MOTD) gefolgt von einer Eingabeaufforderung ausgegeben. In Abhängigkeit der verwendeten Shell des Benutzers wird der Prompt mit dem Zeichen #, \$ oder % dargestellt. Der Prompt zeigt an, dass der Benutzer jetzt an der FreeBSD Systemkonsole angemeldet ist und nun alle verfügbaren Befehle probieren kann.

4.2.1. Virtuelle Konsolen

Obwohl die Systemkonsole dazu verwendet werden kann, um mit dem System zu interagieren, wird sich ein Benutzer in der Regel an einer virtuellen Konsole im FreeBSD-System anmelden. Das liegt daran, dass die Systemmeldungen standardmäßig auf der Systemkonsole angezeigt werden und somit die Meldungen des Befehls oder einer Datei, die der Benutzer gerade bearbeitet, überschrieben werden.

In der Voreinstellung ist FreeBSD so konfiguriert, dass viele virtuelle Konsolen zur Eingabe von Befehlen zur Verfügung stehen. Jede virtuelle Konsole verfügt über einen eigenen Anmeldeprompt und eine Shell. Sie können ganz einfach zwischen den virtuellen Konsolen umschalten. Dies ist vergleichbar mit mehreren geöffneten Fenstern in einer graphischen Umgebung.

Die Tastenkombinationen Alt+F1 bis Alt+F8 sind in FreeBSD zum Umschalten zwischen virtuellen Konsolen reserviert. Verwenden Sie Alt+F1 um auf die Systemkonsole (ttyv0) zu wechseln, Alt+F2 für die erste virtuelle Konsole (ttyv1, Alt+F3 für die zweite virtuelle Konsole (ttyv2, und so weiter.

Beim Wechsel von einer Konsole zur nächsten wird die Bildschirmausgabe von FreeBSD verwaltet. Dies erzeugt die Illusion mehrerer Bildschirme und Tastaturen, an denen Kommandos abgesetzt werden können. Die Programme, die in einer virtuellen Konsole gestartet werden, laufen auch dann weiter, wenn der Benutzer auf eine andere virtuelle Konsole wechselt.

Lesen Sie [syscons\(4\)](#), [atkbd\(4\)](#), [vidcontrol\(1\)](#) und [kbdcontrol\(1\)](#) für eine recht technische Beschreibung der FreeBSD-Konsole und der Tastatur-Treiber.

In FreeBSD wird die Anzahl der verfügbaren virtuellen Konsolen in diesem Abschnitt von `/etc/ttys` konfiguriert:

#	name	getty	type	status	comments
#					
ttyv0		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
#	Virtual terminals				
ttyv1		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv2		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv3		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv4		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv5		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv6		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv7		"/usr/libexec/getty Pc"	xterm	on	secure
ttyv8		"/usr/X11R6/bin/xdm -nodaemon"	xterm	off	secure

Um eine virtuelle Konsole zu deaktivieren, setzen Sie ein Kommentarzeichen (# an den Anfang der Zeile für die entsprechende Konsole. Um bspw. die Anzahl der verfügbaren virtuellen Konsolen von acht auf vier zu reduzieren, setzen Sie ein # an den Anfang der letzten vier Zeilen, den virtuellen Konsolen ttyv5 bis ttyv8. Kommentieren Sie nicht die Zeile für die Systemkonsole ttyv0 aus! Beachten Sie, dass die letzte virtuelle Konsole (ttyv8) zum Wechsel auf die graphische Oberfläche gedacht ist, wenn Xorg wie im [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) installiert und konfiguriert ist.

[tts\(5\)](#) enthält eine ausführliche Beschreibung der Spalten dieser Datei und der verfügbaren Optionen für virtuelle Konsolen.

4.2.2. Single-User-Modus

Das FreeBSD Boot-Menü verfügt über eine Option „Boot Single User“. Wird diese Option gewählt, bootet das System in einen speziellen Modus, der als „Single-User-Modus“ bekannt ist. Dieser Modus wird normalerweise zur Reparatur des Systems verwendet, bspw. wenn das System nicht mehr startet, oder das root-Passwort zurückgesetzt werden muss. Im Single-User-Modus haben Sie keinen Zugriff auf das Netzwerk und es stehen Ihnen keine

weiteren virtuellen Konsolen zur Verfügung. Allerdings haben Sie vollen Zugriff auf das System und in der Voreinstellung wird das root-Passwort nicht benötigt. Aus diesem Grund wird ein physischer Zugriff auf die Tastatur benötigt, um in diesem Modus zu booten. Zur Absicherung eines FreeBSD-Systems sollte ermittelt werden, welche Personen physischen Zugriff auf die Tastatur bekommen sollen.

Die Einstellungen für den Single-User-Modus befinden sich diesem Abschnitt von `/etc/ttys` :

```
# name  getty                type  status  comments
#
# If console is marked "insecure", then init will ask for the root password
# when going to single-user mode.
console none                unknown  off  secure
```

In der Voreinstellung ist der Status auf `secure` eingestellt. Das setzt voraus, dass der physische Zugriff auf die Tastatur entweder unwichtig ist, oder über eine Sicherheitsrichtlinie geregelt wird. Wenn der Status auf `insecure` eingestellt wird, wird davon ausgegangen, dass die Umgebung selbst unsicher ist, da jeder Zugriff auf die Tastatur hat. FreeBSD wird dann nach dem root-Passwort fragen, wenn ein Benutzer versucht in den Single-User-Modus zu booten.



Anmerkung

Setzen Sie *insecure* nicht leichtfertig ein! Wenn das root-Passwort vergessen wird, wird es schwierig in den Single-User-Modus zu gelangen, wenn man den Bootprozess von FreeBSD nicht genau versteht.

4.2.3. Den Videomodus der Konsole anpassen

Der Standard-Videomodus der FreeBSD-Konsole kann auf jeden Modus eingestellt werden, der von der Grafikkarte und dem Monitor unterstützt wird (beispielsweise 1024x768 oder 1280x1024). Um eine andere Einstellung zu verwenden, muss das VESA-Modul geladen werden:

```
# kldload vesa
```

Um festzustellen, welche Video-Modi von der Hardware unterstützt werden, nutzen Sie `vidcontrol(1)`. Um eine Liste aller unterstützten Modi zu sehen, verwenden Sie diesen Befehl:

```
# vidcontrol -i mode
```

Die Ausgabe dieses Befehls listet alle Videomodi, die von der Hardware unterstützt werden. Um einen neuen Video-Modi zu wählen, wird der entsprechende Modus als root-Benutzer an `vidcontrol(1)` übergeben:

```
# vidcontrol MODE_279
```

Um diese Einstellung dauerhaft zu speichern, muss folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzugefügt werden:

```
allscreens_flags="MODE_279"
```

4.3. Benutzer und grundlegende Account-Verwaltung

FreeBSD ermöglicht es mehreren Benutzern, den Computer zur selben Zeit zu benutzen. Es kann immer nur ein Benutzer vor der Konsole sitzen, aber es können sich beliebig viele Benutzer über das Netzwerk am System anmelden. Jeder Benutzer muss einen Account haben, um das System benutzen zu können.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- die verschiedenen Account-Typen von FreeBSD kennen,
- wissen, wie Sie Accounts anlegen, verändern oder löschen,

- wissen, wie Sie Limits für einen Benutzer oder eine Gruppe setzen, um beispielsweise Ressourcen, wie Speicher oder CPU-Zeit einzuschränken,
- wissen, wie Sie Gruppen erstellen und Benutzer zu diesen Gruppen hinzufügen.

4.3.1. Account-Typen

Jeder Zugriff auf das FreeBSD-System geschieht über Accounts und alle Prozesse werden von Benutzern gestartet, also sind Benutzer- und Account-Verwaltung von wesentlicher Bedeutung.

Es gibt drei Haupttypen von Accounts: Systembenutzer, Benutzer-Accounts und der Superuser-Account.

4.3.1.1. Systembenutzer

Systembenutzer starten Dienste wie DNS, Mail-Server und Web-Server. Der Grund dafür ist die Sicherheit; wenn die Programme von dem Superuser gestartet werden, können Sie ohne Einschränkungen handeln.

Beispiele von Systembenutzern sind `daemon`, `operator`, `bind`, `news` und `www`.

`nobody` ist der generische unprivilegierte Systembenutzer. Bedenken Sie aber, dass je mehr Dienste `nobody` benutzen, desto mehr Dateien und Prozesse diesem Benutzer gehören und dieser Benutzer damit umso privilegierter wird.

4.3.1.2. Benutzer-Accounts

Benutzer-Accounts sind realen Personen zugeordnet und sind das primäre Mittel des Zugriffs das System. Jede Person, die Zugriff auf das System bekommt, sollte einen eindeutigen Benutzer-Account besitzen. Dies erlaubt es dem Administrator herauszufinden, wer was macht. Gleichzeitig werden die Benutzer daran gehindert, die Einstellungen anderer Benutzer zu zerstören.

Jeder Benutzer kann die eigene Umgebung anpassen, bspw. seine voreingestellte Shell, Editor, Tastenbelegungen und Spracheinstellungen.

Mit jedem Account eines FreeBSD-Systems sind bestimmte Informationen verknüpft:

Loginnamen

Der Loginname wird am `login`: Prompt eingegeben. Jeder Benutzer muss einen eindeutigen Benutzernamen haben. Es gibt eine Reihe von Regeln für die Erstellung von gültigen Loginnamen, die in [passwd\(5\)](#) dokumentiert sind. Es wird aus Kompatibilitätsgründen empfohlen, Benutzernamen zu verwenden, die aus Kleinbuchstaben bestehen und bis zu acht Zeichen lang sind.

Passwort

Jeder Account ist mit einem Passwort verknüpft.

User ID (UID)

Die User ID (UID) ist eine Zahl, die verwendet wird, um die Benutzer auf dem FreeBSD-System eindeutig zu identifizieren. Programme, die einen Loginnamen akzeptieren, wandeln diesen zuerst in eine UID um. Es wird empfohlen, nur UIDs kleiner 65535 zu verwenden, da höhere Werte Kompatibilitätsprobleme mit einigen Anwendungen verursachen können.

Group ID (GID)

Die Group ID (GID) ist eine Zahl, die verwendet wird, um die primäre Gruppe eines Benutzers eindeutig zu identifizieren. Gruppen sind ein Mechanismus zur Steuerung des Zugriffs auf Ressourcen über die GID eines Benutzers anstelle der UID. Dies kann die Größe einiger Konfigurationsdateien signifikant reduzieren und ermöglicht es Benutzern, Mitglied mehreren Gruppen zu sein. Es wird empfohlen, GIDs kleiner 65535 zu verwenden, da höhere Werte bei einigen Anwendungen große Probleme verursachen können.

Login-Klasse

Login-Klassen erweitern das Gruppenkonzept. Sie erhöhen die Flexibilität des Systems in der Handhabung der verschiedenen Accounts. Login-Klassen werden auch im [Abschnitt 14.13.1, „Login-Klassen konfigurieren“](#) diskutiert.

Gültigkeit von Passwörtern

In der Voreinstellung verfallen Passwörter nicht. Allerdings können Passwortwechsel nach einer gewissen Zeit auf Basis einzelner Accounts erzwungen werden.

Verfallszeit eines Accounts

In der Voreinstellung verfallen unter FreeBSD keine Accounts. Wenn Sie Accounts einrichten, die nur für eine bestimmte Zeit gültig sein sollen, beispielsweise Accounts für Teilnehmer eines Praktikums, können Sie mit `pw(8)` die Gültigkeitsdauer des Accounts angeben. Nachdem die angegebene Zeitspanne verstrichen ist, kann dieser Account nicht mehr zum Anmelden verwendet werden, obwohl alle Verzeichnisse und Dateien, die diesem Account gehören, noch vorhanden sind.

vollständiger Benutzername

FreeBSD identifiziert einen Account eindeutig über den Loginnamen, der aber keine Ähnlichkeit mit dem richtigen Namen des Benutzers haben muss. Ähnlich wie bei einem Kommentar, kann diese Information Leerzeichen, Großbuchstaben und mehr als 8 Zeichen enthalten.

Heimatverzeichnis

Das Heimatverzeichnis gibt den vollständigen Pfad zu dem Verzeichnis an, in dem sich der Benutzer nach erfolgreicher Anmeldung befindet. Es ist üblich, alle Heimatverzeichnisse unter `/home/Loginname` oder `/usr/home/Loginname` anzulegen. Im Heimatverzeichnis oder in dort angelegten Verzeichnissen werden die Dateien eines Benutzers gespeichert.

Login-Shell

Grundsätzlich ist die Shell, von denen es viele unterschiedliche gibt, eine Schnittstelle zum System. Die bevorzugte Shell eines Benutzers kann seinem Account zugeordnet werden.

4.3.1.3. Der Superuser-Account

Der Superuser-Account, normalerweise `root` genannt, ist vorkonfiguriert und erleichtert die Systemverwaltung, sollte aber nicht für alltägliche Aufgaben wie das Verschicken und Empfangen von Mails, Erforschen des Systems oder Programmierung benutzt werden.

Der Superuser kann, im Gegensatz zu normalen Benutzer-Accounts, ohne Beschränkungen operieren und die falsche Anwendung des Superuser-Accounts kann in spektakulären Katastrophen resultieren. Benutzer-Accounts sind nicht in der Lage, das System versehentlich zu zerstören, deswegen wird empfohlen, normale Benutzer-Accounts zu verwenden, solange nicht zusätzliche Privilegien benötigt werden.

Kommandos, die Sie als Superuser eingeben, sollten Sie immer doppelt und dreifach überprüfen, da ein zusätzliches Leerzeichen oder ein fehlender Buchstabe irreparablen Datenverlust bedeuten kann.

Es gibt mehrere Möglichkeiten Superuser-Rechte zu bekommen. Obwohl man sich direkt als `root` anmelden kann, wird von dieser Methode dringend abgeraten.

Verwenden Sie stattdessen `su(1)` um zum Superuser zu werden. Wenn Sie noch ein `-` eingeben, wird der Benutzer auch die Umgebung des Root-Benutzers erben. Der Benutzer, der diesen Befehl ausführt muss Mitglied der Gruppe `wheel` sein, oder der Befehl schlägt fehl. Zudem muss der Benutzer das Kennwort für den Benutzer-Account `root` kennen.

In diesem Beispiel wird der Benutzer nur zum Superuser, um `make install` auszuführen, da dieser Befehl Superuser-Rechte erfordert. Nachdem der Befehl ausgeführt wurde, kann der Benutzer `exit` eingeben, um den Superuser-Account zu verlassen und zu den Privilegien des Benutzer-Accounts zurückkehren.

Beispiel 4.1. Ein Programm als Superuser installieren

```
% configure
% make
```

```
% su -
Password:
# make install
# exit
%
```

Das in FreeBSD enthaltene [su\(1\)](#) funktioniert gut für einzelne Systeme oder in kleineren Netzwerken, mit nur einem Administrator. Eine Alternative ist es, das Paket oder den Port [security/sudo](#) zu installieren. Diese Software bietet eine Protokollierung von Aktivitäten und ermöglicht es dem Administrator zu bestimmen, welche Benutzer welche Befehle als Superuser ausführen dürfen.

4.3.2. Accounts verändern

FreeBSD stellt eine Vielzahl an Programmen bereit, um Accounts zu verändern. Die gebräuchlichsten Kommandos sind in [Tabelle 4.1, „Programme zur Verwaltung von Benutzer-Accounts“](#) gefolgt von einer detaillierten Beschreibung, zusammengefasst. Weitere Informationen und Anwendungsbeispiele finden Sie in der Manualpage des jeweiligen Programms.

Tabelle 4.1. Programme zur Verwaltung von Benutzer-Accounts

Programm	Zusammenfassung
adduser(8)	Das empfohlene Werkzeug, um neue Accounts zu erstellen.
rmuser(8)	Das empfohlene Werkzeug, um Accounts zu löschen.
chpass(1)	Ein flexibles Werkzeug, um Informationen in der Account-Datenbank zu verändern.
passwd(1)	Ein Werkzeug, um Passwörter von Accounts zu ändern.
pw(8)	Ein mächtiges und flexibles Werkzeug um alle Informationen über Accounts zu ändern.

4.3.2.1. adduser

Das empfohlene Programm zum Hinzufügen neuer Benutzer ist [adduser\(8\)](#). Wenn ein neuer Benutzer hinzugefügt wird, aktualisiert das Programm automatisch `/etc/passwd` und `/etc/group`. Es erstellt auch das Heimatverzeichnis für den Benutzer, kopiert die Standardkonfigurationsdateien aus `/usr/share/skel` und kann optional eine „Willkommen“-Nachricht an den neuen Benutzer versenden. Das Programm muss als Superuser ausgeführt werden.

Das Werkzeug [adduser\(8\)](#) arbeitet interaktiv und führt durch die einzelnen Schritte, wenn ein neues Benutzerkonto erstellt wird. Wie in [Beispiel 4.2, „Einen Benutzer unter FreeBSD anlegen“](#) zu sehen ist, müssen Sie entweder die benötigte Information eingeben oder Return drücken, um den Vorgabewert in eckigen Klammern zu akzeptieren. In diesem Beispiel wird der Benutzer in die Gruppe `wheel` aufgenommen, was es ihm erlaubt mit [su\(1\)](#) zum Superuser zu werden. Wenn Sie fertig sind, können Sie entweder einen weiteren Benutzer erstellen oder das Programm beenden.

Beispiel 4.2. Einen Benutzer unter FreeBSD anlegen

```
# adduser
Username: jru
Full name: J. Random User
Uid (Leave empty for default):
Login group [jru]:
Login group is jru. Invite jru into other groups? []: wheel
```



```

Login class [default]:
Shell (sh csh tcsh zsh nologin) [sh]: zsh
Home directory [/home/jru]:
Home directory permissions (Leave empty for default):
Use password-based authentication? [yes]:
Use an empty password? (yes/no) [no]:
Use a random password? (yes/no) [no]:
Enter password:
Enter password again:
Lock out the account after creation? [no]:
Username   : jru
Password   : ****
Full Name   : J. Random User
Uid        : 1001
Class      :
Groups     : jru wheel
Home       : /home/jru
Shell      : /usr/local/bin/zsh
Locked     : no
OK? (yes/no): yes
adduser: INFO: Successfully added (jru) to the user database.
Add another user? (yes/no): no
Goodbye!
#

```



Anmerkung

Wenn Sie das Passwort eingeben, werden weder Passwort noch Sternchen angezeigt. Passen Sie auf, dass Sie das Passwort korrekt eingeben.

4.3.2.2. rmuser

Benutzen Sie [rmuser\(8\)](#) als Superuser, um einen Account vollständig aus dem System zu entfernen. Dieses Programm führt die folgenden Schritte durch:

1. Entfernt den [crontab\(1\)](#) Eintrag des Benutzers, wenn dieser existiert.
2. Entfernt alle [at\(1\)](#) jobs, die dem Benutzer gehören.
3. Schließt alle Prozesse des Benutzers.
4. Entfernt den Benutzer aus der lokalen Passwort-Datei des Systems.
5. Entfernt optional das Heimatverzeichnis des Benutzers, falls es dem Benutzer gehört.
6. Entfernt eingegangene E-Mails des Benutzers aus `/var/mail`.
7. Entfernt alle Dateien des Benutzers aus temporären Dateispeicherbereichen wie `/tmp`.
8. Entfernt den Loginnamen von allen Gruppen, zu denen er gehört, aus `/etc/group`. Wenn eine Gruppe leer wird und der Gruppenname mit dem Loginnamen identisch ist, wird die Gruppe entfernt. Das ergänzt sich mit den einzelnen Benutzer-Gruppen, die von [adduser\(8\)](#) für jeden neuen Benutzer erstellt werden.

Der Superuser-Account kann nicht mit [rmuser\(8\)](#) entfernt werden, da dies in den meisten Fällen das System unbrauchbar macht.

Als Vorgabe wird ein interaktiver Modus benutzt.

Beispiel 4.3. Interaktives Löschen von Accounts mit `rmuser`

```
# rmuser jru
Matching password entry:
jru:*:1001:1001::0:0:J. Random User:/home/jru:/usr/local/bin/zsh
Is this the entry you wish to remove? y
Remove user's home directory (/home/jru)? y
Removing user (jru): mailspool home passwd.
#
```

4.3.2.3. `chpass`

Jeder Benutzer kann `chpass(1)` verwenden, um die Shell und persönliche Informationen des Benutzerkontos zu verändern. Der Superuser kann dieses Werkzeug benutzen, um zusätzliche Kontoinformationen für alle Benutzer zu ändern.

Werden neben dem optionalen Loginnamen keine weiteren Optionen angegeben, zeigt `chpass(1)` einen Editor mit Account-Informationen an. Wenn der Benutzer den Editor verlässt, wird die Account-Datenbank mit den neuen Informationen aktualisiert.



Anmerkung

Dieses Programm fragt nach dem Verlassen des Editors nach dem Passwort, es sei denn, man ist als Superuser angemeldet.

In [Beispiel 4.4, „`chpass` als Superuser verwenden](#)“ hat der Superuser `chpass jru` eingegeben. Es werden die Felder ausgegeben, die für diesen Benutzer geändert werden können. Wenn stattdessen `jru` diesen Befehl aufruft, werden nur die letzten sechs Felder ausgegeben. Dies ist in [Beispiel 4.5, „`chpass` als normaler Benutzer verwenden](#)“ zu sehen.

Beispiel 4.4. `chpass` als Superuser verwenden

```
#Changing user database information for jru.
Login: jru
Password: *
Uid [#]: 1001
Gid [# or name]: 1001
Change [month day year]:
Expire [month day year]:
Class:
Home directory: /home/jru
Shell: /usr/local/bin/zsh
Full Name: J. Random User
Office Location:
Office Phone:
Home Phone:
Other information:
```

Beispiel 4.5. `chpass` als normaler Benutzer verwenden

```
#Changing user database information for jru.  
Shell: /usr/local/bin/tcsh  
Full Name: J. Random User  
Office Location:  
Office Phone:  
Home Phone:  
Other information:
```



Anmerkung

Die Kommandos `chfn(1)` und `chsh(1)` sind nur Verweise auf `chpass(1)`, genauso wie `ypchpass(1)`, `ypchfn(1)` und `ypchsh(1)`. Da NIS automatisch unterstützt wird, ist es nicht notwendig das `yp` vor dem Kommando einzugeben. NIS wird später im [Kapitel 29, Netzwerkservers](#) besprochen.

4.3.2.4. `passwd`

Jeder Benutzer kann mit `passwd(1)` einfach sein Passwort ändern. Um eine versehentliche oder unbefugte Änderung zu verhindern, muss bei einem Passwortwechsel zunächst das ursprüngliche Passwort eingegeben werden, bevor das neue Passwort festgelegt werden kann.

Beispiel 4.6. Das eigene Passwort wechseln

```
% passwd  
Changing local password for jru.  
Old password:  
New password:  
Retype new password:  
passwd: updating the database...  
passwd: done
```

Der Superuser kann jedes beliebige Passwort ändern, indem er den Benutzernamen an `passwd(1)` übergibt. Das Programm fordert den Superuser nicht dazu auf, das aktuelle Passwort des Benutzers einzugeben. Dadurch kann das Passwort geändert werden, falls der Benutzer sein ursprüngliches Passwort vergessen hat.

Beispiel 4.7. Als Superuser das Passwort eines anderen Accounts verändern

```
# passwd jru  
Changing local password for jru.  
New password:  
Retype new password:  
passwd: updating the database...
```

```
passwd: done
```



Anmerkung

Wie bei `chpass(1)` ist `yppasswd(1)` nur ein Verweis auf `passwd(1)`. NIS wird von jedem dieser Kommandos unterstützt.

4.3.2.5. pw

Mit dem Werkzeug `pw(8)` können Accounts und Gruppen erstellt, entfernt, verändert und angezeigt werden. Dieses Kommando dient als Schnittstelle zu den Benutzer- und Gruppendateien des Systems. `pw(8)` besitzt eine Reihe mächtiger Kommandozeilenschalter, die es für die Benutzung in Shell-Skripten geeignet machen, doch finden neue Benutzer die Bedienung des Kommandos komplizierter, als die der anderen hier vorgestellten Kommandos.

4.3.3. Gruppen

Eine Gruppe ist einfach eine Zusammenfassung von Accounts. Gruppen werden durch den Gruppennamen und die GID identifiziert. Der Kernel von FreeBSD entscheidet anhand der UID und der Gruppenmitgliedschaft eines Prozesses, ob er dem Prozess etwas erlaubt oder nicht. Wenn jemand von der GID eines Benutzers oder Prozesses spricht, meint er damit meistens die erste Gruppe der Gruppenliste.

Die Zuordnung von Gruppennamen zur GID steht in `/etc/group`, einer Textdatei mit vier durch Doppelpunkte getrennten Feldern. Im ersten Feld steht der Gruppenname, das zweite enthält ein verschlüsseltes Passwort, das dritte gibt die GID an und das vierte besteht aus einer Komma separierten Liste der Mitglieder der Gruppe. Eine ausführliche Beschreibung der Syntax dieser Datei finden Sie in `group(5)`.

Wenn Sie `/etc/group` nicht händisch editieren möchten, können Sie `pw(8)` zum Editieren benutzen. Das folgende Beispiel zeigt das Hinzufügen einer Gruppe mit dem Namen `teamtwo`:

Beispiel 4.8. Setzen der Mitgliederliste einer Gruppe mit `pw(8)`

```
# pw groupadd teamtwo
# pw groupshow teamtwo
teamtwo:*:1100:
```

1100 ist die GID der Gruppe `teamtwo`. Momentan hat `teamtwo` noch keine Mitglieder. Mit dem folgenden Kommando wird der Benutzer `jru` in die Gruppe `teamtwo` aufgenommen.

Beispiel 4.9. Ein Gruppenmitglied mit `pw(8)` hinzufügen

```
# pw groupmod teamtwo -M jru
# pw groupshow teamtwo
teamtwo:*:1100:jru
```

Als Argument von `-M` geben Sie eine Komma separierte Liste von Mitgliedern an, die in die Gruppe aufgenommen werden sollen. Aus den vorherigen Abschnitten ist bekannt, dass die Passwort-Datei ebenfalls eine Gruppe für jeden

Benutzer enthält. Das System teilt dem Benutzer automatisch eine Gruppe zu, die aber vom `groupshow` Kommando von `pw(8)` nicht angezeigt wird. Diese Information wird allerdings von `id(1)` und ähnlichen Werkzeugen angezeigt. Das heißt, dass `pw(8)` nur `/etc/group` manipuliert, es wird nicht versuchen, zusätzliche Informationen aus `/etc/passwd` zu lesen.

Beispiel 4.10. Hinzufügen eines neuen Gruppenmitglieds mittels `pw(8)`

```
# pw groupmod teamtwo -m db
# pw groupshow teamtwo
teamtwo:*:1100:jru,db
```

Die Argumente zur Option `-m` ist eine durch Komma getrennte Liste von Benutzern, die der Gruppe hinzugefügt werden sollen. Anders als im vorherigen Beispiel werden diese Benutzer in die Gruppe aufgenommen und ersetzen nicht die bestehenden Benutzer in der Gruppe.

Beispiel 4.11. Mit `id` die Gruppenzugehörigkeit bestimmen

```
% id jru
uid=1001(jru) gid=1001(jru) groups=1001(jru), 1100(teamtwo)
```

In diesem Beispiel ist `jru` Mitglied von `jru` und `teamtwo`.

Weitere Informationen zu diesem Befehl und dem Format von `/etc/group` finden Sie in `pw(8)` und `group(5)`.

4.4. Zugriffsrechte

In FreeBSD besitzt jede Datei und jedes Verzeichnis einen Satz von Zugriffsrechten. Es stehen mehrere Programme zum Anzeigen und Bearbeiten dieser Rechte zur Verfügung. Ein Verständnis für die Funktionsweise von Zugriffsrechten ist notwendig, um sicherzustellen, dass Benutzer nur auf die von ihnen benötigten Dateien zugreifen können und nicht auf die Dateien des Betriebssystems oder von anderen Benutzern.

In diesem Abschnitt werden die traditionellen Zugriffsrechte von UNIX® beschrieben. Informationen zu feingranularen Zugriffsrechten für Dateisysteme finden Sie im [Abschnitt 14.9, „Zugriffskontrolllisten für Dateisysteme \(ACL\)“](#).

In UNIX® werden die grundlegenden Zugriffsrechte in drei Typen unterteilt: Lesen, Schreiben und Ausführen. Diese Zugriffstypen werden verwendet, um den Dateizugriff für den Besitzer der Datei, die Gruppe und alle anderen zu bestimmen. Die Lese-, Schreib- und Ausführungsberechtigungen werden mit den Buchstaben `r`, `w` und `x` dargestellt. Alternativ können die Berechtigungen als binäre Zahlen dargestellt werden, da jede Berechtigung entweder aktiviert oder deaktiviert (0) ist. Wenn die Berechtigung als Zahl dargestellt wird, ist die Reihenfolge immer als `rwX` zu lesen, wobei `r` den Wert 4 hat, `w` den Wert 2 und `x` den Wert 1.

In Tabelle 4.1 sind die einzelnen numerischen und alphabetischen Möglichkeiten zusammengefasst. Das Zeichen `-` in der Spalte „Auflistung im Verzeichnis“ besagt, dass eine Berechtigung deaktiviert ist.

Tabelle 4.2. UNIX® Zugriffsrechte

Wert	Zugriffsrechte	Auflistung im Verzeichnis
0	Kein Lesen, Kein Schreiben, Kein Ausführen	---

Wert	Zugriffsrechte	Auflistung im Verzeichnis
1	Kein Lesen, Kein Schreiben, Ausführen	- - x
2	Kein Lesen, Schreiben, Kein Ausführen	- w -
3	Kein Lesen, Schreiben, Ausführen	- w x
4	Lesen, Kein Schreiben, Kein Ausführen	r - -
5	Lesen, Kein Schreiben, Ausführen	r - x
6	Lesen, Schreiben, Kein Ausführen	r w -
7	Lesen, Schreiben, Ausführen	r w x

Benutzen Sie das Argument `-l` mit [ls\(1\)](#), um eine ausführliche Verzeichnisaufstellung zu sehen, die in einer Spalte die Zugriffsrechte für den Besitzer, die Gruppe und alle anderen enthält. Die Ausgabe von `ls -l` könnte wie folgt aussehen:

```
% ls -l
total 530
-rw-r--r-- 1 root wheel 512 Sep 5 12:31 myfile
-rw-r--r-- 1 root wheel 512 Sep 5 12:31 otherfile
-rw-r--r-- 1 root wheel 7680 Sep 5 12:31 email.txt
```

Das erste Zeichen (ganz links) der ersten Spalte zeigt an, ob es sich um eine normale Datei, ein Verzeichnis, ein zeichenorientiertes Gerät, ein Socket oder irgendeine andere Pseudo-Datei handelt. In diesem Beispiel zeigt `-` eine normale Datei an. Die nächsten drei Zeichen, dargestellt als `rw-`, ergeben die Rechte für den Datei-Besitzer. Die drei Zeichen danach `r--` die Rechte der Gruppe, zu der die Datei gehört. Die letzten drei Zeichen, `r--`, geben die Rechte für den Rest der Welt an. Ein Minus bedeutet, dass das Recht nicht gegeben ist. In diesem Beispiel sind die Zugriffsrechte also: der Eigentümer kann die Datei lesen und schreiben, die Gruppe kann lesen und alle anderen können auch nur lesen. Entsprechend obiger Tabelle wären die Zugriffsrechte für diese Datei **644**, worin jede Ziffer die drei Teile der Zugriffsrechte dieser Datei verkörpert.

Wie kontrolliert das System die Rechte von Hardware-Geräten? FreeBSD behandelt die meisten Hardware-Geräte als Dateien, welche Programme öffnen, lesen und mit Daten beschreiben können. Diese speziellen Gerätedateien sind in `/dev` gespeichert.

Verzeichnisse werden ebenfalls wie Dateien behandelt. Sie haben Lese-, Schreib- und Ausführ-Rechte. Das Ausführungs-Bit hat eine etwas andere Bedeutung für ein Verzeichnis als für eine Datei. Die Ausführbarkeit eines Verzeichnisses bedeutet, dass in das Verzeichnis, zum Beispiel mit [cd\(1\)](#), gewechselt werden kann. Das bedeutet auch, dass in dem Verzeichnis auf Dateien, deren Namen bekannt sind, zugegriffen werden kann, vorausgesetzt die Zugriffsrechte der Dateien lassen dies zu.

Das Leserecht auf einem Verzeichnis erlaubt es, sich den Inhalt des Verzeichnisses anzeigen zu lassen. Um eine Datei mit bekanntem Namen in einem Verzeichnis zu löschen, müssen auf dem Verzeichnis Schreib- und Ausführ-Rechte gesetzt sein.

Es gibt noch mehr Rechte, aber die werden vor allem in speziellen Umständen benutzt, wie zum Beispiel bei SetUID-Binaries und Verzeichnissen mit gesetztem Sticky-Bit. Mehr über Zugriffsrechte von Dateien und wie sie gesetzt werden, finden Sie in [chmod\(1\)](#).

4.4.1. Symbolische Zugriffsrechte

Beigesteuert von Tom Rhodes.

Symbolische Zugriffsrechte verwenden Zeichen anstelle von oktalen Werten, um die Berechtigungen für Dateien oder Verzeichnisse festzulegen. Zugriffsrechte verwenden die Syntax *Wer*, *Aktion* und *Berechtigung*. Die folgenden Werte stehen zur Auswahl:

Option	Symbol	Bedeutung
<i>Wer</i>	u	Benutzer (<i>user</i>)
<i>Wer</i>	g	Gruppe (<i>group</i>)
<i>Wer</i>	o	Andere (<i>other</i>)
<i>Wer</i>	a	Alle
<i>Aktion</i>	+	Berechtigungen hinzufügen
<i>Aktion</i>	-	Berechtigungen entziehen
<i>Aktion</i>	=	Berechtigungen explizit setzen
<i>Berechtigung</i>	r	lesen (<i>read</i>)
<i>Berechtigung</i>	w	schreiben (<i>write</i>)
<i>Berechtigung</i>	x	ausführen (<i>execute</i>)
<i>Berechtigung</i>	t	Sticky-Bit
<i>Berechtigung</i>	s	Set-UID oder Set-GID

Diese symbolischen Werte werden zusammen mit `chmod(1)` verwendet. Beispielsweise würde der folgende Befehl den Zugriff auf *FILE* für alle anderen Benutzer verbieten:

```
% chmod go= FILE
```

Wenn Sie mehr als eine Änderung der Rechte einer Datei vornehmen wollen, können Sie eine durch Kommata getrennte Liste der Rechte angeben. Das folgende Beispiel entzieht der Gruppe und der Welt die Schreibberechtigung auf *FILE* und fügt für jeden Ausführungsrechte hinzu:

```
% chmod go-w,a+x FILE
```

4.4.2. FreeBSD Datei-Flags

Beigetragen von Tom Rhodes.

Zusätzlich zu den Zugriffsrechten unterstützt FreeBSD auch die Nutzung von „Datei-Flags“. Diese erhöhen die Sicherheit des Systems, indem sie eine verbesserte Kontrolle von Dateien erlauben. Verzeichnisse werden allerdings nicht unterstützt. Mit dem Einsatz von Datei-Flags kann sogar `root` daran gehindert werden, Dateien zu löschen oder zu verändern.

Datei-Flags werden mit `chflags(1)` verändert. Um beispielsweise auf der Datei `file1` das „unlöschar“-Flag zu aktivieren, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
# chflags sunlink file1
```

Um dieses Flag zu deaktivieren, setzen Sie ein „no“ vor `sunlink`:

```
# chflags nosunlink file1
```

Um die Flags einer Datei anzuzeigen, verwenden Sie `ls(1)` zusammen mit `-lo`:

```
# ls -lo file1
```

```
-rw-r--r--  1 trhodes  trhodes  sunlnk 0 Mar  1 05:54 file1
```

Einige Datei-Flags können nur vom `root`-Benutzer gesetzt oder gelöscht werden. Andere wiederum können auch vom Eigentümer der Datei gesetzt werden. Weitere Informationen hierzu finden sich in `chflags(1)` und `chflags(2)`.

4.4.3. Die Berechtigungen `setuid`, `setgid`, und `sticky`

Beigetragen von Tom Rhodes.

Anders als die Berechtigungen, die bereits angesprochen wurden, existieren drei weitere Einstellungen, über die alle Administratoren Bescheid wissen sollten. Dies sind die Berechtigungen `setuid`, `setgid` und `sticky`.

Diese Einstellungen sind wichtig für manche UNIX®-Operationen, da sie Funktionalitäten zur Verfügung stellen, die normalerweise nicht an gewöhnliche Anwender vergeben wird. Um diese zu verstehen, muss der Unterschied zwischen der realen und der effektiven Benutzer-ID erwähnt werden.

Die reale Benutzer-ID ist die UID, welche den Prozess besitzt oder gestartet hat. Die effektive UID ist diejenige, als die der Prozess läuft. Beispielsweise wird `passwd(1)` mit der realen ID des Benutzers ausgeführt, der sein Passwort ändert. Um jedoch die Passwortdatenbank zu bearbeiten, wird es effektiv als `root`-Benutzer ausgeführt. Das ermöglicht es normalen Benutzern, ihr Passwort zu ändern, ohne einen Permission Denied-Fehler angezeigt zu bekommen.

Die `setuid`-Berechtigung kann durch das Voranstellen bei einer Berechtigungsgruppe mit der Nummer Vier (4) gesetzt werden, wie im folgenden Beispiel gezeigt wird:

```
# chmod 4755 suidexample.sh
```

Die Berechtigungen auf `suidexample.sh` sehen jetzt wie folgt aus:

```
-rwsr-xr-x  1 trhodes  trhodes   63 Aug 29 06:36 suidexample.sh
```

Beachten Sie, dass ein `s` jetzt Teil der Berechtigungen des Dateibesitzers geworden ist, welches das Ausführen-Bit ersetzt. Dies ermöglicht es Werkzeugen mit erhöhten Berechtigungen zu laufen, wie beispielsweise `passwd`.



Anmerkung

Die `nosuid mount(8)`-Option bewirkt, dass solche Anwendungen stillschweigend scheitern, ohne den Anwender darüber zu informieren. Diese Option ist nicht völlig zuverlässig, da ein `nosuid`-Wrapper in der Lage wäre, dies zu umgehen.

Um dies in Echtzeit zu beobachten, öffnen Sie zwei Terminals. Starten Sie auf einem `passwd` als normaler Benutzer. Während es auf die Passworteingabe wartet, überprüfen Sie die Prozesstabelle und sehen Sie sich die Informationen für `passwd(1)` an:

Im Terminal A:

```
Changing local password for trhodes
Old Password:
```

Im Terminal B:

```
# ps aux | grep passwd
```

```
trhodes  5232  0.0  0.2 3420 1608  0 R+   2:10AM  0:00.00 grep passwd
root     5211  0.0  0.2 3620 1724  2 I+   2:09AM  0:00.01 passwd
```

Obwohl `passwd(1)` als normaler Benutzer ausgeführt wird, benutzt es die effektive UID von `root`.

Die `setgid`-Berechtigung führt die gleiche Aktion wie die `setuid`-Berechtigung durch, allerdings verändert sie die Gruppenberechtigungen. Wenn eine Anwendung oder ein Werkzeug mit dieser Berechtigung ausgeführt wird, erhält es die Berechtigungen basierend auf der Gruppe, welche die Datei besitzt und nicht die des Benutzers, der den Prozess gestartet hat.

Um die `setgid`-Berechtigung auf einer Datei zu setzen, geben Sie `chmod(1)` eine führende Zwei (2) mit:

```
# chmod 2755 sgidexample.sh
```

Beachten Sie in der folgenden Auflistung, dass das `s` sich jetzt in dem Feld befindet, das für die Berechtigungen der Gruppe bestimmt ist:


```
-rwxr-sr-x  1 trhodes  trhodes   44 Aug 31 01:49 sgidexample.sh
```



Anmerkung

Obwohl es sich bei dem in diesen Beispielen gezeigten Shellskript um eine ausführbare Datei handelt, wird es nicht mit einer anderen EUID oder effektiven Benutzer-ID ausgeführt. Das ist so, weil Shellskripte keinen Zugriff auf [setuid\(2\)](#)-Systemaufrufe erhalten.

Die `setuid` und `setgid` Berechtigungs-Bits können die Systemsicherheit verringern, da sie erhöhte Rechte ermöglichen. Das dritte Berechtigungs-Bit, das `sticky bit` kann die Sicherheit eines Systems erhöhen.

Wenn das `sticky bit` auf einem Verzeichnis angewendet wird, erlaubt es das Löschen von Dateien nur durch den Besitzer der Datei. Dies ist nützlich, um die Löschung von Dateien in öffentlichen Verzeichnissen wie `/tmp`, durch Benutzer denen diese Dateien nicht gehören, zu verhindern. Um diese Berechtigung anzuwenden, stellen Sie der Berechtigung eine Eins (1) voran:

```
# chmod 1777 /tmp
```

Das `sticky bit` kann anhand des `t` ganz am Ende der Berechtigungen abgelesen werden.

```
# ls -al / | grep tmp
```

```
drwxrwxrwt  10 root  wheel   512 Aug 31 01:49 tmp
```

4.5. Verzeichnis-Strukturen

Die FreeBSD-Verzeichnishierarchie ist die Grundlage, um ein umfassendes Verständnis des Systems zu erlangen. Das wichtigste Verzeichnis ist das Root-Verzeichnis `/`. Dieses Verzeichnis ist das erste, das während des Bootens eingegangen wird. Es enthält das notwendige Basissystem, um das Betriebssystem in den Mehrbenutzerbetrieb zu bringen. Das Root-Verzeichnis enthält auch die Mountpunkte für Dateisysteme, die beim Wechsel in den Multiuser-Modus eingehängt werden.

Ein Mountpunkt ist ein Verzeichnis, in das zusätzliche Dateisysteme (in der Regel unterhalb des Wurzelverzeichnisses) eingehängt werden können. Dieser Vorgang wird in [Abschnitt 4.6, „Festplatten, Slices und Partitionen“](#) ausführlich beschrieben. Standard-Mountpunkte sind `/usr`, `/var`, `/tmp`, `/mnt` sowie `/cdrom`. Auf diese Verzeichnisse verweisen üblicherweise Einträge in `/etc/fstab`. Diese Datei ist eine Tabelle mit verschiedenen Dateisystemen und Mountpunkten, vom System gelesen werden. Die meisten der Dateisysteme in `/etc/fstab` werden beim Booten automatisch durch das Skript `rc(8)` gemountet, wenn die zugehörigen Einträge nicht mit `noauto` versehen sind. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie im [Abschnitt 4.7.1, „Die `fstab` Datei“](#).

Eine vollständige Beschreibung der Dateisystem-Hierarchie finden Sie in [hier\(7\)](#). Die folgende Aufstellung gibt einen kurzen Überblick über die am häufigsten verwendeten Verzeichnisse:

Verzeichnis	Beschreibung
<code>/</code>	Wurzelverzeichnis des Dateisystems.
<code>/bin/</code>	Grundlegende Werkzeuge für den Single-User-Modus sowie den Mehrbenutzerbetrieb.
<code>/boot/</code>	Programme und Konfigurationsdateien, die während des Bootens benutzt werden.
<code>/boot/defaults/</code>	Vorgaben für die Boot-Konfiguration. Weitere Details finden Sie in loader.conf(5) .
<code>/dev/</code>	Gerätedateien. Weitere Details finden Sie in intro(4) .

Verzeichnis	Beschreibung
/etc/	Konfigurationsdateien und Skripten des Systems.
/etc/defaults/	Vorgaben für die System Konfigurationsdateien. Weitere Details finden Sie in rc(8) .
/etc/mail/	Konfigurationsdateien von MTAs wie sendmail(8) .
/etc/namedb/	Konfigurationsdateien von named(8) .
/etc/periodic/	Täglich, wöchentlich oder monatlich laufende Skripte, die von cron(8) gestartet werden. Weitere Details finden Sie in periodic(8) .
/etc/ppp/	Konfigurationsdateien von ppp(8) .
/mnt/	Ein leeres Verzeichnis, das von Systemadministratoren häufig als temporärer Mountpunkt genutzt wird.
/proc/	Prozess Dateisystem. Weitere Details finden Sie in procfs(5) und mount_procfs(8) .
/rescue/	Statisch gelinkte Programme zur Wiederherstellung des Systems, wie in rescue(8) beschrieben.
/root/	Home Verzeichnis von root.
/sbin/	Systemprogramme und administrative Werkzeuge, die grundlegend für den Single-User-Modus und den Mehrbenutzerbetrieb sind.
/tmp/	Temporäre Dateien, die für gewöhnlich bei einem Neustart des Systems verloren gehen. Häufig wird ein speicherbasiertes Dateisystem unter /tmp eingehängt. Dieser Vorgang kann automatisiert werden, wenn tmpmfs-bezogene Variablen von rc.conf(5) verwendet werden, oder ein entsprechender Eintrag in /etc/fstab existiert. Weitere Informationen finden Sie in mdmfs(8) .
/usr/	Der Großteil der Benutzerprogramme und Anwendungen.
/usr/bin/	Gebräuchliche Werkzeuge, Programmierhilfen und Anwendungen.
/usr/include/	Standard C include-Dateien.
/usr/lib/	Bibliotheken.
/usr/libdata/	Daten verschiedener Werkzeuge.
/usr/libexec/	System-Dämonen und System-Werkzeuge, die von anderen Programmen ausgeführt werden.
/usr/local/	Lokale Programme und Bibliotheken. Die Ports-Sammlung von FreeBSD benutzt dieses Verzeichnis als Zielverzeichnis für Anwendungen. Innerhalb von /usr/local sollte das von hier(7) beschriebene Layout für /usr benutzt werden. Das man Verzeichnis wird direkt unter /usr/local anstelle unter /usr/local/share angelegt. Die Dokumentation der Ports findet sich in share/doc/port .
/usr/obj/	Von der Architektur abhängiger Verzeichnisbaum, der durch das Bauen von /usr/src entsteht.
/usr/ports/	Die FreeBSD-Ports-Sammlung (optional).

Verzeichnis	Beschreibung
/usr/sbin/	System-Dämonen und System-Werkzeuge, die von Benutzern ausgeführt werden.
/usr/share/	Von der Architektur unabhängige Dateien.
/usr/src/	Quelldateien von BSD und/oder lokalen Ergänzungen.
/var/	Wird für mehrere Zwecke genutzt und enthält Logdateien, temporäre Daten und Spooldateien. Manchmal wird ein speicherbasiertes Dateisystem unter /var eingehängt. Dieser Vorgang kann automatisiert werden, wenn die varmfs-bezogenen Variablen von rc.conf(5) verwendet werden, oder ein entsprechender Eintrag in /etc/fstab existiert. Weitere Informationen finden Sie in mdmfs(8) .
/var/log/	Verschiedene Logdateien des Systems.
/var/mail/	Postfächer der Benutzer.
/var/spool/	Verschiedene Spool-Verzeichnisse der Drucker- und Mailsysteme.
/var/tmp/	Temporäre Dateien, die in der Regel auch bei einem Neustart des Systems erhalten bleiben, es sei denn, bei /var handelt es sich um ein speicherbasiertes Dateisystem.
/var/yp/	NIS maps.

4.6. Festplatten, Slices und Partitionen

FreeBSD identifiziert Dateien anhand eines Dateinamens. In Dateinamen wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden: `readme.txt` und `README.TXT` bezeichnen daher zwei verschiedene Dateien. FreeBSD benutzt keine Dateiendungen, um den Typ der Datei zu bestimmen, egal ob es sich um ein Programm, ein Dokument oder um andere Daten handelt.

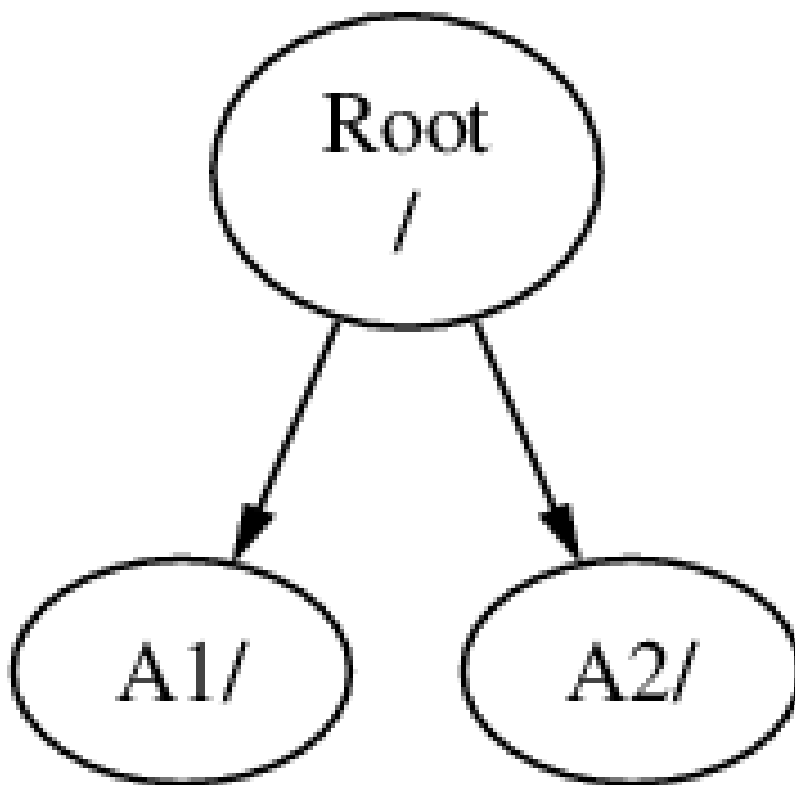
Dateien werden in Verzeichnissen gespeichert. In einem Verzeichnis können sich keine oder hunderte Dateien befinden. Ein Verzeichnis kann auch andere Verzeichnisse enthalten und so eine Hierarchie von Verzeichnissen aufbauen, die die Ablage von Daten erleichtert.

In Dateinamen werden Verzeichnisse durch einen Schrägstrich (`/`, *Slash*) getrennt. Wenn z.B. das Verzeichnis `foo` ein Verzeichnis `bar` enthält, in dem sich die Datei `readme.txt` befindet, lautet der vollständige Name der Datei (oder der Pfad zur Datei) `foo/bar/readme.txt`. Beachten Sie, dass sich dies von Windows® unterscheidet, wo der `\` (*Backslash* für die Trennung von Datei- und Verzeichnisnamen verwendet wird. FreeBSD benutzt keine Laufwerkbuchstaben oder Laufwerknamen im Pfad. Beispielsweise würde man unter FreeBSD nicht `c:\foo\bar\readme.txt` eingeben.

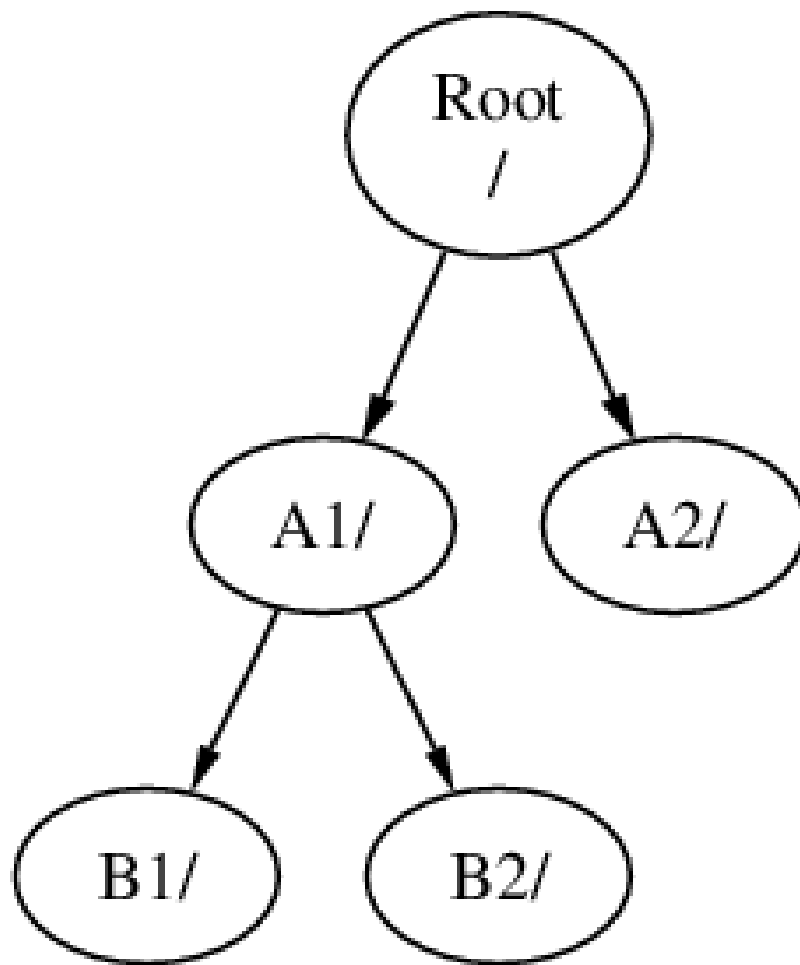
Verzeichnisse und Dateien werden in einem Dateisystem gespeichert. Jedes Dateisystem besitzt genau ein *Wurzelverzeichnis*, das so genannte *Root-Directory*. Dieses Wurzelverzeichnis kann weitere Verzeichnisse enthalten. Ein Dateisystem wird als Wurzeldateisystem festgelegt, und jedes weitere Dateisystem wird unter dem Wurzeldateisystem *eingehangen*. Daher scheint jedes Verzeichnis, unabhängig von der Anzahl der Platten, auf der selben Platte zu liegen.

Betrachten wir die drei Dateisysteme A, B und C. Jedes Dateisystem besitzt ein eigenes Wurzelverzeichnis, das zwei andere Verzeichnisse enthält: A1, A2, B1, B2, C1 und C2.

Das Wurzeldateisystem soll A sein. [ls\(1\)](#) zeigt darin die beiden Verzeichnisse A1 und A2 an. Der Verzeichnisbaum sieht wie folgt aus:

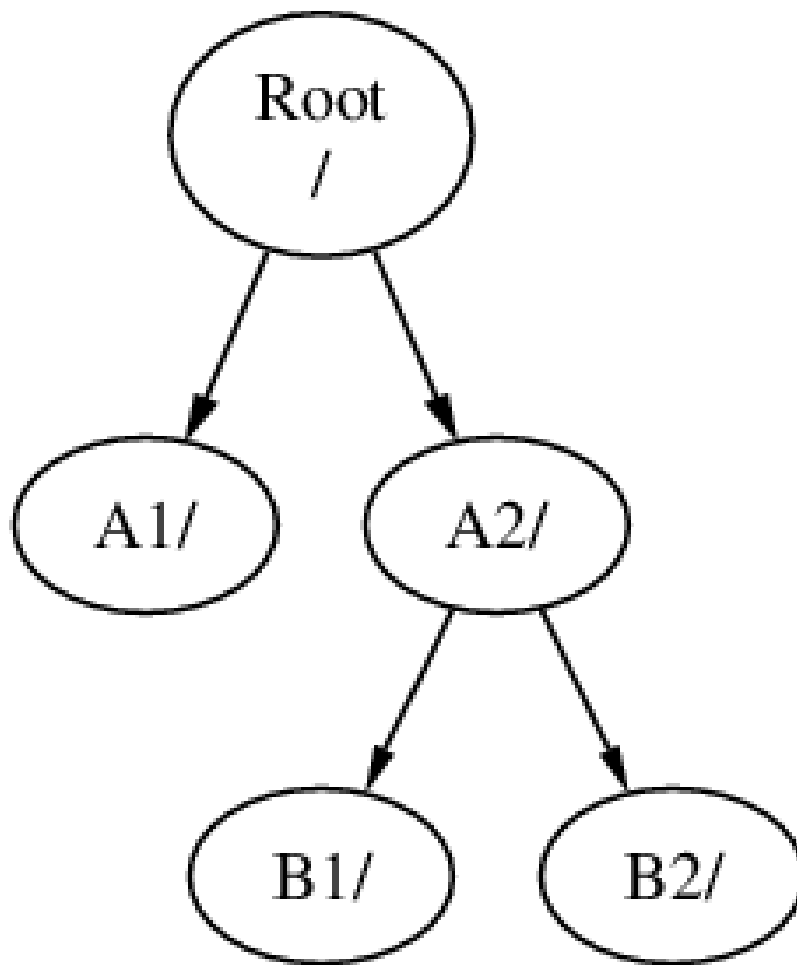


Ein Dateisystem wird in einem Verzeichnis eines anderen Dateisystems eingehangen. Wir hängen nun das Dateisystem B in das Verzeichnis A1 ein. Das Wurzelverzeichnis von B ersetzt nun das Verzeichnis A1 und die Verzeichnisse des Dateisystems B werden sichtbar:



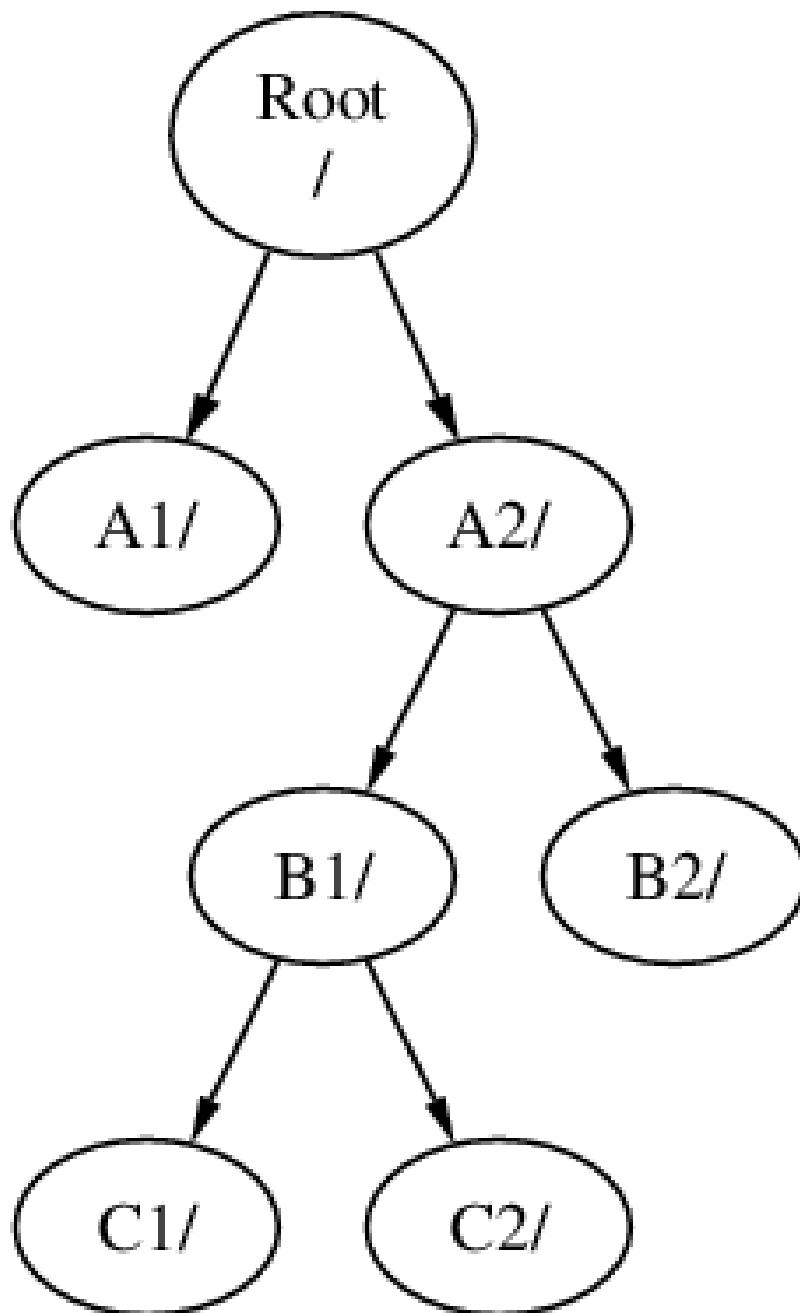
Jede Datei in den Verzeichnissen B1 oder B2 kann über den Pfad /A1/B1 oder /A1/B2 erreicht werden. Dateien aus dem Verzeichnis /A1 sind jetzt verborgen. Wenn das Dateisystem B wieder *abgehangen* wird (*umount*), erscheinen die verborgenen Dateien wieder.

Wenn das Dateisystem B unter dem Verzeichnis A2 eingehangen würde, sähe der Verzeichnisbaum so aus:

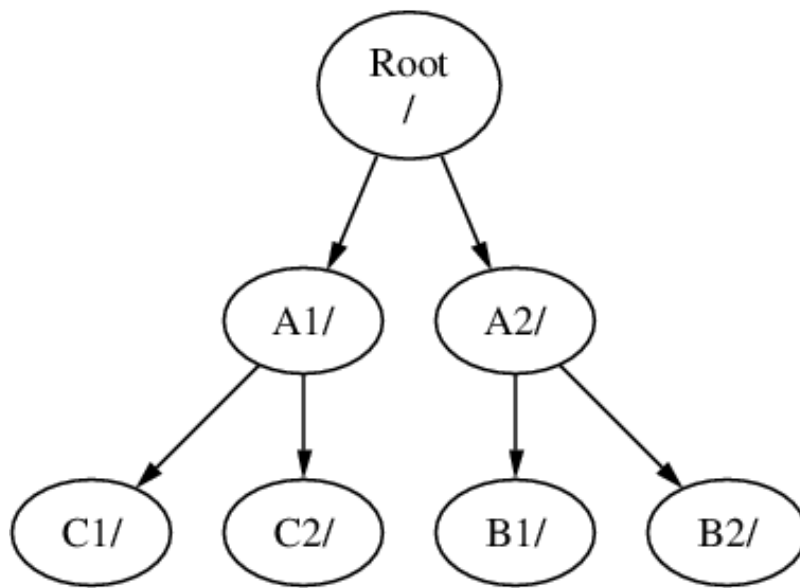


Die Dateien des Dateisystems B wären unter den Pfaden /A2/B1 und /A2/B2 erreichbar.

Dateisysteme können übereinander eingehangen werden. Der folgende Baum entsteht, wenn im letzten Beispiel das Dateisystem C in das Verzeichnis B1 des Dateisystems B eingehangen wird:



C könnte auch im Verzeichnis A1 eingegangen werden:



Sie können sogar mit nur einem großen Dateisystem auskommen. Dies hat mehrere Nachteile und einen Vorteil.

- Die Dateisysteme können mit unterschiedlichen Optionen (*mount options*) eingehangen werden. Beispielsweise kann das Wurzeldateisystem schreibgeschützt eingehangen werden, sodass es für Benutzer nicht möglich ist, versehentlich kritische Dateien zu editieren oder zu löschen. Von Benutzern beschreibbare Dateisysteme wie `/` `home` können mit der Option *nosuid* eingehangen werden, wenn sie von anderen Dateisystemen getrennt sind. Die *SUID*- und *GUID*-Bits verlieren auf solchen Dateisystemen ihre Wirkung und die Sicherheit des Systems kann dadurch erhöht werden.
- Die Lage von Dateien im Dateisystem wird, abhängig vom Gebrauch des Dateisystems, automatisch von FreeBSD optimiert. Ein Dateisystem mit vielen kleinen Dateien, die häufig geschrieben werden, wird anders behandelt als ein Dateisystem mit wenigen großen Dateien. Mit nur einem Dateisystem ist diese Optimierung unmöglich.
- In der Regel übersteht ein FreeBSD-Dateisystem auch einen Stromausfall. Allerdings kann ein Stromausfall zu einem kritischen Zeitpunkt das Dateisystem beschädigen. Wenn die Daten über mehrere Dateisysteme verteilt sind, lässt sich das System mit hoher Wahrscheinlichkeit noch starten. Dies erleichtert das Zurückspielen von Datensicherungen.
- Dateisysteme haben eine festgelegte Größe. Es kann passieren, dass Sie eine Partition vergrößern müssen. Dies ist nicht leicht: Sie müssen die Daten sichern, das Dateisystem vergrößert anlegen und die gesicherten Daten zurückspielen.



Wichtig

FreeBSD kennt den Befehl `growfs(8)`, mit dem man Dateisysteme im laufenden Betrieb vergrößern kann.

Dateisysteme befinden sich in Partitionen (damit sind nicht die normalen MS-DOS®-Partitionen gemeint). Jede Partition wird mit einem Buchstaben von `a` bis `h` bezeichnet und kann nur ein Dateisystem enthalten. Dateisysteme können daher über ihren Mount-Point, den Punkt an dem sie eingehangen sind, oder den Buchstaben der Partition, in der sie liegen, identifiziert werden.

FreeBSD benutzt einen Teil der Platte für den *Swap-Bereich*, um *virtuellen Speicher* zur Verfügung zu stellen. Dadurch kann der Rechner Anwendungen mehr Speicher zur Verfügung stellen als tatsächlich eingebaut ist. Wenn der Speicher knapp wird, kann FreeBSD nicht benutzte Daten in den Swap-Bereich auslagern. Die ausgelagerten Daten können später wieder in den Speicher geholt werden (dafür werden dann andere Daten ausgelagert).

Für einige Partitionen gelten besondere Konventionen:

Partition	Konvention
a	Enthält normalerweise das Wurzeldateisystem.
b	Enthält normalerweise den Swap-Bereich.
c	Ist normalerweise genauso groß wie die Slice in der die Partition liegt. Werkzeuge, die auf der kompletten Slice arbeiten, wie ein Bad-Block-Scanner, können so die c-Partition benutzen. Für gewöhnlich wird in dieser Partition kein Dateisystem angelegt.
d	Früher hatte die d-Partition eine besondere Bedeutung. Heute ist dies nicht mehr der Fall und die Partition d kann wie jede andere Partition auch verwendet werden.

In FreeBSD werden Festplatten in Slices, welche in Windows® als Partitionen bekannt sind, aufgeteilt und von 1 bis 4 durchnummeriert. Diese werden dann in Partitionen unterteilt, welche wiederum Dateisysteme enthalten und mit Buchstaben benannt werden.

Die Slice-Nummern werden mit vorgestelltem s hinter den Gerätenamen gestellt: „da0s1“ ist die erste Slice auf dem ersten SCSI-Laufwerk. Auf einer Festplatte gibt es höchstens vier Slices. In einer Slice des passenden Typs kann es weitere logische Slices geben. Diese erweiterten Slices werden ab fünf durchnummeriert: „ada0s5“ ist die erste erweiterte Slice auf einer SATA-Platte. Diese Geräte werden von Dateisystemen benutzt, die sich in einer kompletten Slice befinden müssen.

Slices, „dangerously dedicated“-Festplatten und andere Platten enthalten Partitionen, die mit Buchstaben von a bis h bezeichnet werden. Der Buchstabe wird an den Gerätenamen gehangen: „da0a“ ist die a-Partition des ersten da-Laufwerks. Dieses Laufwerk ist „dangerously dedicated“. „ada1s3e“ ist die fünfte Partition in der dritten Slice der zweiten SATA-Platte.

Schließlich wird noch jede Festplatte des Systems eindeutig bezeichnet. Der Name einer Festplatte beginnt mit einem Code, der den Typ der Platte bezeichnet. Es folgt eine Nummer, die angibt, um welche Festplatte es sich handelt. Anders als bei Slices werden Festplatten von Null beginnend durchnummeriert. Gängige Festplatten-Namen sind in [Tabelle 4.3, „Laufwerk-Codes“](#) aufgeführt.

Wenn Sie eine Partition angeben, beinhaltet das den Plattennamen, s, die Slice-Nummer und den Buchstaben der Partition. Einige Beispiele finden Sie in [Beispiel 4.12, „Namen von Platten, Slices und Partitionen“](#).

Der Aufbau einer Festplatte wird in [Beispiel 4.13, „Aufteilung einer Festplatte“](#) dargestellt.

Bei der Installation von FreeBSD legen Sie Slices auf der Festplatte an, erstellen Partitionen für FreeBSD innerhalb der Slice, erstellen ein Dateisystem oder Auslagerungsbereiche und entscheiden, welche Dateisysteme wo eingehangen werden.

Tabelle 4.3. Laufwerk-Codes

Laufwerkstyp	Gerätename
SATA- und IDE-Festplatten	ada oder ad
SCSI-Festplatten und USB-Speichermedien	da
SATA- und IDE-CD-ROM-Laufwerke	cd oder acd

Laufwerkstyp	Gerätename
SCSI-CD-ROM-Laufwerke	cd
Diskettenlaufwerke	fd
Verschiedene proprietäre CD-ROM-Laufwerke	mcd für Mitsumi CD-ROM und scd für Sony CD-ROM
SCSI-Bandlaufwerke	sa
IDE-Bandlaufwerke	ast
RAID-Laufwerke	Beispiele sind aacd für Adaptec® AdvancedRAID, m1xd für Mylex®, amrd für AMI MegaRAID®, idad für Compaq Smart RAID, twed für 3ware® RAID.

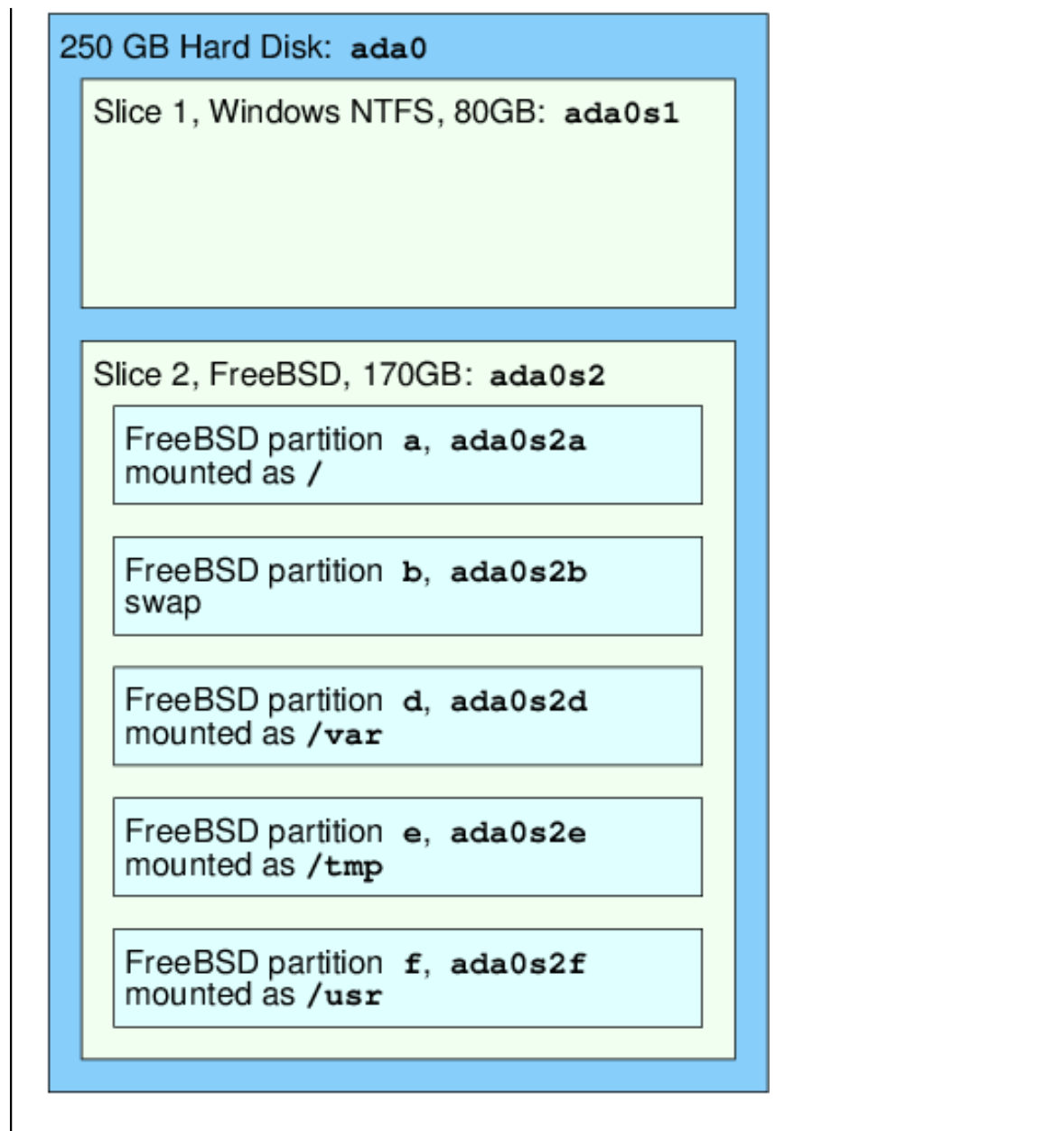
Beispiel 4.12. Namen von Platten, Slices und Partitionen

Name	Bedeutung
ada0s1a	Die erste Partition (a) in der ersten Slice (s1) der ersten SATA-Festplatte (ada0).
da1s2e	Die fünfte Partition (e) der zweiten Slice (s2) auf der zweiten SCSI-Festplatte (da1).

Beispiel 4.13. Aufteilung einer Festplatte

Das folgende Diagramm zeigt die Sicht von FreeBSD auf die erste SATA-Festplatte des Systems. Die Platte soll 250 GB groß sein und eine 80 GB große Slice (MS-DOS®-Partitionen) sowie eine 170 GB große Slice enthalten. Die erste Slice enthält ein Windows® NTFS-Dateisystem (C:), die zweite Slice enthält eine FreeBSD-Installation. Die FreeBSD-Installation in diesem Beispiel verwendet vier Datenpartitionen und einen Auslagerungsbereich.

Jede der vier Partitionen enthält ein Dateisystem. Das Wurzeldateisystem ist die a-Partition. In der d-Partition befindet sich /var und in der f-Partition befindet sich /usr. Die c-Partition bezieht sich auf die gesamte Slice und wird nicht für gewöhnliche Partitionen verwendet.



4.7. Anhängen und Abhängen von Dateisystemen

Ein Dateisystem wird am besten als ein Baum mit der Wurzel **/** veranschaulicht. **/dev**, **/usr**, und die anderen Verzeichnisse im Rootverzeichnis sind Zweige, die wiederum eigene Zweige wie **/usr/local** haben können.

Es gibt verschiedene Gründe, bestimmte dieser Verzeichnisse auf eigenen Dateisystemen anzulegen. **/var** enthält **log/**, **spool/** sowie verschiedene andere temporäre Dateien und kann sich daher schnell füllen. Es empfiehlt sich, **/var** von **/** zu trennen, da es schlecht ist, wenn das Root-Dateisystem voll läuft.

Ein weiterer Grund bestimmte Verzeichnisbäume auf andere Dateisysteme zu legen, ist gegeben, wenn sich die Verzeichnisbäume auf gesonderten physikalischen oder virtuellen Platten, wie [Network File System](#) oder CD-ROM-Laufwerken, befinden.

4.7.1. Die **fstab** Datei

Während des Boot-Prozesses ([Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang](#)) werden in `/etc/fstab` aufgeführte Verzeichnisse, sofern sie nicht mit der Option `noauto` versehen sind, automatisch angehängen. Diese Datei enthält Einträge in folgendem Format:

```
device /mount-point fstype options dumpfreq passno
```

device

Ein existierender Gerätename wie in [Tabelle 4.3, „Laufwerk-Codes“](#) beschrieben.

mount-point

Ein existierendes Verzeichnis, auf dem das Dateisystem gemountet wird.

fstype

Der Typ des Dateisystems, der an [mount\(8\)](#) weitergegeben wird. FreeBSDs Standarddateisystem ist `ufs`.

options

Entweder `rw` für beschreibbare Dateisysteme oder `ro` für schreibgeschützte Dateisysteme, gefolgt von weiteren benötigten Optionen. Eine häufig verwendete Option ist `noauto` für Dateisysteme, die während der normalen Bootsequenz nicht angehängen werden sollen. Weitere Optionen finden sich in [mount\(8\)](#).

dumpfreq

Wird von [dump\(8\)](#) benutzt, um bestimmen zu können, welche Dateisysteme gesichert werden müssen. Fehlt der Wert, wird `0` angenommen.

passno

Bestimmt die Reihenfolge, in der die Dateisysteme überprüft werden sollen. Für Dateisysteme, die übersprungen werden sollen, ist `passno` auf `0` zu setzen. Für das Root-Dateisystem, das vor allen anderen überprüft werden muss, sollte der Wert von `passno` `1` betragen. Allen anderen Dateisystemen sollten Werte größer `1` zugewiesen werden. Wenn mehrere Dateisysteme den gleichen Wert besitzen, wird [fsck\(8\)](#) versuchen, diese parallel zu überprüfen.

Lesen Sie [fstab\(5\)](#) für weitere Informationen über das Format von `/etc/fstab` und dessen Optionen.

4.7.2. Verwendung von mount(8)

Dateisysteme werden mit [mount\(8\)](#) eingehängt. In der grundlegenden Form wird es wie folgt benutzt:

```
# mount device mountpoint
```

Dieser Befehl bietet viele Optionen, die in [mount\(8\)](#) beschrieben werden. Die am häufigsten verwendeten Optionen sind:

-a

Hängt alle Dateisysteme aus `/etc/fstab` an. Davon ausgenommen sind Dateisysteme, die mit „`noauto`“ markiert sind, die mit der Option `-t` ausgeschlossen wurden und Dateisysteme, die schon angehängen sind.

-d

Führt alles bis auf den `mount`-Systemaufruf aus. Nützlich ist diese Option in Verbindung mit `-v`. Damit wird angezeigt, was [mount\(8\)](#) tatsächlich versuchen würde, um das Dateisystem anzuhängen.

-f

Erzwingt das Anhängen eines unsauberen Dateisystems (riskant) oder die Rücknahme des Schreibzugriffs, wenn der Status des Dateisystems von beschreibbar auf schreibgeschützt geändert wird.

-r

Hängt das Dateisystem schreibgeschützt ein. Dies kann auch durch Angabe von `-o ro` erreicht werden.

-t fstype

Hängt das Dateisystem mit dem angegebenen Typ an, oder hängt nur Dateisysteme mit dem angegebenen Typ an, wenn `-a` angegeben wurde. „`ufs`“ ist das Standarddateisystem.

- u Aktualisiert die Mountoptionen des Dateisystems.
- v Geschwätzig sein.
- w Hängt das Dateisystem beschreibbar an.

Die folgenden Optionen können durch eine Kommata separierte Liste an `-o` übergeben werden:

`nosuid`
SetUID und SetGID Bits werden auf dem Dateisystem nicht beachtet. Dies ist eine nützliche Sicherheitsfunktion.

4.7.3. Verwendung von `umount(8)`

`umount(8)` hängt ein Dateisystem ab. Dieser Befehl akzeptiert als Parameter entweder einen Mountpoint, einen Gerätenamen, `-a` oder `-A`.

Jede Form akzeptiert `-f`, um das Abhängen zu erzwingen, und `-v`, um etwas geschwätziger zu sein. Seien Sie bitte vorsichtig mit `-f`, da der Computer abstürzen kann oder es können Daten auf dem Dateisystem beschädigt werden.

Um alle Dateisysteme abzuhängen, oder nur diejenigen, die mit `-t` gelistet werden, wird `-a` oder `-A` benutzt. Beachten Sie, dass `-a` das Root-Dateisystem nicht aushängt.

4.8. Prozesse und Dämonen

FreeBSD ist ein Multitasking-Betriebssystem. Jedes Programm, das zu irgendeiner Zeit läuft wird als *Prozess* bezeichnet. Jedes laufende Kommando startet mindestens einen neuen Prozess. Dazu gibt es eine Reihe von Systemprozessen, die von FreeBSD ausgeführt werden.

Jeder Prozess wird durch eine eindeutige Nummer identifiziert, die *Prozess-ID (PID)* genannt wird. Prozesse haben ebenso wie Dateien einen Besitzer und eine Gruppe, die festlegen, welche Dateien und Geräte der Prozess benutzen kann. Die meisten Prozesse haben auch einen Elternprozess, der sie gestartet hat. Beispielsweise ist die Shell ein Prozess. Jedes in Shell gestartete Kommando ist dann ein neuer Prozess, der die Shell als Elternprozess besitzt. Die Ausnahme hiervon ist ein spezieller Prozess namens `init(8)`, der beim booten immer als erstes gestartet wird und der immer die PID 1 hat.

Manche Programme erwarten keine Eingaben vom Benutzer und lösen sich bei erster Gelegenheit von ihrem Terminal. Ein Webserver zum Beispiel antwortet auf Web-Anfragen und nicht auf Benutzereingaben. Mail-Server sind ein weiteres Beispiel für diesen Typ von Anwendungen. Diese Programme sind als *Dämonen* bekannt. Der Begriff Dämon stammt aus der griechischen Mythologie und bezeichnet ein Wesen, das weder gut noch böse ist und welches unsichtbar nützliche Aufgaben verrichtet. Deshalb ist das BSD Maskottchen dieser fröhlich aussehende Dämon mit Turnschuhen und Dreizack.

Programme, die als Dämon laufen, werden entsprechend einer Konvention mit einem „d“ am Ende benannt. BIND steht beispielsweise für Berkeley Internet Name Domain, das tatsächlich laufende Programm heißt aber `named`. Der Apache Webserver wird `httpd` genannt und der Druckerspools-Dämon heißt `lpd(8)`. Dies ist allerdings nur eine Konvention. Der Dämon der Anwendung Sendmail heißt beispielsweise `sendmail` und nicht `maild`.

4.8.1. Prozesse beobachten

Um die Prozesse auf dem System zu sehen, benutzen Sie `ps(1)` und `top(1)`. Eine statische Liste der laufenden Prozesse, deren PIDs, Speicherverbrauch und die Kommandozeile, mit der sie gestartet wurden, erhalten Sie mit `ps(1)`. Um alle laufenden Prozesse in einer Anzeige zu sehen, die alle paar Sekunden aktualisiert wird, so dass Sie interaktiv sehen können was der Computer macht, benutzen Sie `top(1)`.

In der Voreinstellung zeigt `ps(1)` nur die laufenden Prozesse, die dem Benutzer gehören. Zum Beispiel:

```
% ps
  PID TT  STAT   TIME COMMAND
 8203  0   Ss   0:00.59 /bin/csh
 8895  0   R+   0:00.00 ps
```

Die Ausgabe von `ps(1)` ist in einer Anzahl von Spalten organisiert. Die PID Spalte zeigt die Prozess-ID. PIDs werden von 1 beginnend bis 99999 zugewiesen und fangen wieder von vorne an. Ist eine PID bereits vergeben, wird diese allerdings nicht erneut vergeben. Die Spalte TT zeigt den Terminal, auf dem das Programm läuft. STAT zeigt den Status des Programms und TIME gibt die Zeit an, die das Programm auf der CPU gelaufen ist. Dies ist nicht unbedingt die Zeit, die seit dem Start des Programms vergangen ist, da die meisten Programme hauptsächlich auf bestimmte Dinge warten, bevor sie wirklich CPU-Zeit verbrauchen. Unter der Spalte COMMAND findet sich schließlich die Kommandozeile, mit der das Programm gestartet wurde.

`ps(1)` besitzt viele Optionen, um die angezeigten Informationen zu beeinflussen. Eine nützliche Kombination ist `auxww`. `a` zeigt Information über alle laufenden Prozesse aller Benutzer. Der Name des Besitzers des Prozesses, sowie Informationen über den Speicherverbrauch werden mit `u` angezeigt. `x` zeigt auch Dämonen-Prozesse an, und `ww` veranlasst `ps(1)` die komplette Kommandozeile für jeden Befehl anzuzeigen, anstatt sie abzuschneiden, wenn sie zu lang für die Bildschirmausgabe wird.

Die Ausgabe von `top(1)` sieht in etwa so aus:

```
% top
last pid: 9609;  load averages:  0.56,  0.45,  0.36                up 0+00:20:03  10:21:46
107 processes: 2 running, 104 sleeping, 1 zombie
CPU:  6.2% user,  0.1% nice,  8.2% system,  0.4% interrupt, 85.1% idle
Mem: 541M Active, 450M Inact, 1333M Wired, 4064K Cache, 1498M Free
ARC: 992M Total, 377M MFU, 589M MRU, 250K Anon, 5280K Header, 21M Other
Swap: 2048M Total, 2048M Free

  PID USERNAME   THR PRI NICE   SIZE   RES STATE  C  TIME  WCPU COMMAND
  557 root          1 -21  r31   136M 42296K select 0   2:20  9.96% Xorg
 8198 dru         2  52   0   449M 82736K select 3   0:08  5.96% kdeinit4
 8311 dru        27  30   0   1150M 187M  uwait 1   1:37  0.98% firefox
   431 root         1  20   0 14268K 1728K select 0   0:06  0.98% moused
 9551 dru         1  21   0 16600K 2660K CPU3   3   0:01  0.98% top
 2357 dru         4  37   0   718M 141M  select 0   0:21  0.00% kdeinit4
 8705 dru         4  35   0   480M  98M  select 2   0:20  0.00% kdeinit4
 8076 dru         6  20   0   552M 113M  uwait  0   0:12  0.00% soffice.bin
 2623 root         1  30  10 12088K 1636K select 3   0:09  0.00% powerd
 2338 dru         1  20   0   440M 84532K select 1   0:06  0.00% kwin
 1427 dru         5  22   0   605M 86412K select 1   0:05  0.00% kdeinit4
```

Die Ausgabe ist in zwei Abschnitte geteilt. In den ersten fünf Kopfzeilen finden sich die zuletzt zugeweilte PID, die Systemauslastung (engl. *load average*), die Systemlaufzeit (die Zeit seit dem letzten Reboot) und die momentane Zeit. Die weiteren Zahlen im Kopf beschreiben wie viele Prozesse momentan laufen, wie viel Speicher und Swap verbraucht wurde und wie viel Zeit das System in den verschiedenen CPU-Modi verbringt. Wenn das ZFS-Kernelmodul geladen ist, dann zeigt die Zeile ARC, wie viele Daten aus dem Cache gelesen wurden.

Darunter befinden sich einige Spalten mit ähnlichen Informationen wie in der Ausgabe von `ps(1)`, beispielsweise die PID, den Besitzer, die verbrauchte CPU-Zeit und das Kommando, das den Prozess gestartet hat. `top(1)` zeigt in zwei Spalten den Speicherverbrauch des Prozesses an. Die erste Spalte gibt den gesamten Speicherverbrauch des Prozesses an, in der zweiten Spalte wird der aktuelle Verbrauch angegeben.

Die Anzeige wird von `top(1)` automatisch alle zwei Sekunden aktualisiert. Ein anderer Intervall kann mit `-s` spezifiziert werden.

4.8.2. Stoppen von Prozessen

Eine Möglichkeit mit einem laufenden Prozess zu kommunizieren, ist über das Versenden von *Signalen* mittels `kill(1)`. Es gibt eine Reihe von verschiedenen Signalen. Manche haben eine feste Bedeutung, während andere in

der Dokumentation der Anwendung beschrieben sind. Ein Benutzer kann ein Signal nur an einen Prozess senden, welcher ihm gehört. Wird versucht ein Signal an einen Prozess eines anderen Benutzers zu senden, resultiert dies in einem Zugriffsfehler mangels fehlender Berechtigungen. Die Ausnahme ist der `root`-Benutzer, welcher jedem Prozess Signale senden kann.

FreeBSD kann auch ein Signal an einen Prozess senden. Wenn eine Anwendung schlecht geschrieben ist und auf Speicher zugreift, auf den sie nicht zugreifen soll, so sendet FreeBSD dem Prozess das *Segmentation Violation* Signal (`SIGSEGV`). Wenn eine Anwendung programmiert wurde, den `alarm(3)` Systemaufruf zu benutzen, um nach einiger Zeit benachrichtigt zu werden, bekommt sie das „Alarm“-Signal (`SIGALRM`) gesendet.

Zwei Signale können benutzt werden, um einen Prozess zu stoppen: `SIGTERM` und `SIGKILL`. `SIGTERM` fordert den Prozess höflich zum Beenden auf. Der Prozess kann das Signal abfangen und hat dann Gelegenheit Logdateien zu schließen und die Aktion, die er durchführte, abzuschließen. In manchen Situationen kann der Prozess `SIGTERM` ignorieren, wenn er eine Aktion durchführt, die nicht unterbrochen werden darf.

`SIGKILL` kann von keinem Prozess ignoriert werden. Wird einem Prozess `SIGKILL` geschickt, dann wird FreeBSD diesen sofort beenden¹.

Andere häufig verwendete Signale sind `SIGHUP`, `SIGUSR1` und `SIGUSR2`. Da diese Signale für allgemeine Zwecke vorgesehen sind, werden verschiedene Anwendungen unterschiedlich auf diese Signale reagieren.

Ändern Sie beispielsweise die Konfiguration eines Webservers, so muss dieser angewiesen werden, seine Konfiguration neu zu lesen. Ein Neustart von `httpd` würde dazu führen, dass der Server für kurze Zeit nicht erreichbar ist. Senden Sie dem Dämon stattdessen das `SIGHUP`-Signal. Es sei erwähnt, dass verschiedene Dämonen sich anders verhalten. Lesen Sie die Dokumentation des entsprechenden Dämonen um zu überprüfen, ob der Dämon bei einem `SIGHUP` die gewünschten Ergebnisse erzielt.

Prozedur 4.1. Versicken von Signalen

Das folgende Beispiel zeigt, wie Sie `inetd(8)` ein Signal schicken. Die Konfigurationsdatei von `inetd(8)` ist `/etc/inetd.conf`. Diese Konfigurationsdatei liest `inetd(8)` ein, wenn er `SIGHUP` empfängt.

1. Suchen Sie mit `pgrep(1)` die PID des Prozesses, dem Sie ein Signal schicken wollen. In diesem Beispiel ist die PID von `inetd(8)` 198:

```
% pgrep -l inetd
198 inetd -wW
```

2. Benutzen Sie `kill(1)`, um ein Signal zu senden. Da `inetd(8)` dem Benutzer `root` gehört, müssen Sie zuerst mit `su(1)` `root` werden:

```
% su
Password:
# /bin/kill -s HUP 198
```

`kill(1)` wird, wie andere UNIX® Kommandos auch, keine Ausgabe erzeugen, wenn das Kommando erfolgreich war. Wird versucht, einem Prozess der nicht dem Benutzer gehört, ein Signal zu senden, dann wird die Meldung `kill: PID: Operation not permitted` ausgegeben. Ein Tippfehler bei der Eingabe der PID führt dazu, dass das Signal an einen falschen Prozess gesendet wird, was zu negativen Ergebnissen führen kann, oder das Signal wird an eine PID gesendet die derzeit nicht in Gebrauch ist, was zu dem Fehler `kill: PID: No such process` führt.

¹Es gibt Fälle, in denen ein Prozess nicht unterbrochen werden kann. Wenn ein Prozess zum Beispiel eine Datei von einem anderen Rechner auf dem Netzwerk liest und dieser Rechner nicht erreichbar ist, dann ist der Prozess nicht zu unterbrechen. Wenn der Prozess den Lesezugriff nach einem Timeout von typischerweise zwei Minuten aufgibt, dann wird er beendet.



Warum sollte man `/bin/kill` benutzen?

Viele Shells stellen `kill` als internes Kommando zur Verfügung, das heißt die Shell sendet das Signal direkt, anstatt `/bin/kill` zu starten. Beachten Sie, dass die unterschiedlichen Shells eine andere Syntax benutzen, um die Namen der Signale anzugeben. Anstatt jede Syntax zu lernen, kann es einfacher sein, `/bin/kill` direkt aufzurufen.

Beim Versenden von anderen Signalen, ersetzen Sie `TERM` oder `KILL` in der Kommandozeile mit dem Namen des Signals.



Wichtig

Das zufällige Beenden eines Prozesses kann gravierende Auswirkungen haben. Insbesondere `init(8)`, mit der PID 1, ist ein Spezialfall. `/bin/kill -s KILL 1` ist ein schneller, jedoch nicht empfohlener Weg, das System herunterzufahren. Überprüfen Sie die Argumente von `kill(1)` immer zweimal bevor Sie Return drücken.

4.9. Shells

Eine *Shell* stellt eine Kommandozeilen-Schnittstelle zur Interaktion mit dem Betriebssystem zur Verfügung. Sie empfängt Befehle von einem Eingabekanal und führt diese aus. Viele Shells bieten eingebaute Funktionen, die die tägliche Arbeit erleichtern, beispielsweise eine Dateiverwaltung, die Vervollständigung von Dateinamen (Globbing), Kommandozeilen-Editor, sowie Makros und Umgebungsvariablen. FreeBSD enthält einige Shells, darunter die Bourne Shell (`sh(1)`) und die verbesserte C-Shell (`tcsh(1)`). Weitere Shells, wie `zsh` oder `bash`, befinden sich in der Ports-Sammlung.

Die verwendete Shell ist letztlich eine Frage des Geschmacks. Ein C-Programmierer, findet vielleicht eine C-artige Shell wie `tcsh(1)` angenehmer. Ein Linux®-Benutzer bevorzugt vielleicht `bash`. Jede Shell hat ihre speziellen Eigenschaften, die mit der bevorzugten Arbeitsumgebung des Benutzers harmonisieren kann oder nicht. Deshalb stehen mehrere Shells zur Auswahl.

Ein verbreitetes Merkmal in Shells ist die Dateinamen-Vervollständigung. Nachdem der Benutzer einige Buchstaben eines Kommandos oder eines Dateinamen eingeben hat, vervollständigt die Shell den Rest durch Drücken der Tab-Taste. Angenommen, Sie haben zwei Dateien `foobar` und `football`. Um `foobar` zu löschen, kann der Benutzer `rm foobar` eingeben und Tab drücken um den Dateinamen zu vervollständigen.

Die Shell wird lediglich `rm foobar` anzeigen. Sie konnte den Dateinamen nicht vervollständigen, da sowohl `foobar` als auch `football` mit `foo` anfangen. Einige Shells geben einen Signalton aus, oder zeigen alle Möglichkeiten an, wenn mehr als ein Name mit dem gegebenen Muster übereinstimmt. Der Benutzer muss dann weitere Zeichen eingeben, damit die Shell den gewünschten Dateinamen bestimmen kann. Durch Eingabe von `t` und erneutes Drücken von Tab ist die Shell in der Lage, den gewünschten Dateinamen zu vervollständigen.

Ein weiteres Merkmal der Shell ist der Gebrauch von Umgebungsvariablen. Dies sind veränderbare Schlüsselpaare im Umgebungsraum der Shell, die jedes von der Shell aufgerufene Programm lesen kann. Daher enthält der Umgebungsraum viele Konfigurationsdaten für Programme. [Tabelle 4.4, „Gebräuchliche Umgebungsvariablen“](#) zeigt verbreitete Umgebungsvariablen und deren Bedeutung. Beachten Sie, dass die Namen der Umgebungsvariablen immer in Großbuchstaben geschrieben sind:

Tabelle 4.4. Gebräuchliche Umgebungsvariablen

Variable	Beschreibung
USER	Name des angemeldeten Benutzers.
PATH	Liste mit Verzeichnissen (getrennt durch Doppelpunkt) zum Suchen nach Programmen.
DISPLAY	Der Name des Xorg-Bildschirms, auf dem Ausgaben erfolgen sollen.
SHELL	Die aktuelle Shell.
TERM	Name des Terminaltyps des Benutzers. Benutzt, um die Fähigkeiten des Terminals zu bestimmen.
TERMCAP	Datenbankeintrag der Terminal Escape Codes, benötigt um verschiedenen Terminalfunktionen auszuführen.
OSTYPE	Typ des Betriebssystems.
MACHTYPE	Die CPU-Architektur des Systems.
EDITOR	Vom Benutzer bevorzugter Text-Editor.
PAGER	Vom Benutzer bevorzugter Text-Betrachter.
MANPATH	Liste mit Verzeichnissen (getrennt durch Doppelpunkt) zum Suchen nach Manualpages.

Das Setzen von Umgebungsvariablen unterscheidet sich von Shell zu Shell. In **tcsh(1)** und **csh(1)** wird dazu **setenv** benutzt. **sh(1)** und **bash** benutzen **export** um Umgebungsvariablen zu setzen. Dieses Beispiel für die **tcsh(1)**-Shell setzt die Variable **EDITOR** auf **/usr/local/bin/emacs** :

```
% setenv EDITOR /usr/local/bin/emacs
```

Der entsprechende Befehl für **bash** wäre:

```
% export EDITOR="/usr/local/bin/emacs"
```

Um eine Umgebungsvariable zu expandieren, geben Sie in der Kommandozeile das Zeichen **\$** vor dessen Namen ein. Zum Beispiel gibt **echo \$TERM** den aktuellen Wert von **\$TERM** aus.

Shells behandeln Spezialzeichen, so genannte Metazeichen, als besondere Darstellungen für Daten. Das häufigste Zeichen ist *****, das eine beliebige Anzahl Zeichen in einem Dateinamen repräsentiert. Metazeichen können zur Vervollständigung von Dateinamen (Globbing) benutzt werden. Beispielsweise liefert **echo *** nahezu das gleiche wie **ls**, da die Shell alle Dateinamen die mit ***** übereinstimmen, an **echo** weitergibt.

Um zu verhindern, dass die Shell ein Sonderzeichen interpretiert, schützt man es, indem man einen Backslash (****) voranstellt. Zum Beispiel zeigt **echo \$TERM** die Einstellung des Terminals an, wohingegen **echo \ \$TERM** einfach die Zeichenfolge **\$TERM** ausgibt.

4.9.1. Ändern der Shell

Der einfachste Weg die Standard Shell zu ändern, ist **chsh** zu benutzen. **chsh** startet den Editor, welcher durch die Umgebungsvariable **EDITOR** gesetzt ist. Standardmäßig ist dies **vi(1)**. Tragen Sie in die Zeile die mit **Shell:** beginnt, den absoluten Pfad der neuen Shell ein.

Alternativ setzt **chsh -s** die Shell, ohne dabei einen Editor aufzurufen. Um die Shell zum Beispiel auf **bash** zu ändern, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
% chsh -s /usr/local/bin/bash
```



Anmerkung

Die neue Shell *muss* in `/etc/shells` aufgeführt sein. Wurde die Shell aus der FreeBSD Ports-Sammlung installiert, so wie in [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) beschrieben, sollte sie automatisch zu dieser Datei hinzugefügt worden sein. Wenn der Eintrag fehlt, nutzen Sie folgenden Befehl, und ersetzen Sie den Pfad mit dem Pfad zur gewünschten Shell:

```
# echo /usr/local/bin/bash >> /etc/shells
```

Danach kann `chsh(1)` erneut aufgerufen werden.

4.9.2. Fortgeschrittene Shell Techniken

Geschrieben von Tom Rhodes.

Die UNIX®-Shell ist nicht nur ein Kommandozeileninterpreter, sie ist ein leistungsfähiges Werkzeug, das Benutzern die Ausführung von Befehlen ermöglicht. Es kann die Ein- und Ausgabe umleiten und Befehle miteinander verketteten, um die finale Ausgabe zu verbessern. Diese Funktionalität, gepaart mit den eingebauten Befehlen, bietet dem Benutzer eine Umgebung, welche die Effizienz erheblich steigern kann.

Als *Redirection* bezeichnet man die Umleitung der Ein- oder Ausgabe in einen anderen Befehl oder Datei. Um beispielsweise die Ausgabe des Befehls `ls(1)` in eine Datei zu schreiben, muss die Ausgabe umgeleitet werden:

```
% ls > Verzeichnis_Ausgabe.txt
```

Die Datei `Verzeichnis_Ausgabe.txt` enthält nun den Verzeichnisinhalt. Einige Befehle, wie beispielsweise `sort(1)`, können verwendet werden um von der Eingabe zu lesen. Wenn Sie die Ausgabe sortieren möchten, müssen Sie die Eingabe umleiten:

```
% sort < Verzeichnis_Ausgabe.txt
```

Die Eingabe wird sortiert und auf dem Bildschirm ausgegeben. Um diese Ausgabe wiederum in eine Datei umzuleiten, kann die Ausgabe von `sort(1)` umgeleitet werden:

```
% sort < Verzeichnis_Ausgabe.txt > Sortierte_Ausgabe.txt
```

In den bisherigen Beispielen wurden für die Umleitung Dateideskriptoren verwendet. Jedes UNIX®-System verfügt über drei Dateideskriptoren: Standardeingabe (stdin), Standardausgabe (stdout) und Standardfehlerausgabe (stderr). Jeder Deskriptor hat einen bestimmten Zweck. Die Eingabe könnte von einer Tastatur, einer Maus oder einem anderen Eingabegerät stammen. Die Ausgabe könnte der Bildschirm oder ein Drucker sein. Die Standardfehlerausgabe wird zur Diagnose und für Fehlermeldungen verwendet. Alle drei Deskriptoren arbeiten I/O basiert und werden häufig als *Streams* bezeichnet.

Die Verwendung von Deskriptoren erlaubt es der Shell, die Ein- und Ausgabe von verschiedenen Kommandos umzuleiten und zu teilen. Eine weitere Möglichkeit zur Umleitung bietet der Pipe-Operator.

Der UNIX® Pipe-Operator „|“ wird verwendet, um die Ausgabe eines Kommandos an ein anderes Programm zu übergeben. Grundsätzlich bedeutet dies, dass die Standardausgabe eines Programms als Standardeingabe für ein weiteres Programm verwendet wird. Ein Beispiel:

```
% cat Verzeichnis_Auflistung.txt | sort | less
```

In diesem Beispiel wird der Inhalt von `Verzeichnis_Auflistung.txt` sortiert und die Ausgabe an `less(1)` übergeben. Dies erlaubt es dem Benutzer, die Ausgabe Schritt für Schritt und im eigenen Tempo zu betrachten.

4.10. Text-Editoren

Die meiste Konfiguration unter FreeBSD wird durch das Editieren von Textdateien erledigt. Deshalb ist es eine gute Idee, mit einem Texteditor vertraut zu werden. FreeBSD hat ein paar davon im Basissystem und sehr viel mehr in der Ports-Sammlung.

Ein einfach zu erlernender Editor ist `ee(1)`, was für *easy editor* steht. Um diesen Editor zu starten, gibt man in der Kommandozeile `ee filename` ein, wobei *filename* den Namen der zu editierenden Datei darstellt. Einmal im Editor, finden sich alle Editor-Funktionen oben im Display aufgelistet. Das Einschaltungszeichen (^) steht für die Ctrl (oder Strg) Taste, mit ^e ist also die Tastenkombination Ctrl+e gemeint. Um `ee(1)` zu verlassen, drücken Sie Esc und wählen dann im Hauptmenü `leave editor` aus. Der Editor fragt nach, ob Sie speichern möchten, wenn die Datei verändert wurde.

FreeBSD verfügt über leistungsfähigere Editoren wie `vi(1)` als Teil des Basissystems. Andere Editoren wie `editors/emacs` und `editors/vim` sind Teil der Ports-Sammlung. Diese Editoren bieten höhere Funktionalität, jedoch auf Kosten einer etwas schwierigeren Erlernbarkeit. Das Erlernen eines leistungsfähigeren Editors, wie vim oder Emacs, kann auf lange Sicht Zeit einsparen.

Viele Anwendungen, die Dateien verändern oder Texteingabe erwarten, werden automatisch einen Texteditor öffnen. Um den Standardeditor zu ändern, wird die Umgebungsvariable `EDITOR` gesetzt, wie im Abschnitt [Abschnitt 4.9, „Shells“](#) beschrieben.

4.11. Geräte und Gerätedateien

Der Begriff Gerät wird meist in Verbindung mit Hardware wie Laufwerken, Druckern, Grafikkarten oder Tastaturen gebraucht. Der Großteil der Meldungen, die beim Booten von FreeBSD angezeigt werden, beziehen sich auf gefundene Geräte. Eine Kopie dieser Bootmeldungen wird in `/var/run/dmesg.boot` gespeichert.

Jedes Gerät verfügt über einen Gerätenamen und Gerätenummer. Zum Beispiel steht `ada0` für die erste SATA Festplatte, während `kbd0` die Tastatur repräsentiert.

Auf die meisten Geräte wird unter FreeBSD über spezielle Gerätedateien im `/dev` Verzeichnis zugegriffen.

4.12. Manualpages

4.12.1. Manualpages

Die umfassendste Dokumentation rund um FreeBSD gibt es in Form von Manualpages. Annähernd jedes Programm im System bringt eine kurze Referenzdokumentation mit, die die grundsätzliche Funktion und verschiedene Parameter erklärt. Diese Manuals können mit `man` eingesehen werden:

```
% man Kommando
```

Kommando ist der Name des Kommandos, über das man etwas erfahren will. Um beispielsweise mehr über das Kommando `ls(1)` zu erfahren, geben Sie ein:

```
% man ls
```

Die Manualpages sind in nummerierte Sektionen unterteilt, die jeweils ein Thema darstellen. In FreeBSD sind die folgenden Sektionen verfügbar:

1. Benutzerkommandos.
2. Systemaufrufe und Fehlernummern.
3. Funktionen der C Bibliothek.

4. Gerätetreiber.
5. Dateiformate.
6. Spiele und andere Unterhaltung.
7. Verschiedene Informationen.
8. Systemverwaltung und -Kommandos.
9. Kernel Schnittstellen.

In einigen Fällen kann dasselbe Thema in mehreren Sektionen auftauchen. Es gibt zum Beispiel ein `chmod` Benutzerkommando und einen `chmod()` Systemaufruf. Um [man\(1\)](#) mitzuteilen, aus welcher Sektion die Information angezeigt werden soll, kann die Sektionsnummer mit angegeben werden:

```
% man 1 chmod
```

Dies wird Ihnen die Manualpage für das Benutzerkommando [chmod\(1\)](#) zeigen. Verweise auf eine Sektion der Manualpages werden traditionell in Klammern gesetzt. So bezieht sich [chmod\(1\)](#) auf das Benutzerkommando und [chmod\(2\)](#) auf den Systemaufruf.

Wenn das Kommando nicht bekannt ist, kann `man -k` benutzt werden, um nach Schlüsselbegriffen in den Kommandobeschreibungen zu suchen:

```
% man -k mail
```

Dieser Befehl zeigt eine Liste von Kommandos, deren Beschreibung das Schlüsselwort „mail“ enthält. Die gleiche Funktionalität erhalten Sie auch, wenn Sie [apropos\(1\)](#) benutzen.

Um die Beschreibungen der Kommandos in `/usr/bin` zu lesen, geben Sie ein:

```
% cd /usr/bin
% man -f * | more
```

Dasselbe erreichen Sie durch Eingabe von:

```
% cd /usr/bin
% whatis * | more
```

4.12.2. GNU Info Dateien

FreeBSD enthält verschiedene Anwendungen und Utilities der Free Software Foundation (FSF). Zusätzlich zu den Manualpages können diese Programme Hypertext-Dokumente enthalten, die `info`-Seiten genannt werden. Diese Dokumente können mit [info\(1\)](#) angesehen werden. Wenn [editors/emacs](#) installiert ist, kann auch der `info`-Modus von `emacs` benutzt werden.

Um [info\(1\)](#) zu benutzen, geben Sie ein:

```
% info
```

Eine kurze Einführung gibt es mit `h`; eine Befehlsreferenz erhalten Sie durch Eingabe von `?`.

Kapitel 5. Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports

Übersetzt von Uwe Pierau.

Überarbeitet von Björn Heidotting.

5.1. Übersicht

FreeBSD enthält eine umfassende Sammlung von Systemwerkzeugen, die Teil des Basissystems sind. Darüber hinaus stellt FreeBSD zwei sich ergänzende Methoden zur Installation von Drittanbieter-Software zur Verfügung: Die Ports-Sammlung zur Installation aus dem Quellcode sowie Pakete zur Installation von vorkompilierten binären Softwarepaketen. Beide Methoden können benutzt werden, um Anwendungen von lokalen Medien oder über das Netzwerk zu installieren.

Dieses Kapitel behandelt die folgenden Themen:

- Den Unterschied zwischen binären Softwarepaketen und Ports.
- Wie man Drittanbieter-Software findet, die nach FreeBSD portiert wurde.
- Wie Binärpakete mit `pkg` verwaltet werden.
- Den Bau von Drittanbieter-Software aus dem Quellcode mithilfe der Ports-Sammlung.
- Wie man die Dateien findet, die zusammen mit der Anwendung installiert wurden.
- Was zu tun ist, wenn die Installation einer Software fehlschlägt.

5.2. Installation von Software

Die typischen Schritte zur Installation von Drittanbieter-Software auf einem UNIX® System sind:

1. Download der Software, die als Quelltext oder im Binärformat vorliegen kann.
2. Auspacken der Software. Dies ist typischerweise ein mit `compress(1)`, `gzip(1)` oder `bzip2(1)` komprimiertes Tar-Archiv.
3. Durchsuchen der Dokumentation, die sich in `INSTALL`, `README` oder mehreren Dateien im Verzeichnis `doc/` befindet, nach Anweisungen, wie die Software zu installieren ist.
4. Kompilieren der Software, wenn sie als Quelltext vorliegt. Dazu muss vielleicht das `Makefile` angepasst, oder `configure` ausgeführt werden.
5. Testen und installieren der Software.

Wenn die Software nicht speziell für FreeBSD geschrieben wurde, muss vielleicht sogar der Quelltext angepasst werden, damit die Software funktioniert. Zurzeit werden über 24,000 Anwendungen Dritter zur Verfügung gestellt.

Ein FreeBSD-Paket enthält vorkompilierte Kopien aller Befehle für eine Anwendung, sowie zusätzliche Konfigurationsdateien und Dokumentation. Pakete können mit den `pkg`-Befehlen, wie `pkg install`, manipuliert werden.

Ein FreeBSD-Port ist eine Sammlung von Dateien, die das Kompilieren der Quelltexte einer Anwendung automatisieren. Die Dateien, die ein Port umfasst enthalten alle notwendigen Informationen um die Anwendung herunterzuladen, zu extrahieren, anzupassen und zu installieren.

Das Portsystem kann auch dazu benutzt werden, Pakete zu generieren, die mit den Paketverwaltungswerkzeugen von FreeBSD manipuliert werden können.

Pakete und Ports beachten Abhängigkeiten zwischen Anwendungen. Wenn ein Paket oder die Ports-Sammlung benutzt wird, um eine Anwendung zu installieren, dann werden fehlende Bibliotheken zuerst installiert, sofern sie nicht schon vorher installiert waren.

Obwohl beide Technologien gleichartig sind, so haben Pakete und Ports jeweils ihre eigenen Stärken. Welche Technologie eingesetzt wird, hängt letzten Endes von den Anforderungen ab, die an eine bestimmte Anwendung gestellt werden.

- Das komprimierte Paket einer Anwendung ist normalerweise kleiner als das komprimierte Archiv der Quelltexte.
- Pakete müssen nicht mehr kompiliert werden. Dies ist ein Vorteil, wenn große Pakete wie Mozilla, KDE oder GNOME auf langsamen Maschinen installiert werden.
- Wenn Sie Pakete verwenden, brauchen Sie nicht zu verstehen, wie Software unter FreeBSD kompiliert wird.
- Da die Pakete auf möglichst vielen System laufen sollen, werden Optionen beim Übersetzen zurückhaltend gesetzt. Wird eine Anwendung über die Ports übersetzt, können die Optionen nach eigenen Bedürfnissen angepasst werden.
- Die Eigenschaften einiger Anwendungen werden über Optionen zum Zeitpunkt des Übersetzens festgelegt. Apache kann zum Beispiel über eine große Auswahl an eingebauten Optionen konfiguriert werden.

Für einige Fälle existieren verschiedene Pakete einer Anwendung, die beim Übersetzen unterschiedlich konfiguriert wurden. Für Ghostscript gibt es ein `ghostscript`-Paket und ein `ghostscript-nox11`-Paket, die sich durch die Xorg Unterstützung unterscheiden. Das Erstellen von verschiedenen Paketen wird aber schnell unhandlich, wenn eine Anwendung mehr als ein oder zwei Optionen zum Zeitpunkt des Übersetzens besitzt.

- Die Lizenzbestimmungen mancher Software verbietet ein Verbreiten in binärer Form. Diese Software muss als Quelltext, der durch den Benutzer kompiliert werden muss, ausgeliefert werden.
- Einige Leute trauen binären Distributionen nicht, oder sie ziehen es vor den Quelltext zu lesen, um diesen nach möglichen Problemen zu durchsuchen.
- Der Quellcode wird benötigt, um individuelle Anpassungen anzuwenden.

Wenn Sie über aktualisierte Ports informiert sein wollen, lesen Sie die Mailinglisten [FreeBSD ports](#) und [FreeBSD ports bugs](#).



Warnung

Bevor Sie eine Anwendung installieren, informieren Sie sich auf der Seite <http://vuxml.FreeBSD.org/> über mögliche Sicherheitsprobleme mit der Anwendung, oder führen Sie `pkg audit -F` aus, um alle installierten Pakete auf bekannte Sicherheitslücken zu überprüfen.

Der Rest dieses Kapitels beschreibt, wie man Software Dritter mit Paketen und Ports unter FreeBSD installiert und verwaltet.

5.3. Suchen einer Anwendung

Die Anzahl der nach FreeBSD portierten Anwendungen steigt ständig. Es gibt einige Wege, um nach Anwendungen zu suchen:

- Die FreeBSD-Webseite stellt unter <http://www.FreeBSD.org/ports/> eine aktuelle und durchsuchbare Liste aller Anwendungen zur Verfügung. Die Ports können nach dem Namen der Anwendung, oder über die Software-Kategorie durchsucht werden.
- Dan Langille verwaltet FreshPorts.org, das eine umfassende Suchfunktion bietet und Änderungen an den Anwendungen in der Ports-Sammlung verfolgt. Registrierte Benutzer können eine Merkliste erstellen, um automatisch eine E-Mail zu erhalten, sobald ein Port von dieser Liste aktualisiert wurde.
- Wenn Sie bei der Suche nach einer bestimmten Anwendung nicht weiter kommen, versuchen Sie eine Webseite wie SourceForge.net oder GitHub.com. Schauen Sie dann auf der [FreeBSD-Webseite](#) nach, ob die Anwendung portiert wurde.
- Das Paket Repository nach einer Anwendung durchsuchen:

```
# pkg search subversion
git-subversion-1.9.2
java-subversion-1.8.8_2
p5-subversion-1.8.8_2
py27-hgsubversion-1.6
py27-subversion-1.8.8_2
ruby-subversion-1.8.8_2
subversion-1.8.8_2
subversion-book-4515
subversion-static-1.8.8_2
subversion16-1.6.23_4
subversion17-1.7.16_2
```

Die Paketnamen enthalten jeweils die Versionsnummer. Wenn ein Port von python abhängt, wird auch die Versionsnummer von python ausgegeben, mit der die Anwendung gebaut wurde. Für einige Ports stehen sogar mehrere Versionen zur Verfügung. Im Fall von subversion gibt es drei verschiedene Versionen, mit unterschiedlichen Optionen. In diesem Fall wird die Version von subversion statisch gelinkt. Wenn Sie ein Paket installieren, ist es am besten den Ursprung des Ports anzugeben, also den Pfad in der Ports-Sammlung. Wiederholen Sie `pkg search` mit `-o` um den Ursprung der Pakete anzuzeigen:

```
# pkg search -o subversion
devel/git-subversion
java/java-subversion
devel/p5-subversion
devel/py-hgsubversion
devel/py-subversion
devel/ruby-subversion
devel/subversion16
devel/subversion17
devel/subversion
devel/subversion-book
devel/subversion-static
```

Zudem unterstützt `pkg search` die Suche mit regulären Ausdrücken, nach exakten Treffern, nach der Beschreibung oder nach anderen Feldern in der Repository-Datenbank. Nach der Installation von [ports-mgmt/pkg](#) oder [ports-mgmt/pkg-devel](#), finden Sie in [pkg-search\(8\)](#) weitere Details.

- Wenn die Ports-Sammlung bereits installiert ist, gibt es mehrere Methoden, um die lokale Version dieser Port-Sammlung abzufragen. Verwenden Sie `whereis` *Datei* um herauszufinden, in welcher Kategorie ein Port ist, wobei *Datei* der Name des Programms ist, das installiert werden soll:

```
# whereis lsof
lsof: /usr/ports/sysutils/lsof
```

Alternativ kann der `echo(1)`-Befehl verwendet werden:

```
# echo /usr/ports/*/*lsof*
/usr/ports/sysutils/lsof
```

Beachten Sie aber, dass dieser Befehl auch alle Dateien im Verzeichnis `/usr/ports/distfiles` findet, auf die der angegebene Suchbegriff passt.

- Ein weiterer Weg nach Software zu suchen besteht darin, die eingebaute Suchfunktion der Ports-Sammlung zu benutzen. Wechseln Sie dazu in das Verzeichnis `/usr/ports`, und rufen Sie `make search name= Anwendungsname` auf, wobei *Anwendungsname* der Name der Software ist. Um zum Beispiel nach `lsof` zu suchen:

```
# cd /usr/ports
# make search name=lsof
Port:  lsof-4.88.d,8
Path:  /usr/ports/sysutils/lsof
Info:  Lists information about open files (similar to fstat(1))
Maint: ler@lerctr.org
Index: sysutils
B-deps:
R-deps:
```



Tipp

Der integrierte Suchmechanismus verwendet eine Datei mit Index-Informationen. Erscheint eine Meldung, dass der INDEX benötigt wird, führen Sie `make fetchindex` aus, um die aktuelle Index-Datei herunterzuladen. Mit einem vorhandenen INDEX ist `make search` in der Lage, die gewünschte Suche durchzuführen.

Die „Path“-Zeile zeigt an, wo der Port zu finden ist.

Um weniger Informationen zu erhalten, benutzen Sie die Funktion `quicksearch`:

```
# cd /usr/ports
# make quicksearch name=lsof
Port: lsof-4.88.d,8
Path: /usr/ports/sysutils/lsof
Info: Lists information about open files (similar to fstat(1))
```

Erweiterte Suchen führen Sie mit `make search key= Text` oder `make quicksearch key= Text` aus. Damit werden Portnamen, Kommentare, Beschreibungen und Abhängigkeiten nach *Text* durchsucht. Dies kann sehr nützlich sein, wenn der Name des Programms nicht bekannt ist.

Bei der Verwendung von `search` und `quicksearch` wird Groß- und Kleinschreibung bei der Suche ignoriert. Die Suche nach „LSOF“ wird dieselben Ergebnisse wie die Suche nach „lsof“ liefern.

5.4. Benutzen von pkg zur Verwaltung von Binärpaketen

`pkg` ist der Nachfolger für die traditionellen Paketverwaltungswerkzeuge von FreeBSD. Es bietet viele Funktionen, die den Umgang mit Binärpaketen schneller und einfacher machen.

`pkg` ist kein Ersatz für die Portverwaltungswerkzeuge wie [ports-mgmt/portmaster](#) oder [ports-mgmt/portupgrade](#). Während diese Werkzeuge Drittanbieter-Software sowohl aus Binärpaketen als auch aus der Ports-Sammlung installieren können, so installiert `pkg` ausschließlich Binärpakete.

5.4.1. Erste Schritte mit pkg

FreeBSD enthält ein Bootstrap-Programm, welches `pkg` zusammen mit den Manualpages installiert.

Um das Bootstrap Programm zu starten, geben Sie folgendes ein:

```
# /usr/sbin/pkg
```

Für ältere Versionen von FreeBSD muss pkg zunächst aus der Ports-Sammlung oder als Paket installiert werden.

Um den Port zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# cd /usr/ports/ports-mgmt/pkg
# make
# make install clean
```

Bei der Aktualisierung eines bestehenden Systems, welches ursprünglich die alten Paketverwaltungswerkzeuge verwendet hat, muss die Datenbank in das neue Format konvertiert werden, damit die neuen Werkzeuge wissen, welche Pakete bereits installiert sind. Sobald pkg installiert ist, muss die Paketdatenbank mit dem folgenden Befehl vom traditionellen Format in das neue Format konvertiert werden:

```
# pkg2ng
```



Anmerkung

Auf neu installierten Systemen, auf denen noch keine Software von Drittanbietern installiert wurde, kann dieser Schritt entfallen.



Wichtig

Die Konvertierung ist unwiderruflich. Sobald die Paketdatenbank in das Format von pkg umgewandelt wurde, sollten die traditionellen pkg_* Werkzeuge nicht mehr benutzt werden.



Anmerkung

Bei der Konvertierung der Paketdatenbank können Fehler ausgegeben werden, wenn die Inhalte auf die neue Version umgewandelt werden. Im Allgemeinen können diese Fehler ignoriert werden. Wenn pkg2ng fertig ist, wird eine Liste von Drittanbieter-Software ausgegeben, die nicht erfolgreich konvertiert werden konnte. Diese Anwendungen müssen manuell neu installiert werden.

Um sicherzustellen, dass die FreeBSD Ports-Sammlung neue Pakete mit pkg und nicht mit den traditionellen Formaten registriert, muss in FreeBSD 10.X und früheren Versionen folgende Zeile in `/etc/make.conf` hinzugefügt werden:

```
WITH_PKGNG= yes
```

Das pkg Paketverwaltungssystem benutzt die Pakete der FreeBSD-Spiegel. Wenn Sie ein eigenes Paket-Repository erstellen möchten, lesen Sie [Abschnitt 5.6, „Pakete mit Poudriere bauen“](#)

Weitere Konfigurationsoptionen für pkg sind in [pkg.conf\(5\)](#) beschrieben.

Informationen zur Bedienung von pkg ist in [pkg\(8\)](#) verfügbar. Alternativ kann pkg ohne zusätzliche Argumente aufgerufen werden.

Jedes Argument von pkg ist in seiner spezifischen Manualpage dokumentiert. Um beispielsweise die Manualpage von pkg `install` zu lesen, geben Sie einen der folgenden Befehle ein:

```
# pkg help install
```

```
# man pkg-install
```

Der Rest dieses Abschnitts beschreibt die typischen Verwaltungsaufgaben für Binärpakete, die mit `pkg` erledigt werden können. Jedes gezeigte Kommando verfügt über Optionen, um das Verhalten anzupassen. Details und weitere Beispiele finden Sie in den Manualpages der einzelnen Kommandos.

5.4.2. Informationen über installierte Pakete anzeigen

Informationen über bereits installierte Pakete können mit `pkg info` angezeigt werden. Dabei wird, wenn keine weiteren Optionen angegeben werden, die Version und die Beschreibung aller Pakete oder eines einzelnen Pakets ausgegeben.

Um zu ermitteln welche Version von `pkg` installiert ist, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg info pkg
pkg-1.1.4_1
```

5.4.3. Installation und Deinstallation von Paketen

Ein Binärpaket installieren Sie mit dem folgenden Befehl, wobei *paketname* der Name des zu installierenden Pakets ist:

```
# pkg install paketname
```

Dieser Befehl verwendet Daten aus dem Repository um zu bestimmen, welche Version der Software und welche Abhängigkeiten installiert werden müssen. Um beispielsweise `curl` zu installieren:

```
# pkg install curl
Updating repository catalogue
/usr/local/tmp/All/curl-7.31.0_1.txz      100% of 1181 kB 1380 kBps 00m01s
/usr/local/tmp/All/ca_root_nss-3.15.1_1.txz  100% of  288 kB 1700 kBps 00m00s

Updating repository catalogue
The following 2 packages will be installed:

    Installing ca_root_nss: 3.15.1_1
    Installing curl: 7.31.0_1

The installation will require 3 MB more space

0 MB to be downloaded

Proceed with installing packages [y/N]: y
Checking integrity... done
[1/2] Installing ca_root_nss-3.15.1_1... done
[2/2] Installing curl-7.31.0_1... done
Cleaning up cache files...Done
```

Das neue Paket und jedes weitere Paket, das als Abhängigkeit installiert wurde, ist in der Liste der installierten Pakete zu sehen:

```
# pkg info
ca_root_nss-3.15.1_1      The root certificate bundle from the Mozilla Project
curl-7.31.0_1            Non-interactive tool to get files from FTP, GOPHER, HTTP(S) servers
pkg-1.1.4_6              New generation package manager
```

Wird ein Paket nicht mehr benötigt, kann es mit `pkg delete` entfernt werden. Zum Beispiel:

```
# pkg delete curl
```

```
The following packages will be deleted:
```

```
curl-7.31.0_1
```

```
The deletion will free 3 MB
```

```
Proceed with deleting packages [y/N]: y
```

```
[1/1] Deleting curl-7.31.0_1... done
```

5.4.4. Installierte Pakete aktualisieren

Installierte Pakete können mit diesem Kommando auf die neuesten Versionen aktualisiert werden:

```
# pkg upgrade
```

Dieses Kommando vergleicht und aktualisiert die installierten Versionen der Pakete mit denen im Repository.

5.4.5. Installierte Pakete auditieren

Gelegentlich werden Sicherheitslücken in einer Drittanbieter-Software entdeckt. pkg besitzt einen eingebauten Auditing-Mechanismus. Um die auf dem System installierte Software auf Sicherheitslücken zu prüfen, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
# pkg audit -F
```

5.4.6. Automatisches Entfernen von nicht mehr benötigten Abhängigkeiten

Das Entfernen eines Pakets kann möglicherweise Abhängigkeiten hinterlassen, die nicht mehr benötigt werden. Unnötige Pakete, die als Abhängigkeit von anderen Paketen installiert wurden, können automatisch erfasst und entfernt werden:

```
# pkg autoremove
```

```
Packages to be removed:
```

```
ca_root_nss-3.15.1_1
```

```
The autoremoval will free 723 kB
```

```
Proceed with autoremoval of packages [y/N]: y
```

```
Deinstalling ca_root_nss-3.15.1_1... done
```

5.4.7. Wiederherstellung der Paketdatenbank

Im Gegensatz zum alten Paketverwaltungssystem beinhaltet pkg einen eigenen Mechanismus zur Sicherung der Paketdatenbank. Diese Funktionalität ist standardmäßig aktiviert.



Tipp

Um das Skript daran zu hindern, eine Sicherung der Paketdatenbank zu erstellen, muss in [periodic.conf\(5\)](#) `daily_backup_pkgdb_enable="NO"` gesetzt werden.

Um den Inhalt einer früheren Paketdatenbank wiederherzustellen, geben Sie folgendes Kommando ein und ersetzen Sie `/path/to/pkg.sql` durch den Speicherort der gesicherten Datenbank:

```
# pkg backup -r /path/to/pkg.sql
```



Anmerkung

Wenn Sie eine Sicherung wiederherstellen, die von einem `periodic` Skript erstellt wurde, müssen Sie diese zuerst dekomprimieren.

Um eine manuelle Sicherung der `pkg` Paketdatenbank zu erstellen, führen Sie den folgenden Befehl aus, und ersetzen Sie `/path/to/pkg.sql` durch einen geeigneten Dateinamen:

```
# pkg backup -d /path/to/pkg.sql
```

5.4.8. Alte Pakete entfernen

Standardmäßig speichert `pkg` Pakete in einem Cache-Verzeichnis, welches in `pkg.conf(5)` in der Variablen `PKG_CACHEDIR` definiert wird. Nur Kopien der neusten installierten Pakete werden beibehalten. Ältere Versionen von `pkg` haben alle Pakete aufbewahrt. Um diese veralteten Pakete zu entfernen, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg clean
```

Um alle Pakte aus dem Cache-Verzeichnis zu löschen, geben Sie ein:

```
# pkg clean -a
```

5.4.9. Manipulation der Paket-Metadaten

Bei Software aus der FreeBSD Ports-Sammlung kann es vorkommen, dass die Hauptversionsnummer geändert wird. Dafür hat `pkg` ein eingebautes Kommando, um die Quelle eines Pakets zu aktualisieren. Dies ist nützlich, wenn zum Beispiel `lang/php5` zu `lang/php53` umbenannt wurde, damit `lang/php5` jetzt die Version 5.4 integrieren kann.

Um die Quelle des Pakets für das obige Beispiel zu ändern, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg set -o lang/php5:lang/php53
```

Ein weiteres Beispiel: Um `lang/ruby18` auf `lang/ruby19` zu aktualisieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg set -o lang/ruby18:lang/ruby19
```

In diesem letzten Beispiel wird die Quelle der Bibliotheken von `libglut` von `graphics/libglut` auf `graphics/freeglut` geändert:

```
# pkg set -o graphics/libglut:graphics/freeglut
```



Anmerkung

Bei einem Wechsel der Paketquelle ist es notwendig, die Pakete neu zu installieren, welche von dem Paket abhängig sind, das seine Paketquelle geändert hat. Um eine Neuinstallation von abhängigen Paketen zu erzwingen, führen Sie folgenden Befehl aus:

```
# pkg install -Rf graphics/freeglut
```

5.5. Benutzen der Ports-Sammlung

Die Ports-Sammlung ist eine Reihe von `Makefiles`, `Patches` und `Beschreibungen`, die unter `/usr/ports` gespeichert sind. Diese Dateien werden für den Bau und die Installation von Anwendungen unter FreeBSD verwendet. Bevor

Kapitel 5. Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports

eine Anwendung aus den Ports erstellt werden kann, muss zuerst die Ports-Sammlung installiert werden. Wenn Sie dies nicht bereits bei der Installation von FreeBSD getan haben, benutzen Sie eine der beiden Methoden um sie zu installieren:

Prozedur 5.1. Installation mit Portsnap

FreeBSDs Basissystem enthält mit Portsnap ein schnelles und benutzerfreundliches Werkzeug zur Installation der Ports-Sammlung und die bevorzugte Wahl für die meisten Benutzer. Dieses Programm stellt eine Verbindung zu einem FreeBSD-Server her, überprüft den gesicherten Schlüssel und lädt eine aktuelle Kopie der Ports-Sammlung herunter. Der Schlüssel wird benötigt, um die Integrität der heruntergeladenen Dateien zu untersuchen.

1. Laden Sie einen komprimierten Snapshot der Ports-Sammlung in `/var/db/portsnap` :

```
# portsnap fetch
```

2. Wenn Sie Portsnap das erste Mal verwenden, müssen Sie den Snapshot nach `/usr/ports` extrahieren:

```
# portsnap extract
```

3. Nach dem ersten Einsatz von Portsnap, kann `/usr/ports` wie folgt aktualisiert werden:

```
# portsnap fetch  
# portsnap update
```

Bei der Verwendung von `fetch` können die `extract` oder `update` Operationen nacheinander ausgeführt werden, etwa so:

```
# portsnap fetch update
```

Prozedur 5.2. Installation mit Subversion

Wird mehr Kontrolle über die Ports-Sammlung benötigt, oder wenn die lokalen Änderungen beibehalten werden sollen, kann Subversion benutzt werden, um die Ports-Sammlung zu laden. Lesen Sie [den Subversion Primer](#) für eine detaillierte Beschreibung von Subversion.

1. Subversion muss installiert sein, bevor die Ports-Sammlung geladen werden kann. Ist eine lokale Kopie der Ports-Sammlung bereits vorhanden, installieren Sie Subversion wie folgt:

```
# cd /usr/ports/devel/subversion  
# make install clean
```

Wenn keine lokale Kopie der Ports-Sammlung vorhanden ist, oder `pkg` zur Verwaltung von Paketen benutzt wird, kann Subversion als Paket installiert werden:

```
# pkg install subversion
```

2. Laden Sie eine Kopie der Ports-Sammlung:

```
# svn checkout https://svn.FreeBSD.org/ports/head /usr/ports
```

3. Nach dem erstmaligen `checkout` mit Subversion kann `/usr/ports` wie folgt aktualisiert werden:

```
# svn update /usr/ports
```

Die Ports-Sammlung installiert eine Reihe von Verzeichnissen, die jeweils eine Softwarekategorie repräsentieren. Jede Kategorie hat für jede einzelne Anwendung ein weiteres Unterverzeichnis. Jedes Unterverzeichnis enthält Dateien, die FreeBSD sagen, wie ein Programm kompiliert und installiert werden muss. Diese Dateien werden auch Port-„Gerüst“ genannt. Jedes Port-„Gerüst“ beinhaltet die folgenden Dateien und Verzeichnisse:

- **Makefile**: enthält Anweisungen, die spezifizieren, wie die Anwendung kompiliert wird und wohin die Komponenten installiert werden sollten.

- **distinfo**: enthält die Namen und die Prüfsummen der Dateien, die heruntergeladen werden müssen, um den Port zu bauen.
- **files**: dieses Verzeichnis enthält Patches, welche das Übersetzen und Installieren der Anwendung unter FreeBSD ermöglichen. Zudem können noch weitere Dateien, die für die Übersetzung des Ports verwendet werden, enthalten sein.
- **pkg-descr**: enthält eine ausführlichere Beschreibung der Anwendung.
- **pkg-plist**: eine Liste aller Dateien, die durch diesen Port installiert werden. Außerdem sind hier Informationen enthalten, die zum Entfernen des Ports benötigt werden.

Einige Ports beinhalten noch **pkg-message** oder weitere Dateien, die vom Port-System benutzt werden, um spezielle Situationen zu handhaben. Wenn Sie mehr über diese Dateien oder das Port-System erfahren wollen, lesen Sie das [FreeBSD Porter's Handbook](#).

Ein Port enthält nicht den eigentlichen Quellcode, der auch als „Distfile“ bekannt ist. Der heruntergeladene Quellcode wird automatisch nach `/usr/ports/distfiles` extrahiert.

5.5.1. Ports installieren

Dieser Abschnitt beschreibt die grundlegende Benutzung der Ports-Sammlung, um Software zu installieren oder zu deinstallieren. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen **make**-Targets finden Sie in [ports\(7\)](#).



Warnung

Stellen Sie sicher, dass die Ports-Sammlung aktuell ist, bevor Sie einen Port kompilieren. Informieren Sie sich vorher zusätzlich unter <http://vuxml.FreeBSD.org/> über mögliche Sicherheitsprobleme des zu installierenden Ports. Alternativ können Sie `pkg audit -F` ausführen, bevor Sie einen neuen Port installieren. Die täglich laufende Sicherheitsprüfung des Systems aktualisiert ebenfalls die Datenbank und prüft installierte Anwendungen auf vorhandene Sicherheitsprobleme. Weitere Informationen finden Sie in [pkg-audit\(8\)](#) und [periodic\(8\)](#).

Die Benutzung der Ports-Sammlung setzt eine funktionierende Internetverbindung und Superuser-Rechte voraus.

Um einen Port zu installieren, wechseln Sie in das Verzeichnis des Ports, den Sie installieren möchten. Geben Sie dann `make install` am Prompt ein:

```
# cd /usr/ports/sysutils/lsof
# make install
>> lsof_4.88D.freebsd.tar.gz doesn't seem to exist in /usr/ports/distfiles/.
>> Attempting to fetch from ftp://lsof.itap.purdue.edu/pub/tools/unix/lsof/.
==> Extracting for lsof-4.88
...
[Ausgabe des Auspackens weggelassen]
...
>> Checksum OK for lsof_4.88D.freebsd.tar.gz.
==> Patching for lsof-4.88.d,8
==> Applying FreeBSD patches for lsof-4.88.d,8
==> Configuring for lsof-4.88.d,8
...
[configure-Ausgabe weggelassen]
...
==> Building for lsof-4.88.d,8
...
[Ausgabe der Übersetzung weggelassen]
```

```
...
==> Installing for lsof-4.88.d,8
...
[Ausgabe der Installation weggelassen]
...
==> Generating temporary packing list
==> Compressing manual pages for lsof-4.57
==> Registering installation for lsof-4.57
==> SECURITY NOTE:
      This port has installed the following binaries which execute with
      increased privileges.
/usr/local/bin/lsof
#
```

Da `lsof` eine Anwendung ist, die mit erhöhten Rechten läuft, wird nach der Installation eine Sicherheitswarnung angezeigt. Sobald die Installation abgeschlossen ist, erscheint wieder der Prompt.

Um die Suche nach Kommandos zu beschleunigen, speichern einige Shells eine Liste der verfügbaren Kommandos in den durch die Umgebungsvariable `PATH` gegebenen Verzeichnissen. Benutzer der `tcsh` müssen eventuell `rehash` eintippen, um die neu installierten Kommandos benutzen zu können, ohne den vollständigen Pfad anzugeben. Benutzer der Shell `sh` müssen stattdessen `hash -r` eintippen. Weitere Informationen finden Sie in der Dokumentation der jeweiligen Shell.

Bei der Installation wird ein Arbeitsverzeichnis erstellt, das alle temporären Dateien enthält, die während des Bauvorgangs benötigt werden. Wenn dieses Verzeichnis nach der Installation entfernt wird, spart dies Plattenplatz und minimiert mögliche Probleme bei der Aktualisierung des Ports auf eine neuere Version:

```
# make clean
==> Cleaning for lsof-4.88.d,8
#
```



Anmerkung

Sie können zwei Schritte sparen, wenn Sie bei der Kompilierung des Ports gleich `make install clean` eingeben.

5.5.1.1. Port Installation anpassen

Einige Ports bieten Optionen, mit denen zusätzliche Funktionen oder Sicherheitsoptionen eingestellt werden können. Beispiele dafür sind www/firefox, security/gpgme und mail/sylpheed-claws. Wenn ein Port von anderen Ports abhängig ist und diese über zusätzliche Abhängigkeiten und Optionen verfügen, wird mehrmals ein Menü ausgegeben, wo der Benutzer verschiedene Optionen wählen kann. Um dies zu vermeiden, wechseln Sie in das Verzeichnis des Ports und geben Sie `make config-recursive` ein, um die Konfiguration an einem Stück zu erledigen. Führen Sie danach `make install [clean]` aus, um den Port zu kompilieren und zu installieren.



Tipp

Bei der Verwendung von `config-recursive` wird eine Liste von Ports, die konfiguriert werden, vom Target `all-depends-list` erstellt. Es wird empfohlen, `make config-recursive` so lange auszuführen, bis alle Optionen der abhängigen Ports definiert sind und keine Optionen und Menüs mehr erscheinen. Damit soll sichergestellt werden, dass alle Optionen konfiguriert wurden.

Es gibt diverse Möglichkeiten, dieses Menü nach dem Bau eines Ports erneut aufzurufen, um Optionen zu entfernen, hinzuzufügen oder anzupassen. Sie können beispielsweise mit `cd` in das Verzeichnis des Ports wechseln und

dort `make config` eingeben. Eine andere Möglichkeit ist `make showconfig`. Eine weitere Alternative bietet `make rmconfig`, das alle ursprünglich gewählten Optionen zurücksetzt und es Ihnen dadurch ermöglicht, die Konfiguration erneut zu beginnen. Die eben erwähnten Optionen werden ausführlich in [ports\(7\)](#) beschrieben.

Die Ports-Sammlung benutzt zum Herunterladen von Dateien [fetch\(3\)](#), das diverse Umgebungsvariablen unterstützt. Die Variablen `FTP_PASSIVE_MODE`, `FTP_PROXY` und `FTP_PASSWORD` müssen unter Umständen gesetzt werden, wenn das FreeBSD-System hinter einer Firewall oder einem FTP/HTTP-Proxy arbeitet. Eine vollständige Liste der unterstützten Variablen finden Sie in [fetch\(1\)](#).

Benutzer ohne eine ständige Internet-Verbindung können `make fetch` im Verzeichnis `/usr/ports` ausführen, um die benötigten Dateien herunterzuladen. Es ist auch möglich, `make fetch` nur in einem Teil des Baums, wie `/usr/ports/net`, aufzurufen. Die Dateien von allen abhängigen Ports werden mit diesem Kommando allerdings nicht heruntergeladen. Wenn Sie diese Dateien ebenfalls herunterladen wollen, benutzen Sie stattdessen `make fetch-recursive`.

In einigen seltenen Fällen ist es erforderlich, die benötigten Dateien von einem anderen Ort als den im Port definierten `MASTER_SITES` herunterzuladen. Sie können `MASTER_SITES` mit dem folgenden Kommando überschreiben:

```
# cd /usr/ports/ directory
# make MASTER_SITE_OVERRIDE= \
ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/ports/distfiles/ fetch
```

Die Variablen `WRKDIRPREFIX` und `PREFIX` überschreiben das voreingestellte Bau- und Zielverzeichnis. Zum Beispiel:

```
# make WRKDIRPREFIX=/usr/home/example/ports install
```

Dieses Kommando baut den Port unter `/usr/home/example/ports` und installiert ihn unter `/usr/local`.

Die Variable `PREFIX` legt das Installations-Verzeichnis fest:

```
# make PREFIX=/usr/home/example/local install
```

In diesem Beispiel wird der Port unter `/usr/ports` gebaut und nach `/usr/home/example/local` installiert.

Sie können beide Variablen auch zusammen benutzen:

```
# make WRKDIRPREFIX=../ports PREFIX=../local install
```

Alternativ können diese Variablen auch als Umgebungsvariablen gesetzt werden. In der Manualpage Ihrer Shell finden Sie Anweisungen, wie Umgebungsvariablen gesetzt werden.

5.5.2. Entfernen installierter Ports

Installierte Ports können mit `pkg delete` wieder deinstalliert werden. Beispiele für dieses Kommando finden Sie in [pkg-delete\(8\)](#).

Alternativ kann `make deinstall` im Verzeichnis des Ports aufgerufen werden:

```
# cd /usr/ports/sysutils/lsof
make deinstall
==> Deinstalling for sysutils/lsof
==> Deinstalling
Deinstallation has been requested for the following 1 packages:

    lsof-4.88.d,8

Thee deinstallation will free 229 kB
[1/1] Deleting lsof-4.88.d,8... done
```

Es wird empfohlen die Nachrichten zu lesen, die ausgegeben werden, wenn ein Port deinstalliert wird. Wenn der Port noch Anwendungen hat, die von ihm abhängig sind, werdenn diese am Bildschirm angezeigt, aber die Deinstal-

lation wird forgesetzt. In solchen Fällen ist es besser, die Anwendung neu zu installieren, um fehlende Abhängigkeiten zu vermeiden.

5.5.3. Ports aktualisieren

Im Laufe der Zeit stehen neuere Versionen der Software in der Ports-Sammlung zur Verfügung. In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie Sie bestimmen, welche Software aktualisiert werden kann und wie das Upgrade durchzuführen ist.

Um festzustellen, ob neuere Versionen der installierten Ports verfügbar sind, stellen Sie sicher, dass die neueste Version der Ports-Sammlung installiert ist. Dies wird in [Prozedur 5.1](#), „Installation mit Portsnap“ und [Prozedur 5.2](#), „Installation mit Subversion“ beschrieben. Führen Sie unter FreeBSD 10 und neueren Versionen, bzw. auf Systemen die bereits mit pkg arbeiten, den folgenden Befehl aus, um eine Liste der installierten Ports zu erhalten für die eine aktuelle Version existiert:

```
# pkg version -l "<"
```

Mit FreeBSD 9.X und älteren Versionen kann stattdessen dieser Befehl verwendet werden:

```
# pkg_version -l "<"
```



Wichtig

Lesen Sie zuerst `/usr/ports/UPDATING`, bevor Sie einen Port aktualisieren. In dieser Datei werden Probleme und zusätzlich durchzuführende Schritte bei der Aktualisierung einzelner Ports beschrieben. Dazu gehören solche Dinge wie geänderte Dateiformate, verschobene Konfigurationsdateien, aber auch Inkompatibilitäten zu einer Vorgängerversion. Notieren Sie sich alle Anweisungen der Ports, die aktualisiert werden müssen. Folgen Sie den Anweisungen, wenn Sie das Upgrade durchführen.

5.5.3.1. Ports mit Portmaster aktualisieren

[ports-mgmt/portmaster](#) ist ein sehr kleines Werkzeug zum Aktualisieren von Ports. Es wurde entwickelt, um mit den in FreeBSD integrierten Werkzeugen zu arbeiten, ohne dabei von anderen Ports oder Datenbanken abhängig zu sein. Sie können das Programm aus der Ports-Sammlung installieren:

```
# cd /usr/ports/ports-mgmt/portmaster
# make install clean
```

Portmaster teilt Ports in vier Kategorien ein:

- Root Port: hat keine Abhängigkeiten und andere Ports sind nicht von diesem Port abhängig.
- Trunk Port: hat keine Abhängigkeiten, aber andere Ports sind von diesem Port abhängig.
- Branch Port: hat Abhängigkeiten und andere Ports sind von diesem Port abhängig.
- Leaf Port: hat Abhängigkeiten, aber andere Ports sind nicht von diesem Port abhängig.

Um eine Liste der installierten Ports anzuzeigen und nach neueren Versionen zu suchen, verwenden Sie:

```
# portmaster -L
====>> Root ports (No dependencies, not depended on)
====>> ispell-3.2.06_18
====>> screen-4.0.3
      ====>> New version available: screen-4.0.3_1
====>> tcpflow-0.21_1
====>> 7 root ports
```

```
...
====>> Branch ports (Have dependencies, are depended on)
====>> apache22-2.2.3
      ====>> New version available: apache22-2.2.8
...
====>> Leaf ports (Have dependencies, not depended on)
====>> automake-1.9.6_2
====>> bash-3.1.17
      ====>> New version available: bash-3.2.33
...
====>> 32 leaf ports

====>> 137 total installed ports
      ====>> 83 have new versions available
```

Um alle installierten Ports zu aktualisieren, verwenden Sie folgenden Befehl:

```
# portmaster -a
```



Anmerkung

In der Voreinstellung erzeugt Portmaster eine Sicherheitskopie, bevor ein installierter Port gelöscht wird. Ist die Installation der neuen Version erfolgreich, wird dieses Backup wieder gelöscht. Wollen Sie das Backup lieber manuell löschen, verwenden Sie die Option `-b` beim Aufruf von Portmaster. Durch die Verwendung von `-i` wird Portmaster im interaktiven Modus gestartet und fragt bei jedem zu aktualisierenden Port nach, wie weiter vorgegangen werden soll. Viele weitere Optionen stehen zur Verfügung. Lesen Sie die Manualpage von [portmaster\(8\)](#) für weitere Einzelheiten in Bezug auf ihre Nutzung.

Treten während der Aktualisierung Fehler auf, verwenden Sie die Option `-f`, um alle Ports zu aktualisieren beziehungsweise neu zu bauen:

```
# portmaster -af
```

Portmaster ist auch in der Lage, neue Ports zu installieren, wobei zuvor alle abhängigen Ports aktualisiert werden. Um diese Funktion zu nutzen, geben Sie den Pfad des Ports in der Ports-Sammlung an:

```
# portmaster shells/bash
```

5.5.3.2. Ports mit Portupgrade aktualisieren

Ein weiteres Werkzeug zur Aktualisierung von Ports ist Portupgrade, welches als Paket oder Port [ports-mgmt/portupgrade](#) zur Verfügung steht. Dieses Programm installiert eine Reihe von Anwendungen, die für die Verwaltung von Ports verwendet werden können. Das Programm ist jedoch von Ruby abhängig. Um den Port zu installieren, geben Sie ein:

```
# cd /usr/ports/ports-mgmt/portupgrade
# make install clean
```

Durchsuchen Sie vor jedem Update die Liste der installierten Ports mit `pkgdb -F` und beheben Sie alle gefundenen Probleme.

Benutzen Sie `portupgrade -a`, um automatisch alle veralteten Ports auf dem System zu aktualisieren. Verwenden Sie zusätzlich den Schalter `-i`, wenn Sie individuell entscheiden wollen, ob ein Port aktualisiert werden soll:

```
# portupgrade -ai
```

Um nur eine spezifische Anwendung zu aktualisieren, verwenden Sie `portupgrade Paketname`. Es ist wichtig den Schalter `-R` zu benutzen, um zuvor alle Ports zu aktualisieren, die von dem gegebenen Anwendung abhängen.

```
# portupgrade -R firefox
```

Um Pakete anstelle von Ports zu installieren, verwenden Sie den Schalter `-P`. Mit dieser Option durchsucht Portupgrade die in der Umgebungsvariablen `PKG_PATH` aufgeführten Verzeichnisse nach Paketen. Sind lokal keine Pakete vorhanden, versucht Portupgrade die Pakete über das Netz herunterzuladen. Gibt es die Pakete weder lokal noch auf entfernten Rechnern, werden die Ports verwendet. Um die Nutzung von Ports gänzlich zu verhindern, benutzen Sie die Option `-PP`. Portupgrade würde dann abbrechen, falls keine Pakete zur Verfügung stehen.

```
# portupgrade -PP gnome3
```

Wenn Sie nur die Quelldateien des Ports, oder die Pakete mit `-P` herunterladen möchten, ohne die Anwendung zu bauen oder zu installieren, geben Sie den Schalter `-F` an. Weitere Informationen zu den verfügbaren Schaltern finden Sie in der Manualpage von [portupgrade\(1\)](#).

5.5.4. Platzbedarf von Ports

Die Nutzung der Ports-Sammlung wird im Laufe der Zeit viel Plattenplatz verschlingen. Nach dem Bau und der Installation eines Ports, wird `make clean` die temporären Arbeitsverzeichnisse `work` aufräumen. Portmaster wird dieses Verzeichnis automatisch entfernen, wenn die Option `-K` verwendet wird. Wenn Portupgrade installiert ist, wird dieser Befehl alle Arbeitsverzeichnisse der lokalen Ports-Sammlung entfernen:

```
# portsclean -C
```

Zusätzlich werden sich im Laufe der Zeit zahlreiche veraltete Distfiles in `/usr/ports/distfiles` ansammeln. Wenn Portupgrade installiert ist, können mit dem folgenden Befehl alle Distfiles gelöscht werden, die vom keinem Port mehr benötigt werden:

```
# portsclean -D
```

Mit Portupgrade können Sie alle Distfiles löschen, die von keinem derzeit installierten Port benötigt werden:

```
# portsclean -DD
```

Wenn Portmaster installiert ist, benutzen Sie diesen Befehl:

```
# portmaster --clean-distfiles
```

In der Voreinstellung arbeitet dieses Programm interaktiv und fragt den Benutzer um Bestätigung, bevor ein Distfile gelöscht wird.

Zusätzlich zu diesen Kommandos gibt es noch [port-mgmt/pkg_cutleaves](#). Dieses Werkzeug automatisiert die Deinstallation von installierten Ports, die nicht weiter benötigt werden.

5.6. Pakete mit Poudriere bauen

Poudriere ist ein unter der BSD-Lizenz stehendes Werkzeug zum Erstellen und Testen von FreeBSD-Paketen. Dieses Programm nutzt FreeBSD Jails, um die Pakete in einer isolierten Umgebung zu bauen. Diese Jails können verwendet werden, um Pakete für andere Versionen von FreeBSD zu bauen, oder um auf einem amd64-System Pakete für i386 zu bauen. Sobald die Pakete gebaut sind, haben sie das gleiche Format wie auf den offiziellen Spiegeln. Die Pakete können dann mit [pkg\(8\)](#) oder anderen Paketverwaltungswerkzeugen benutzt werden.

Poudriere wird über das Paket oder den Port [ports-mgmt/poudriere](#) installiert. Die Installation beinhaltet eine Beispielkonfiguration in `/usr/local/etc/poudriere.conf.sample`. Kopieren Sie diese Datei nach `/usr/local/etc/poudriere.conf`. Bearbeiten Sie dann die kopierte Datei, um die Konfiguration anzupassen.

Obwohl ZFS für poudriere nicht zwingend erforderlich ist, so hat die Nutzung doch einige Vorteile. Wird ZFS eingesetzt, muss in `/usr/local/etc/poudriere.conf` die Variable `ZPOOL` definiert, und die Variable `FREEBSD_HOST` auf einen nahe gelegenen Spiegel gesetzt werden. Die Definition von `CCACHE_DIR` erlaubt die Verwendung von [devel/ccache](#), um die Bauzeit für häufig kompilierten Code verkürzen. Es kann vorteilhaft sein, die poudriere-Datasets in

einem separaten Verzeichnis auf /poudriere einzuhängen. Die Werte der anderen Konfigurationsvariablen sind in der Regel angemessen und brauchen nicht geändert werden.

Die Anzahl der Kerne im Prozessor wird verwendet um zu bestimmen, wie viele Bauprozesse parallel ausgeführt werden sollen. Stellen Sie ausreichend virtuellen Speicher bereit, entweder in Form von RAM oder als Swap-Speicher. Ist der virtuelle Speicher aufgebraucht, bricht der Bauprozess ab und die Jails stürzen ab, was zu seltsamen Fehlermeldungen führt.

5.6.1. Jails und Ports-Sammlung initialisieren

Nach der Konfiguration muss poudriere initialisiert werden, damit es eine Jail mit der benötigten Ports-Sammlung startet. Geben Sie mit -j den Namen der Jail und mit -v die gewünschte FreeBSD-Version an. Auf FreeBSD/amd64-Systemen kann die Architektur mit dem Schalter -a und i386 oder amd64 gesetzt werden. Der voreingestellte Wert für die Architektur können Sie sich mit uname anzeigen lassen.

```
# poudriere jail -c -j 10amd64 -v 10.0-RELEASE
====>> Creating 10amd64 fs... done
====>> Fetching base.txz for FreeBSD 10.0-RELEASE amd64
/poudriere/jails/10amd64/fromftp/base.txz      100% of   59 MB 1470 kBps 00m42s
====>> Extracting base.txz... done
====>> Fetching src.txz for FreeBSD 10.0-RELEASE amd64
/poudriere/jails/10amd64/fromftp/src.txz       100% of  107 MB 1476 kBps 01m14s
====>> Extracting src.txz... done
====>> Fetching games.txz for FreeBSD 10.0-RELEASE amd64
/poudriere/jails/10amd64/fromftp/games.txz     100% of   865 kB   734 kBps 00m01s
====>> Extracting games.txz... done
====>> Fetching lib32.txz for FreeBSD 10.0-RELEASE amd64
/poudriere/jails/10amd64/fromftp/lib32.txz     100% of   14 MB 1316 kBps 00m12s
====>> Extracting lib32.txz... done
====>> Cleaning up... done
====>> Jail 10amd64 10.0-RELEASE amd64 is ready to be used
```

```
# poudriere ports -c -p local
====>> Creating local fs... done
====>> Extracting portstree "local"...
Looking up portsnap.FreeBSD.org mirrors... 7 mirrors found.
Fetching public key from ec2-eu-west-1.portsnap.freebsd.org... done.
Fetching snapshot tag from ec2-eu-west-1.portsnap.freebsd.org... done.
Fetching snapshot metadata... done.
Fetching snapshot generated at Tue Feb 11 01:07:15 CET 2014:
94a3431f0ce567f6452ffde4fd3d7d3c6e1da143efec76100% of   69 MB 1246 kBps 00m57s
Extracting snapshot... done.
Verifying snapshot integrity... done.
Fetching snapshot tag from ec2-eu-west-1.portsnap.freebsd.org... done.
Fetching snapshot metadata... done.
Updating from Tue Feb 11 01:07:15 CET 2014 to Tue Feb 11 16:05:20 CET 2014.
Fetching 4 metadata patches... done.
Applying metadata patches... done.
Fetching 0 metadata files... done.
Fetching 48 patches.
(48/48) 100.00% done.
done.
Applying patches...
done.
Fetching 1 new ports or files... done.
/poudriere/ports/tester/CHANGES
/poudriere/ports/tester/COPYRIGHT

[...-]

Building new INDEX files... done.
```

poudriere kann auf einem einzelnen Rechner Ports mit mehreren Konfigurationen bauen, in mehreren Jails und aus unterschiedlichen Ports-Sammlungen. Spezifische Konfigurationen für diese Kombinationen werden Sets

genannt. Lesen Sie den Abschnitt CUSTOMIZATION in [poudriere\(8\)](#) für weitere Einzelheiten nach der Installation von [port-mgmt/poudriere](#) oder [ports-mgmt/poudriere-devel](#).

Die hier gezeigte Konfiguration verwendet eine einzelne Jail-, Port- und Set-spezifische `make.conf` in `/usr/local/etc/poudriere.d`. Der verwendete Dateiname in diesem Beispiel wird aus einer Kombination von Jailnamen, Portnamen und Setnamen zusammen gesetzt: `10amd64-local-workstation-make.conf`. Die `make.conf` des Systems und diese neue Datei werden verwendet, um die `make.conf` für die Jail zu erzeugen.

Die zu bauenden Pakete werden in `10amd64-local-workstation-pkglist` eingetragen:

```
editors/emacs
devel/git
ports-mgmt/pkg
...
```

Die Optionen und Abhängigkeiten für die Ports werden wie folgt konfiguriert:

```
# poudriere options -j 10amd64 -p local -z workstation -f 10amd64-local-workstation-pkglist
```

Schließlich werden die Pakete gebaut und ein Paket-Repository erstellt:

```
# poudriere bulk -j 10amd64 -p local -z workstation -f 10amd64-local-workstation-pkglist
```

Ctrl+t zeigt den aktuellen Status des Baus an. Poudriere speichert zudem Dateien in `/poudriere/logs/bulk/jail-name`. Diese Dateien kann ein Webserver nutzen, um Informationen über den Bau anzuzeigen.

Die Pakete stehen jetzt im poudriere Repository für die Installation zur Verfügung.

Weitere Informationen zu poudriere finden Sie in [poudriere\(8\)](#) und unter <https://github.com/freebsd/poudriere/wiki>.

5.6.2. Konfiguration des pkg-Clients für das Poudriere Repository

Obwohl es möglich ist ein eigenes Repository zusammen mit dem offiziellen Repository zu nutzen, ist es manchmal sinnvoll das offizielle Repository zu deaktivieren. Dazu wird eine Konfigurationsdatei erstellt, welche die offizielle Konfigurationsdatei überschreibt. Erzeugen Sie dazu `/usr/local/etc/pkg/repos/FreeBSD.conf` mit dem folgenden Inhalt:

```
FreeBSD: {
    enabled: no
}
```

Am einfachsten ist es, das poudriere Repository über HTTP zur Verfügung zu stellen. Setzen Sie einen Webserver auf, der die Dateien des Paketverzeichnisses ausliefert, zum Beispiel `/usr/local/poudriere/data/packages/10amd64`. `10amd64` bezeichnet dabei den Namen des Baus.

Wenn die URL des Paket Repositories `http://pkg.example.com/10amd64` ist, dann sollte die Konfiguration des Repositories in `/usr/local/etc/pkg/repos/custom.conf` wie folgt aussehen:

```
custom: {
    url: "http://pkg.example.com/10amd64 ",
    enabled: yes,
}
```

5.7. Nach der Installation

Unabhängig davon, ob die Software aus einem binären Paket oder aus einem Port installiert wird, benötigen die meisten Anwendungen von Drittanbietern ein gewisses Maß an Konfiguration, nachdem sie installiert wurden. Die folgenden Kommandos und Speicherorte helfen Ihnen dabei festzustellen, was mit der Anwendung zusammen installiert wurde.

- Die meisten Anwendungen installieren mindestens eine Konfigurationsdatei nach `/usr/local/etc`. Falls die Anwendung viele Konfigurationsdateien enthält, wird ein Unterverzeichnis erstellt um die Dateien zu speichern. Oft werden die Konfigurationsdateien mit einem Suffix wie beispielsweise `.sample` installiert. Die Konfigurationsdateien sollten überprüft und ggf. bearbeitet werden, um die Anforderungen des Systems zu erfüllen. Um eine Konfigurationsdatei zu bearbeiten, kopieren Sie diese zunächst ohne die Erweiterung `.sample`.
- Wenn die Anwendung Dokumentation zur Verfügung stellt, wird diese nach `/usr/local/share/doc` installiert. Viele Anwendungen installieren auch Manualpages. Diese Dokumentation sollten Sie lesen, bevor Sie fortfahren.
- Einige Anwendungen laufen als Dienst und müssen vor dem ersten Start in `/etc/rc.conf` eingetragen werden. Diese Anwendungen installieren meist ein Skript in `/usr/local/etc/rc.d`. Weitere Informationen finden Sie im [Abschnitt 12.2, „Start von Diensten“](#).
- Benutzer der `csh(1)` sollten `rehash` ausführen, um die neu installierten Programme nutzen zu können.
- Benutzen Sie `pkg info`, um die Dateien, Manualpages und Binaries zu ermitteln, die mit der Anwendung installiert wurden.

5.8. Kaputte Ports

Wenn sich ein Port nicht bauen oder installieren lässt, versuchen Sie folgendes:

1. Stellen Sie fest, ob die [Datenbank mit den Problemberichten](#) bereits einen Lösungsvorschlag enthält. Ist dies der Fall, kann die vorgeschlagene Lösung getestet werden.
2. Bitten Sie den Betreuer des Ports um Hilfe. Geben Sie dazu `make maintainer` ein oder lesen Sie das `Makefile` im Verzeichnis des Ports, um an die E-Mail-Adresse zu kommen. Vergessen Sie nicht die Zeile mit `$FreeBSD:` aus dem `Makefile` und die Ausgabe bis zur Fehlermeldung mitzuschicken.



Anmerkung

Einige Ports werden nicht von einer Einzelperson, sondern von einer [Mailingliste](#) betreut. Viele (aber nicht alle) dieser Adressen haben die Form `<freebsd-NameDerListe@FreeBSD.org>`. Denken Sie daran, wenn Sie Ihre Fragen formulieren.

Dies gilt insbesondere für Ports, die als Betreuer den Eintrag `<ports@FreeBSD.org>` aufweisen. Derartige Ports haben überhaupt keinen Betreuer. Korrekturen und Unterstützung kommen daher nur von Personen, die diese Mailingliste abonniert haben. Gerade in diesem Bereich werden jederzeit zusätzliche freiwillige Helfer benötigt!

Erhalten Sie auf Ihre Anfrage keine Antwort, benutzen Sie Bugzilla, um einen Problembericht zu erstellen. Bevor Sie einen solchen Bericht erstellen, lesen Sie den Artikel [Writing FreeBSD Problem Reports](#).

3. Reparieren Sie ihn! Das [FreeBSD Porter's Handbook](#) enthält eine detaillierte Beschreibung des Portsystems. Damit sind Sie in der Lage, einen zeitweilig kaputten Port zu reparieren oder einen eigenen Port zu erstellen.
4. Installieren Sie das Paket anstelle des Ports. Anweisungen hierzu finden Sie in [Abschnitt 5.4, „Benutzen von pkg zur Verwaltung von Binärpaketen“](#).

Kapitel 6. Das X-Window-System

Übersetzt von Martin Heinen.

6.1. Übersicht

Bei einer Installation von FreeBSD mit `bsdinstall` wird nicht automatisch eine grafische Benutzeroberfläche installiert. Dieses Kapitel beschreibt die Installation und Konfiguration von Xorg, das eine grafische Umgebung über das quelloffene X-Window-System zur Verfügung stellt. Weiterhin wird beschrieben, wie Sie eine Desktop-Umgebung oder einen Window Manager finden und installieren können.



Anmerkung

Benutzer die eine Installationsmethode bevorzugen, welche automatisch Xorg konfiguriert und zudem die Auswahl eines Window Managers während der Installation anbietet, sollten sich die pcbsd.org Webseite ansehen.

Weitere Informationen über Video-Hardware, die von Xorg unterstützt wird, finden Sie auf der x.org Webseite.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- Die Komponenten des X-Window-Systems und ihr Zusammenspiel kennen.
- Wissen, wie Xorg installiert und konfiguriert wird.
- Wissen, wie verschiedene Window-Manager und Desktop-Umgebungen installiert und konfiguriert werden.
- Wissen, wie TrueType®-Schriftarten mit Xorg benutzt werden.
- Wissen, wie Sie die grafische Anmeldung (XDM) einrichten.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- Wissen, wie Sie Software Dritter, wie in [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) beschrieben, installieren.

6.2. Terminologie

Obwohl es nicht nötig ist, alle Details der verschiedenen Komponenten des X Window Systems und deren Zusammenspiel zu kennen, kann es trotzdem nützlich sein die Grundlagen dieser Komponenten zu verstehen:

X-Server

X wurde von Anfang an netzwerktransparent entworfen und verwendet ein „Client-Server-Modell“. In diesem Modell läuft der „X-Server“ auf dem Rechner, an dem die Tastatur, der Bildschirm und die Maus angeschlossen ist. Der Server ist für Dinge wie die Verwaltung des Bildschirms und die Verarbeitung von Tastatur- und Maus-Eingaben sowie anderer Ein- und Ausgabegeräte, wie beispielsweise ein Tablet oder ein Videoprojektor, verantwortlich. Dieses Modell verwirrt viele Leute, die erwarten, dass der „X-Server“ der leistungsstarke Rechner im Maschinenraum und der „X-Client“ ihr Arbeitsplatzrechner ist.

X-Client

Jede X-Anwendung, wie beispielsweise XTerm oder Firefox ist ein „X-Client“. Der Client sendet dem Server Nachrichten wie „Zeichne an diesen Koordinaten ein Fenster“ und der Server sendet dem Client Nachrichten der Art „Der Benutzer hat gerade den Ok-Knopf gedrückt“.

In kleinen Umgebungen laufen der X-Server und die X-Clients auf demselben Rechner. Es ist auch möglich, den X-Server auf einem weniger leistungsfähigen Rechner laufen zu lassen und die X-Anwendungen auf einem leistungsfähigeren Rechner zu betreiben. In diesem Fall kommunizieren der X-Server und die X-Clients über das Netzwerk.

Window-Manager

X schreibt nicht vor, wie Fenster auf dem Bildschirm auszusehen haben, wie sie mit der Maus zu verschieben sind, welche Tastenkombinationen benutzt werden sollen um zwischen den Fenstern zu wechseln, wie die Fensterrahmen aussehen, oder ob diese Schaltflächen zum schließen haben. Stattdessen gibt X die Verantwortung für all diese Sachen an eine separate *Window-Manager* Anwendung ab. Es stehen zahlreiche *Window-Manager* zur Verfügung. Jeder Window-Manager bietet ein anderes Erscheinungsbild: einige unterstützen virtuelle Bildschirme, andere erlauben Tastenkombinationen zur Verwaltung des Bildschirms. Einige besitzen eine „Start“ Schaltfläche und in manchen lässt sich das Aussehen und Verhalten der Anwendung über *Themes* beliebig einstellen. Window-Manager stehen in der Kategorie *x11-wm* der Ports-Sammlung zur Verfügung.

Jeder Window-Manager wird unterschiedlich konfiguriert. Einige erwarten eine manuell erstellte Konfigurationsdatei, während andere ein grafisches Werkzeug für die meisten Konfigurationsarbeiten anbieten.

Desktop-Umgebungen

KDE und GNOME werden als Desktop-Umgebungen bezeichnet, da sie eine ganze Reihe von Anwendungen für typische Desktop-Aufgaben enthalten. Dazu zählen beispielsweise Office-Pakete, Webbrowser und Spiele.

Fokus

Der Window-Manager ist für die Methode verantwortlich, mit der ein Fenster den Fokus bekommt. Jedes System, das Fenster verwendet muss entscheiden, wie ein Fenster aktiviert wird, damit es Eingaben empfangen kann. Das aktive Fenster sollte zudem sichtbar gekennzeichnet werden.

Eine Methode wird „click-to-focus“ genannt. Ein Fenster wird aktiv, wenn es mit der Maus angeklickt wird. Eine weitere Methode ist „focus-follows-mouse“. Hier liegt der Fokus auf dem Fenster, auf dem sich der Mauszeiger befindet. Wird der Mauszeiger in ein anderes Fenster bewegt, so erhält dieses Fenster den Fokus. Eine dritte Methode ist „sloppy-focus“. Hier wechselt der Fokus nur dann, wenn sich der Mauszeiger in ein neues Fenster bewegt und nicht, wenn er das aktive Fenster verlässt. Ist der Mauszeiger auf der Desktop-Oberfläche, so bleibt der Fokus auf dem zuletzt verwendeten Fenster. Bei der Methode „click-to-focus“ wird das aktive Fenster durch einen Mausklick festgelegt. Dabei kann das Fenster vor alle anderen Fenster gesetzt werden. Alle Eingaben werden dann, unabhängig von der Position des Mauszeigers, dem aktiven Fenster zugeordnet.

Die verschiedenen Window-Manager unterstützen noch andere Methoden. Alle unterstützen jedoch „click-to-focus“ und die meisten von ihnen auch die anderen Methoden. Lesen Sie die Dokumentation des Window-Managers um festzustellen, welche Methoden zur Verfügung stehen.

Widgets

Widget bezeichnet Objekte, die in irgendeiner Weise geklickt oder manipuliert werden können. Dazu gehören *buttons* (Schaltflächen), *check buttons* (Schaltfläche für Mehrfachauswahlen), *radio buttons* (Schaltfläche für Einfachauswahlen), Icons und Auswahllisten. Eine Widget-Sammlung ist eine Reihe von Widgets, die verwendet werden um grafische Anwendungen zu erstellen. Es gibt mehrere populäre Widget-Sammlungen, einschließlich Qt, das von KDE benutzt wird, und GTK+, das von GNOME benutzt wird. Als Folge dessen, haben Anwendungen einen bestimmten *look and feel*, je nachdem welche Widget-Sammlung benutzt wurde, um die Anwendung zu erstellen.

6.3. Xorg installieren

In FreeBSD kann Xorg als Paket oder Port installiert werden.

Die nachstehenden Kommandos bauen und installieren Xorg aus der Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/x11/xorg
```



```
# make install clean
```

Die Installation des Pakets ist zwar schneller, dafür können weniger Optionen angepasst werden:

```
# pkg install xorg
```

Bei beiden Vorgehensweisen wird ein vollständiges Xorg-System installiert. Dies ist die beste Option für die meisten Anwender.

Eine kleinere Version des Xorg-Systems für erfahrene Anwender ist mit [x11/xorg-minimal](#) verfügbar. Die meisten Dokumente, Bibliotheken und Anwendungen werden hierbei nicht installiert. Einige Anwendungen erfordern jedoch diese zusätzlichen Komponenten, um ordnungsgemäß zu funktionieren.

6.4. Xorg konfigurieren

Warren Block

Björn Heidotting

6.4.1. Schnellstartanleitung

Xorg unterstützt die meisten gängigen Grafikkarten, Tastaturen und Zeigegeräte. Diese Geräte werden automatisch erkannt und müssen nicht manuell konfiguriert werden.

1. Wenn Xorg bereits zuvor auf diesem Computer verwendet wurde, verschieben oder entfernen Sie alle vorhandenen Konfigurationsdateien:

```
# mv /etc/X11/xorg.conf ~/xorg.conf.etc
# mv /usr/local/etc/X11/xorg.conf ~/xorg.conf.local.etc
```

2. Fügen Sie die Benutzer, die Xorg verwenden, zur Gruppe `video` oder `wheel` hinzu, um die 3D-Beschleunigung zu aktivieren. Um den Benutzer `jru` in eine der verfügbaren Gruppen hinzuzufügen:

```
# pw groupmod video -m jru || pw groupmod wheel -m jru
```

3. Der Window-Manager TWM ist standardmäßig enthalten und wird auch gestartet, wenn Xorg startet:

```
% startx
```

4. Auf einigen älteren Versionen von FreeBSD muss die Systemkonsole auf [vt\(4\)](#) eingestellt sein, damit der Wechsel auf die Konsole ordnungsgemäß funktioniert. Informationen dazu finden Sie im [Abschnitt 6.4.3, „Kernel Mode Setting \(KMS\)“](#).

6.4.2. Benutzergruppen für Grafikbeschleunigung

Um die 3D-Beschleunigung für Grafikkarten zu ermöglichen, ist der Zugriff auf `/dev/dri` notwendig. In der Regel ist es am einfachsten, die Benutzer zur Gruppe `video` oder `wheel` hinzuzufügen. In diesem Beispiel wird [pw\(8\)](#) verwendet, um den Benutzer `slurms` zu der Gruppe `video` hinzuzufügen, bzw. zur Gruppe `wheel`, falls die Gruppe `video` nicht existiert:

```
# pw groupmod video -m slurms || pw groupmod wheel -m slurms
```

6.4.3. Kernel Mode Setting (KMS)

Wenn der Computer die Anzeige von der Konsole auf eine höhere Bildschirmauflösung für X umstellt, muss der Videoausgabe-Modus eingestellt werden. Neuere Versionen von Xorg verwenden dazu ein System innerhalb des Kernels, um diesen Modus effizienter zu ändern. Ältere Versionen von FreeBSD verwenden dafür [sc\(4\)](#), welches jedoch nicht mit dem KMS-System umgehen kann. Das führt dazu, dass nach dem Schließen von X die Konsole leer bleibt, obwohl sie weiterhin funktioniert. Die neuere [vt\(4\)](#) Konsole vermeidet dieses Problem.

Fügen Sie diese Zeile in `/boot/loader.conf` ein um `vt(4)` zu aktivieren:

```
kern.vty=vt
```

6.4.4. Konfigurationsdateien

6.4.4.1. Verzeichnis

Xorg sucht in verschiedenen Verzeichnissen nach Konfigurationsdateien. Unter FreeBSD ist `/usr/local/etc/X11/` das bevorzugte Verzeichnis für diese Dateien. Die Verwendung dieses Verzeichnisses hilft dabei, Anwendungsdateien vom Betriebssystem getrennt zu halten.

Das Speichern von Konfigurationsdateien unter `/etc/X11/` funktioniert immer noch, allerdings vermischt diese Methode Anwendungsdateien mit Dateien des Basissystems und wird daher nicht empfohlen.

6.4.4.2. Einzelne oder mehrere Dateien

Anstatt die traditionelle `xorg.conf` zu verwenden, ist es einfacher, mehrere Dateien, die jeweils eine bestimmte Einstellung konfigurieren, zu verwenden. Diese Dateien werden im Unterverzeichnis `xorg.conf.d/` des Hauptverzeichnisses gespeichert. Der vollständige Pfad ist normalerweise `/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/`.

Beispiele für diese Dateien werden später in diesem Abschnitt vorgestellt.

Die traditionelle, einzelne `xorg.conf` funktioniert weiterhin, ist jedoch nicht so übersichtlich und flexibel wie die Verwendung von mehreren Dateien im Unterverzeichnis `xorg.conf.d/`.

6.4.5. Grafikkarten

Intel®

3D-Beschleunigung wird von den meisten Intel®-Grafikkarten unterstützt, einschließlich Ivy Bridge (HD Graphics 2500, 4000 und P4000), Iron Lake (HD Graphics) und Sandy Bridge (HD Graphics 2000).

Treibername: `intel`

Weitere Informationen finden Sie unter https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Intel_graphics_processing_units.

AMD® Radeon

2D- und 3D-Beschleunigung wird von den meisten Radeon-Karten bis zur HD6000-Serie unterstützt.

Treibername: `radeon`

Weitere Informationen finden Sie unter https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_AMD_graphics_processing_units.

NVIDIA

Verschiedene NVIDIA Treiber sind in der Kategorie `x11` der Ports-Sammlung enthalten. Installieren Sie den Treiber, der für die Grafikkarte benötigt wird.

Weitere Informationen finden Sie unter https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Nvidia_graphics_processing_units.

Hybride Kombinationen

Einige Notebooks besitzen zusätzlich zum Chipsatz oder Prozessor einen Grafikprozessor. *Optimus* kombiniert Intel® und NVIDIA Hardware. *Umschaltbare Grafik* bzw. *Hybride Grafik* ist eine Kombination aus Intel®, oder AMD® Prozessor mit AMD® Radeon GPU.

Die Implementierungen dieser Hybrid-Grafik-Systeme variieren und Xorg in FreeBSD ist nicht in der Lage, alle Versionen der Hardware zu betreiben.

Einige Computer bieten jedoch eine BIOS-Option, um eine der beiden Grafikkarten zu deaktivieren oder den *diskreten* Modus einzuschalten. Zum Beispiel ist es manchmal möglich, die NVIDIA GPU in einem Optimus-System zu deaktivieren. Intel® Video kann dann mit einem Intel® Treiber verwendet werden.

Die BIOS-Einstellungen sind abhängig vom Modell des Computers. In manchen Situationen können beide GPUs aktiviert bleiben. Um solch ein System lauffähig zu machen genügt es bereits, nur die Haupt-GPU im Abschnitt `Device` der Konfigurationsdatei zu setzen.

Andere Grafikkarten

Treiber für weniger gebräuchliche Grafikkarten finden Sie in der Kategorie `x11-drivers` der Ports-Sammlung.

Karten, die nicht durch einen speziellen Treiber unterstützt werden, sind vielleicht noch mit dem Treiber `x11-drivers/xf86-video-vesa` nutzbar. Dieser Treiber wird von `x11/xorg` installiert. Der Treiber kann auch manuell als `x11-drivers/xf86-video-vesa` installiert werden. Xorg versucht immer diesen Treiber zu verwenden, wenn für die Grafikkarte kein passender Treiber gefunden wird.

`x11-drivers/xf86-video-scfb` ist ein ähnlicher Treiber, der mit vielen UEFI und ARM® Computern funktioniert.

Video-Treiber über eine Datei einstellen

Den Intel® Treiber in einer Konfigurationsdatei einstellen:

Beispiel 6.1. Den Intel® Treiber über eine Datei auswählen

`/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/driver-intel.conf`

```
Section "Device"
  Identifier "Card0"
  Driver     "intel"
  # BusID    "PCI:1:0:0"
EndSection
```

Wenn mehr als eine Grafikkarte vorhanden ist, kann der Eintrag `BusID` verwendet werden, um die gewünschte Karte auszuwählen. Eine Liste der `BusIDs` der Grafikkarten kann mit `pciconf -lv | grep -B3 display` ausgegeben werden.

Den Radeon Treiber in einer Konfigurationsdatei einstellen:

Beispiel 6.2. Den Radeon Treiber über eine Datei auswählen

`/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/driver-radeon.conf`

```
Section "Device"
  Identifier "Card0"
  Driver     "radeon"
EndSection
```

Den VESA Treiber in einer Konfigurationsdatei einstellen:

Beispiel 6.3. Den VESA Treiber über eine Datei auswählen

`/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/driver-vesa.conf`

```
Section "Device"
    Identifier "Card0"
    Driver     "vesa"
EndSection
```

Den Treiber `scfb` für UEFI- oder ARM®-Computer auswählen:

Beispiel 6.4. Den `scfb` Treiber über eine Datei auswählen

```
/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/driver-scfb.conf
```

```
Section "Device"
    Identifier "Card0"
    Driver     "scfb"
EndSection
```

6.4.6. Monitore

Fast alle Monitore unterstützen den Extended Display Identification Data Standard (EDID). Xorg verwendet EDID um mit dem Monitor zu kommunizieren und die unterstützten Auflösungen und Bildwiederholfrequenzen zu erkennen. Xorg wählt dann die für den Monitor am besten geeignete Kombination von Einstellungen.

Weitere vom Monitor unterstützte Auflösungen, können in der Konfigurationsdatei, oder nach dem Start des X-Servers mit `xrandr(1)` gesetzt werden.

`xrandr(1)` benutzen

Führen Sie `xrandr(1)` ohne Parameter aus, um eine Liste von Video-Ausgängen und erkannten Monitor-Modi zu sehen:

```
% xrandr
Screen 0: minimum 320 x 200, current 3000 x 1920, maximum 8192 x 8192
DVI-0 connected primary 1920x1200+1080+0 (normal left inverted right x axis y axis) 495mm x 310mm
  1920x1200    59.95*+
  1600x1200    60.00
  1280x1024    85.02   75.02   60.02
  1280x960     60.00
  1152x864     75.00
  1024x768     85.00   75.08   70.07   60.00
  832x624      74.55
  800x600      75.00   60.32
  640x480      75.00   60.00
  720x400      70.08
DisplayPort-0 disconnected (normal left inverted right x axis y axis)
HDMI-0 disconnected (normal left inverted right x axis y axis)
```

Die Auflistung zeigt, dass der DVI-0 Ausgang benutzt wird, um eine Bildschirmauflösung von 1920x1200 bei einer Bildwiederholrate von 60 Hz anzuzeigen. An den Anschlüssen DisplayPort-0 und HDMI-0 sind keine Monitore angeschlossen.

Die anderen Anzeigemodi können mit `xrandr(1)` ausgewählt werden. Um beispielsweise auf 1280x1024 bei 60 Hz umzuschalten:

```
% xrandr --mode 1280x1024 --rate 60
```

Häufig wird für einen Videoprojektor der externe Videoausgang eines Notebooks verwendet.

Die Typen und Anzahl der Videoanschlüsse variiert zwischen den Geräten und auch die Ausgabe variiert von Treiber zu Treiber. Was für den einen Treiber HDMI-1 ist, nennt ein anderer Treiber vielleicht HDMI1. Führen Sie daher zunächst `xrandr(1)` aus, um alle verfügbaren Anschlüsse aufzulisten.

```
% xrandr
Screen 0: minimum 320 x 200, current 1366 x 768, maximum 8192 x 8192
LVDS1 connected 1366x768+0+0 (normal left inverted right x axis y axis) 344mm x 193mm
 1366x768    60.04*+
 1024x768    60.00
  800x600    60.32    56.25
  640x480    59.94
VGA1 connected (normal left inverted right x axis y axis)
 1280x1024   60.02 + 75.02
 1280x960    60.00
 1152x864    75.00
 1024x768    75.08    70.07    60.00
  832x624    74.55
  800x600    72.19    75.00    60.32    56.25
  640x480    75.00    72.81    66.67    60.00
  720x400    70.08
HDMI1 disconnected (normal left inverted right x axis y axis)
DP1 disconnected (normal left inverted right x axis y axis)
```

Vier Ausgänge wurden gefunden: das integrierte Panel LVDS1, sowie die externen Anschlüsse VGA1, HDMI1 und DP1.

Der Videoprojektor wurde am Ausgang VGA1 angeschlossen. `xrandr(1)` wird nun verwendet, um diese Ausgabe auf die native Auflösung des Projektors einzustellen und den zusätzlichen Platz auf der rechten Seite des Desktops hinzuzufügen:

```
% xrandr --output VGA1 --auto --right-of LVDS1
```

`--auto` wählt die Auflösung und Aktualisierungsrate die von EDID ermittelt wurden. Wenn die Auflösung nicht richtig ermittelt wurde, kann ein fester Wert mit `--mode` anstelle von `--auto` angegeben werden. Beispielsweise können die meisten Projektoren mit einer Auflösung von 1024x768 betrieben werden, die mit `--mode 1024x768` gesetzt wird.

`xrandr(1)` wird häufig aus `.xinitrc` ausgeführt, um den entsprechenden Modus zu setzen wenn X startet.

Bildschirmauflösung über eine Datei einstellen

Eine Bildschirmauflösung von 1024x768 in einer Konfigurationsdatei einstellen:

Beispiel 6.5. Die Bildschirmauflösung in eine Datei schreiben

```
/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/screen-resolution.conf
```

```
Section "Screen"
  Identifier "Screen0"
  Device     "Card0"
  SubSection "Display"
    Modes     "1024x768"
  EndSubSection
EndSection
```

Die wenigen Monitore, die EDID nicht beherrschen, können durch setzen von `HorizSync` und `VertRefresh` auf den Bereich der vom Monitor unterstützten Frequenzen konfiguriert werden.

Beispiel 6.6. Manuelles Einstellen der Monitorfrequenzen

/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/monitor0-freq.conf

```
Section "Monitor"
    Identifier "Monitor0"
    HorizSync 30-83 # kHz
    VertRefresh 50-76 # Hz
EndSection
```

6.4.7. Eingabegeräte

6.4.7.1. Tastaturen

Tastaturlayout

Die standardisierte Position von Tasten auf einer Tastatur wird als *Layout* bezeichnet. Layouts und andere einstellbare Parameter werden in [xkeyboard-config\(7\)](#) beschrieben.

In der Voreinstellung ist ein US-amerikanisches Layout aktiv. Um ein alternatives Layout zu wählen, setzen Sie die Optionen `XkbLayout` und `XkbVariant` in der Klasse `InputClass`. Dies wird für alle Eingabegeräte der entsprechenden Klasse angewendet werden.

Beispiel 6.7. Konfiguration eines Tastaturlayouts

/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/keyboard-fr-oss.conf

```
Section "InputClass"
    Identifier "KeyboardDefaults"
    Driver "keyboard"
    MatchIsKeyboard "on"
    Option "XkbLayout" "fr"
    Option "XkbVariant" "oss"
EndSection
```

Beispiel 6.8. Konfiguration mehrerer Tastaturlayouts

Hier werden die Tastaturlayouts für Vereinigte Staaten, Spanien und Ukraine gesetzt. Mit `Alt+Shift` können Sie zwischen den einzelnen Layouts wechseln. Für eine verbesserte Steuerung des Layouts kann [x11/xxkb](#) oder [x11/sbxkb](#) benutzt werden.

/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/kbd-layout-multi.conf

```
Section "InputClass"
    Identifier "All Keyboards"
    MatchIsKeyboard "yes"
    Option "XkbLayout" "us,es,ua"
EndSection
```

Xorg über die Tastatur beenden

X kann über eine Tastenkombination geschlossen werden. Standardmäßig ist die Tastenkombination jedoch nicht gesetzt, da sie mit Tastaturbefehlen für einige Anwendungen in Konflikt steht. Die Aktivierung dieser Option erfordert Änderungen in der Sektion `InputDevice` für die Tastatur:

Beispiel 6.9. X über die Tastatur beenden

`/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/keyboard-zap.conf`

```
Section "InputClass"
    Identifier "KeyboardDefaults"
    Driver "keyboard"
    MatchIsKeyboard "on"
    Option "XkbOptions" "terminate:ctrl_alt_bksp"
EndSection
```

6.4.7.2. Mäuse und Zeigegeräte

Viele Parameter für die Maus können über Konfigurationseinstellungen eingestellt werden. [mousedrv\(4\)](#) enthält eine vollständige Liste.

Mauszeiger

Die Anzahl der Maustasten wird in `xorg.conf` im Abschnitt `InputDevice` für die Maus festgelegt. Um die Anzahl der Tasten auf 7 zu setzen:

Beispiel 6.10. Die Anzahl der Maustasten festlegen

`/usr/local/X11/xorg.conf.d/mouse0-buttons.conf`

```
Section "InputDevice"
    Identifier "Mouse0"
    Option "Buttons" "7"
EndSection
```

6.4.8. Manuelle Konfiguration

In einigen Fällen funktioniert die Autokonfiguration nicht mit bestimmter Hardware, oder es wird eine andere Konfiguration benötigt. Für diese Fälle kann eine benutzerdefinierte Konfigurationsdatei erstellt werden.

Eine Konfigurationsdatei kann, basierend auf der von Xorg erfassten Hardware erzeugt werden. Diese Konfigurationsdatei ist ein guter Ausgangspunkt für angepasste Konfigurationen.

Erzeugung einer `xorg.conf`:

```
# Xorg -configure
```

Die Konfigurationsdatei wird in `/root/xorg.conf.new` gespeichert. Machen Sie alle gewünschten Änderungen an dieser Datei. Danach testen Sie die Datei mit:

```
# Xorg -config /root/xorg.conf.new
```

Nachdem die neue Konfiguration angepasst und getestet wurde, kann die Konfiguration in kleinere Dateien unter `/usr/local/etc/X11/xorg.conf.d/` aufgeteilt werden.

6.5. Schriftarten in Xorg benutzen

6.5.1. Type 1 Schriftarten

Die Schriftarten, die mit Xorg ausgeliefert werden, eignen sich ganz und gar nicht für Desktop-Publishing-Anwendungen. Große Schriftarten zeigen bei Präsentationen deutliche Treppenstufen und kleine Schriftarten sind fast unleserlich. Es gibt allerdings mehrere hochwertige Type 1 Schriftarten (PostScript®), die mit Xorg benutzt werden können. Beispielsweise enthalten die URW-Schriftarten ([x11-fonts/urwfonts](#)) hochwertige Versionen gängiger Type 1 Schriftarten (unter anderem Times Roman®, Helvetica®, Palatino®). Die Sammlung Freefonts ([x11-fonts/freefonts](#)) enthält viele weitere Schriftarten, doch sind diese für den Einsatz in Grafikprogrammen wie Gimp gedacht und nicht für den alltäglichen Gebrauch. Weiterhin kann Xorg mit einem Minimum an Aufwand konfiguriert werden, damit TrueType®-Schriftarten benutzt werden können. Mehr dazu erfahren Sie in der Manualpage [X\(7\)](#) und im [Abschnitt 6.5.2, „TrueType®-Schriftarten“](#).

Die Type 1 Schriftarten lassen sich aus der Ports-Sammlung wie folgt installieren:

```
# cd /usr/ports/x11-fonts/urwfonts
# make install clean
```

Analog lassen sich Freefont und andere Sammlungen installieren. Damit der X-Server diese Schriftarten erkennt, fügen Sie eine entsprechende Zeile in die Konfigurationsdatei des X-Servers (`/etc/X11/xorg.conf`) hinzu:

```
FontPath "/usr/local/share/fonts/urwfonts/"
```

Alternativ kann in der X-Sitzung das folgende Kommando abgesetzt werden:

```
% xset fp+ /usr/local/share/fonts/urwfonts
% xset fp rehash
```

Jetzt kennt der X-Server die neuen Schriftarten, jedoch nur bis zu Ende der Sitzung. Soll die Änderung dauerhaft sein, müssen die Befehle in `~/.xinitrc` eingetragen werden, wenn X mittels `startx` gestartet wird, beziehungsweise in `~/.xsession`, wenn ein grafischer Login-Manager, wie XDM verwendet wird. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, `/usr/local/etc/fonts/local.conf` zu verwenden, was im [Abschnitt 6.5.3, „Anti-aliasing“](#) demonstriert wird.

6.5.2. TrueType®-Schriftarten

Xorg besitzt eine eingebaute Unterstützung zur Darstellung von TrueType®-Schriftarten. Hierzu existieren zwei verschiedene Module, die diese Funktionalität aktivieren können. In diesem Beispiel wird das Freetype-Modul benutzt, da es besser mit anderen Werkzeugen, die TrueType®-Schriftarten darstellen, übereinstimmt. Um das Freetype-Modul zu aktivieren, muss die folgende Zeile zum Abschnitt "Module" in `/etc/X11/xorg.conf` hinzugefügt werden.

```
Load "freetype"
```

Erstellen Sie ein Verzeichnis für die TrueType®-Schriftarten (beispielsweise `/usr/local/share/fonts/TrueType`) und kopieren Sie alle Schriftarten dorthin. Beachten Sie, dass die Schriftarten für Xorg im UNIX®/MS-DOS®/Windows®-Format vorliegen müssen und nicht direkt von einem Apple® Mac® übernommen werden können. Sobald die Dateien in das Verzeichnis kopiert wurden, verwenden Sie `mkfontdir` um `fonts.dir` zu erstellen, damit X weiß, dass diese neuen Dateien installiert wurden. `mkfontdir` kann als Paket installiert werden:

```
# pkg install mkfontdir
```

Erstellen Sie dann einen Index der Schriftarten für X:

```
# cd /usr/local/share/fonts/TrueType
```



```
# mkfontdir
```

Geben Sie dem System das TrueType®-Verzeichnis, wie im [Abschnitt 6.5.1, „Type 1 Schriftarten“](#) beschrieben, bekannt:

```
# xset fp+ /usr/local/share/fonts/TrueType
# xset fp rehash
```

Oder fügen Sie eine FontPath-Zeile in `xorg.conf` ein.

Jetzt sollten Gimp, Apache OpenOffice und alle anderen X-Anwendungen die TrueType®-Schriftarten erkennen. Extrem kleine Schriftarten (Webseiten, die mit hoher Auflösung betrachtet werden) und sehr große Schriftarten (in StarOffice™) werden jetzt viel besser aussehen.

6.5.3. Anti-aliasing

Alle Schriftarten in Xorg, die in den Verzeichnissen `/usr/local/share/fonts/` und `~/.fonts/` gefunden werden, werden automatisch für Anti-aliasing an Anwendungen zur Verfügung gestellt, die Xft beherrschen. Die meisten aktuellen Anwendungen beherrschen Xft, dazu gehören auch KDE, GNOME und Firefox.

In der Datei `/usr/local/etc/fonts/local.conf` werden die Schriftarten, die mit dem Anti-aliasing-Verfahren benutzt werden sollen und die Eigenschaften des Verfahrens festgelegt. In diesem Abschnitt wird nur die grundlegende Konfiguration von Xft beschrieben. Weitere Details entnehmen Sie bitte der Hilfeseite [fonts-conf\(5\)](#).

Die Datei `local.conf` ist ein XML-Dokument. Achten Sie beim Editieren der Datei daher auf die richtige Groß- und Kleinschreibung und darauf, dass alle Tags geschlossen sind. Die Datei beginnt mit der üblichen XML-Deklaration gefolgt von einer DOCTYPE-Definition und dem `<fontconfig>`-Tag:

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE fontconfig SYSTEM "fonts.dtd">
<fontconfig>
```

Wie vorher erwähnt, stehen schon alle Schriftarten in `/usr/local/share/fonts/` und `~/.fonts/` für Anwendungen, die Xft unterstützen, zur Verfügung. Wenn Sie ein Verzeichnis außerhalb dieser beiden Bäume benutzen wollen, fügen Sie eine Zeile wie die nachstehende zu `/usr/local/etc/fonts/local.conf` hinzu:

```
<dir>/path/to/my/fonts</dir>
```

Wenn Sie neue Schriftarten hinzugefügt haben, müssen Sie den Schriftarten-Cache neu aufbauen:

```
# fc-cache -f
```

Das Anti-aliasing-Verfahren zeichnet Ränder leicht unscharf, dadurch werden kleine Schriften besser lesbar und der Treppenstufen-Effekt bei großen Schriften vermieden. Auf normale Schriftgrößen sollte das Verfahren aber nicht angewendet werden, da dies die Augen zu sehr anstrengt. Um kleinere Schriftgrößen als 14 Punkt von dem Verfahren auszuschließen, fügen Sie in `local.conf` die nachstehenden Zeilen ein:

```
<match target="font">
  <test name="size" compare="less">
    <double>14</double>
  </test>
  <edit name="antialias" mode="assign">
    <bool>false</bool>
  </edit>
</match>
<match target="font">
  <test name="pixelsize" compare="less" qual="any">
    <double>14</double>
  </test>
  <edit mode="assign" name="antialias">
    <bool>false</bool>
  </edit>
```

```
</match>
```

Das Anti-aliasing-Verfahren kann die Abstände einiger Fixsschriften falsch darstellen, dies fällt besonders unter KDE auf. Sie können das Problem umgehen, indem Sie die Abstände dieser Schriften auf den Wert 100 festsetzen. Fügen Sie die nachstehenden Zeilen hinzu:

```
<match target="pattern" name="family">
  <test qual="any" name="family">
    <string>fixed</string>
  </test>
  <edit name="family" mode="assign">
    <string>mono</string>
  </edit>
</match>
<match target="pattern" name="family">
  <test qual="any" name="family">
    <string>console</string>
  </test>
  <edit name="family" mode="assign">
    <string>mono</string>
  </edit>
</match>
```

Damit werden die Namen der gebräuchlichen Fixsschriften auf "mono" abgebildet. Für diese Schriften setzen Sie dann den Abstand fest:

```
<match target="pattern" name="family">
  <test qual="any" name="family">
    <string>mono</string>
  </test>
  <edit name="spacing" mode="assign">
    <int>100</int>
  </edit>
</match>
```

Bestimmte Schriftarten, wie Helvetica, können Probleme mit dem Anti-Aliasing-Verfahren verursachen. In der Regel erscheinen diese Schriftarten dann vertikal halbiert. Im schlimmsten Fall stürzen Anwendungen als Folge davon ab. Sie vermeiden dies, indem Sie betroffene Schriftarten in `local.conf` von dem Verfahren ausnehmen:

```
<match target="pattern" name="family">
  <test qual="any" name="family">
    <string>Helvetica</string>
  </test>
  <edit name="family" mode="assign">
    <string>sans-serif</string>
  </edit>
</match>
```

Wenn Sie `local.conf` editiert haben, stellen Sie bitte sicher, dass die Datei mit dem Tag `</fontconfig>` endet. Ist das nicht der Fall, werden die Änderungen nicht berücksichtigt.

Benutzer können eigene Einstellungen in der Datei `~/.fonts.conf` vornehmen. Achten Sie auch hier auf die richtige XML-Syntax.

Mit einem LCD können Sie *sub-pixel sampling* anstelle von Anti-aliasing einsetzen. Dieses Verfahren behandelt die horizontal getrennten Rot-, Grün- und Blau-Komponenten eines Pixels gesondert und verbessert damit (teilweise sehr wirksam) die horizontale Auflösung. Die nachstehende Zeile in `local.conf` aktiviert diese Funktion:

```
<match target="font">
  <test qual="all" name="rgba">
    <const>unknown</const>
  </test>
  <edit name="rgba" mode="assign">
```

```
<const>rgb</const>
</edit>
</match>
```



Anmerkung

Abhängig von der Art Ihres Bildschirms müssen Sie anstelle von `rgb` eines der folgenden verwenden: `bgr`, `vrgb` oder `vbgr`. Experimentieren Sie und vergleichen, was besser aussieht.

6.6. Der X-Display-Manager

Beigetragen von Seth Kingsley.

Xorg enthält den X-Display-Manager XDM, um Sitzungen zu verwalten. XDM stellt eine graphische Anmeldemaske zur Verfügung, in der Sie den Server, auf dem eine Sitzung laufen soll, auswählen können und in der Sie die Autorisierungs-Informationen, wie Benutzername und Passwort, eingeben können.

Dieser Abschnitt zeigt, wie der X-Displaymanager konfiguriert wird. Einige grafische Oberflächen enthalten ihre eigenen graphischen Login-Manager. Eine Anleitung zur Konfiguration des GNOME Display-Managers finden Sie im [Abschnitt 6.7.1, „GNOME“](#). Eine Anleitung zur Konfiguration des KDE Display Managers finden Sie im [Abschnitt 6.7.2, „KDE“](#).

6.6.1. XDM einrichten

XDM kann über das Paket oder den Port [x11/xdm](#) installiert werden. Nach der Installation lässt sich XDM durch einen Eintrag in `/etc/ttys` bei jedem Start des Rechners aktivieren:

```
ttv8 "/usr/local/bin/xdm -nodaemon" xterm off secure
```

Ändern Sie den Wert `off` zu `on` und speichern Sie die Datei. `ttv8` zeigt an, dass XDM auf dem neunten virtuellen Terminal ausgeführt wird.

Die Konfigurationsdateien von XDM befinden sich in `/usr/local/lib/X11/xdm`. Dieses Verzeichnis enthält einige Dateien, mit denen das Verhalten und Aussehen von XDM beeinflusst werden kann, sowie ein paar Skripte und Programme zur Einrichtung des Desktops. Eine Zusammenfassung der Aufgaben dieser Dateien beschreibt die [Tabelle 6.1, „Die Konfigurationsdateien von XDM“](#). Die genaue Syntax und Verwendung wird in [xdm\(1\)](#) beschrieben.

Tabelle 6.1. Die Konfigurationsdateien von XDM

Datei	Beschreibung
Xaccess	Verbindungen zu XDM werden über das „X Display Manager Connection Protocol“ (XDMCP) hergestellt. Xaccess enthält die Client-Berechtigungen zur Steuerung der XDMCP-Verbindungen entfernter Maschinen. In der Voreinstellung erlaubt diese Datei keine Verbindungen von entfernten Maschinen.
Xresources	Diese Datei steuert das Erscheinungsbild der Bildschirmauswahl und Anmeldemasken von XDM. In der Voreinstellung erscheint ein rechteckiges Anmeldefenster, dass den Hostnamen und einen Anmeldeprompt mit „Login:“ und „Password“ anzeigt. Das Format dieser Datei entspricht den Dateien im Verzeichnis <code>app-defaults</code> , die in der Dokumentation von Xorg beschrieben sind.

Datei	Beschreibung
Xservers	Diese Datei enthält eine Liste entfernter Rechner, die in der Bildschirmauswahl angeboten werden.
Xsession	Dieses Skript wird von XDM aufgerufen, nachdem sich ein Benutzer erfolgreich angemeldet hat. Üblicherweise besitzt jeder Benutzer eine angepasste Version dieses Skripts in <code>~/.xsession</code> , das dann anstelle von <code>Xsession</code> ausgeführt wird.
Xsetup_*	Diese Skripten werden automatisch ausgeführt, bevor die Bildschirmauswahl oder die Anmeldemasken angezeigt werden. Für jeden lokalen Bildschirm gibt es ein Skript namens <code>Xsetup_*</code> , wobei <code>*</code> die lokale Bildschirmnummer ist. Normalerweise werden damit ein oder zwei Programme, wie <code>xconsole</code> , im Hintergrund gestartet.
xdm-config	Konfiguration für alle auf der Maschine verwalteten Bildschirme.
xdm-errors	Enthält Fehler, die vom Server generiert werden. Wenn ein von XDM verwalteter Bildschirm hängen bleibt, suchen Sie in dieser Datei nach Fehlermeldungen. Für jede Sitzung werden die Meldungen auch in die Datei <code>~/.xsession-errors</code> des Benutzers geschrieben.
xdm-pid	Die Prozess-ID des gerade laufenden XDM-Prozesses.

6.6.2. Fernzugriff einrichten

In der Voreinstellung können sich nur Benutzer auf dem selben System über XDM anmelden. Um es Benutzern anderer Systeme zu ermöglichen, sich mit dem Bildschirm-Server zu verbinden, muss der Zugriffsregelsatz bearbeitet und der Listener aktiviert werden.

Um XDM so zu konfigurieren, dass jede Verbindung angenommen wird, kommentieren Sie die Zeile `DisplayManager.requestPort` in `/usr/local/lib/X11/xdm/xdm-config` aus, indem Sie der Zeile ein `!` voranstellen.

```
! SECURITY: do not listen for XDMCP or Chooser requests
! Comment out this line if you want to manage X terminals with xdm
DisplayManager.requestPort: 0
```

Speichern Sie die Änderungen und starten Sie XDM neu. Um den Fernzugriff zu beschränken, sehen Sie sich die Beispiele in `/usr/local/lib/X11/xdm/Xaccess` an. Zusätzliche Informationen finden Sie in [xdm\(1\)](#)

6.7. Grafische Oberflächen

Beigetragen von Valentino Vaschetto.

Dieser Abschnitt beschreibt die Installation der drei beliebtesten grafischen Oberflächen unter FreeBSD. Eine Oberfläche kann alles von einem einfachen Window-Manager bis hin zu kompletten Anwendungen sein. Mehr als einhundert grafische Oberflächen stehen in der Kategorie `x11-wm` der Ports-Sammlung zur Verfügung.

6.7.1. GNOME

GNOME ist eine benutzerfreundliche Oberfläche. Es besitzt eine Leiste, mit der Anwendungen gestartet werden und die Statusinformationen anzeigen kann. Programme und Daten können auf der Oberfläche abgelegt werden und Standardwerkzeuge stehen zur Verfügung. Es gibt Konventionen, die es Anwendungen leicht machen, zusammenzuarbeiten und ein konsistentes Erscheinungsbild garantieren. Weitere Informationen zu GNOME unter Free-

BSD finden Sie unter <http://www.FreeBSD.org/gnome>. Die Webseite enthält zusätzliche Informationen über die Installation, Konfiguration und Verwaltung von GNOME unter FreeBSD.

Diese grafische Oberfläche kann als Paket installiert werden:

```
# pkg install gnome3
```

Um GNOME stattdessen aus der Ports-Sammlung zu übersetzen, nutzen Sie das folgende Kommando. GNOME ist eine große Anwendung, die sogar auf einem schnellen Computer einige Zeit zum Übersetzten benötigt.

```
# cd /usr/ports/x11/gnome3
# make install clean
```

GNOME benötigt ein eingehängtes /proc Dateisystem. Fügen Sie daher die folgende Zeile in /etc/fstab ein, damit [procfs\(5\)](#) beim Systemstart automatisch eingehängt wird:

```
proc          /proc          procfs        rw    0      0
```

GNOME benötigt D-Bus und HAL für einen Nachrichtenbus und Hardware Abstraktion. Diese Anwendungen werden automatisch als Abhängigkeiten von GNOME installiert. Aktivieren Sie die Dienste in /etc/rc.conf, sodass sie automatisch gestartet werden wenn das System bootet:

```
dbus_enable="YES"
hald_enable="YES"
```

Nach der Installation weisen Sie Xorg an, GNOME zu starten. Der einfachste Weg, dies zu tun, ist über den GNOME Display Manager GDM, der als Teil des GNOME-Desktops installiert wird. Um GDM zu aktivieren, fügen Sie folgende Zeile in /etc/rc.conf ein:

```
gdm_enable="YES"
```

In der Regel ist es ratsam, alle GNOME-Dienste zu starten. Um dies zu erreichen, fügen Sie die folgende Zeile in /etc/rc.conf ein:

```
gnome_enable="YES"
```

GDM wird nun automatisch gestartet, wenn das System hochfährt.

GNOME kann alternativ auch von der Kommandozeile gestartet werden, wenn eine entsprechend konfigurierte ~/.xinitrc vorliegt. Existiert diese Datei bereits, ersetzen Sie den Aufruf des Window-Managers durch /usr/local/bin/gnome-session. Wenn .xinitrc nicht existiert, erstellen Sie die Datei mit folgendem Befehl:

```
% echo "exec /usr/local/bin/gnome-session" > ~/.xinitrc
```

Eine dritte Methode ist, XDM als Display-Manager zu verwenden. In diesem Fall erstellen Sie eine ausführbare ~/.xsession:

```
% echo "#!/bin/sh" > ~/.xsession
% echo "exec /usr/local/bin/gnome-session" >> ~/.xsession
% chmod +x ~/.xsession
```

6.7.2. KDE

KDE ist eine weitere, leicht zu benutzende Desktop-Umgebung. Dieser Desktop bietet eine Sammlung von Anwendungen mit einheitlichem Erscheinungsbild (*look and feel*), einheitlichen Menüs, Werkzeugleisten, Tastenkombinationen, Farbschemata, Internationalisierung und einer zentralen, dialoggesteuerten Desktop-Konfiguration. Weitere Informationen zu KDE finden Sie unter <http://www.kde.org/>. Spezifische Informationen für FreeBSD finden Sie unter <http://freebsd.kde.org>.

Um das Paket KDE4 zu installieren, geben Sie ein:

```
# pkg install x11/kde4
```

Um KDE stattdessen aus dem Quellcode zu übersetzen, verwenden Sie das folgende Kommando. Bei der Installation wird ein Menü zur Auswahl der Komponenten angezeigt. KDE ist eine große Anwendung, die sogar auf einem schnellen Computer einige Zeit zum Übersetzen benötigt.

```
# cd /usr/ports/x11/kde4
# make install clean
```

KDE benötigt ein eingehängtes `/proc`. Fügen Sie diese Zeile in `/etc/fstab` ein, um das Dateisystem automatisch beim Systemstart einzuhängen:

```
proc          /proc          procfs        rw    0      0
```

KDE benötigt D-Bus und HAL für einen Nachrichtenbus und Hardware Abstraktion. Diese Anwendungen werden automatisch als Abhängigkeiten von KDE installiert. Aktivieren Sie die Dienste in `/etc/rc.conf`, sodass sie automatisch gestartet werden wenn das System bootet:

```
dbus_enable="YES"
hald_enable="YES"
```

Die Installation von KDE beinhaltet den KDE Display-Manager KDM. Um diesen Display-Manager zu aktivieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
kdm4_enable="YES"
```

Eine zweite Möglichkeit KDE zu starten, ist `startx` in der Kommandozeile einzugeben. Damit dies funktioniert, wird folgende Zeile in `~/.xinitrc` benötigt:

```
exec /usr/local/bin/startkde
```

Eine dritte Möglichkeit ist KDE über XDM zu starten. Um dies zu tun, erstellen Sie eine ausführbare `~/.xsession` wie folgt:

```
% echo "#!/bin/sh" > ~/.xsession
% echo "exec /usr/local/bin/startkde" >> ~/.xsession
% chmod +x ~/.xsession
```

Sobald KDE gestartet wird, finden Sie im integrierten Hilfesystem weitere Informationen zur Benutzung der verschiedenen Menüs und Anwendungen.

6.7.3. Xfce

Xfce ist eine Desktop-Umgebung, basierend auf den von GNOME verwendeten GTK+-Bibliotheken. Es hat einen geringeren Speicherbedarf und stellt dabei einen schlichten, effizienten und einfach zu benutzenden Desktop zur Verfügung. Xfce ist vollständig konfigurierbar, verfügt über eine Programmleiste mit Menüs, *Applets* und einen Programmstarter. Zudem sind ein Datei-Manager und ein Sound-Manager enthalten und das Programm ist über *Themes* anpassbar. Da es schnell, leicht und effizient ist, eignet sich Xfce ideal für ältere oder langsamere Rechner mit wenig Speicher. Weitere Informationen zu Xfce finden Sie unter <http://www.xfce.org>.

Um das Paket Xfce zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install xfce
```

Um stattdessen den Port zu übersetzen:

```
# cd /usr/ports/x11-wm/xfce4
# make install clean
```

Im Gegensatz zu GNOME oder KDE, besitzt Xfce keinen eigenen Login-Manager. Damit Xfce von der Kommandozeile mit `startx` gestartet werden kann, muss zunächst ein Eintrag in `~/.xinitrc` hinzugefügt werden:

```
% echo "exec /usr/local/bin/startxfce4 --with-ck-launch" > ~/.xinitrc
```

Alternativ dazu kann XDM verwendet werden. Um diese Methode zu konfigurieren, erstellen Sie eine ausführbare `~/.xsession`:

```
% echo "#!/bin/sh" > ~/.xsession
% echo "exec /usr/local/bin/startxfce4 --with-ck-launch" >> ~/.xsession
% chmod +x ~/.xsession
```

6.8. Compiz Fusion installieren

Der Einsatz von hübschen 3D-Effekten ist eine Möglichkeit, die Benutzerfreundlichkeit eines Desktop-Rechners zu erhöhen.

Die Installation des Compiz Fusion Pakets ist einfach, aber bei der Konfiguration sind ein paar Schritte notwendig, die nicht in der Dokumentation des Ports beschrieben werden.

6.8.1. Konfiguration des FreeBSD nVidia-Treibers

Desktop-Effekte erzeugen eine hohe Last auf der Grafikkarte. Für nVidia-basierte Grafikkarten sind die proprietären Treiber für eine gute Leistung erforderlich. Benutzer anderer Grafikkarten können diesen Abschnitt überspringen und mit der Konfiguration von Xorg fortfahren.

Lesen Sie die [FAQ zu diesem Thema](#), um herauszufinden, wie der richtige nVidia-Treiber ermittelt werden kann.

Nachdem der richtige Treiber für die Karte ermittelt wurde, kann er wie jedes andere Paket installiert werden.

Um beispielsweise den aktuellsten Treiber zu installieren:

```
# pkg install x11/nvidia-driver
```

Der Treiber erstellt ein Kernelmodul, welches beim Systemstart geladen werden muss. Fügen folgende Zeile in `/boot/loader.conf` ein:

```
nvidia_load="YES"
```



Anmerkung

Um das Kernelmodul direkt in den laufenden Kernel zu laden, kann der Befehl `kldload nvidia` eingegeben werden. Allerdings wurde festgestellt, dass einige Versionen von Xorg nicht richtig funktionieren, wenn der Treiber nicht beim Systemstart geladen wurde. Nach der Änderung in `/boot/loader.conf` wird daher ein Neustart des Systems empfohlen.

Wenn das Kernelmodul geladen ist, muss in der Regel nur noch eine einzige Zeile in `xorg.conf` geändert werden, um den proprietären Treiber zu aktivieren:

Suchen Sie folgende Zeile in `/etc/X11/xorg.conf` :

```
Driver      "nv"
```

und ändern Sie die Zeile zu:

```
Driver      "nvidia"
```

Wenn Sie nun die grafische Oberfläche starten, sollten Sie vom nVidia Startbildschirm begrüßt werden. Alles sollte wie gewohnt funktionieren.

6.8.2. Konfiguration von Desktop-Effekten in xorg.conf

Um Compiz Fusion zu aktivieren, muss `/etc/X11/xorg.conf` angepasst werden:

Fügen Sie diesen Abschnitt hinzu, um Composite-Effekte zu aktivieren:

```
Section "Extensions"
    Option      "Composite" "Enable"
EndSection
```

Suchen Sie den Abschnitt „Screen“, der ähnlich wie hier gezeigt aussehen sollte:

```
Section "Screen"
    Identifier      "Screen0"
    Device          "Card0"
    Monitor         "Monitor0"
    ...
```

und fügen Sie die beiden folgenden Zeilen hinzu (z.B. nach „Monitor“):

```
DefaultDepth      24
Option            "AddARGBGLXVisuals" "True"
```

Suchen Sie den Abschnitt „Subsection“, der sich auf die gewünschte Bildschirmauflösung bezieht. Wenn Sie z.B. 1280x1024 verwenden möchten, suchen Sie den folgenden Abschnitt. Sollte die gewünschte Auflösung nicht in allen Unterabschnitten vorhanden sein, können Sie den entsprechenden Eintrag manuell hinzufügen:

```
SubSection        "Display"
    Viewport       0 0
    Modes          "1280x1024"
EndSubSection
```

Für Composite-Effekte wird eine Farbtiefe von 24 Bit benötigt. Ändern Sie dazu den obigen Abschnitt wie folgt:

```
SubSection        "Display"
    Viewport       0 0
    Depth          24
    Modes          "1280x1024"
EndSubSection
```

Zuletzt muss noch sichergestellt werden, dass die Module „glx“ und „extmod“ im Abschnitt „Module“ geladen werden:

```
Section "Module"
    Load      "extmod"
    Load      "glx"
    ...
```

Die vorangegangenen Einstellungen können automatisch mit [x11/nvidia-xconfig](#) erledigt werden, indem Sie folgende Kommandos als root ausführen:

```
# nvidia-xconfig --add-argb-glx-visuals
# nvidia-xconfig --composite
# nvidia-xconfig --depth=24
```

6.8.3. Installation und Konfiguration von Compiz Fusion

Die Installation von Compiz Fusion ist so einfach wie die Installation jedes anderen Pakets:

```
# pkg install x11-wm/compiz-fusion
```

Wenn die Installation abgeschlossen ist, starten Sie (als normaler Benutzer) den grafischen Desktop mit folgendem Befehl:


```
% compiz --replace --sm-disable --ignore-desktop-hints ccp &
% emerald --replace &
```

Der Bildschirm wird für einige Sekunden flackern, da der Window Manager (z.B. Metacity, wenn Sie GNOME benutzen) von Compiz Fusion ersetzt wird. Emerald kümmert sich um die Fensterdekoration (z.B. die Schatzflächenn schließen, minimieren und maximieren, Titelleisten, usw.).

Sie können dieses einfache Skript anpassen und es dann beim Start automatisch ausführen lassen (z.B. durch Hinzufügen von „Sessions“ beim GNOME-Desktop):

```
#!/bin/sh
compiz --replace --sm-disable --ignore-desktop-hints ccp &
emerald --replace &
```

Speichern Sie die Datei in Ihrem Heimatverzeichnis, beispielsweise als `start-compiz` und machen Sie die Datei ausführbar:

```
% chmod +x ~/start-compiz
```

Benutzen Sie dann die grafische Oberfläche, um das Skript zu Autostart-Programme hinzuzufügen (beim GNOME-Desktop unter Systemwerkzeuge, Einstellungen, Sessions).

Um die gewünschten Effekte und Einstellungen zu konfigurieren, starten Sie (wieder als normaler Benutzer) den Compiz Config Einstellungs-Manager:

```
% CCSM
```



Anmerkung

In GNOME finden Sie diese Einstellungen wieder im Menü unter Systemwerkzeuge, Einstellungen.

Wenn Sie „gconf support“ während der Installation ausgewählt haben, können Sie diese Einstellungen auch im `gconf-editor` unter `apps/compiz` finden.

6.9. Fehlersuche

Wenn die Maus nicht funktioniert, müssen Sie diese zuerst konfigurieren. In neueren Versionen von Xorg werden die `InputDevice`-Abschnitte in `xorg.conf` ignoriert, um stattdessen die automatisch erkannten Geräte zu verwenden. Um das alte Verhalten wiederherzustellen, fügen Sie folgende Zeile zum Abschnitt `ServerLayout` oder `ServerFlags` dieser Datei hinzu:

```
Option "AutoAddDevices" "false"
```



Anmerkung

Wie zuvor erwähnt, wird standardmäßig der `hald`-Dienst automatisch die Tastatur erkennen. Es kann jedoch passieren, dass das Tastaturlayout oder das Modell nicht korrekt erkannt wird. Grafische Oberflächen wie GNOME, KDE oder Xfce stellen Werkzeuge für die Konfiguration der Tastatur bereit. Es ist allerdings auch möglich, die Tastatureigenschaften direkt zu setzen, entweder mit Hilfe von [setxkbmap\(1\)](#) oder mit einer Konfigurationsregel von `hald`.

Wenn Sie zum Beispiel eine PC 102-Tasten Tastatur mit französischem Layout verwenden möchten, müssen sie eine Tastaturkonfigurationsdatei `x11-input.fdi` für `hald` im Verzeich-

nis /usr/local/etc/hal/fdi/policy anlegen. Diese Datei sollte die folgenden Zeilen enthalten:

```
<?xml version="1.0" encoding="iso-8859-1"?>
<deviceinfo version="0.2">
  <device>
    <match key="info.capabilities" contains="input.keyboard">
      <merge key="input.x11_options.XkbModel" type="string">pc102</merge>
      <merge key="input.x11_options.XkbLayout" type="string">fr</merge>
    </match>
  </device>
</deviceinfo>
```

Wenn diese Datei bereits existiert, kopieren Sie nur die Zeilen in die Datei, welche die Tastaturkonfiguration betreffen.

Sie müssen Ihren Computer neu starten, um hald zu zwingen, diese Datei einzulesen.

Es ist auch möglich, die gleiche Konfiguration von einem X-Terminal oder einem Skript über den folgenden Befehl heraus zu tätigen:

```
% setxkbmap -model pc102 -layout fr
```

/usr/local/share/X11/xkb/rules/base.lst enthält die zur Verfügung stehenden Tastatur- und Layoutoptionen.

Die Konfigurationsdatei `xorg.conf.new` kann nun an bestimmte Bedürfnisse angepasst werden. Öffnen Sie die Datei in einem Editor, wie [emacs\(1\)](#) oder [ee\(1\)](#). Falls der Monitor ein älteres oder ungewöhnliches Modell ist und keine automatische Erkennung unterstützt, können die Synchronisationsfrequenzen im Abschnitt "Monitor" der `xorg.conf.new` eingetragen werden.

```
Section "Monitor"
  Identifier      "Monitor0"
  VendorName      "Monitor Vendor"
  ModelName       "Monitor Model"
  HorizSync       30-107
  VertRefresh     48-120
EndSection
```

Die meisten Monitore unterstützen die automatische Erkennung der Synchronisationsfrequenzen, so dass eine manuelle Eingabe der Werte nicht erforderlich ist. Für die wenigen Monitore, die keine automatische Erkennung unterstützen, sollten nur die vom Hersteller zur Verfügung gestellten Werte eingegeben werden, um einen möglichen Schaden zu vermeiden.

X unterstützt die Energiesparfunktionen (DPMS, Energy Star) für Monitore. Mit [xset\(1\)](#) können die Zeitlimits für die DPMS-Modi standby, suspend, off vorgeben, oder zwingend aktiviert werden. Die DPMS-Funktionen können mit der folgenden Zeile im Abschnitt "Monitor" aktiviert werden:

```
Option      "DPMS"
```

Die gewünschte Auflösung und Farbtiefe stellen sie im Abschnitt "Screen" ein:

```
Section "Screen"
  Identifier      "Screen0"
  Device          "Card0"
  Monitor         "Monitor0"
  DefaultDepth    24
  SubSection      "Display"
    Viewport      0 0
```

```
Depth      24
Modes      "1024x768"
EndSubSection
EndSection
```

Mit `DefaultDepth` wird die standardmäßige Farbtiefe angegeben. Mit der Option `-depth` von [Xorg\(1\)](#) lässt sich die vorgegebene Farbtiefe überschreiben. `Modes` gibt die Auflösung für die angegebene Farbtiefe an. Die Farbtiefe im Beispiel beträgt 24 Bits pro Pixel, die zugehörige Auflösung ist 1024x768 Pixel. Beachten Sie, dass in der Voreinstellung nur Standard-VESA-Modi der Grafikkarte angegeben werden können.

Sichern Sie die Konfigurationsdatei. Testen Sie anschließend die Konfiguration, wie oben beschrieben.



Anmerkung

Bei der Fehlersuche stehen Ihnen die Protokolldateien von Xorg zur Verfügung. Die Protokolle enthalten Informationen über alle Geräte, die mit dem Xorg-Server verbunden ist. Die Namen der Xorg-Protokolldateien haben das Format `/var/log/Xorg.0.log`. Der exakte Name der Datei variiert dabei von `Xorg.0.log` bis `Xorg.8.log`, und so weiter.

Wenn alles funktioniert, installieren Sie die Datei an einen Ort, an dem [Xorg\(1\)](#) sie finden kann. Typischerweise ist dies `/etc/X11/xorg.conf` oder `/usr/local/etc/X11/xorg.conf`.

```
# cp xorg.conf.new /etc/X11/xorg.conf
```

Damit ist die Konfiguration von Xorg abgeschlossen. Xorg kann nun mit dem Programm [startx\(1\)](#) gestartet werden. Alternativ kann der Xorg-Server auch mithilfe von [xdm\(1\)](#) gestartet werden.

6.9.1. Konfiguration des Intel® i810 Graphics Chipsets

Der Intel® i810-Chipset benötigt den Treiber `agpgart`, die AGP-Schnittstelle für Xorg. Die Manualpage für den Treiber [agp\(4\)](#) enthält weitere Informationen.

Ab jetzt kann die Hardware wie jede andere Grafikkarte auch konfiguriert werden. Beachten Sie, dass der Treiber [agp\(4\)](#) nicht nachträglich in einen laufenden Kernel geladen werden kann. Er muss entweder fest im Kernel eingebunden sein, oder beim Systemstart über `/boot/loader.conf` geladen werden.

6.9.2. Einen Widescreen-Monitor einsetzen

Dieser Abschnitt geht über die normalen Konfigurationsarbeiten hinaus und setzt ein wenig Vorwissen voraus. Selbst wenn die Standardwerkzeuge zur X-Konfiguration bei diesen Geräten nicht zum Erfolg führen, gibt es in den Protokolldateien genug Informationen, mit denen Sie letztlich doch einen funktionierenden X-Server konfigurieren können. Alles, was Sie dazu benötigen, ist ein Texteditor.

Aktuelle Widescreen-Formate (wie WSXGA, WSXGA+, WUXGA, WXGA, WXGA+, und andere mehr) unterstützen Seitenverhältnisse wie 16:10 oder 10:9, die unter X Probleme verursachen können. Bei einem Seitenverhältnis von 16:10 sind beispielsweise folgende Auflösungen möglich:

- 2560x1600
- 1920x1200
- 1680x1050
- 1440x900
- 1280x800

Irgendwann wird die Konfiguration vereinfacht werden, dass nur noch die Auflösung als Mode in Section "Screen" eingetragen wird, so wie hier:

```
Section "Screen"
Identifier "Screen 0"
Device "Card 0"
Monitor "Monitor0"
Default Depth 24
SubSection "Display"
Viewport 0 0
Depth 24
Modes "1680x1050"
EndSubSection
EndSection
```

Xorg ist intelligent genug, um die Informationen zu den Auflösungen über I2C/DDC zu beziehen, und weiß daher, welche Auflösungen und Frequenzen der Widescreen-Monitor unterstützt.

Wenn diese ModeLines in den Treiberdateien nicht vorhanden sind, kann es sein, dass Sie Xorg beim Finden der korrekten Werte unterstützen müssen. Dazu extrahieren Sie die benötigten Informationen aus /var/log/Xorg.0.log und erzeugen daraus eine funktionierende ModeLine. Suchen Sie nach Zeilen ähnlich den folgenden:

```
(II) MGA(0): Supported additional Video Mode:
(II) MGA(0): clock: 146.2 MHz Image Size: 433 x 271 mm
(II) MGA(0): h_active: 1680 h_sync: 1784 h_sync_end 1960 h_blank_end 2240 h_border: 0
(II) MGA(0): v_active: 1050 v_sync: 1053 v_sync_end 1059 v_blanking: 1089 v_border: 0
(II) MGA(0): Ranges: V min: 48 V max: 85 Hz, H min: 30 H max: 94 kHz, PixClock max 170 MHz
```

Diese Informationen werden auch als EDID-Informationen bezeichnet. Um daraus eine funktionierende ModeLine zu erzeugen, müssen lediglich die Zahlen in die korrekte Reihenfolge gebracht werden:

```
Modeline <name> <clock> <4 horiz. timings> <4 vert. timings>
```

Die korrekte ModeLine in Section "Monitor" würde für dieses Beispiel folgendermaßen aussehen:

```
Section "Monitor"
Identifier "Monitor1"
VendorName "Bigname"
ModelName "BestModel"
Modeline "1680x1050" 146.2 1680 1784 1960 2240 1050 1053 1059 1089
Option "DPMS"
EndSection
```

Nachdem diese Änderungen durchgeführt sind, sollte X auch auf Ihrem neuen Widescreen-Monitor starten.

6.9.3. Fehersuche in Compiz Fusion

- F: Ich habe Compiz Fusion installiert und anschließend die hier erwähnten Kommandos eingegeben. Nun fehlen den Fenstern die Titelleisten und Schaltflächen. Was kann ich tun?
- A: Wahrscheinlich fehlt eine Einstellung in /etc/X11/xorg.conf. Überprüfen Sie diese Datei gründlich, und überprüfen Sie insbesondere die Richtlinien DefaultDepth und AddARGBGLXVisuals.
- F: Wenn ich Compiz Fusion starte, bringt dass den X-Server zum Absturz. Was kann ich tun?
- A: Wenn Sie /var/log/Xorg.0.log durchsuchen, finden Sie wahrscheinlich Fehlermeldungen, die während des Starts von X ausgegeben werden. Die häufigste Meldung ist:

```
(EE) NVIDIA(0): Failed to initialize the GLX module; please check in your X
(EE) NVIDIA(0): log file that the GLX module has been loaded in your X
(EE) NVIDIA(0): server, and that the module is the NVIDIA GLX module. If
(EE) NVIDIA(0): you continue to encounter problems, Please try
```

```
(EE) NVIDIA(0):      reinstalling the NVIDIA driver.
```

Dies ist für gewöhnlich der Fall, wenn Sie Xorg aktualisieren. Sie müssen das Paket [x11/nvidia-driver](#) neu installieren, damit GLX neu gebaut wird.

Teil II. Oft benutzte Funktionen

Nach den Grundlagen beschäftigt sich das FreeBSD-Handbuch mit oft benutzten Funktionen von FreeBSD. Die Kapitel behandeln die nachstehenden Themen:

- Zeigen Ihnen beliebte und nützliche Werkzeuge wie Browser, Büroanwendungen und Programme zum Anzeigen von Dokumenten.
- Zeigen Ihnen Multimedia-Werkzeuge für FreeBSD.
- Erklären den Bau eines angepassten FreeBSD-Kernels, der die Systemfunktionen erweitert.
- Beschreiben ausführlich das Drucksystem, sowohl für direkt angeschlossene Drucker als auch für Netzwerkdrucker.
- Erläutern, wie Sie Linux-Anwendungen auf einem FreeBSD-System laufen lassen.

Damit Sie einige Kapitel verstehen, sollten Sie vorher andere Kapitel gelesen haben. Die Übersicht zu jedem Kapitel zählt die Voraussetzungen für das erfolgreiche Durcharbeiten des Kapitels auf.

Inhaltsverzeichnis

7. Desktop-Anwendungen	209
7.1. Übersicht	209
7.2. Browser	209
7.3. Büroanwendungen	213
7.4. Anzeigen von Dokumenten	215
7.5. Finanzsoftware	217
8. Multimedia	219
8.1. Übersicht	219
8.2. Soundkarten einrichten	219
8.3. MP3-Audio	223
8.4. Videos wiedergeben	225
8.5. TV-Karten	230
8.6. MythTV	231
8.7. Scanner	232
9. Konfiguration des FreeBSD-Kernels	237
9.1. Übersicht	237
9.2. Wieso einen eigenen Kernel bauen?	237
9.3. Informationen über die vorhandene Hardware beschaffen	238
9.4. Die Kernelkonfigurationsdatei	239
9.5. Einen angepassten Kernel bauen und installieren	240
9.6. Wenn etwas schiefgeht	241
10. Drucken	243
10.1. Schnellstart	243
10.2. Druckerverbindungen	244
10.3. Gebräuchliche Seitenbeschreibungssprachen	245
10.4. Direktes Drucken	246
10.5. LPD (Line Printer Daemon)	246
10.6. Andere Drucksysteme	253
11. Linux®-Binärkompatibilität	255
11.1. Übersicht	255
11.2. Konfiguration der Linux®-Binärkompatibilität	255
11.3. Weiterführende Themen	257

Kapitel 7. Desktop-Anwendungen

7.1. Übersicht

Obwohl FreeBSD wegen seiner Leistung und Stabilität vor allem auf Serversystemen sehr beliebt ist, so ist es auch für den täglichen Einsatz als Desktop geeignet. Mit über 24,000 Anwendungen, die als Pakete oder Ports vorliegen, ist es leicht einen individuellen Desktop zu bauen, auf dem eine Vielzahl von Desktop-Anwendungen laufen. Dieses Kapitel zeigt, wie Sie die zahlreichen Desktop-Anwendungen, wie Web-Browser, Office-Pakete, Dokumentbetrachter und Finanzsoftware, installieren können.



Anmerkung

Benutzer die es vorziehen eine vorkonfigurierte Desktop-Version von FreeBSD zu installieren, anstatt das System von Grund auf zu konfigurieren, sollten sich die [pcbsd.org Website](http://pcbsd.org) ansehen.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie wissen:

- wie zusätzliche Anwendungen als Paket oder aus der Ports-Sammlung installiert werden. Dies wird in [Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#) beschrieben.
- wie X und ein Window-Manager installiert wird. Dies wird in [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) beschrieben.

Informationen zur Konfiguration von Multimedia-Anwendungen finden Sie in [Kapitel 8, Multimedia](#).

7.2. Browser

FreeBSD besitzt keinen vorinstallierten Browser, stattdessen enthält das [www](#)-Verzeichnis der Ports-Sammlung viele Browser, die als Paket oder aus der Ports-Sammlung installiert werden können.

Die Desktop-Umgebungen KDE und GNOME verfügen über eigene HTML-Browser. Weitere Informationen zur Einrichtung dieser Umgebungen finden Sie in [Abschnitt 6.7, „Grafische Oberflächen“](#).

Besonders schlanke Browser sind [www/dillo2](#), [www/links](#) und [www/w3m](#).

Dieser Abschnitt demonstriert, wie die folgenden gängigen Webbrowser installiert werden, sowie den Ressourcenbedarf, den Installationsaufwand beim Übersetzen des Ports, oder ob die Anwendung wichtige Abhängigkeiten benötigt.

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand aus den Ports	Anmerkungen
Firefox	mittel	hoch	FreeBSD, Linux® und lokalisierte Versionen sind verfügbar
Opera	niedrig	niedrig	Es gibt eine FreeBSD- und eine Linux-Version. Die Linux-Version hängt von der Linux-Kompatibilität (<i>Linux Binary Compatibility</i>) und linux-openmotif ab.

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand aus den Ports	Anmerkungen
Konqueror	mittel	hoch	Benötigt KDE-Bibliotheken
Chromium	mittel	hoch	Benötigt Gtk+

7.2.1. Firefox

Firefox ist ein Open-Source Browser, der vollständig auf FreeBSD portiert wurde. Er bietet eine dem HTML-Standard konforme Anzeige, Browserfenster als Tabs, Blockierung von Pop-up-Fenstern, Erweiterungen, verbesserte Sicherheit und mehr. Firefox basiert auf der Mozilla Codebasis.

Installieren Sie das Paket der aktuellen Release-Version von Firefox:

```
# pkg install firefox
```

Um stattdessen die Extended Support Release (ESR) Version zu installieren, benutzen Sie:

```
# pkg install firefox-esr
```

Lokalisierte Versionen finden Sie in www/firefox-i18n und www/firefox-esr-i18n.

Alternativ kann auch die Ports-Sammlung verwendet werden, um die gewünschte Version von Firefox aus dem Quellcode zu installieren. Dieses Beispiel baut www/firefox, wobei sich `firefox` durch die ESR oder die lokalisierte Version ersetzen lässt.

```
# cd /usr/ports/www/firefox
# make install clean
```

7.2.1.1. Firefox und das Java™-Plugin

Die Installation von Firefox enthält keine Unterstützung für Java™. java/icedtea-web stellt ein freies Webbrowser-Plugin für die Ausführung von Java-Applets zur Verfügung. Dieses Plugin kann als Paket, oder wie in diesem Beispiel, über die Ports-Sammlung installiert werden:

```
# cd /usr/ports/java/icedtea-web
# make install clean
```

Verwenden Sie die Standardoptionen beim Übersetzen des Ports.

Starten Sie nun Firefox. Geben Sie in der Adresszeile `about:plugins` ein und bestätigen Sie die Eingabe mit Enter. Dadurch wird eine Seite geöffnet, die alle installierten Plugins auflistet. In dieser Liste sollte sich auch das Java™-Plugin befinden.

Wird das Plugin nicht gefunden, muss für jeden Benutzer der folgende Befehl ausgeführt werden:

```
% ln -s /usr/local/lib/IcedTeaPlugin.so \
  $HOME/.mozilla/plugins/
```

7.2.1.2. Firefox und das Adobe® Flash®-Plugin

Ein natives Adobe® Flash®-Plugin ist für FreeBSD nicht verfügbar. Es existiert jedoch ein Software-Layer (*Wrapper*), der es erlaubt die Linux®-Version des Plugins unter FreeBSD einzusetzen. Dieser Wrapper bietet auch Unterstützung für weitere Webbrowser-Plugins wie zum Beispiel RealPlayer®.

Führen Sie die folgenden Schritte aus, um das Plugin zu installieren und zu aktivieren:

1. Installieren Sie den Port www/nspluginwrapper. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist ein Paket nicht verfügbar. Dieser Port benötigt emulators/linux_base-c6.
2. Installieren Sie den Port www/linux-c6-flashplugin11. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist ein Paket nicht verfügbar.

3. Bevor das Plugin verwendet werden kann, muss der Benutzer zunächst das folgende Kommando aufrufen:

```
% nspluginwrapper -v -a -i
```

Nach einem Update von Flash® muss der Benutzer folgendes eingeben:

```
% nspluginwrapper -v -a -u
```

Starten Sie den Browser und geben Sie in der Adresszeile `about:plugins` ein. Diese Eingabe muss mit Enter bestätigt werden. Dadurch wird eine Seite geladen, die alle installierten Plugins auflistet.

7.2.1.3. Firefox und das Swfdec Flash®-Plugin

Swfdec ist die Bibliothek zum Dekodieren und Rendern von Flash® Animationen. Swfdec-Mozilla ist ein Plugin für Firefox-Browser, welches die Swfdec-Bibliothek zum Abspielen von SWF-Dateien benutzt.

Um das Paket zu installieren:

```
# pkg install swfdec-plugin
```

Wenn das Paket nicht verfügbar ist, kann es auch über die Ports-Sammlung gebaut und installiert werden:

```
# cd /usr/ports/www/swfdec-plugin  
# make install clean
```

Starten Sie den Browser neu, damit das Plugin aktiviert wird.

7.2.2. Opera

Opera ist ein vollwertiger und standardkonformer Browser, der zudem relativ klein und schnell ist. Es enthält einen eingebauten E-Mail- und Newsreader, einen IRC-Client, einen RSS/Atom-Feeds-Reader, sowie weitere Programme. Opera ist als native Version für FreeBSD, oder als Linux®-Version verfügbar.

Der folgende Befehl installiert die FreeBSD-Version von Opera. Ersetzen Sie `opera` durch `linux-opera`, wenn Sie stattdessen die Linux®-Version installieren wollen.

```
# pkg install opera
```

Alternativ können Sie beide Versionen über die Ports-Sammlung installieren. Dieses Beispiel übersetzt die native Version:

```
# cd /usr/ports/www/opera  
# make install clean
```

Wenn Sie die Linux®-Version des Browsers verwenden wollen, ersetzen Sie `opera` durch `linux-opera`.

Um Adobe® Flash®-Plugin Unterstützung zu installieren, übersetzen Sie zunächst den Port [www/linux-c6-flash-plugin11](#). Ein Paket ist aus lizenzrechtlichen Gründen nicht verfügbar. Installieren Sie anschließend [www/opera-linuxplugins](#). Dieses Beispiel übersetzt beides aus der Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/www/linux-c6-flashplugin11  
# make install clean  
# cd /usr/ports/www/opera-linuxplugins  
# make install clean
```

Um die Existenz des Plugins zu überprüfen, starten Sie den Browser und geben Sie in der Adresszeile `about:plugins` ein. Diese Eingabe muss mit Enter bestätigt werden. Dadurch wird eine Seite geladen, die alle installierten Plugins auflistet.

Um das Java™-Plugin zu installieren, folgen Sie den Anweisungen in [Abschnitt 7.2.1.1, „Firefox und das Java™-Plugin“](#).

7.2.3. Konqueror

Konqueror ist mehr als nur ein Webbrowser, da es ebenfalls Dateimanager und Multimedia-Betrachter ist. Es ist als Paket oder Port [x11/kde4-baseapps](#) verfügbar.

Konqueror unterstützt sowohl WebKit als auch sein eigenes KHTML. WebKit wird von vielen modernen Browsern verwendet, einschließlich Chromium. Um WebKit mit Konqueror unter FreeBSD zu verwenden, installieren Sie das Paket oder den Port [www/kwebkitpart](#). Dieses Beispiel übersetzt den Port:

```
# cd /usr/ports/www/kwebkitpart
# make install clean
```

Um WebKit in Konqueror zu aktivieren, klicken Sie auf „Settings“, „Configure Konqueror“. Klicken Sie auf der Seite „General“ das Dropdown-Menü neben „Default web browser engine“ und ändern Sie „KHTML“ auf „WebKit“.

Konqueror kann auch Flash®-Seiten darstellen. Wie Sie die Flash®-Unterstützung aktivieren, können Sie unter <http://freebsd.kde.org/howtos/konqueror-flash.php> nachlesen.

7.2.4. Chromium

Chromium ist ein quelloffenes Browserprojekt mit dem Ziel ein sicheres, schnelleres und stabileres Surferlebnis im Web zu ermöglichen. Chromium ermöglicht surfen mit Tabs, Blockieren von Pop-Ups, Erweiterungen und vieles mehr. Chromium ist das Open Source Projekt, welches auf dem Google Chrome Webbrowser basiert.

Chromium kann als Paket durch die Eingabe des folgenden Befehls installiert werden:

```
# pkg install chromium
```

Als Alternative kann Chromium aus dem Quellcode durch die Ports Collection übersetzt werden:

```
# cd /usr/ports/www/chromium
# make install clean
```



Anmerkung

Die ausführbare Datei für Chromium ist `/usr/local/bin/chrome` und nicht `/usr/local/bin/chromium`.

7.2.4.1. Chromium und das Java™-Plug-In

Die Installation von Chromium enthält keine Unterstützung für Java™. Um Unterstützung für das Java™-Plugin zu installieren, folgen Sie den Anweisungen in [Abschnitt 7.2.1.1, „Firefox und das Java™-Plugin“](#).

Sobald Unterstützung für Java™ installiert ist, starten Sie Chromium und geben Sie `about:plugins` in die Adresszeile ein. IcedTea-Web sollte dort als eines der installierten Plugins aufgelistet sein.

Falls Chromium das IcedTea-Web Plugin nicht anzeigt, geben Sie das folgende Kommando ein und starten Sie den Webbrowser anschließend neu:

```
# mkdir -p /usr/local/share/chromium/plugins
# ln -s /usr/local/lib/IcedTeaPlugin.so \
  /usr/local/share/chromium/plugins/
```

7.2.4.2. Chromium und das Adobe® Flash®-Plugin

Die Konfiguration von Chromium und Adobe® Flash® ist ähnlich zur Anleitung in [Abschnitt 7.2.1.2, „Firefox und das Adobe® Flash®-Plugin“](#). Es sollte keine weitere Konfiguration notwendig sein, da Chromium in der Lage ist, einige Plugins von anderen Browsern zu benutzen.

7.3. Büroanwendungen

Neue Benutzer suchen oft ein komplettes Office-Paket oder eine leicht zu bedienende Textverarbeitung. Einige [graphische Oberflächen](#) wie KDE enthalten zwar ein Office-Paket, diese werden unter FreeBSD jedoch nicht standardmäßig installiert. Unabhängig von der installierten graphischen Oberfläche können diverse Office-Pakete jederzeit installiert werden.

Dieser Abschnitt demonstriert, wie die folgenden gängigen Büroanwendungen installiert werden, sowie den Ressourcenbedarf, den Installationsaufwand beim Übersetzen des Ports, oder ob die Anwendung wichtige Abhängigkeiten benötigt.

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand den Ports	aus wichtige Abhängigkeiten
Calligra	niedrig	hoch	KDE
AbiWord	niedrig	niedrig	Gtk+ oder GNOME
The Gimp	niedrig	hoch	Gtk+
Apache OpenOffice	hoch	enorm	JDK™ und Mozilla
LibreOffice	etwas hoch	enorm	Gtk+, KDE/ GNOME oder JDK™

7.3.1. Calligra

Die KDE-Gemeinschaft stellt ein Office-Paket bereit, das auch separat von KDE eingesetzt werden kann. Calligra umfasst Standardkomponenten, die auch in anderen Office-Paketen enthalten sind. Words ist die Textverarbeitung, Sheets die Tabellenkalkulation, mit Stage werden Präsentationen erstellt und Karbon ist ein Zeichenprogramm.

In FreeBSD kann [editors/calligra](#) als Paket oder Port installiert werden. Um das Paket zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install calligra
```

Wenn das Paket nicht verfügbar ist, benutzen Sie stattdessen die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/editors/calligra
# make install clean
```

7.3.2. AbiWord

AbiWord ist eine freie Textverarbeitung, die dem Erscheinungsbild von Microsoft® Word ähnlich ist. Das Programm ist schnell, besitzt viele Funktionen und ist benutzerfreundlich.

AbiWord kann viele Dateiformate importieren oder exportieren, unter anderem auch proprietäre wie Microsoft® .rtf.

Das AbiWord-Paket installieren Sie wie folgt:

```
# pkg install abiword
```

Sollte das Paket nicht zur Verfügung stehen, kann es über die Ports-Sammlung installiert werden:

```
# cd /usr/ports/editors/abiword
# make install clean
```

7.3.3. The GIMP

The GIMP ist ein ausgereiftes Bildverarbeitungsprogramm mit dem Bilder erstellt oder retuschiert werden können. Es kann sowohl als einfaches Zeichenprogramm oder zum retuschieren von Fotografien benutzt werden. Das Programm besitzt eine eingebaute Skriptsprache und es existieren sehr viele Plugins. The GIMP kann zahlreiche Formate lesen und speichern und stellt Schnittstellen zu Scannern und Tablets zur Verfügung.

Um das Paket zu installieren, geben Sie ein:

```
# pkg install gimp
```

Benutzen Sie alternativ die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/graphics/gimp
# make install clean
```

Die Kategorie *graphics* (freebsd.org/ports/graphics.html) der Ports-Sammlung enthält für The Gimp verschiedene Plugins, Hilfedateien und Handbücher.

7.3.4. Apache OpenOffice

Apache OpenOffice ist eine Open Source Büroanwendung, die unter Leitung der Apache Software Foundation weiterentwickelt wird. Es enthält die typischen Anwendungen eines Office-Pakets: Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentation und ein Zeichenprogramm. Die Bedienung gleicht anderen Office-Paketen und das Programm kann zahlreiche Dateiformate importieren und exportieren. Es gibt lokalisierte Versionen mit angepassten Menüs, Rechtschreibkontrollen und Wörterbüchern.

Die Textverarbeitung von Apache OpenOffice speichert Dateien im XML-Format. Dadurch wird die Verwendbarkeit der Dateien auf anderen Systemen erhöht und die Handhabung der Daten vereinfacht. Die Tabellenkalkulation besitzt eine Makrosprache und eine Schnittstelle zu Datenbanken. Apache OpenOffice läuft stabil auf Windows®, Solaris™, Linux®, FreeBSD und Mac OS® X. Weitere Informationen über Apache OpenOffice finden Sie auf openoffice.org. Spezifische Informationen für FreeBSD finden Sie auf porting.openoffice.org/freebsd/.

Apache OpenOffice installieren Sie wie folgt:

```
# pkg install apache-openoffice
```

Nachdem das Paket installiert ist, geben Sie folgenden ein, um Apache OpenOffice zu starten:

```
% openoffice- X.Y.Z
```

wobei *X.Y.Z* die Versionsnummer von Apache OpenOffice darstellt. Nach dem ersten Start werden einige Fragen gestellt. Außerdem wird im Heimatverzeichnis des Benutzers ein Verzeichnis `.openoffice.org` angelegt.

Falls das gewünschte Apache OpenOffice-Paket nicht verfügbar ist, kann immer noch der Port übersetzt werden. Es erfordert jedoch eine Menge Plattenplatz und ziemlich viel Zeit um die Quellen zu übersetzen.

```
# cd /usr/ports/editors/openoffice-4
# make install clean
```



Anmerkung

Um eine lokalisierte Version zu bauen, ersetzen Sie den letzten Befehl durch:

```
# make LOCALIZED_LANG= Ihre_Sprache install clean
```

Ersetzen Sie *Ihre_Sprache* durch den korrekten ISO-Code. Eine Liste der unterstützten Codes steht in `files/Makefile.localized`, die sich im Portsverzeichnis befindet.

7.3.5. LibreOffice

LibreOffice ist ein frei verfügbares Office-Paket, welches von documentfoundation.org entwickelt wird. Es ist mit anderen großen Office-Paketen kompatibel und für eine Vielzahl von Plattformen erhältlich. Es ist ein Fork von Apache OpenOffice unter neuem Namen, das alle Anwendungen in einem kompletten Office-Paket enthält: Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Präsentationsmanager, Zeichenprogramm, Datenbankmanagementprogramm und ein Werkzeug zum Erstellen und Bearbeiten von mathematischen Formeln. Das Programm steht in verschiedenen Sprachen zur Verfügung, und die Internationalisierung wurde auf die Oberfläche, Rechtschreibkorrektur und die Wörterbücher ausgeweitet.

Das Textverarbeitungsprogramm von LibreOffice benutzt ein natives XML-Dateiformat für erhöhte Portabilität und Flexibilität. Die Tabellenkalkulation enthält eine Makrosprache und kann mit externen Datenbanken Verbindungen herstellen. LibreOffice ist stabil und läuft nativ auf Windows®, Linux®, FreeBSD und Mac OS® X. Weitere Informationen zu LibreOffice finden Sie unter libreoffice.org.

Um die englische Version von LibreOffice als Paket zu installieren, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
# pkg install libreoffice
```

Die Kategorie *editors* (freebsd.org/ports/editors.html) der Ports-Sammlung enthält viele Lokalisierungen für LibreOffice. Wenn Sie ein lokalisiertes Paket installieren, ersetzen Sie `libreoffice` durch den Namen des lokalisierten Pakets.

Wenn das Paket installiert ist, geben Sie folgendes Kommando ein, um LibreOffice zu starten:

```
% libreoffice
```

Während des ersten Starts werden einige Fragen gestellt. Außerdem wird im Heimatverzeichnis des Benutzers ein Verzeichnis `.libreoffice` angelegt.

Falls das gewünschte LibreOffice-Paket nicht verfügbar ist, kann immer noch der Port übersetzt werden. Es erfordert jedoch eine Menge Plattenplatz und ziemlich viel Zeit um die Quellen zu übersetzen. Dieses Beispiel übersetzt die englische Version:

```
# cd /usr/ports/editors/libreoffice
# make install clean
```



Anmerkung

Um eine lokalisierte Version zu bauen, wechseln Sie mit `cd` in das Portverzeichnis der gewünschten Sprache. Unterstützte Sprachen finden Sie in der Kategorie *editors* (freebsd.org/ports/editors.html) der Ports-Sammlung.

7.4. Anzeigen von Dokumenten

Einige neuere Dokumentformate, die sich aktuell großer Beliebtheit erfreuen, können Sie sich mit den im Basissystem enthaltenen Programmen möglicherweise nicht ansehen. Dieser Abschnitt zeigt, wie Sie die folgenden Dokumentbetrachter installieren können:

Die nachstehenden Anwendungen werden behandelt:

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand	aus	wichtige Abhängigkeiten
Xpdf	niedrig	niedrig		FreeType

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand aus den Ports	wichtige Abhängigkeiten
gv	niedrig	niedrig	Xaw3d
Geeqie	niedrig	niedrig	Gtk+ oder GNOME
ePDFView	niedrig	niedrig	Gtk+
Okular	niedrig	hoch	KDE

7.4.1. Xpdf

Für Benutzer, die einen schnellen PDF-Betrachter bevorzugen, bietet Xpdf eine schlanke und effiziente Alternative, die wenig Ressourcen benötigt. Da das Programm die Standard X-Zeichensätze benutzt, ist es nicht auf andere Toolkits angewiesen.

Um das Xpdf-Paket zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install xpdf
```

Wenn das Paket nicht verfügbar ist, benutzen Sie die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/graphics/xpdf
# make install clean
```

Starten Sie nach der Installation xpdf und aktivieren Sie das Menü mit der rechten Maustaste.

7.4.2. gv

gv kann PostScript®- und PDF-Dokumente anzeigen. Es stammt von ghostview ab, hat aber wegen der Xaw3d-Bibliothek eine schönere Benutzeroberfläche. gv besitzt viele konfigurierbare Funktionen, wie z. B. Ausrichtung, Papiergröße, Skalierung und Kantenglättung (*Anti-Aliasing*). Fast jede Operation kann sowohl mit der Tastatur als auch mit der Maus durchgeführt werden.

Installieren Sie das gv-Paket wie folgt:

```
# pkg install gv
```

Benutzen Sie die Ports-Sammlung, wenn das Paket nicht zur Verfügung steht:

```
# cd /usr/ports/print/gv
# make install clean
```

7.4.3. Geeqie

Geeqie ist ein Fork des nicht mehr betreuten GQview Projekts, mit dem Ziel die Entwicklung weiter voranzutreiben und bestehende Fehlerkorrekturen zu integrieren. Mit Geeqie lassen sich Bilder verwalten. Es kann unter anderem Bilder anzeigen, einen externen Editor starten und eine Vorschau (*thumbnail*) erzeugen. Zudem beherrscht Geeqie einen Diashow-Modus und einige grundlegende Dateioperationen, was die Verwaltung von Bildern und das Auffinden von doppelten Dateien erleichtert. Geeqie unterstützt Vollbild-Ansicht und Internationalisierung.

Um das Geeqie-Paket zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install geeqie
```

Wenn das Paket nicht verfügbar ist, benutzen Sie die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/graphics/geeqie
# make install clean
```

7.4.4. ePDFView

ePDFView ist ein leichtgewichtiger PDF-Betrachter, der nur die Gtk+- und Poppler-Bibliotheken benötigt. Es befindet sich derzeit noch in Entwicklung, kann aber bereits die meisten PDF-Dateien (auch verschlüsselte) öffnen, speichern und über CUPS drucken.

Um das Paket ePDFView zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install epdfview
```

Benutzen Sie die Ports-Sammlung, falls das Paket nicht verfügbar ist:

```
# cd /usr/ports/graphics/epdfview  
# make install clean
```

7.4.5. Okular

Okular ist ein universeller Dokumentbetrachter der auf KPDF für KDE basiert. Es kann die meisten Formate öffnen, einschließlich PDF, PostScript®, DjVu, CHM, XPS und ePub.

Um das Paket Okular zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install okular
```

Benutzen Sie die Ports-Sammlung, falls das Paket nicht verfügbar ist:

```
# cd /usr/ports/graphics/okular  
# make install clean
```

7.5. Finanzsoftware

Zur Verwaltung der persönlichen Finanzen können einige leistungsfähige und einfach zu bedienende Anwendungen installiert werden. Einige von ihnen unterstützen verbreitete Formate, darunter Dateiformate, die von Quicken und Excel verwendet werden.

Dieser Abschnitt behandelt die folgenden Anwendungen:

Anwendung	Ressourcenbedarf	Installationsaufwand	aus den Ports	wichtige Abhängigkeiten
GnuCash	niedrig	hoch		GNOME
Gnumeric	niedrig	hoch		GNOME
KMyMoney	niedrig	hoch		KDE

7.5.1. GnuCash

GnuCash ist Teil des GNOME-Projekts, mit dem Ziel, leicht zu bedienende und leistungsfähige Anwendungen bereitzustellen. Mit GnuCash können Einnahmen und Ausgaben, Bankkonten und Wertpapiere verwaltet werden. Das Programm ist leicht zu bedienen und genügt dennoch hohen Ansprüchen.

GnuCash stellt ein Register, ähnlich dem in einem Scheckheft und ein hierarchisches System von Konten zur Verfügung. Eine Transaktion kann in einzelne Teile aufgespaltet werden. GnuCash kann Quicken-Dateien (QIF) importieren und einbinden. Weiterhin unterstützt das Programm die meisten internationalen Formate für Zeitangaben und Währungen. Die Bedienung des Programms kann durch zahlreiche Tastenkombinationen und dem automatischen Vervollständigen von Eingaben beschleunigt werden.

Das GnuCash-Paket installieren Sie wie folgt:

```
# pkg install gnucash
```

Wenn das Paket nicht zur Verfügung steht, benutzen Sie die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/finance/gnucash  
# make install clean
```

7.5.2. Gnumeric

Gnumeric ist eine Tabellenkalkulation, die von der GNOME-Gemeinschaft entwickelt wird. Das Programm kann Eingaben anhand des Zellenformats oder einer Folge von Eingaben vervollständigen. Dateien verbreiteter Formate, wie die von Excel, Lotus 1-2-3 oder Quattro Pro lassen sich importieren. Es besitzt viele eingebaute Funktionen und Zellenformate, darunter die üblichen wie Zahl, Währung, Datum, Zeit, und viele weitere.

Installieren Sie das Gnumeric-Paket mit folgendem Kommando:

```
# pkg install gnumeric
```

Wenn das Paket nicht zur Verfügung steht, benutzen Sie die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/math/gnumeric  
# make install clean
```

7.5.3. KMyMoney

KMyMoney ist ein Programm zur Verwaltung der persönlichen Finanzen, das von der KDE-Gemeinschaft entwickelt wird. KMyMoney hat das Ziel, wichtige Funktionen zu bieten, die auch von kommerziellen Programmen zur Verwaltung der persönlichen Finanzen unterstützt werden. Zudem zählen eine einfache Bedienung sowie korrekte doppelte Buchführung zu den herausragenden Fähigkeiten dieses Programms. KMyMoney unterstützt den Import von Datendateien im Format Quicken (QIF), kann Investitionen verfolgen, unterstützt verschiedene Währungen und bietet umfangreiche Reportmöglichkeiten.

Um das Paket KMyMoney zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# pkg install kmymoney-kde4
```

Sollte das Paket nicht verfügbar sein, benutzen Sie die Ports-Sammlung:

```
# cd /usr/ports/finance/kmymoney2-kde4  
# make install clean
```

Kapitel 8. Multimedia

8.1. Übersicht

FreeBSD unterstützt viele unterschiedliche Soundkarten, die Benutzern den Genuss von Highfidelity-Klängen auf dem Computer ermöglichen. Dazu gehört unter anderem die Möglichkeit, Tonquellen in den Formaten MPEG Audio Layer 3 (MP3), Waveform Audio File (WAV), Ogg Vorbis und vielen weiteren Formaten aufzunehmen und wiederzugeben. Darüber hinaus enthält die FreeBSD Ports-Sammlung Anwendungen, die das Bearbeiten von aufgenommenen Tonspuren, das Hinzufügen von Klangeffekten und die Kontrolle der angeschlossenen MIDI-Geräte erlauben.

FreeBSD unterstützt auch die Wiedergabe von Videos und DVDs. Die FreeBSD Ports-Sammlung enthält Anwendungen, um verschiedene Video-Medien wiederzugeben, zu kodieren und zu konvertieren.

Dieses Kapitel beschreibt die Einrichtung von Soundkarten, Video-Wiedergabe, TV-Tuner Karten und Scannern unter FreeBSD. Es werden auch einige Anwendungen beschrieben, die für die Verwendung dieser Geräte zur Verfügung stehen.

Dieses Kapitel behandelt die folgenden Punkte:

- Konfiguration einer Soundkarte in FreeBSD.
- Fehlersuche bei Sound Einstellungen.
- Wiedergabe und Kodierung von MP3s und anderen Audio-Formaten.
- Vorbereitung des Systems für die Wiedergabe von Videos.
- Wiedergabe von DVDs, .mpg- und .avi-Dateien.
- Rippen von CDs und DVDs.
- Konfiguration von TV-Karten.
- Installation und Konfiguration von MythTV.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Wissen, wie Sie Anwendungen installieren ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).

8.2. Soundkarten einrichten

Bevor Sie die Konfiguration beginnen, sollten Sie in Erfahrung bringen welches Soundkartenmodell und welcher Chip benutzt wird. FreeBSD unterstützt eine Reihe Soundkarten. Die [Hardware-Notes](#) zählen alle unterstützten Karten und deren Treiber für FreeBSD auf.

Um die Soundkarte benutzen zu können, muss der richtige Gerätetreiber geladen werden. Am einfachsten ist es, das Kernelmodul für die Soundkarte mit `kldload(8)` zu laden. Dieses Beispiel lädt den Treiber für einen integrierten Chipsatz, basierend auf der Intel Spezifikation:

```
# kldload snd_hda
```

Um den Treiber automatisch beim Systemstart zu laden, fügen Sie folgende Zeile in `/boot/loader.conf` ein:

```
snd_hda_load="YES"
```

Weitere ladbare Soundmodule sind in `/boot/defaults/loader.conf` aufgeführt. Wenn Sie nicht sicher sind, welchen Gerätetreiber Sie laden müssen, laden Sie das Modul `snd_driver`:

```
# kldload snd_driver
```

Der Treiber `snd_driver` ist ein Meta-Treiber, der alle gebräuchlichen Treiber lädt und die Suche nach dem richtigen Treiber vereinfacht. Durch Hinzufügen des Meta-Treibers in `/boot/loader.conf` können alternativ alle Audio-Treiber geladen werden.

Um zu ermitteln, welcher Treiber für die Soundkarte vom Metatreiber `snd_driver` geladen wurde, geben Sie `cat /dev/sndstat` ein.

8.2.1. Soundkarten in der Kernelkonfiguration einrichten

Die Unterstützung für die Soundkarte kann auch direkt in den Kernel kompiliert werden. Weitere Informationen über den Bau eines Kernels finden Sie im [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#).

Bei der Verwendung eines eigenen Kernels müssen Sie sicherstellen, dass der Treiber für das Audio-Framework in der Kernelkonfigurationsdatei vorhanden ist:

```
device sound
```

Als Nächstes muss die Unterstützung für die Soundkarte hinzugefügt werden. Um das Beispiel mit dem integrierten Intel Audio-Chipsatz aus dem vorherigen Abschnitt fortzusetzen, verwenden Sie die folgende Zeile in der Kernelkonfigurationsdatei:

```
device snd_hda
```

Lesen Sie die Manualpage des Treibers, um den entsprechenden Gerätenamen herauszufinden.

Nicht PnP-fähige ISA-Soundkarten benötigen eventuell Einstellungen, wie IRQ und I/O-Port in `/boot/device.hints`. Während des Systemstarts liest der [loader\(8\)](#) diese Datei und reicht die Einstellungen an den Kernel weiter. Für eine alte Creative SoundBlaster® 16 ISA-Karte, die sowohl den [snd_sbc\(4\)](#)- als auch den `snd_sb16`-Treiber benötigt, müssen die folgenden Zeilen in die Kernelkonfigurationsdatei eingetragen werden:

```
device snd_sbc
device snd_sb16
```

Wenn die Karte den I/O-Port `0x220` und IRQ `5` benutzt, müssen folgende Zeilen zusätzlich in `/boot/device.hints` hinzugefügt werden:

```
hint.sbc.0.at="isa"
hint.sbc.0.port="0x220"
hint.sbc.0.irq="5"
hint.sbc.0.drq="1"
hint.sbc.0.flags="0x15"
```

Die Syntax für `/boot/device.hints` wird in [sound\(4\)](#), sowie in der Manualpage des jeweiligen Treibers beschrieben.

Das Beispiel verwendet die vorgegebenen Werte. Falls die Karteneinstellungen andere Werte vorgeben, müssen die Werte in der Kernelkonfiguration angepasst werden. Weitere Informationen zu dieser Soundkarte finden Sie in [snd_sbc\(4\)](#).

8.2.2. Die Soundkarte testen

Nachdem Sie den neuen Kernel gestartet oder das erforderliche Modul geladen haben, sollte die Soundkarte erkannt werden. Führen Sie `dmesg | grep pcm` aus, um dies zu überprüfen. Diese Ausgabe stammt von einem System mit einem integrierten Conexant CX20590 Chipsatz:

```
pcm0: <NVIDIA (0x001c) (HDMI/DP 8ch)> at nid 5 on hdaa0
pcm1: <NVIDIA (0x001c) (HDMI/DP 8ch)> at nid 6 on hdaa0
pcm2: <Conexant CX20590 (Analog 2.0+HP/2.0)> at nid 31,25 and 35,27 on hdaa1
```

Der Status der Karte kann auch mit diesem Kommando geprüft werden:

```
# cat /dev/sndstat
FreeBSD Audio Driver (newpcm: 64bit 2009061500/amd64)
Installed devices:
pcm0: <NVIDIA (0x001c) (HDMI/DP 8ch)> (play)
pcm1: <NVIDIA (0x001c) (HDMI/DP 8ch)> (play)
pcm2: <Conexant CX20590 (Analog 2.0+HP/2.0)> (play/rec) default
```

Die Ausgabe kann für jede Soundkarte anders aussehen. Wenn das Gerät pcm nicht erscheint, prüfen Sie die Kernel-konfigurationsdatei und stellen Sie sicher, dass der richtige Treiber geladen oder in den Kernel kompiliert wurde. Im nächsten Abschnitt werden häufig auftretende Probleme sowie deren Lösungen besprochen.

Wenn alles glatt lief, sollte die Soundkarte jetzt unter FreeBSD funktionieren. Wenn ein CD- oder DVD-Laufwerk an die Soundkarte angeschlossen ist, können Sie jetzt mit `cdcontrol(1)` eine CD abspielen:

```
% cdcontrol -f /dev/acd0 play 1
```



Warnung

Audio CDs besitzen eine spezielle Kodierung. Daher sollten sie nicht mit `mount(8)` in das Dateisystem eingehangen werden.

Es gibt viele Anwendungen, wie `audio/workman`, die eine bessere Benutzerschnittstelle besitzen. Zur Wiedergabe von MP3-Audiodateien kann `audio/mpg123` installiert werden.

Eine weitere schnelle Möglichkeit die Karte zu prüfen, ist es, Daten an das Gerät `/dev/dsp` zu senden:

```
% cat Datei > /dev/dsp
```

Für `Datei` kann eine beliebige Datei verwendet werden. Wenn Sie einige Geräusche hören, funktioniert die Soundkarte.



Anmerkung

Die Gerätedateien `/dev/dsp*` werden automatisch erzeugt, wenn sie das erste Mal benötigt werden. Werden sie nicht verwendet, sind sie hingegen nicht vorhanden und tauchen daher auch nicht in der Ausgabe von `ls(1)` auf.

8.2.3. Fehlerbehebung

Die folgende Tabelle zeigt typische Fehlermeldungen sowie deren Lösungen:

Tabelle 8.1. Typische Fehlermeldungen

Fehler	Lösung
sb_dspwr(XX) timed out	Der I/O Port ist nicht korrekt angegeben.
bad irq XX	Der IRQ ist falsch angegeben. Stellen Sie sicher, dass der angegebene IRQ mit dem Sound IRQ übereinstimmt.
xxx: gus pcm not attached, out of memory	Es ist nicht genug Speicher verfügbar, um das Gerät zu betreiben.
xxx: can't open /dev/dsp!	Überprüfen Sie mit <code>fstat grep dsp</code> ob eine andere Anwendung das Gerät geöffnet hat. Häufige Störenfriede sind esound oder die Sound-Unterstützung von KDE.

Moderne Grafikkarten beinhalten oft auch ihre eigenen Soundtreiber, um HDMI zu verwenden. Diese Audiogeräte werden manchmal vor der eigentlichen, separaten Soundkarte aufgeführt und dadurch nicht als das Standardgerät zum Abspielen von Tönen benutzt. Um zu prüfen, ob das der Fall ist, führen Sie `dmesg` aus und suchen Sie nach der Zeichenfolge `pcm`. Die Ausgabe sieht in etwa so aus:

```
...
hdac0: HDA Driver Revision: 20100226_0142
hdac1: HDA Driver Revision: 20100226_0142
hdac0: HDA Codec #0: NVidia (Unknown)
hdac0: HDA Codec #1: NVidia (Unknown)
hdac0: HDA Codec #2: NVidia (Unknown)
hdac0: HDA Codec #3: NVidia (Unknown)
pcm0: <HDA NVidia (Unknown) PCM #0 DisplayPort> at cad 0 nid 1 on hdac0
pcm1: <HDA NVidia (Unknown) PCM #0 DisplayPort> at cad 1 nid 1 on hdac0
pcm2: <HDA NVidia (Unknown) PCM #0 DisplayPort> at cad 2 nid 1 on hdac0
pcm3: <HDA NVidia (Unknown) PCM #0 DisplayPort> at cad 3 nid 1 on hdac0
hdac1: HDA Codec #2: Realtek ALC889
pcm4: <HDA Realtek ALC889 PCM #0 Analog> at cad 2 nid 1 on hdac1
pcm5: <HDA Realtek ALC889 PCM #1 Analog> at cad 2 nid 1 on hdac1
pcm6: <HDA Realtek ALC889 PCM #2 Digital> at cad 2 nid 1 on hdac1
pcm7: <HDA Realtek ALC889 PCM #3 Digital> at cad 2 nid 1 on hdac1
...
```

In diesem Beispiel wurde die Grafikkarte (NVidia) vor der Soundkarte (Realtek ALC889) aufgeführt. Um die Soundkarte als Standardabspielgerät einzusetzen, ändern Sie `hw.snd.default_unit` auf die Einheit, welche für das Abspielen benutzt werden soll:

```
# sysctl hw.snd.default_unit= n
```

Hier repräsentiert `n` die Nummer der Soundkarte, die verwendet werden soll, in diesem Beispiel also 4. Sie können diese Änderung dauerhaft machen, indem Sie die folgende Zeile zu `/etc/sysctl.conf` hinzufügen:

```
hw.snd.default_unit=4
```

8.2.4. Mehrere Tonquellen abspielen

Oft sollen mehrere Tonquellen gleichzeitig abgespielt werden. FreeBSD verwendet dazu *virtuelle Tonkanäle*. Virtuelle Kanäle mischen die Tonquellen im Kernel, sodass mehrere Kanäle benutzt werden können, als von der Hardware unterstützt werden.

Drei [sysctl\(8\)](#) Optionen stehen zur Konfiguration der virtuellen Kanäle zur Verfügung:

```
# sysctl dev.pcm.0.play.vchans=4
# sysctl dev.pcm.0.rec.vchans=4
# sysctl hw.snd.maxautovchans=4
```

Im Beispiel werden vier virtuelle Kanäle eingerichtet, eine im Normalfall ausreichende Anzahl. Sowohl `dev.pcm.0.play.vchans=4` und `dev.pcm.0.rec.vchans=4` sind die Anzahl der virtuellen Kanäle des Geräts `pcm0`, die fürs Abspielen und Aufnehmen verwendet werden und sie können konfiguriert werden, sobald das Gerät existiert. Da das Modul `pcm` unabhängig von den Hardware-Treibern geladen werden kann, gibt `hw.snd.maxautovchans` die Anzahl der virtuellen Kanäle an, die später eingerichtete Audiogeräte erhalten. Lesen Sie [pcm\(4\)](#) für weitere Informationen.



Anmerkung

Die Anzahl der virtuellen Kanäle kann nicht geändert werden, solange das Gerät genutzt wird. Schließen Sie daher zuerst alle Programme wie Musikabspielprogramme oder Sound-Daemonen, die auf dieses Gerät zugreifen.

Die korrekte pcm-Geräte-datei wird automatisch zugeteilt, wenn ein Programm das Gerät `/dev/dsp0` anfordert.

8.2.5. Den Mixer einstellen

Die Voreinstellungen des Mixers sind im Treiber `pcm(4)` fest kodiert. Es gibt zwar viele Anwendungen und Dienste, die den Mixer einstellen können und die eingestellten Werte bei jedem Start wieder setzen, am einfachsten ist es allerdings, die Standardwerte für den Mixer direkt im Treiber einzustellen. Der Mixer kann mit den entsprechenden Werten in `/boot/device.hints` eingestellt werden:

```
hint.pcm.0.vol="50"
```

Die Zeile setzt die Lautstärke des Mixers beim Laden des Moduls `pcm(4)` auf den Wert 50.

8.3. MP3-Audio

Dieser Abschnitt beschreibt einige unter FreeBSD verfügbare MP3-Player. Zudem wird beschrieben, wie Audio-CDs gerippt und MP3s kodiert und dekodiert werden.

8.3.1. MP3-Player

XMMS ist ein beliebter graphischer MP3-Player. WinAmp-Skins können auch mit XMMS genutzt werden, da die Benutzerschnittstelle fast identisch mit der von Nullsofts WinAmp ist. Daneben unterstützt XMMS auch eigene Plugins.

XMMS kann als `multimedia/xmms` Port oder Paket installiert werden.

Die Benutzerschnittstelle von XMMS ist leicht zu erlernen und enthält eine Playlist, einen graphischen Equalizer und vieles mehr. Diejenigen, die mit WinAmp vertraut sind, werden XMMS sehr leicht zu benutzen finden.

Der Port `audio/mpg123` ist ein alternativer, kommandozeilenorientierter MP3-Player.

`mpg123` kann ausgeführt werden, indem das zu benutzende Audiogerät und die abzuspielende MP3-Datei auf der Kommandozeile angegeben wird. Wenn das Audiogerät beispielsweise `/dev/dsp1.0` ist und die MP3-Datei `Foobar-GreatestHits.mp3` heißt, geben Sie Folgendes ein um die Datei abzuspielen:

```
# mpg123 -a /dev/dsp1.0 Foobar-GreatestHits.mp3
High Performance MPEG 1.0/2.0/2.5 Audio Player for Layer 1, 2 and 3.
Version 0.59r (1999/Jun/15). Written and copyrights by Michael Hipp.
Uses code from various people. See 'README' for more!
THIS SOFTWARE COMES WITH ABSOLUTELY NO WARRANTY! USE AT YOUR OWN RISK!
```

```
Playing MPEG stream from Foobar-GreatestHits.mp3 ...
MPEG 1.0 layer III, 128 kbit/s, 44100 Hz joint-stereo
```

8.3.2. CD-Audio Tracks rippen

Bevor eine ganze CD oder einen CD-Track in das MP3-Format umgewandelt werden kann, müssen die Audiodaten von der CD auf die Festplatte gerippt werden. Dabei werden die CDDA (CD Digital Audio) Rohdaten in WAV-Dateien kopiert.

Die Anwendung `cdda2wav`, die im `sysutils/cdrtools` Paket enthalten ist, kann zum Rippen der Audiodaten und anderen Informationen von CDs genutzt werden.

Wenn die Audio CD in dem Laufwerk liegt, kann der folgende Befehl als `root` ausgeführt werden, um eine ganze CD in einzelne WAV-Dateien (eine Datei für jeden Track) zu rippen:

```
# cdda2wav -D 0,1,0 -B
```

Der Schalter -D 0,1,0 bezieht sich auf das SCSI Device 0,1,0, das sich aus dem Ergebnis des Befehls `cdrecord -scanbus` ergibt.

`cdda2wav` unterstützt auch ATAPI (IDE) CD-ROM-Laufwerke. Um von einem IDE-Laufwerk zu rippen, übergeben Sie auf der Kommandozeile statt der SCSI-IDs den Gerätenamen. Das folgende Kommando rippt den 7. Track:

```
# cdda2wav -D /dev/acd0 -t 7
```

Um einzelne Tracks zu rippen, benutzen Sie -t wie folgt:

```
# cdda2wav -D 0,1,0 -t 7
```

Dieses Beispiel rippt den siebten Track der Audio CD-ROM. Um mehrere Tracks zu rippen, zum Beispiel die Tracks eins bis sieben, können Sie wie folgt einen Bereich angeben:

```
# cdda2wav -D 0,1,0 -t 1+7
```

Mit `dd(1)` können ebenfalls Audio-Stücke von ATAPI-Laufwerken kopiert werden. Dies wird im [Abschnitt 18.5.5, „Kopieren von Audio-CDs“](#) erläutert.

8.3.3. MP3-Dateien kodieren

Lame ist ein weitverbreiteter MP3-Encoder, der als Port [audio/lame](#) installiert werden kann. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist kein Paket verfügbar.

Der folgende Befehl konvertiert die gerippte WAV-Datei `audio01.wav` in `audio01.mp3` um:

```
# lame -h -b 128 \
--tt "Foo Liedtitel " \
--ta "FooBar Künstler " \
--tl "FooBar Album " \
--ty "2001" \
--tc "Geripped und kodiert von Foo " \
--tg "Musikrichtung " ♪
\
audio01.wav audio01.mp3
```

128 kbits ist die gewöhnliche MP3-Bitrate. Die Bitraten 160 oder 192 kbits bieten eine höhere Qualität. Je höher die Bitrate ist, desto mehr Speicherplatz benötigt die resultierende MP3-Datei. -h verwendet den „higher quality but a little slower“ (höhere Qualität, aber etwas langsamer) Modus. Die Schalter, die mit -t beginnen, sind ID3-Tags, die in der Regel Informationen über das Lied enthalten und in die MP3-Datei eingebettet sind. Weitere Optionen können in der Manualpage von lame nachgelesen werden.

8.3.4. MP3-Dateien dekodieren

Um aus MP3-Dateien eine Audio CD zu erstellen, müssen diese zuerst in ein nicht komprimiertes WAV-Format umgewandelt werden. Sowohl XMMS als auch mpg123 unterstützen die Ausgabe der MP3-Dateien in unkomprimierte Dateiformate.

Dekodieren mit XMMS:

1. Starten Sie XMMS.
2. Klicken Sie mit der rechten Maustaste, um das XMMS-Menü zu öffnen.
3. Wählen Sie Preferences im Untermenü Options.
4. Ändern Sie das Output-Plugin in „Disk Writer Plugin“.

5. Drücken Sie **Configure**.
6. Geben Sie ein Verzeichnis ein, in das Sie die unkomprimierte Datei schreiben wollen.
7. Laden Sie die MP3-Datei wie gewohnt in XMMS mit einer Lautstärke von 100% und einem abgeschalteten EQ.
8. Drücken Sie **Play** und es wird so aussehen, als spiele XMMS die MP3-Datei ab, aber keine Musik ist zu hören. Der Player überspielt die MP3-Datei in eine Datei.
9. Vergessen Sie nicht, das Output-Plugin wieder in den Ausgangszustand zurückzusetzen um wieder MP3-Dateien anhören zu können.

Mit mpg123 nach stdout schreiben:

- Geben Sie `mpg123 -s audio01.mp3 > audio01.pcm` ein.

XMMS schreibt die Datei im WAV-Format aus während mpg123 die MP3-Datei in rohe PCM-Audiodaten umwandelt. cdrecord kann mit beiden Formaten Audio-CDs erstellen. Der Dateikopf von WAV-Dateien erzeugt am Anfang des Stücks ein Knacken. Sie können den Dateikopf mit dem Werkzeug SoX, das sich als Paket oder aus dem Port [audio/sox](#) installieren lässt, entfernen:

```
% sox -t wav -r 44100 -s -w -c 2 track.wav track.raw
```

Lesen Sie [Abschnitt 18.5, „Erstellen und Verwenden von CDs“](#), um mehr Informationen zur Benutzung von CD-Brennern mit FreeBSD zu erhalten.

8.4. Videos wiedergeben

Bevor Sie beginnen, sollten Sie das Modell und den benutzten Chip der Videokarte kennen. Obwohl Xorg viele Videokarten unterstützt, können nicht alle Karten Videos schnell genug wiedergeben. Eine Liste der Erweiterungen, die der Xorg-Server für eine Videokarte unterstützt, erhalten Sie unter laufendem Xorg mit `xvinfo`.

Halten Sie eine kurze MPEG-Datei bereit, mit der Sie Wiedergabeprogramme und deren Optionen testen können. Da einige DVD-Spieler in der Voreinstellung das DVD-Gerät mit `/dev/dvd` ansprechen oder diesen Namen fest encodiert haben, ist es vielleicht hilfreich symbolische Links auf die richtigen Geräte anzulegen:

```
# ln -sf /dev/acd0 /dev/dvd
```

Aufgrund der Beschaffenheit [devfs\(5\)](#) gehen gesondert angelegte Links wie diese bei einem Neustart des Systems verloren. Damit die symbolischen Links automatisch beim Neustart des Systems angelegt werden, fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/devfs.conf` ein:

```
link acd0 dvd
```

Das Entschlüsseln von DVDs erfordert den Aufruf bestimmter Funktionen, sowie Schreibzugriff auf das DVD-Gerät.

Xorg benutzt Shared-Memory und es wird empfohlen, die nachstehenden [sysctl\(8\)](#)-Variablen auf die gezeigten Werte zu erhöhen:

```
kern.ipc.shmmax=67108864
kern.ipc.shmall=32768
```

8.4.1. Video-Schnittstellen

Es gibt einige Möglichkeiten, Videos unter Xorg abzuspielen. Welche Möglichkeit funktioniert, hängt stark von der verwendeten Hardware ab.

Gebräuchliche Video-Schnittstellen sind:

1. Xorg: normale Ausgabe über Shared-Memory.
2. XVideo: Eine Erweiterung der Xorg-Schnittstelle, die Videos in jedem X11-Drawable anzeigen kann. Diese Erweiterung bietet auch auf leistungsschwachen Maschinen eine gute Qualität der Wiedergabe. Der nächste Abschnitt beschreibt, wie Sie feststellen, ob diese Erweiterung ausgeführt wird.
3. SDL: Simple DirectMedia Layer ist eine portable Schnittstelle für verschiedene Betriebssysteme, mit denen Anwendungen plattformunabhängig und effizient Ton und Grafik benutzen können. SDL bietet eine hardware-nahe Schnittstelle, die manchmal schneller ist als die Xorg-Schnittstelle. Unter FreeBSD kann SDL über das Paket oder den Port [devel/sdl20](#) installiert werden.
4. DGA: Direct Graphics Access ist eine Xorg-Erweiterung die es Anwendungen erlaubt, am Xorg-Server vorbei direkt in den Framebuffer zu schreiben. Da die Anwendung und der Xorg-Server auf gemeinsame Speicherbereiche zugreifen, müssen die Anwendungen unter dem Benutzer root laufen. Die DGA-Erweiterung kann mit [dga\(1\)](#) getestet werden. Wenn DGA ausgeführt wird, ändert sich die Farbe des Bildschirms, wenn eine Taste gedrückt wird. Drücken Sie zum Beenden q.
5. SVGAlib: Eine Schnittstelle zur Grafikausgabe auf der Konsole.

8.4.1.1. XVideo

Ob die Erweiterung läuft, entnehmen Sie der Ausgabe von xinfo:

```
% xinfo
```

XVideo wird unterstützt, wenn die Ausgabe in etwa wie folgt aussieht:

```
X-Video Extension version 2.2
screen #0
Adaptor #0: "Savage Streams Engine"
  number of ports: 1
  port base: 43
  operations supported: PutImage
  supported visuals:
    depth 16, visualID 0x22
    depth 16, visualID 0x23
  number of attributes: 5
    "XV_COLORKEY" (range 0 to 16777215)
      client settable attribute
      client gettable attribute (current value is 2110)
    "XV_BRIGHTNESS" (range -128 to 127)
      client settable attribute
      client gettable attribute (current value is 0)
    "XV_CONTRAST" (range 0 to 255)
      client settable attribute
      client gettable attribute (current value is 128)
    "XV_SATURATION" (range 0 to 255)
      client settable attribute
      client gettable attribute (current value is 128)
    "XV_HUE" (range -180 to 180)
      client settable attribute
      client gettable attribute (current value is 0)
  maximum XvImage size: 1024 x 1024
  Number of image formats: 7
    id: 0x32595559 (YUY2)
      guid: 59555932-0000-0010-8000-00aa00389b71
      bits per pixel: 16
      number of planes: 1
      type: YUV (packed)
    id: 0x32315659 (YV12)
      guid: 59563132-0000-0010-8000-00aa00389b71
      bits per pixel: 12
      number of planes: 3
      type: YUV (planar)
```

```

id: 0x30323449 (I420)
  guid: 49343230-0000-0010-8000-00aa00389b71
  bits per pixel: 12
  number of planes: 3
  type: YUV (planar)
id: 0x36315652 (RV16)
  guid: 52563135-0000-0000-0000-000000000000
  bits per pixel: 16
  number of planes: 1
  type: RGB (packed)
  depth: 0
  red, green, blue masks: 0x1f, 0x3e0, 0x7c00
id: 0x35315652 (RV15)
  guid: 52563136-0000-0000-0000-000000000000
  bits per pixel: 16
  number of planes: 1
  type: RGB (packed)
  depth: 0
  red, green, blue masks: 0x1f, 0x7e0, 0xf800
id: 0x31313259 (Y211)
  guid: 59323131-0000-0010-8000-00aa00389b71
  bits per pixel: 6
  number of planes: 3
  type: YUV (packed)
id: 0x0
  guid: 00000000-0000-0000-0000-000000000000
  bits per pixel: 0
  number of planes: 0
  type: RGB (packed)
  depth: 1
  red, green, blue masks: 0x0, 0x0, 0x0

```

Einige der aufgeführten Formate, wie YUV2 oder YUV12 existieren in machen XVideo-Implementierungen nicht. Dies kann zu Problemen mit einigen Spielern führen.

XVideo wird wahrscheinlich von der Karte nicht unterstützt, wenn die Ausgabe wie folgt aussieht:

```

X-Video Extension version 2.2
screen #0
no adaptors present

```

Wenn die XVideo-Erweiterung auf der Karte nicht läuft, wird es nur etwas schwieriger, die Anforderungen für die Wiedergabe von Videos zu erfüllen.

8.4.2. Video-Anwendungen

Dieser Abschnitt behandelt Anwendungen aus der FreeBSD-Ports-Sammlung, die für die Wiedergabe von Videos genutzt werden können.

8.4.2.1. MPlayer und MEncoder

MPlayer ist ein auf Geschwindigkeit und Flexibilität ausgelegter Video-Spieler für die Kommandozeile mit optionaler graphischer Oberfläche. Weitere graphische Oberflächen für MPlayer stehen in der FreeBSD Ports-Sammlung zur Verfügung.

MPlayer kann als Paket oder Port [multimedia/mplayer](#) installiert werden. Der Bau von MPlayer berücksichtigt die vorhandene Hardware und es können zahlreiche Optionen ausgewählt werden. Aus diesen Gründen ziehen es manche Benutzer vor, den Port zu übersetzen, anstatt das Paket zu installieren.

Die Optionen sollten beim Bau des Ports überprüft werden, um dem Umfang der Unterstützung, mit dem der Port gebaut wird, zu bestimmen. Wenn eine Option nicht ausgewählt wird, ist MPlayer nicht in der Lage, diese Art von Video-Format wiederzugeben. Mit den Pfeiltasten und der Leertaste können die erforderlichen Formate ausgewählt werden. Wenn Sie fertig sind, drücken Sie Enter, um den Bau und die Installation fortzusetzen.

In der Voreinstellung wird das Paket oder der Port das `mplayer`-Kommandozeilenprogramm und das graphische Programm `gmplayer` bauen. Um Videos zu dekodieren, installieren Sie den Port [multimedia/mencoder](#). Aus lizenzrechtlichen Gründen steht ein Paket von MEncoder nicht zur Verfügung.

MPlayer erstellt beim ersten Start `~/.mplayer` im Heimatverzeichnis des Benutzers. Dieses Verzeichnis enthält die voreingestellten Konfigurationseinstellungen für den Benutzer.

Dieser Abschnitt beschreibt nur ein paar wenige Anwendungsmöglichkeiten. Eine vollständige Beschreibung der zahlreichen Möglichkeiten finden Sie in der Manualpage von `mplayer(1)`.

Um die Datei `testfile.avi` abzuspielen, geben Sie die Video-Schnittstelle mit `-vo` an:

```
% mplayer -vo xv testfile.avi
```

```
% mplayer -vo sdl testfile.avi
```

```
% mplayer -vo x11 testfile.avi
```

```
# mplayer -vo dga testfile.avi
```

```
# mplayer -vo 'sdl:dga' testfile.avi
```

Es lohnt sich, alle Option zu testen. Die erzielte Geschwindigkeit hängt von vielen Faktoren ab und variiert beträchtlich je nach eingesetzter Hardware.

Wenn Sie eine DVD abspielen wollen, ersetzen Sie `testfile.avi` durch `-dvd://N Gerät`. `N` ist die Nummer des Stücks, das Sie abspielen wollen und `Gerät` gibt den Gerätenamen der DVD an. Das nachstehende Kommando spielt das dritte Stück von `/dev/dvd`:

```
# mplayer -vo dga -dvd://3 /dev/dvd
```



Anmerkung

Das standardmäßig verwendete DVD-Laufwerk kann beim Bau des MPlayer-Ports mit der Option `WITH_DVD_DEVICE=/pfad/zum/gerät` festgelegt werden. Die Voreinstellung verwendet das Gerät `/dev/cd0`. Weitere Details finden Sie in `Makefile.options` des Ports.

Die Tastenkombinationen zum Abbrechen, Anhalten und Weiterführen der Wiedergabe entnehmen Sie der Ausgabe von `mplayer -h` oder der `mplayer(1)` Manualpage.

Weitere nützliche Optionen für die Wiedergabe sind `-fs -zoom` zur Wiedergabe im Vollbild-Modus und `-frame-drop` zur Steigerung der Geschwindigkeit.

Jeder Benutzer kann häufig verwendete Optionen in seine `~/.mplayer/config` eintragen:

```
vo=xv
fs=yes
zoom=yes
```

`mplayer` kann verwendet werden, um DVD-Stücke in `.vob`-Dateien zu rippen. Das zweite Stück einer DVD wandeln Sie wie folgt in eine Datei um:

```
# mplayer -dumpstream -dumpfile out.vob -dvd://2 /dev/dvd
```

Die Ausgabedatei `out.vob` wird im MPEG-Format abgespeichert.

Jeder Benutzer, der mehr Informationen über Video unter UNIX® sammeln möchte, sollte mplayerhq.hu/DOCS konsultieren, da es technisch sehr informativ ist. Diese Dokumentation sollte ebenfalls studiert werden, bevor Fehlerberichte eingereicht werden.

Vor der Verwendung von mencoder ist es hilfreich, sich mit den auf mplayerhq.hu/DOCS/HTML/en/mencoder.html beschriebenen Optionen vertraut zu machen. Es gibt unzählige Möglichkeiten die Qualität zu verbessern, die Bitrate zu verringern und Formate zu konvertieren. Einige davon haben erhebliche Auswirkungen auf die Geschwindigkeit. Falsche Kombinationen von Kommandozeilenparametern ergeben eventuell Dateien, die selbst mplayer nicht mehr wiedergeben kann.

Hier ist ein Beispiel für eine einfache Kopie:

```
% mencoder input.avi -oac copy -ovc copy -o output.avi
```

Wenn Sie in eine Datei rippen, benutzen Sie die Option -dumpfile von mplayer.

Um input.avi nach MPEG4 mit MPEG3 für den Ton zu konvertieren, muss zunächst der Port [audio/lame](#) installiert werden. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist ein Paket nicht verfügbar. Wenn der Port installiert ist, geben Sie ein:

```
% mencoder input.avi -oac mp3lame -lameopts br=192 \
-oac lavc -lavcopts vcodec=mpeg4:vhq -o output.avi
```

Die Ausgabedatei lässt sich mit Anwendungen wie mplayer oder xine abspielen.

input.avi kann durch -dvd://1 /dev/dvd ersetzt und das Kommando als root ausgeführt werden, um ein DVD-Stück direkt zu konvertieren. Da vielleicht ein paar Versuche nötig sind, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten, empfiehlt es sich das Stück zuerst in eine Datei zu schreiben und anschließend die Datei weiter zu bearbeiten.

8.4.2.2. Der Video-Spieler xine

xine ist ein Video-Spieler mit einer wiederverwendbaren Bibliothek und ein Programm, das durch Plugins erweitert werden kann. Es kann als Paket oder Port [multimedia/xine](#) installiert werden.

Für einen reibungslosen Betrieb benötigt xine entweder eine schnelle CPU mit einer schnellen Grafikkarte, oder die XVideo-Erweiterung. Am schnellsten läuft xine mit der XVideo-Erweiterung.

In der Voreinstellung startet xine eine grafische Benutzeroberfläche. Über die Menüs können dann bestimmte Dateien geöffnet werden.

Alternativ kann xine auch über die Kommandozeile aufgerufen werden, um Dateien direkt wiederzugeben:

```
% xine -g -p mymovie.avi
```

Weitere Informationen und Tipps zur Fehlerbehebung finden Sie unter xine-project.org/faq.

8.4.2.3. Die Transcode-Werkzeuge

Transcode ist eine Sammlung von Werkzeugen zur Umwandlung von Video- und Audio-Dateien. Transcode mischt Video-Dateien und kann kaputte Video-Dateien reparieren. Die Werkzeuge werden als Filter verwendet, das heißt die Ein- und Ausgaben verwenden stdin/stdout.

Unter FreeBSD kann Transcode als Paket oder Port [multimedia/transcode](#) installiert werden. Viele Benutzer bevorzugen es den Port zu bauen, da er ein Menü bereitstellt, wo die entsprechenden Formate für den Bau ausgewählt werden können. Mit den Pfeiltasten und der Leertaste können die erforderlichen Formate ausgewählt werden. Wenn Sie fertig sind, drücken Sie Enter, um den Bau und die Installation fortzusetzen.

Dieses Beispiel zeigt, wie eine DivX-Datei in eine PAL MPEG-1-Datei konvertiert wird:

```
% transcode -i input.avi -V --export_prof vcd-pal -o output_vcd
% mplex -f 1 -o output_vcd.mpg output_vcd.m1v output_vcd.mpa
```

Die daraus resultierende MPEG-Datei, output_vcd.mpg, kann beispielsweise mit MPlayer abgespielt werden. Die Datei kann auch mit einem Programm wie [multimedia/vcdimager](#) oder [sysutils/cdrdao](#) als Video-CD auf eine CD-R gebrannt werden.

Zusätzlich zu der Manualpage von `transcode`, sollten Sie auch die Informationen und Beispiele im transcoding.org/cgi-bin/transcode lesen.

8.5. TV-Karten

Mit TV-Karten können Sie mit dem Rechner über Kabel oder Antenne fernsehen. Die meisten Karten besitzen einen RCA- oder S-Video-Eingang. Einige Karten haben auch einen FM-Radio-Empfänger.

Der `bktr(4)`-Treiber von FreeBSD unterstützt PCI-TV-Karten mit einem Brooktree Bt848/849/878/879 Chip. Dieser Treiber unterstützt die meisten Pinnacle PCTV Karten. Die Karte sollte einen der unterstützten Empfänger besitzen, die in `bktr(4)` aufgeführt sind.

8.5.1. Den Treiber laden

Um die Karte benutzen zu können, muss der `bktr(4)`-Treiber geladen werden. Damit dies beim Systemstart automatisch erfolgt, muss die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzugefügt werden:

```
bktr_load="YES"
```

Alternativ kann der Treiber für die TV-Karte auch fest in den Kernel kompiliert werden. In diesem Fall müssen folgende Zeilen in die Kernelkonfigurationsdatei aufgenommen werden:

```
device bktr
device iicbus
device iicbb
device smbus
```

Die zusätzlichen Treiber werden benötigt, da die Komponenten der Karte über einen I2C-Bus verbunden sind. Bauen und installieren Sie dann den neuen Kernel.

Um den Treiber zu testen, muss das System neu gestartet werden. Während des Neustarts sollte die TV-Karte erkannt werden:

```
bktr0: <BrookTree 848A> mem 0xd7000000-0xd7000fff irq 10 at device 10.0 on pci0
iicbb0: <I2C bit-banging driver> on bti2c0
iicbus0: <Philips I2C bus> on iicbb0 master-only
iicbus1: <Philips I2C bus> on iicbb0 master-only
smbus0: <System Management Bus> on bti2c0
bktr0: Pinnacle/Miro TV, Philips SECAM tuner.
```

Abhängig von der verwendeten Hardware können die Meldungen natürlich anders aussehen. Die entdeckten Geräte lassen sich mit `sysctl(8)` oder in der Kernelkonfigurationsdatei überschreiben. Wenn Sie beispielsweise einen Philips-SECAM-Empfänger erzwingen wollen, fügen Sie die folgende Zeile zur Kernelkonfigurationsdatei hinzu:

```
options OVERRIDE_TUNER=6
```

Alternativ können Sie `sysctl(8)` benutzen:

```
# sysctl hw.bt848.tuner=6
```

Weitere Informationen zu den verschiedenen Kerneloptionen und `sysctl(8)`-Parametern finden Sie in `bktr(4)`.

8.5.2. Nützliche Anwendungen

Um die TV-Karte zu benutzen, installieren Sie eine der nachstehenden Anwendungen:

- `multimedia/fxvtv` lässt das Fernsehprogramm in einem Fenster laufen und kann Bilder, Audio und Video aufzeichnen.

- [multimedia/xawtv](#) eine weitere TV-Anwendung mit vergleichbaren Funktionen.
- Mit [audio/xmradio](#) lässt sich der FM-Radio-Empfänger, der sich auf TV-Karten befindet, benutzen.

Weitere Anwendungen finden Sie in der FreeBSD Ports-Sammlung.

8.5.3. Fehlersuche

Wenn Sie Probleme mit der TV-Karte haben, prüfen Sie zuerst, ob der Video-Capture-Chip und der Empfänger vom [bktr\(4\)](#)-Treiber unterstützt werden und ob Sie die richtigen Optionen verwenden. Weitere Hilfe zu unterstützten TV-Karten finden Sie auf der Mailingliste [freebsd-multimedia](#).

8.6. MythTV

MythTV ist eine beliebte Open Source PVR-Anwendung. Dieser Abschnitt beschreibt die Installation und Konfiguration von MythTV unter FreeBSD. Weitere Informationen zur Benutzung von MythTV finden Sie unter [mythtv.org/wiki](#).

MythTV benötigt ein Frontend und ein Backend. Diese Komponenten können entweder auf dem gleichen System, oder auf unterschiedlichen Maschinen installiert werden.

Das Frontend kann unter FreeBSD über den Port oder das Paket [multimedia/mythtv-frontend](#) installiert werden. Zudem muss Xorg, wie in [Kapitel 6, Das X-Window-System](#) beschrieben, installiert und konfiguriert sein. Idealerweise besitzt das System auch eine Videokarte, die *X-Video Motion Compensation* (XvMC) unterstützt, sowie optional eine LIRC-kompatible Fernbedienung.

Benutzen Sie [multimedia/mythtv](#), um sowohl das Frontend als auch das Backend zu installieren. Ein MySQL™ Datenbank-Server ist ebenfalls erforderlich und sollte automatisch als Abhängigkeit installiert werden. Optional sollte das System einen Empfänger und ausreichend Speicherplatz haben, um die aufgezeichneten Daten speichern zu können.

8.6.1. Hardware

MythTV verwendet V4L um auf Videoeingabegeräte, wie Kodierer und Empfänger zuzugreifen. Unter FreeBSD funktioniert MythTV am besten mit USB DVB-S/C/T Karten, die von [multimedia/webcamd](#) unterstützt werden, da dies eine V4L-Anwendung zur Verfügung stellt, die als Benutzerprogramm läuft. Jede DVB-Karte, die von webcamd unterstützt wird, sollte mit MythTV funktionieren, jedoch gibt es eine Liste von Karten, die unter [wiki.freebsd.org/WebcamCompat](#) abgerufen werden kann. Es existieren auch Treiber für Hauppauge-Karten in den folgenden Paketen: [multimedia/pvr250](#) und [multimedia/pvrxxx](#), allerdings liefern diese nur eine Treiberschnittstelle, die nicht dem Standard entspricht und die nicht mit MythTV-Versionen grösser als 0.23 funktionieren. Aus lizenzrechtlichen Gründen ist ein Paket nicht verfügbar, sodass die beiden Ports übersetzt werden müssen.

Die [wiki.freebsd.org/HTPC](#) enthält eine Liste von allen verfügbaren DVB-Treibern.

8.6.2. MythTV Backend einrichten

Geben Sie folgendes ein, um MythTV aus der Ports-Sammlung zu installieren:

```
# cd /usr/ports/multimedia/mythtv
# make install
```

Richten Sie anschließend die MythTV-Datenbank ein:

```
# mysql -uroot -p < /usr/local/share/mythtv/database/mc.sql
```

Konfigurieren Sie dann das Backend:

```
# mythtv-setup
```

Zum Schluss starten Sie das Backend:

```
# echo 'mythbackend_enable="YES"' >> /etc/rc.conf
# service mythbackend start
```

8.7. Scanner

Unter FreeBSD stellt SANE (Scanner Access Now Easy) aus der Ports-Sammlung eine einheitliche Schnittstelle (API) für den Zugriff auf Scanner bereit. SANE wiederum greift auf Scanner mithilfe einiger FreeBSD-Treiber zu.

FreeBSD unterstützt sowohl SCSI- als auch USB-Scanner. Prüfen Sie vor der Konfiguration mithilfe der [Liste der unterstützten Geräte](#) ob der Scanner von SANE unterstützt wird.

8.7.1. Den Kernel für Scanner einrichten

Da sowohl SCSI- als auch USB-Scanner unterstützt werden, werden abhängig von der Schnittstelle unterschiedliche Treiber benötigt.

8.7.1.1. USB-Scanner

Im GENERIC-Kernel sind schon alle, für einen USB-Scanner notwendigen, Treiber enthalten. Benutzer mit einem angepassten Kernel sollten sicherstellen, dass die Kernelkonfiguration die nachstehenden Zeilen enthält:

```
device usb
device uhci
device ohci
device ehci
```

Schließen Sie den USB-Scanner an. Prüfen Sie mit [dmesg\(8\)](#), ob der Scanner in den Systemmeldungen erscheint:

```
ugen0.2: <EPSON> at usb0
```

Diese Meldung besagt, dass der Scanner entweder die Gerätedatei `/dev/ugen0.2`, oder `/dev/uscanner0` benutzt. Dies ist abhängig von der verwendeten FreeBSD Version. In diesem Beispiel wurde ein EPSON Perfection® 1650 USB-Scanner verwendet.

8.7.1.2. SCSI-Scanner

Wenn der Scanner eine SCSI-Schnittstelle besitzt, ist die Kernelkonfiguration abhängig vom verwendeten SCSI-Controller. Der GENERIC-Kernel unterstützt die gebräuchlichen SCSI-Controller. Den richtigen Treiber finden Sie in `/usr/src/sys/conf/NOTES`. Neben dem Treiber muss die Kernelkonfiguration noch die nachstehenden Zeilen enthalten:

```
device scbus
device pass
```

Nachdem Sie einen Kernel gebaut und installiert haben, sollte der Scanner beim Neustart in den Systemmeldungen erscheinen:

```
pass2 at aic0 bus 0 target 2 lun 0
pass2: <AGFA SNAPSCAN 600 1.10> Fixed Scanner SCSI-2 device
pass2: 3.300MB/s transfers
```

Wenn der Scanner während des Systemstarts ausgeschaltet war, können Sie die Geräteerkennung erzwingen, indem Sie den SCSI-Bus erneut absuchen. Verwenden Sie dazu das Kommando [camcontrol\(8\)](#):

```
# camcontrol rescan all
Re-scan of bus 0 was successful
Re-scan of bus 1 was successful
```

```
Re-scan of bus 2 was successful
Re-scan of bus 3 was successful
```

Der Scanner sollte jetzt in der SCSI-Geräteliste erscheinen:

```
# camcontrol devlist
<IBM DDRS-34560 S97B>          at scbus0 target 5 lun 0 (pass0,da0)
<IBM DDRS-34560 S97B>          at scbus0 target 6 lun 0 (pass1,da1)
<AGFA SNAPSCAN 600 1.10>       at scbus1 target 2 lun 0 (pass3)
<PHILIPS CDD3610 CD-R/RW 1.00> at scbus2 target 0 lun 0 (pass2,cd0)
```

Weitere Informationen über SCSI-Geräte unter FreeBSD finden Sie in [scsi\(4\)](#) und [camcontrol\(8\)](#).

8.7.2. SANE konfigurieren

SANE besteht aus zwei Teilen, den Backends ([graphics/sane-backends](#)) und den Frontends ([graphics/sane-frontends](#)). Das Backend greift auf den Scanner zu. Welches Backend welchen Scanner unterstützt, entnehmen Sie der [Liste der unterstützten Geräte](#). Der Betrieb eines Scanners ist nur mit dem richtigen Backend möglich. Die Frontends sind die Anwendungen, mit denen gescannt wird (xscanimage).

Installieren Sie zuerst den Port oder das Paket [graphics/sane-backends](#). Anschließend können Sie mit dem Befehl `sane-find-scanner` prüfen, ob SANE den Scanner erkennt:

```
# sane-find-scanner -q
found SCSI scanner "AGFA SNAPSCAN 600 1.10" at /dev/pass3
```

Die Ausgabe zeigt die Schnittstelle und die verwendete Gerätedatei des Scanners. Der Hersteller und das Modell können in der Ausgabe fehlen.



Anmerkung

Bei einigen USB-Scannern muss die Firmware geladen werden. Lesen Sie [sane-find-scanner\(1\)](#) und [sane\(7\)](#) für weitere Details.

Als nächstes müssen Sie prüfen, ob der Scanner vom Frontend erkannt wird. Die SANE-Backends werden mit dem Kommandozeilenwerkzeug [scanimage\(1\)](#) geliefert. Mit diesem Werkzeug können Sie sich Scanner anzeigen lassen und den Scan-Prozess von der Kommandozeile starten. Die Option `-L` zeigt die Scanner an:

```
# scanimage -L
device `snapscan:/dev/pass3' is a AGFA SNAPSCAN 600 flatbed scanner
```

Hier ist die Ausgabe für das Beispiel mit dem USB-Scanner in [Abschnitt 8.7.1.1, „USB-Scanner“](#):

```
# scanimage -L
device 'epson2:libusb:/dev/usb:/dev/ugen0.2' is a Epson GT-8200 flatbed scanner
```

Die Zeile `'epson2:libusb:/dev/usb:/dev/ugen0.2'` nennt das Backend (`epson2`) und die Gerätedatei (`/dev/ugen0.2`), die der Scanner verwendet.



Anmerkung

Erscheint die Meldung, dass kein Scanner gefunden wurde oder wird gar keine Ausgabe erzeugt, konnte [scanimage\(1\)](#) keinen Scanner erkennen. In diesem Fall müssen Sie in der Konfigurationsdatei des Backends das zu benutzende Gerät eintragen. Die Konfigurationsdateien der Backends befinden sich in `/usr/local/etc/sane.d/`.

In dem obigen Beispiel wurde der Scanner erkannt und ist funktionsfähig.

Um festzustellen, ob der Scanner richtig erkannt wurde:

```
# scanimage -L
```

```
No scanners were identified. If you were expecting something different,
check that the scanner is plugged in, turned on and detected by the
sane-find-scanner tool (if appropriate). Please read the documentation
which came with this software (README, FAQ, manpages).
```

Da der Scanner nicht erkannt wurde, muss `/usr/local/etc/sane.d/epson2.conf` editiert werden. Der verwendete Scanner in diesem Beispiel war ein EPSON Perfection® 1650, daher wird das `epson2`-Backend benutzt. Lesen Sie bitte alle Kommentare in der Konfigurationsdatei des Backends. Die durchzuführenden Änderungen sind einfach. Kommentieren Sie zunächst alle Zeilen mit der falschen Schnittstelle aus. Da der Scanner eine USB-Schnittstelle besitzt, wurden im Beispiel alle Zeilen, die mit `scsi` anfangen, auskommentiert. Fügen Sie dann die Schnittstelle und den Gerätenamen am Ende der Datei ein. In diesem Beispiel wurde die nachstehende Zeile eingefügt:

```
usb /dev/usb/lp0
```

Speichern Sie die Änderungen und prüfen Sie, ob der Scanner richtig erkannt wird:

```
# scanimage -L
```

```
device `epson:/dev/usb/lp0' is a Epson GT-8200 flatbed scanner
```

Das Feld ``epson:/dev/usb/lp0'`, zeigt jetzt das richtige Backend und den richtigen Gerätenamen an.

Wenn `scanimage -L` den Scanner erkannt hat, ist der Scanner eingerichtet und bereit, zu scannen.

Obwohl [scanimage\(1\)](#) von der Kommandozeile scannen kann, ist eine graphische Anwendung zum Scannen besser geeignet. SANE bietet ein einfaches und effizientes Werkzeug: `xscanimage`.

`Xsane`, das über den Port oder das Paket [graphics/xsane](#) installiert wird, ist eine weitere beliebte graphische Anwendung. Dieses Frontend besitzt erweiterte Funktionen wie den Scan-Modus, eine Farbkorrektur und Batch-Scans. Beide Anwendungen lassen sich als GIMP-Plugin verwenden.

8.7.3. Den Scanner für Benutzerkonten freigeben

Wenn andere Benutzer den Scanner benutzen sollen, müssen sie Lese- und Schreibrechte auf die Gerätedatei des Scanners besitzen. Im vorherigen Beispiel wird die Datei `/dev/ugen0.2` verwendet, die faktisch nur ein Symlink auf die echte Gerätedatei, `/dev/usb/lp0.2.0` genannt, darstellt. Sowohl der Symlink als auch die Gerätedatei sind jeweils im Besitz der Gruppen `wheel` und `operator`. Damit ein Benutzer den Scanner benutzen kann, muss er Mitglied in einer der beiden Gruppen sein. Allerdings sollte aus Sicherheitsgründen genau überlegt werden, welche Benutzer zu welcher Gruppe hinzugefügt werden, besonders bei der Gruppe `wheel`. Eine bessere Lösung ist es, eine spezielle Gruppe für den Zugriff auf USB-Geräte anzulegen und den Scanner für Mitglieder dieser Gruppe zugänglich zu machen.

Dieses Beispiel nutzt [pw\(8\)](#), um eine Gruppe namens `usb` zu erstellen:

```
# pw groupadd usb
```

Anschließend muss der `/dev/ugen0.2`-Symlink und der Geräteiname `/dev/usb/lp0.2.0` für die `usb`-Gruppe mit den Schreibrechten (0660 oder 0664) ausgestattet werden. All dies kann durch das Hinzufügen der folgenden Zeile in `/etc/devfs.rules` erreicht werden:

```
[system=5]
add path ugen0.2 mode 0660 group usb
```

```
add path usb/0.2.0 mode 0660 group usb
```

Jetzt müssen nur noch Benutzer zur Gruppe `usb` hinzugefügt werden, um ihnen den Zugriff auf den Scanner zu erlauben:

```
#pw groupmod usb -m joe
```

Weitere Details finden Sie in [pw\(8\)](#).

Kapitel 9. Konfiguration des FreeBSD-Kernels

9.1. Übersicht

Der Kernel ist das Herz des FreeBSD-Betriebssystems. Er ist verantwortlich für die Speicherverwaltung, das Durchsetzen von Sicherheitsdirektiven, Netzwerkfähigkeit, Festplattenzugriffen und vieles mehr. Obwohl FreeBSD es ermöglicht, dynamisch konfiguriert zu werden, ist es ab und an notwendig, einen angepassten Kernel zu konfigurieren und zu kompilieren.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie Folgendes wissen:

- Wann Sie einen angepassten Kernel kompilieren sollten.
- Wie Sie eine Hardware-Inventur durchführen.
- Wie Sie eine Kernelkonfigurationsdatei verändern.
- Wie Sie mit der Konfigurationsdatei einen neuen Kernel kompilieren.
- Wie Sie den neuen Kernel installieren.
- Was zu tun ist, falls etwas schiefgeht.

Alle Kommandos, aus den Beispielen dieses Kapitels, müssen mit `root`-Rechten ausgeführt werden.

9.2. Wieso einen eigenen Kernel bauen?

Traditionell besaß FreeBSD einen monolithischen Kernel. Der Kernel war ein einziges großes Programm, das eine bestimmte Auswahl an Hardware unterstützte. Um das Kernelverhalten zu ändern, musste man einen neuen Kernel kompilieren und dann den neuen Kernel booten.

Heutzutage befinden sich die meisten Funktionen des FreeBSD-Kernels in Modulen, die je nach Bedarf dynamisch geladen und entladen werden können. Dies erlaubt es, einen laufenden Kernel anzupassen, um sofort neue Hardware oder neue Funktionen zu unterstützen. Dies ist als modularer Kernel bekannt.

Gelegentlich ist es noch notwendig, eine statische Kernelkonfigurationen durchzuführen. In einigen Fällen ist die Funktion zu systemnah, um durch ein Modul realisiert zu werden. Andere Umgebungen verhindern vielleicht das Laden und Entladen von Kernelmodulen und erfordern, dass nur die benötigte Funktionalität statisch in den Kernel kompiliert wird.

Das Erstellen eines angepassten Kernels ist eines der Rituale für erfahrene BSD-Benutzer. Obwohl dieser Prozess recht viel Zeit in Anspruch nimmt, kann er doch viele Vorteile für das FreeBSD-System bringen. Im Gegensatz zum `GENERIC`-Kernel, der eine Vielzahl von Hardware unterstützen muss, kann ein angepasster Kernel so eingeschränkt werden, dass er nur noch die Hardware des Rechners unterstützt. Dies hat einige Vorteile:

- Schnellerer Bootvorgang. Da der Kernel nur nach der Hardware des Systems sucht, kann sich die Zeit für einen Systemstart verkürzen.
- Geringerer Speicherbedarf. Ein eigener Kernel benötigt in der Regel weniger Speicher als ein `GENERIC`-Kernel durch das Entfernen von Funktionen und Gerätetreibern. Das ist vorteilhaft, denn der Kernel verweilt immer im RAM und verhindert dadurch, dass dieser Speicher von Anwendungen genutzt wird. Deshalb ist ein angepasster Kernel auf einem System mit wenig RAM sinnvoll.

- Zusätzliche Hardwareunterstützung. Ein angepasster Kernel kann Unterstützung für Geräte bieten, die im GENERIC-Kernel nicht enthalten sind.

Bevor Sie einen angepassten Kernel erstellen, überlegen Sie sich bitte, warum Sie dies tun wollen. Wenn Sie lediglich eine bestimmte Hardwareunterstützung benötigen, existiert diese vielleicht schon als Kernelmodul.

Kernelmodule existieren in `/boot/kernel` und können mit `kldload(8)` dynamisch in den laufenden Kernel geladen werden. Die meisten Kernels treiber verfügen über ein ladbares Modul und eine Manualpage. Der drahtlose Ethernet-Treiber `ath(4)` hat die folgenden Informationen in seiner Manualpage:

```
Alternatively, to load the driver as a module at boot time, place the
following line in loader.conf(5):
```

```
if_ath_load="YES"
```

Durch das Hinzufügen von `if_ath_load="YES"` in `/boot/loader.conf` wird das Modul dynamisch beim Systemstart geladen.

In manchen Fällen gibt es kein entsprechendes Modul in `/boot/kernel`. Dies gilt insbesondere für bestimmte Subsysteme.

9.3. Informationen über die vorhandene Hardware beschaffen

Bevor die Kernelkonfigurationsdatei bearbeitet wird, ist es empfehlenswert eine Bestandsaufnahme der Hardware des Systems durchzuführen. Auf einem Dual-Boot-System können diese Informationen aus dem anderen Betriebssystem ermittelt werden. Microsoft's Gerätemanager enthält beispielsweise Informationen über die installierte Hardware.



Anmerkung

Einige Versionen von Microsoft® Windows® verfügen über ein System-Icon auf dem Desktop, über das Sie den Gerätemanager direkt aufrufen können.

Wenn FreeBSD das einzige installierte Betriebssystem ist, dann listet `dmesg(8)` die Hardware auf, die während des Systemstarts gefunden wurde. Die meisten FreeBSD-Gerätetreiber haben eine eigene Manualpage, die Informationen über die unterstützte Hardware enthält. Die folgenden Zeilen zeigen beispielsweise an, dass der `psm(4)`-Treiber eine angeschlossene Maus gefunden hat:

```
psm0: <PS/2 Mouse> irq 12 on atkbd0
psm0: [GIANT-LOCKED]
psm0: [ITHREAD]
psm0: model Generic PS/2 mouse, device ID 0
```

Da diese Hardware vorhanden ist, sollte dieser Treiber nicht aus einer angepassten Kernelkonfigurationsdatei entfernt werden.

Wenn `dmesg` keine Informationen zur gefundenen Hardware anzeigt, können diese Informationen auch aus `/var/run/dmesg.boot` entnommen werden.

Ein weiteres Werkzeug für die Suche nach Hardware ist `pciconf(8)`, das ausführliche Informationen bereitstellt. Ein Beispiel:

```
% pciconf -lv
ath0pci0:3:0:0:          class=0x020000 card=0x058a1014 chip=0x1014168c rev=0x01 hdr=0x00
    vendor      = 'Atheros Communications Inc.'
    device      = 'AR5212 Atheros AR5212 802.11abg wireless'
    class       = network
    subclass    = ethernet
```


Die Ausgabe zeigt, dass der Treiber `ath` eine drahtlose Ethernetkarte gefunden hat.

Die Option `-k` von `man(1)` kann verwendet werden, um nützliche Informationen zu erhalten. Um beispielsweise eine Liste von Manualpages zu erhalten, welche ein spezifisches Wort enthalten:

```
# man -k Atheros
```

```
ath(4)          - Atheros IEEE 802.11 wireless network driver
ath_hal(4)       - Atheros Hardware Access Layer (HAL)
```

Mit einer Inventarliste der Hardware können Sie dann sicherstellen, dass Sie die Treiber der installierten Hardware nicht versehentlich entfernen, wenn Sie die Kernelkonfigurationsdatei bearbeiten.

9.4. Die Kernelkonfigurationsdatei

Bevor eine angepasste Kernelkonfigurationsdatei erstellt werden kann, muss zuerst der vollständige FreeBSD Quellcodebaum installiert werden.

Falls `/usr/src/` nicht existiert oder leer ist, sind die Kernelquellen nicht installiert. Die Quellen können mit Subversion und der Anleitung im [Abschnitt A.4, „Benutzen von Subversion“](#) installiert werden.

Sobald die Quellen installiert sind, können Sie sich einen Überblick über `/usr/src/sys` verschaffen. Dieses Verzeichnis enthält eine Reihe von Unterverzeichnissen, einschließlich Verzeichnisse für die unterstützten Architekturen `amd64`, `i386`, `ia64`, `pc98`, `powerpc` und `sparc64`. Alles in diesen Verzeichnissen ist nur für die jeweilige Architektur relevant. Der Rest des Codes ist maschinenunabhängig und für alle Architekturen gleich. Jede unterstützte Architektur hat ein Unterverzeichnis `conf`, das die `GENERIC` Kernelkonfigurationsdatei für diese Architektur enthält.

Bearbeiten Sie `GENERIC` nicht direkt. Kopieren Sie stattdessen die Datei unter einem anderen Namen und machen dann die Änderungen an dieser Kopie. Traditionell besteht der Name des Kernels immer aus Großbuchstaben. Wenn Sie mehrere FreeBSD-Maschinen mit unterschiedlicher Hardware betreuen, ist es eine gute Idee, die Konfigurationsdatei nach den Hostnamen der Maschinen zu benennen. In diesem Beispiel wird eine Kopie der `GENERIC` Kernelkonfigurationsdatei, namens `MYKERNEL`, für die `amd64`-Architektur erstellt:

```
# cd /usr/src/sys/ amd64/conf
# cp GENERIC MYKERNEL
```

`MYKERNEL` kann jetzt mit einem Texteditor bearbeitet werden. Der Standard-Editor ist `vi`, jedoch steht mit `ee` ein weiterer, einfach zu bedienender Editor bereit.

Das Format der Konfigurationsdatei ist einfach. Jede Zeile enthält ein Schlüsselwort, das ein Gerät oder ein Subsystem repräsentiert, ein Argument und eine kurze Beschreibung. Jeder Text, der hinter einem `#` steht, gilt als Kommentar und wird ignoriert. Um die Kernel-Unterstützung für ein Gerät oder Subsystem zu entfernen, muss ein `#` an den Anfang der Zeile, die dieses Gerät oder Subsystem repräsentiert, gesetzt werden. Verändern Sie keine Zeilen, die Sie nicht genau verstehen.

Neben den Kurzbeschreibungen in dieser Datei, finden Sie zusätzliche Erklärungen in `NOTES`, die sich in demselben Verzeichnis wie `GENERIC` für die jeweilige Architektur befindet. Von der Architektur unabhängige Optionen sind in `/usr/src/sys/conf/NOTES` aufgeführt.



Tipp

Wenn Sie die Kernelkonfigurationsdatei fertig bearbeitet haben, sollten Sie eine Sicherungskopie außerhalb von `/usr/src` speichern

Alternativ kann die Kernelkonfigurationsdatei an anderer Stelle gespeichert, und ein symbolischer Link auf die Datei erstellt werden:

```
# cd /usr/src/sys/amd64/conf
# mkdir /root/kernels
# cp GENERIC /root/kernels/MYKERNEL
# ln -s /root/kernels/MYKERNEL
```

Es ist möglich, eine `include`-Anweisung in die Kernelkonfigurationsdatei aufzunehmen. Diese erlaubt das lokale Einfügen von anderen Konfigurationsdateien in die aktuelle, was es einfacher macht, kleinere Änderungen an einer existierenden Datei zu vollziehen. Wenn Sie einen `GENERIC`-Kernel mit nur einer kleinen Anzahl von zusätzlichen Optionen und Treibern benötigen, brauchen Sie mit den folgenden Zeilen nur ein kleines Delta im Vergleich zu `GENERIC` anpassen, wie in diesem Beispiel zu sehen:

```
include GENERIC
ident MYKERNEL

options      IPFIREWALL
options      DUMMYNET
options      IPFIREWALL_DEFAULT_TO_ACCEPT
options      IPDIVERT
```

Diese Methode zeigt die Unterschiede der lokalen Konfigurationsdatei zu einem `GENERIC`-Kernel an. Sobald Aktualisierungen durchgeführt werden, können neue Eigenschaften, die zu `GENERIC` hinzugefügt werden, auch dem lokalen Kernel angehängt werden, es sei denn, es wird durch `noptions` oder `nodevice` unterbunden. Eine umfassende Liste von Konfigurationseinstellungen und deren Beschreibungen finden Sie in [config\(5\)](#).



Anmerkung

Um einen Kernel mit allen möglichen Optionen zu bauen, führen Sie als `root` die folgenden Befehle aus:

```
# cd /usr/src/sys/ arch/conf && make LINT
```

9.5. Einen angepassten Kernel bauen und installieren

Nachdem die Änderungen an der angepassten Kernelkonfigurationsdatei gespeichert sind, kann der Quellcode für den Kernel mit den folgenden Schritten übersetzt werden:

Prozedur 9.1. Einen Kernel bauen

1. Wechseln Sie das Verzeichnis:

```
# cd /usr/src
```

2. Bauen Sie den Kernel, indem Sie den Namen der Kernelkonfigurationsdatei angeben:

```
# make buildkernel KERNCONF= MYKERNEL
```

3. Installieren Sie den neuen Kernel. Dieser Befehl wird den neuen Kernel nach `/boot/kernel/kernel` kopieren, und den alten Kernel nach `/boot/kernel.old/kernel` speichern:

```
# make installkernel KERNCONF= MYKERNEL
```

4. Fahren Sie das System herunter und starten Sie den neuen Kernel. Wenn etwas nicht funktioniert, lesen Sie [Der Kernel bootet nicht:](#).

In der Voreinstellung werden beim Bau eines angepassten Kernels stets alle Kernelmodule neu gebaut. Um einen Kernel schneller zu bauen, oder um nur bestimmte Module zu bauen, bearbeiten Sie `/etc/make.conf`, bevor Sie den Kernel neu bauen.

In diesem Beispiel werden über eine Variable nur die Kernelmodule definiert, die auch tatsächlich gebaut werden sollen. In der Voreinstellung werden alle Module gebaut:

```
MODULES_OVERRIDE = linux acpi
```

Alternativ kann auch eine Variable verwendet werden, die bestimmte Kernelmodule vom Bauprozess ausschließt:

```
WITHOUT_MODULES = linux acpi sound
```

Weitere Variablen und deren Beschreibung finden Sie in [make.conf\(5\)](#).

9.6. Wenn etwas schiefgeht

Es gibt vier Hauptfehlerquellen beim Erstellen eines angepassten Kernels:

config verursacht Fehler:

Wenn **config** fehlschlägt, zeigt es die Nummer der Zeile an, die das Problem verursacht. Bei der folgenden Fehlermeldung sollten Sie die angegebene Zeile mit **GENERIC** oder **NOTES** vergleichen und sicherstellen, dass das Schlüsselwort in Zeile 17 richtig geschrieben ist:

```
config: line 17: syntax error
```

make verursacht Fehler:

Wenn **make** fehlschlägt, liegen meistens Fehler in der Konfigurationsdatei vor, die aber nicht schwerwiegend genug für **config** waren. Überprüfen Sie die Konfiguration und wenn Sie keinen Fehler entdecken können, schicken Sie eine E-Mail mit der Kernelkonfigurationsdatei an die Mailingliste 'Fragen und Antworten zu FreeBSD' <de-bsd-questions@de.FreeBSD.org>.

Der Kernel bootet nicht:

Wenn der neue Kernel nicht bootet oder die Geräte nicht erkannt werden, ist das noch kein Grund zur Panik. Glücklicherweise besitzt FreeBSD einen exzellenten Mechanismus zur Wiederherstellung nach dem Einsatz inkompatibler Kernel. Wählen Sie einfach den zu bootenden Kernel im FreeBSD Bootloader aus. Dazu wählen Sie im Bootmenü die Option „Escape to a loader prompt“. Danach geben Sie am Prompt `boot kernel.old` oder den Namen eines anderen Kernels ein, der sauber bootet.

Nun kann die Konfiguration noch einmal überprüft und der Kernel neu kompiliert werden. Dazu ist `/var/log/messages` sehr nützlich, da hier sämtliche Kernelmeldungen von jedem erfolgreichen Bootvorgang gespeichert werden. [dmesg\(8\)](#) gibt die Kernelmeldungen vom letzten Bootvorgang aus.



Anmerkung

Wenn Sie Probleme beim Kernelbau bekommen, heben Sie sich immer eine Kopie von **GENERIC** oder einen anderen Kernel, der garantiert bootet, auf. Dies ist sehr wichtig, weil jedes Mal, wenn ein neuer Kernel installiert wird, `kernel.old` mit dem zuletzt installierten Kernel überschrieben wird und dieser möglicherweise nicht bootfähig ist. Verschieben Sie daher den funktionierenden Kernel so schnell wie möglich, indem Sie das Verzeichnis mit dem funktionierenden Kernel umbenennen:

```
# mv /boot/kernel /boot/kernel.bad
# mv /boot/kernel.good /boot/kernel
```

Der Kernel funktioniert, aber ps nicht

Wenn Sie eine andere Version des Kernels installiert haben als die, mit der Ihre Systemwerkzeuge gebaut wurden, beispielsweise einen Kernel aus den -CURRENT-Quellen auf einem -RELEASE-System, werden Programme wie [ps\(1\)](#) und [vmstat\(8\)](#) nicht mehr funktionieren. Um dies zu beheben, sollten Sie das [komplette System neu bauen und installieren](#). Achten Sie darauf, dass die Quellen, aus denen das System gebaut wird, zum installierten Kernel passt. Man sollte niemals einen Kernel, der nicht zur Systemversion passt, benutzen.

Kapitel 10. Drucken

Beigetragen von Warren Block.

Übersetzt von Björn Heidotting.

Trotz vieler Versuche es zu vermeiden, ist der Druck von Informationen auf Papier immer noch eine wichtige Funktion. Drucken hat zwei grundlegende Komponenten. Die Daten müssen an den Drucker gesendet werden, und zwar in einer Form, die der Drucker verstehen kann.

10.1. Schnellstart

Die grundlegende Druckfunktion kann schnell eingerichtet werden. Der Drucker muss lediglich fähig sein, normalen ASCII-Text zu drucken. Informationen zum Druck von anderen Dateien finden Sie in [Abschnitt 10.5.3, „Filter“](#).

1. Erstellen Sie ein Verzeichnis zur Speicherung der Druckaufträge:

```
# mkdir -p /var/spool/lpd/lp
# chown daemon:daemon /var/spool/lpd/lp
# chmod 770 /var/spool/lpd/lp
```

2. Erstellen Sie als root die Datei /etc/printcap mit folgendem Inhalt:

```
lp:\
:lp=/dev/unlpt0:\ ❶
:sh:\
:mx#0:\
:sd=/var/spool/lpd/lp:\
:lf=/var/log/lpd-errs:
```

- ❶ Diese Zeile ist für einen Drucker, der an einem USB-Port angeschlossen ist.

Für einen Drucker, der am parallelen oder „Drucker“-Port angeschlossen ist, verwenden Sie:

```
:lp=/dev/lpt0:\
```

Für einen Netzwerkdrucker verwenden Sie:

```
:lp=:rm=network-printer-name :rp=raw:\
```

Ersetzen Sie *network-printer-name* durch den DNS-Namen des Netzwerkdruckers.

3. Aktivieren Sie lpd beim Systemstart, indem Sie folgende Zeile in /etc/rc.conf hinzufügen:

```
lpd_enable="YES"
```

Starten Sie den Dienst:

```
# service lpd start
Starting lpd.
```

Drucken Sie eine Testseite:

```
# printf "1. Der Drucker kann drucken.\n2. Dies ist die zweite Zeile.\n" | lpr
```



Tipp

Wenn die beiden Zeilen nicht am linken Rand starten und Sie einen „Treppeneffekt“ beobachten, lesen Sie [Abschnitt 10.5.3.1, „Den Treppeneffekt verhindern“](#).

Mit `lpr` können nun Textdateien gedruckt werden. Geben Sie den Dateinamen auf der Kommandozeile an oder lassen Sie `lpr` von einer Pipe lesen.

```
% lpr textfile.txt
% ls -lh | lpr
```

10.2. Druckerverbindungen

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, einen Drucker mit einem Rechner zu verbinden. Kleine Desktop-Drucker werden in der Regel mit dem USB-Anschluss verbunden, ältere Modelle nutzen oft die parallele Schnittstelle. Einige Drucker sind direkt mit einem Netzwerk verbunden, damit sie leichter von mehreren Rechnern benutzt werden können. Nur noch wenige Drucker verwenden einen seriellen Anschluss.

FreeBSD unterstützt die folgenden Arten von Druckern:

USB

USB-Drucker können mit einem freien USB-Anschluss des Rechners verbunden werden.

Wenn FreeBSD einen USB-Drucker erkennt, werden zwei Gerätenamen erstellt: `/dev/ulpt0` und `/dev/unlpt0`. Beide Geräte leiten die Daten an den Drucker weiter. Nach jedem Druckauftrag wird der USB-Anschluss von `ulpt0` zurückgesetzt. Das Zurücksetzen kann bei einigen Druckern Probleme verursachen, daher wird in der Regel stattdessen `unlpt0` verwendet, das den Anschluss nicht zurücksetzt.

Parallel (IEEE-1284)

Die parallele Schnittstelle ist `/dev/lpt0`. Der Gerätenamen erscheint unabhängig davon, ob ein Drucker angeschlossen ist oder nicht. Eine automatische Erkennung findet nicht statt.

Die Hersteller haben sich weitgehend von diesem älteren Anschluss verabschiedet und auch viele Rechner haben keine parallele Schnittstelle mehr. Es existieren jedoch Adapter, um einen parallelen Drucker an einem USB-Port anzuschließen. Der Drucker wird dann wie ein USB-Drucker behandelt. Es können auch *Printserver* verwendet werden, um parallele Drucker direkt mit einem Netzwerk zu verbinden.

Seriell (RS-232)

Serielle Anschlüsse sind veraltet und werden außer in Nischenanwendungen nur noch selten verwendet. Die Kabel, Stecker und die erforderliche Verkabelung sind oft sehr unterschiedlich.

Der Gerätenamen für einen seriellen Anschlüsse ist `/dev/cua0` oder `/dev/cua1`. Es können auch USB-Adapter verwendet werden. Diese erscheinen als `/dev/cua0`.

Damit mit dem Drucker kommuniziert werden kann, müssen einige Kommunikationsparameter bekannt sein. Zu den wichtigsten zählen die *Baudrate* (BPS - Bits pro Sekunde) und die *Parität*. Diese Werte variieren, aber typische serielle Drucker verwenden eine Baudrate von 9600 und keine Parität.

Netzwerk

Netzwerkdrucker werden direkt mit dem lokalen Netzwerk verbunden.

Der DNS-Name des Druckers muss bekannt sein. Wenn dem Drucker eine dynamische Adresse per DHCP zugeteilt wird, sollte das DNS automatisch aktualisiert werden, so dass der Drucker immer die richtige IP-Adresse hat. Um dieses Problem zu vermeiden, werden Netzwerkdruckern häufig statische IP-Adressen zugeteilt.

Die meisten Netzwerkdrucker verstehen Druckaufträge, die über das LPD-Protokoll empfangen werden. Sie können auch den Namen der Druckwarteschlange angeben. Einige Drucker verarbeiten die Daten unterschiedlich, je nachdem welche Warteschlange verwendet wird. Zum Beispiel druckt eine *Raw*-Warteschlange die Daten unverändert, während eine *Text*-Warteschlange den Text um Wagenrückläufe ergänzt.

Viele Netzwerkdrucker können auch Daten drucken, die direkt an Port 9100 gesendet werden.

10.2.1. Zusammenfassung

Verkabelte Netzwerkdrucker drucken in der Regel am schnellsten und sind einfach einzurichten. Für den direkten Anschluss am Rechner wird USB wegen seiner Geschwindigkeit und Einfachheit bevorzugt. Parallele Verbindungen funktionieren, haben jedoch ihre Begrenzung in Bezug auf Kabellänge und Geschwindigkeit. Serielle Verbindungen sind schwieriger zu konfigurieren und die Verdrahtung unterscheidet sich zwischen den Modellen. Zudem müssen Baudrate und Parität bekannt sein. Glücklicherweise sind serielle Drucker selten geworden.

10.3. Gebräuchliche Seitenbeschreibungssprachen

Daten, die an einen Drucker gesendet werden, müssen in einer Sprache verfasst sein, die der Drucker verstehen kann. Diese Sprachen werden Seitenbeschreibungssprachen oder *Page Description Languages* (PDL) genannt.

ASCII

Schlichter ASCII-Text ist die einfachste Möglichkeit, um Daten an einen Drucker zu senden. Die Zeichen werden eins zu eins gedruckt: ein A in den Daten erscheint beim Druck als A auf dem Papier. Eine Formatierung ist nur bedingt verfügbar und es gibt keine Möglichkeit, eine Schriftart oder eine bestimmte Laufweite zu wählen. Die Einfachheit von schlichtem ASCII-Text bedeutet, dass Text ohne bzw. wenig Codierung oder Übersetzung gedruckt werden kann. Die gedruckte Ausgabe entspricht dem, was an den Drucker gesendet wurde.

Einige kostengünstige Drucker können keinen einfachen ASCII-Text drucken. Das macht sie in der Regel schwieriger einzurichten.

PostScript®

PostScript® ist fast das Gegenteil von ASCII. Anstelle von einfachem Text, besteht ein PostScript®-Programm aus einer Reihe von Anweisungen, die das endgültige Dokument generieren. Es können auch verschiedene Schriften und Grafiken benutzt werden. Diese Fähigkeiten haben jedoch ihren Preis. Das Programm, das die Seite generiert, muss zunächst erzeugt werden. Normalerweise wird dieses Programm durch die Anwendung erzeugt, so dass der Prozess für den Benutzer transparent bleibt.

Kostengünstige Drucker sind manchmal nicht kompatibel mit PostScript®.

PCL (Printer Command Language)

PCL ist eine Erweiterung von ASCII. Es enthält Escape-Sequenzen für die Formatierung, Schriftauswahl und das Drucken von Grafiken. Viele Drucker bieten Unterstützung für PCL5, einige unterstützen auch das neuere PCL6 oder PCLXL. Die neueren Versionen sind Kombinationen von PCL5 und bieten eine schnellere Druckgeschwindigkeit.

Host-basiert

Hersteller können die Kosten eines Druckers reduzieren, indem sie einen einfachen Prozessor und etwas Speicher verbauen. Diese Drucker sind nicht in der Lage normalen Text zu drucken. Stattdessen werden die Texte und Grafiken von einem Treiber auf dem Host-Rechner generiert und dann an den Drucker gesendet. Diese Drucker werden Host-basierte Drucker genannt.

Die Kommunikation zwischen dem Treiber und dem Drucker wird oft durch proprietäre oder nicht dokumentierte Protokolle realisiert, weshalb sie nur mit den gängigsten Betriebssystemen funktionieren.

10.3.1. PostScript® in eine andere Sprache konvertieren

Viele Anwendungen aus der Ports-Sammlung und FreeBSD Werkzeuge können PostScript® erzeugen. Die folgende Tabelle listet die verfügbaren Programme, um PostScript® in andere PDLs zu konvertieren:

Tabelle 10.1. Ausgabe PDLs

Ausgabe PDL	Generiert von	Hinweis
PCL oder PCL5	print/ghostscript9	-sDEVICE=ljet4 für Schwarzweiß, -sDEVICE=cljet5 für Farbe
PCLXL oder PCL6	print/ghostscript9	-sDEVICE=pxlmono für Schwarzweiß, -sDEVICE=pxlcolor für Farbe
ESC/P2	print/ghostscript9	-sDEVICE=uniprint
XQX	print/foo2zjs	

10.3.2. Zusammenfassung

Um die Konfiguration einfach zu halten, wählen Sie einen Drucker, der PostScript® oder auch PCL unterstützt. Mit [print/ghostscript](#) können diese Drucker PostScript® nativ verstehen. Wenn der Drucker PostScript® oder PCL direkt unterstützt, können Sie auch sofort einfache ASCII-Textdateien drucken.

Zeilenbasierte Drucker wie Tintenstrahldrucker unterstützen in der Regel kein PostScript® oder PCL. Dennoch können Sie ASCII-Textdateien drucken. [print/ghostscript](#) unterstützt die Sprachen dieser Drucker. Jedoch ist der Druck von Grafiken auf diesen Druckern oft sehr langsam, da aufgrund der großen Menge an Daten übertragen und ausgedruckt werden müssen.

Host-basierte Drucker sind oft schwieriger einzurichten. Einige Drucker können überhaupt nicht benutzt werden, da sie proprietäre PDLs verwenden. Solche Drucker sollten Sie nach Möglichkeit vermeiden.

Die Beschreibungen vieler PDLs finden Sie auf http://www.undocprint.org/formats/page_description_languages. Spezielle PDLs, die von einigen Druckern verwendet werden finden Sie auf <http://www.openprinting.org/printers>.

10.4. Direktes Drucken

Für den gelegentlichen Druck können die Dateien auch direkt, ohne zusätzliche Einstellungen, an den Drucker gesendet werden. Zum Beispiel kann die Datei `sample.txt` direkt an einen USB-Drucker gesendet werden:

```
# cp sample.txt /dev/unlpt0
```

Ob Sie direkt auf einen Netzwerkdrucker drucken können, hängt von den Fähigkeiten des Druckers ab. Die meisten akzeptieren jedoch Druckaufträge auf Port 9100, die Sie mit [nc\(1\)](#) an den Drucker senden können. So drucken Sie die gleiche Datei auf einem Drucker mit dem DNS-Namen *netlaser*:

```
# nc netlaser 9100 < sample.txt
```

10.5. LPD (Line Printer Daemon)

Drucken im Hintergrund wird *Spooling* genannt. Ein Spooler (Warteschlange) ermöglicht es dem Benutzer die Programme auf dem Rechner fortzusetzen, ohne warten zu müssen bis der Druckauftrag abgeschlossen ist.

FreeBSD enthält den Spooler namens [lpd\(8\)](#). Druckaufträge werden mit [lpr\(1\)](#) übermittelt.

10.5.1. Konfiguration

Erstellen Sie ein Verzeichnis zur Speicherung der Druckaufträge und setzen Sie die Berechtigungen auf diesem Verzeichnis, damit der Inhalt der Druckaufträge nicht von anderen Benutzern eingesehen werden kann:

```
# mkdir -p /var/spool/lpd/lp
# chown daemon:daemon /var/spool/lpd/lp
```



```
# chmod 770 /var/spool/lpd/lp
```

Drucker werden in `/etc/printcap` angelegt. Ein Eintrag für einen Drucker enthält dessen Name, Anschluss sowie weitere Einstellungen. Erstellen Sie `/etc/printcap` mit folgendem Inhalt:

```
lp:\ ❶  
:lp=/dev/unlpt0:\ ❷  
:sh:\ ❸  
:mx#0:\ ❹  
:sd=/var/spool/lpd/lp:\ ❺  
:lf=/var/log/lpd-errs: ❻
```

- ❶ Der Name des Druckers. `lp` sendet Druckaufträge an den Drucker `lp`, es sei denn, ein anderer Drucker wird mit der Option `-P` angegeben. Der Standarddrucker sollte also `lp` genannt werden.
- ❷ Der Anschluss, über den der Drucker verbunden ist. Ersetzen Sie diese Zeile mit dem entsprechenden, hier aufgeführten Verbindungstyp.

Verbindungstyp	Gerätename in <code>/etc/printcap</code>
USB	<pre>:lp=/dev/unlpt0:\</pre> <p>Der USB-Drucker. Falls Probleme auftauchen, verwenden Sie stattdessen <code>ulpt0</code>, das den USB-Anschluss nach jedem Gebrauch zurücksetzt.</p>
Parallel	<pre>:lp=/dev/lpt0:\</pre>
Netzwerk	<p>Für einen Drucker, der das LPD-Protokoll unterstützt:</p> <pre>:lp=:rm=network-printer-name :rp=raw:\</pre> <p>Für Drucker, die den Druck über Port 9001 unterstützen:</p> <pre>:lp=9100@network-printer-name :\</pre> <p>Ersetzen Sie für beide Typen <code>network-printer-name</code> durch den DNS-Namen des Netzwerkdruckers.</p>
Seriell	<pre>:lp=/dev/cuau0:br=9600:pa=none:\</pre> <p>Diese Werte sind für einen typischen seriellen Drucker geeignet. Die Baudrate beträgt 9600 und es wird keine Parität benutzt.</p>

- ❸ Unterdrückt das Drucken eines Deckblattes zu Beginn des Druckauftrags.
- ❹ Die maximale Größe des Druckauftrags wird nicht begrenzt.
- ❺ Das Verzeichnis zur Speicherung der Druckdaten. Jeder Drucker verwendet ein eigenes Verzeichnis.
- ❻ Die Logdatei, in welche die Fehler des Druckers geschrieben werden.

Nachdem Sie `/etc/printcap` erstellt haben, verwenden Sie `chkprintcap(8)` um die Datei auf Fehler zu testen:

```
# chkprintcap
```

Beheben Sie alle gemeldeten Fehler, bevor Sie fortfahren.

Aktivieren Sie `lpd(8)` in `/etc/rc.conf` :

```
lpd_enable="YES"
```

Starten Sie den Dienst:

```
# service lpd start
```

10.5.2. Drucken mit lpr(1)

Mit `lpr` werden Dokumente an den Drucker geschickt. Die Datei können Sie auf der Kommandozeile angeben, oder über eine Pipe an `lpr` schicken. Die beiden folgenden Kommandos sind gleichwertig, sie schicken den Inhalt von `doc.txt` an den Standarddrucker:

```
% lpr doc.txt
% cat doc.txt | lpr
```

Drucker können auch mit `-P` ausgewählt werden. Um auf einen Drucker namens *laser* zu drucken:

```
% lpr -Plaser doc.txt
```

10.5.3. Filter

In den bisher gezeigten Beispielen wurde lediglich eine Textdatei an den Drucker gesendet. Solange der Drucker den Inhalt dieser Dateien versteht, wird die Ausgabe korrekt gedruckt werden.

Einige Drucker sind nicht in der Lage einfachen Text zu drucken. Es kann sogar sein, dass die Eingabedatei gar keinen Text enthält.

Mit Hilfe von *Filtern* können Dateien übersetzt oder verarbeitet werden. Ein typischer Anwendungsfall ist die Umwandlung der Eingabedaten in ein Format, das der Drucker verstehen kann, wie bspw. PostScript® oder PCL. Filter können auch verwendet werden um zusätzliche Funktionen hinzuzufügen, wie bspw. Seitenzahlen oder das Hervorheben von Quellcode, um die Lesbarkeit zu verbessern.

Die hier beschriebenen Filter werden *Eingabefilter* oder auch *Textfilter* genannt. Diese Filter übersetzen die eingehende Datei in verschiedene Formen. Werden Sie mit `su(1)` zu `root`, bevor Sie die Dateien erstellen.

Filter werden in `/etc/printcap` mit der Kennung `if=` festgelegt. Um `/usr/local/libexec/lf2crlf` als Filter einzusetzen, bearbeiten Sie `/etc/printcap` wie folgt:

```
lp:\
:lp=/dev/unlpt0:\
:sh:\
:mx#0:\
:sd=/var/spool/lpd/lp:\
:if=/usr/local/libexec/lf2crlf:\ ❶
:lf=/var/log/lpd-errs:
```

❶ `if=` identifiziert den Eingangsfilter, der auf den eingehenden Text angewendet werden soll.



Tipp

Der Backslash am Ende der Zeilen zeigt an, dass ein Eintrag für einen Drucker wirklich nur eine Zeile ist, in der die einzelnen Einträge durch einen Doppelpunkt getrennt sind. Das Beispiel hätte man auch wie folgt schreiben können:

```
lp:lp=/dev/unlpt0:sh:mx#0:sd=/var/spool/lpd/lp:if=/usr/local/libexec/
lf2crlf:lf=/var/log/lpd-errs:
```

10.5.3.1. Den Treppeneffekt verhindern

Typische Textdateien enthalten einen Zeilenvorschub am Ende jeder Zeile. Diese Zeilen erzeugen auf dem Drucker einen „Treppeneffekt“:

```
A printed file looks
      like the steps of a staircase
                                scattered by the wind
```

Ein Filter kann Zeilenumbrüche in Wagenrückläufe und Zeilenumbrüche konvertieren. Erstellen Sie `/usr/local/libexec/lf2crlf` mit folgendem Inhalt:

```
#!/bin/sh
CR=$'\r'
/usr/bin/sed -e "s/${CR}/g"
```

Setzen Sie die Berechtigungen und machen Sie die Datei ausführbar:

```
# chmod 555 /usr/local/libexec/lf2crlf
```

Passen Sie `/etc/printcap` an, so dass der neue Filter verwendet wird:

```
:if=/usr/local/libexec/lf2crlf:\
```

Drucken Sie nochmal die gleiche Datei, um den Filter zu testen.

10.5.3.2. Mit `print/enscript` normalen Text auf PostScript®-Druckern drucken

GNU Enscript wandelt Textdateien in formatiertes PostScript® um, die dann auf PostScript®-Druckern gedruckt werden können. Das Programm fügt auch Seitenzahlen und Zeilenumbrüche hinzu und stellt andere Funktionen bereit, um gedruckte Textdateien besser lesbar zu machen. Abhängig vom Papierformat können Sie entweder `print/enscript-letter` oder `print/enscript-a4` aus der Ports-Sammlung installieren.

Erstellen Sie `/usr/local/libexec/enscript` mit diesem Inhalt:

```
#!/bin/sh
/usr/local/bin/enscript -o -
```

Setzen Sie die Berechtigungen und machen Sie die Datei ausführbar:

```
# chmod 555 /usr/local/libexec/enscript
```

Bearbeiten Sie `/etc/printcap` um den neuen Filter zu verwenden:

```
:if=/usr/local/libexec/enscript:\
```

Testen Sie den Filter, indem Sie eine einfache Textdatei drucken.

10.5.3.3. PostScript® auf PCL-Druckern drucken

Viele Programme erzeugen PostScript®-Dokumente. Allerdings können kostengünstige Drucker oft nur Textdateien oder PCL verstehen. Dieser Filter wandelt PostScript®-Dateien in PCL um, bevor die Datei an den Drucker geschickt wird. Installieren Sie den Ghostscript PostScript® Interpreter `print/ghostscript9` aus der Ports-Sammlung.

Erstellen Sie `/usr/local/libexec/ps2pcl` mit diesem Inhalt:

```
#!/bin/sh
/usr/local/bin/gs -dSAFER -dNOPAUSE -dBATCH -q -sDEVICE=ljet4 -sOutputFile=- -
```

Setzen Sie die Berechtigungen und machen Sie die Datei ausführbar:

```
# chmod 555 /usr/local/libexec/ps2pcl
```

Die PostScript®-Eingabe wird von dem Skript erst in PCL umgewandelt, bevor es an den Drucker geschickt wird.

Bearbeiten Sie `/etc/printcap` um den neuen Filter zu verwenden:

```
:if=/usr/local/libexec/ps2pcl:\
```

Testen Sie den Filter mit einem kleinen PostScript®-Programm.

```
% printf "%!\PS \n /Helvetica findfont 18 scalefont setfont \
72 432 moveto (PostScript printing successful.) show showpage \004" | lpr
```

10.5.3.4. Intelligente Filter

Ein Filter kann sehr nützlich sein, wenn er die Eingabe erkennt und sie automatisch in ein für den Drucker verständliches Format umwandelt. Die ersten beiden Zeichen in einer PostScript®-Datei sind in der Regel `%!.` Ein Filter ist in der Lage diese beiden Zeichen zu erkennen. PostScript®-Dateien können unverändert an einen PostScript®-Drucker geschickt werden. Textdateien können, wie eben gezeigt, mit Enscript in PostScript® umgewandelt werden. Erstellen Sie `/usr/local/libexec/psif` mit diesem Inhalt:

```
#!/bin/sh
#
# psif - Print PostScript or plain text on a PostScript printer
#
IFS="" read -r first_line
first_two_chars=`expr "$first_line" : '\(..\)'`

case "$first_two_chars" in
%!)
    # %! : PostScript job, print it.
    echo "$first_line" && cat && exit 0
    exit 2
    ;;
*)
    # otherwise, format with enscript
    ( echo "$first_line"; cat ) | /usr/local/bin/enscript -o - && exit 0
    exit 2
    ;;
esac
```

Setzen Sie die Berechtigungen und machen Sie die Datei ausführbar:

```
# chmod 555 /usr/local/libexec/psif
```

Bearbeiten Sie `/etc/printcap` um den neuen Filter zu verwenden:

```
:if=/usr/local/libexec/psif:\
```

Um den Filter zu testen, drucken Sie PostScript®- und einfache Textdateien.

10.5.3.5. Weitere intelligente Filter

Einen Filter zu schreiben, der verschiedene Arten von Eingaben erkennen und formatieren kann, ist eine große Herausforderung. [print/aspfiler](http://www.aspfiler.org) aus der Ports-Sammlung ist auch ein intelligenter Filter, der Dutzende Dateitypen automatisch in eine für den Drucker verständliche PDL umwandeln kann. Weitere Details finden Sie auf <http://www.aspfiler.org>.

10.5.4. Mehrere Warteschlangen

Die Einträge in `/etc/printcap` sind nichts anderes als Definitionen von Warteschlangen. Für jeden Drucker können eine oder mehrere Warteschlangen definiert werden. Kombiniert mit Filtern bieten mehrere Warteschlangen eine bessere Kontrolle über die Druckaufträge.

Als Beispiel dient ein vernetzter PostScript®-Laserdrucker in einem Büro. Die meisten Benutzer möchten einfache Textdateien drucken, aber ein paar fortgeschrittene Anwender sollen in der Lage sein, PostScript®-Dateien direkt zu drucken. Hierfür werden zwei Einträge für den Drucker in `/etc/printcap` erstellt:

```
textprinter:\
:lp=9100@officelaser:\
:sh:\
:mx#0:\
:sd=/var/spool/lpd/textprinter:\
:if=/usr/local/libexec/enscript:\
:lf=/var/log/lpd-errs:
```

```
psprinter:\
:lp=9100@officelaser:\
:sh:\
:mx#0:\
:sd=/var/spool/lpd/psprinter:\
:lf=/var/log/lpd-errs:
```

Dokumente, die zum textprinter geschickt werden, werden wie im vorherigen Beispiel durch den Filter `/usr/local/libexec/enscript` formatiert. Fortgeschrittene Anwender können PostScript®-Dateien direkt auf dem Drucker psprinter drucken, wo keine Filterung stattfindet.

Mit mehreren Warteschlangen können Sie einen direkten Zugriff auf alle Arten von Druckerfunktionen zur Verfügung stellen. Ein Duplex-Drucker könnte zwei Warteschlangen verwenden, eine für den gewöhnlichen Druck und eine für den Duplexdruck.

10.5.5. Druckaufträge steuern und überwachen

Es stehen verschiedene Programme zur Verfügung um Druckaufträge zu überwachen und den Druckbetrieb zu steuern.

10.5.5.1. lpq(1)

`lpq(1)` zeigt den Status der Druckaufträge des Benutzers an. Druckaufträge anderer Benutzer werden nicht angezeigt.

Dieser Befehl zeigt die anstehenden Druckaufträge eines Benutzers für einen Drucker an:

```
% lpq -Plp
Rank  Owner      Job  Files                Total Size
1st   jsmith      0   (standard input)    12792 bytes
```

Der folgende Befehl zeigt die anstehenden Druckaufträge eines Benutzers für alle Drucker an:

```
% lpq -a
lp:
Rank  Owner      Job  Files                Total Size
1st   jsmith      1   (standard input)    27320 bytes

laser:
Rank  Owner      Job  Files                Total Size
1st   jsmith     287  (standard input)    22443 bytes
```

10.5.5.2. lprm(1)

Mit `lprm(1)` können Druckaufträge gelöscht werden. Normale Benutzer dürfen lediglich ihre eigenen Aufträge löschen. root kann hingegen jeden beliebigen Auftrag löschen.

Dieser Befehl löscht alle anstehenden Druckaufträge eines Druckers:

```
# lprm -Plp -
dfA002smithy dequeued
cfA002smithy dequeued
dfA003smithy dequeued
cfA003smithy dequeued
dfA004smithy dequeued
cfA004smithy dequeued
```

Mit dem folgenden Befehl löschen Sie einen bestimmten Druckauftrag. Benutzen Sie `lpq(1)`, um die Nummer des Auftrags zu finden.

```
% lpq
Rank  Owner      Job  Files                Total Size
1st   jsmith      5   (standard input)    12188 bytes
% lprm -Plp 5
```

```
dfA005smithy dequeued
cfA005smithy dequeued
```

10.5.5.3. lpc(8)

Mit [lpc\(8\)](#) kann der Druckerstatus überprüft und verändert werden. `lpc` wird zusammen mit einem Kommando und optional mit einem Druckernamen aufgerufen. Mit `all` können alle Drucker angesprochen werden, auf denen das Kommando ausgeführt werden soll. Normale Benutzer können sich den Status mit [lpc\(8\)](#) ansehen. Nur `root` darf Kommandos ausführen, die den Status des Druckers verändern.

Dieser Befehl zeigt den Status von allen Druckern an:

```
% lpc status all
lp:
  queuing is enabled
  printing is enabled
  1 entry in spool area
  printer idle
laser:
  queuing is enabled
  printing is enabled
  1 entry in spool area
  waiting for laser to come up
```

Der Drucker kann die Annahme neuer Druckaufträge verweigern. Anschließend sollen Aufträge wieder akzeptiert werden:

```
# lpc stop lp
lp:
  printing disabled
# lpc start lp
lp:
  printing enabled
  daemon started
```

Starten Sie den Drucker nach einem Fehler neu:

```
# lpc restart lp
lp:
  no daemon to abort
  printing enabled
  daemon restarted
```

Schalten Sie die Warteschlange aus und deaktivieren Sie den Druck. Sie können den Benutzern gleichzeitig eine Nachricht hinterlassen:

```
# lpc down lp Ersatzteile werden am Montag ankommen
lp:
  printer and queuing disabled
  status message is now: Ersatzteile werden am Montag ankommen
```

Reaktivieren Sie den Drucker:

```
# lpc up lp
lp:
  printing enabled
  daemon started
```

Weitere Kommandos und Optionen finden Sie in [lpc\(8\)](#).

10.5.6. Gemeinsam genutzte Drucker

In Unternehmen und Schulen werden Drucker häufig von mehreren Benutzern genutzt. Es werden zusätzliche Funktionen angeboten, um die gemeinsame Nutzung von Druckern zu erleichtern.

10.5.6.1. Aliase

Der Druckername wird in der ersten Zeile von `/etc/printcap` festgelegt. Weitere Namen oder *Aliase* können nach dem Druckernamen hinzugefügt werden. Aliase werden vom Namen durch das Pipe-Zeichen `|` getrennt:

```
lp|repairsprinter |salesprinter :\
```

Anstelle des Druckernamens können Aliase verwendet werden. Zum Beispiel können Mitarbeiter der Verkaufsabteilung wie folgt auf ihren Drucker drucken:

```
% lpr -Psalesprinter sales-report.txt
```

Mitarbeiter der Reparaturabteilung drucken auf dem Drucker mit:

```
% lpr -Prepairsprinter repairs-report.txt
```

Alle Dokumente werden auf diesem einen Drucker gedruckt. Wenn die Verkaufsabteilung größer wird und die Abteilung einen eigenen Drucker benötigt, kann der Alias entfernt und für einen neuen Drucker verwendet werden. Die Mitarbeiter in beiden Abteilungen benutzen zum Drucken weiterhin die gleichen Befehle, nur dass die Aufträge der Verkaufsabteilung jetzt zum neuen Drucker gesendet werden.

10.5.6.2. Deckblätter

Bei einem viel benutzten Drucker kann es für die Anwender schwierig sein, ihre Dokumente in einem großen Papierstapel wiederzufinden. Um dieses Problem zu lösen, können *Deckblätter* verwendet werden. Dabei wird vor jedem Druckauftrag ein Deckblatt mit dem Benutzernamen und dem Dokumentnamen gedruckt. Deckblätter werden manchmal auch als *Banner* oder *Trennseite* bezeichnet.

Das Aktivieren der Deckblätter hängt davon ab, ob der Drucker direkt über ein USB, paralleles oder serielles Kabel, oder über ein Netzwerk mit dem Rechner verbunden ist.

Wenn der Drucker direkt verbunden ist, aktivieren Sie die Deckblätter durch Entfernen der Zeile `:sh:\` (*Supress Header*) in `/etc/printcap`. Diese Deckblätter verwenden lediglich einen Zeilenvorschub für neue Zeilen. Einige Drucker benötigen den Filter `/usr/share/examples/printing/hpif` um den Treppeneffekt zu vermeiden. Der Filter konfiguriert PCL-Drucker so, dass sowohl Zeilenumbrüche als auch Zeilenvorschübe verwendet werden, wenn ein Zeilenvorschub empfangen wird.

Für Netzwerkdrucker müssen Deckblätter auf dem Drucker selbst konfiguriert werden, da Einträge für Deckblätter in `/etc/printcap` ignoriert werden. Die Einstellungen sind über einen Webbrowser zugänglich und stehen in der Regel auf der Hauptseite der Konfigurations-Webseite zur Verfügung.

10.5.7. Referenzen

Beispieldateien: `/usr/share/examples/printing/`.

Das *4.3BSD Line Printer Spooler Manual*, `/usr/share/doc/smm/07.lpd/paper.ascii.gz`.

Manualpages: [printcap\(5\)](#), [lpd\(8\)](#), [lpr\(1\)](#), [lpc\(8\)](#), [lprm\(1\)](#), [lpq\(1\)](#).

10.6. Andere Drucksysteme

Neben dem in FreeBSD enthaltenen [lpd\(8\)](#) existieren noch weitere Drucksysteme. Diese Systeme bieten zusätzliche Funktionen und Unterstützung für andere Protokolle.

10.6.1. CUPS (Common UNIX® Printing System)

CUPS ist ein beliebtes Drucksystem, das für viele Betriebssysteme erhältlich ist. CUPS unter FreeBSD wird in einem separaten Artikel beschrieben: [CUPS on FreeBSD](#).

10.6.2. HPLIP

Hewlett Packard stellt ein Drucksystem zur Verfügung, das viele ihrer Drucker unterstützt. Der Port heißt `print/hplip`. Die Webseite befindet sich unter <http://hplipopensource.com/hplip-web/index.html>. Der FreeBSD-Port kümmert sich um alle Details während der Installation. Informationen zur Konfiguration finden Sie unter http://hplipopensource.com/hplip-web/install/manual/hp_setup.html.

10.6.3. LPRng

LPRng wurde als eine verbesserte Alternative zu `lpd(8)` entwickelt. Der Port heißt `sysutils/LPRng`. Weitere Informationen und Dokumentation finden Sie unter <http://www.lprng.com/>.

Kapitel 11. Linux®-Binärkompatibilität

Restrukturiert und teilweise aktualisiert von Jim Mock.
Beigetragen von Brian N. Handy und Rich Murphey.
Übersetzt von Johann Kois.

11.1. Übersicht

FreeBSD bietet 32-Bit-Binärkompatibilität zu Linux®, so dass Benutzer 32-Bit Linux® Anwendungen auf einem FreeBSD-System installieren und ausführen können, ohne die Binärdatei ändern zu müssen. Es wurde sogar berichtet, dass in einigen Situationen die 32-Bit Linux® Anwendungen auf FreeBSD besser laufen als unter Linux®.

Allerdings werden einige Linux®-spezifischen Merkmale nicht von FreeBSD unterstützt. Linux®-Anwendungen, die i386™-spezifische Aufrufe, wie bspw. die Aktivierung des virtuellen 8086-Modus verwenden, werden derzeit nicht unterstützt.

Nach dem Lesen dieses Kapitels werden Sie wissen:

- Wie Sie die Linux®-Binärkompatibilität aktivieren.
- Wie zusätzliche Linux®-Systembibliotheken installiert werden.
- Wie Sie Linux®-Anwendungen unter FreeBSD installieren.
- Wie die Linux®-Binärkompatibilität unter FreeBSD implementiert ist.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie wissen:

- Wie Sie [Software von Drittanbietern installieren](#).

11.2. Konfiguration der Linux®-Binärkompatibilität

Die Linux®-Binärkompatibilität ist per Voreinstellung nicht aktiviert und auch Linux®-Bibliotheken werden nicht installiert. Linux®-Bibliotheken können entweder manuell, oder aus der FreeBSD Ports-Sammlung installiert werden.

Bevor Sie versuchen den Port zu bauen, laden Sie das Linux®-Kernelmodul, da ansonsten der Bau fehlschlägt:

```
# kldload linux
```

Prüfen Sie, ob das Modul geladen wurde:

```
% kldstat
Id Refs Address      Size      Name
  1    2 0xc0100000 16bdb8    kernel
  7    1 0xc24db000 d000      linux.ko
```

Der einfachste Weg um einen Basissatz von Linux®-Bibliotheken und Binärdateien auf einem FreeBSD-System zu installieren, ist über den Port oder das Paket [emulators/linux_base-c6](#). So installieren Sie das Paket:

```
# printf "compat.linux.osrelease=2.6.18\n" >> /etc/sysctl.conf
# sysctl compat.linux.osrelease=2.6.18
# pkg install emulators/linux_base-c6
```

Wollen Sie die Linux®-Binärkompatibilität beim Systemstart aktivieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
linux_enable="YES"
```

Benutzer, die es vorziehen, Linux®-Binärkompatibilität statisch in den Kernel zu linkern, müssen `options COMPAT_LINUX` in die Kernelkonfigurationsdatei aufnehmen und anschließend einen neuen Kernel installieren. Dies ist in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben.

11.2.1. Manuelle Installation zusätzlicher Bibliotheken

Wenn sich eine Linux®-Anwendung über fehlende Bibliotheken beschwert nachdem die Linux®-Binärkompatibilität installiert wurde, finden Sie heraus welche Bibliotheken die Anwendung benötigt und installieren Sie diese manuell.

Mit `ldd` können Sie unter Linux® bestimmen, welche gemeinsam benutzten Bibliotheken eine Anwendung benötigt. Wenn Sie herausfinden wollen, welche Bibliotheken `linuxdoom` benötigt, können Sie folgenden Befehl auf einem Linux®-System ausführen, welches Doom installiert hat:

```
% ldd linuxdoom
libXt.so.3 (DLL Jump 3.1) => /usr/X11/lib/libXt.so.3.1.0
libX11.so.3 (DLL Jump 3.1) => /usr/X11/lib/libX11.so.3.1.0
libc.so.4 (DLL Jump 4.5pl26) => /lib/libc.so.4.6.29
```

Kopieren Sie alle Dateien aus der letzten Spalte der Ausgabe von einem Linux®-System auf das FreeBSD-System in das Verzeichnis `/compat/linux`. Nach dem Kopieren erstellen Sie symbolische Links auf die Namen in der ersten Spalte. In diesem Beispiel werden folgende Dateien auf dem FreeBSD-System installiert:

```
/compat/linux/usr/X11/lib/libXt.so.3.1.0
/compat/linux/usr/X11/lib/libXt.so.3 -> libXt.so.3.1.0
/compat/linux/usr/X11/lib/libX11.so.3.1.0
/compat/linux/usr/X11/lib/libX11.so.3 -> libX11.so.3.1.0
/compat/linux/lib/libc.so.4.6.29
/compat/linux/lib/libc.so.4 -> libc.so.4.6.29
```

Wenn Sie bereits eine Linux®-Bibliothek einer zur ersten Spalte passenden Hauptversionsnummer besitzen, muss sie nicht mehr kopiert werden, da die bereits vorhandene Version funktionieren sollte. Hat die Bibliothek jedoch eine neuere Versionsnummer, sollten Sie sie dennoch kopieren. Sie können die alte Version löschen, solange Sie einen symbolischen Link auf die neue Version anlegen.

Folgende Bibliotheken existieren bereits auf dem FreeBSD-System:

```
/compat/linux/lib/libc.so.4.6.27$
/compat/linux/lib/libc.so.4 -> libc.so.4.6.27
```

`ldd` zeigt an, dass eine Anwendung eine neuere Version benötigt:

```
libc.so.4 (DLL Jump 4.5pl26) -> libc.so.4.6.29
```

Wenn diese Bibliotheken sich nur um ein oder zwei Stellen in der Unterversionsnummer unterscheiden, sollte das Programm dennoch mit der älteren Version funktionieren. Wenn Sie wollen, können Sie die bestehende `libc.so` durch die neuere Version ersetzen:

```
/compat/linux/lib/libc.so.4.6.29
/compat/linux/lib/libc.so.4 -> libc.so.4.6.29
```

Der Mechanismus der symbolischen Links wird nur für Linux®-Binärdateien benötigt. Nach einer Weile wird es eine ausreichende Menge an Linux®-Bibliotheken auf dem System geben, sodass Sie neu installierte Linux®-Anwendungen ohne zusätzlichen Aufwand auf dem System laufen lassen können.

11.2.2. Linux® ELF-Binärdateien installieren

ELF-Binärdateien benötigen manchmal eine zusätzliche „Kennzeichnung“. Wenn Sie versuchen, eine nicht gekennzeichnete ELF-Binärdatei auszuführen, werden Sie eine Fehlermeldung ähnlich der folgenden erhalten:

```
% ./my-linux-elf-binary
ELF binary type not known
Abort
```

Damit der FreeBSD-Kernel eine Linux®-ELF-Datei von einer FreeBSD-ELF-Datei unterscheiden kann, gibt es das Werkzeug [brandelf\(1\)](#).

```
% brandelf -t Linux my-linux-elf-binary
```

Die GNU Werkzeuge schreiben nun automatisch die passende Kennzeichnungsinformation in die ELF-Binärdateien, so dass Sie diesen Schritt in Zukunft nur noch selten benötigen.

11.2.3. Installieren einer RPM-basierten Linux®-Anwendung

Wenn Sie eine Linux® RPM-basierte Anwendung installieren möchten, installieren Sie zunächst den Port oder das Paket [archivers/rpm4](#). Anschließend kann der Superuser das folgende Kommando benutzen, um ein `.rpm` zu installieren:

```
# cd /compat/linux
# rpm2cpio < /pfad/zum/linux.archiv.rpm | cpio -id
```

Fall notwendig, benutzen Sie `brandelf` auf den installierten ELF-Binärdateien. Beachten Sie, dass dies eine saubere Deinstallation verhindert.

11.2.4. Namensauflösung konfigurieren

Wenn DNS nicht funktioniert, oder die folgende Fehlermeldung erscheint:

```
resolv+: "bind" is an invalid keyword resolv+:
"hosts" is an invalid keyword
```

müssen Sie `/compat/linux/etc/host.conf` wie folgt bearbeiten:

```
order hosts, bind
multi on
```

Diese Reihenfolge legt fest, dass zuerst `/etc/hosts` und anschließend DNS durchsucht werden. Wenn `/compat/linux/etc/host.conf` nicht vorhanden ist, nutzen Linux®-Anwendungen `/etc/host.conf` und beschweren sich über die inkompatible FreeBSD-Syntax. Wenn Sie in `/etc/resolv.conf` keinen Nameserver konfiguriert haben, sollten Sie den Eintrag `bind` entfernen.

11.3. Weiterführende Themen

Dieser Abschnitt beschreibt wie die Linux®-Binärkompatibilität funktioniert. Die folgenden Informationen stammen aus einer E-Mail, die von Terry Lambert (tlambert@primenet.com) an [FreeBSD chat](#) geschrieben wurde (Message ID: <199906020108.SAA07001@usr09.primenet.com>).

FreeBSD verfügt über eine „execution class loader“ genannte Abstraktion. Dabei handelt es sich um einen Eingriff in den [execve\(2\)](#) Systemaufruf.

Historisch gesehen untersuchte der einzige, auf UNIX®-Plattformen vorhandene Lader die „magische Zahl“ (in der Regel die ersten 4 oder 8 Bytes der Datei), um festzustellen, ob der Binärtyp dem System bekannt war. War dies der Fall, wurde der Binärlader aufgerufen.

Wenn es sich nicht um den zum System gehörigen Binärtyp handelte, gab `execve(2)` einen Fehler zurück, und die Shell versuchte stattdessen, die Datei als Shell-Befehl auszuführen. Dabei wurde als Standardeinstellung „was auch immer die aktuelle Shell ist“ festgelegt.

Später wurde ein Hack in `sh(1)` eingefügt, der die zwei ersten Zeichen untersuchte. Wenn diese `:\n` entsprachen, wurde stattdessen die `csh(1)`-Shell aufgerufen.

FreeBSD verfügt über eine Liste von Ladern, anstelle eines einzigen, auf `#!` zurückgreifenden Laders, um Shell-Interpreter oder Shell-Skripte auszuführen.

Für die Linux® ABI-Unterstützung erkennt FreeBSD die magische Zahl als ELF-Binärdatei. Der ELF-Lader sucht nach einer speziellen *Kennzeichnung*, die aus einem Kommentarabschnitt in der ELF-Datei besteht, und die in SVR4/Solaris™ ELF Binärdateien nicht vorhanden ist.

Damit Linux®-Binärdateien unter FreeBSD funktionieren, müssen sie mit `brandelf(1)` als Linux *gekennzeichnet* werden:

```
# brandelf -t Linux file
```

Wenn der ELF-Lader die Linux-Kennzeichnung sieht, wird ein Zeiger in der `proc`-Struktur ersetzt. Alle Systemaufrufe werden durch diesen Zeiger indiziert. Der Prozess wird weiterhin speziell gekennzeichnet, so dass der Trap-vector im Signal-trampoline-code eine spezielle Behandlung erfährt und das Linux®-Kernelmodul verschiedene kleinere Korrekturen vornehmen kann.

Der Linux®-Systemaufrufvektor enthält neben anderen Dingen eine Liste der `sysent[]`-Einträge, deren Adressen sich im Kernelmodul befinden.

Wenn ein Linux®-Programm einen Systemaufruf ausführt, dereferenziert die Trap-Behandlungsroutine den Zeiger für den Systemaufruf aus der `proc`-Struktur und erhält damit die Linux®-Eintrittspunkte für den Systemaufruf.

Zusätzlich *verändert* der Linux®-Modus die Systempfade dynamisch; genauso, wie dies die Option `union` beim Einbinden von Dateisystemen macht. Zuerst wird die Datei im Verzeichnis `/compat/Linux/Originalpfad` gesucht, wenn sie dort nicht gefunden wurde, wird sie im Verzeichnis `/Originalpfad` gesucht. Dadurch wird sichergestellt, dass Binärdateien, die zur Ausführung andere Binärdateien benötigen, ausgeführt werden können (so dass alle Linux®-Werkzeuge unter der ABI laufen). Dies bedeutet auch, dass Linux®-Binärdateien FreeBSD-Binärdateien laden und ausführen können, wenn keine passenden Linux®-Binärdateien vorhanden sind. Ein in `/compat/Linux` platziertes `uname(1)` kann damit Linux®-Programmen vorgaukeln, dass sie auf einem Linux®-System laufen.

Im Endeffekt gibt es einen Linux®-Kernel innerhalb des FreeBSD-Kernels. Die Sprungtabellen für Linux®- beziehungsweise FreeBSD-Systemaufrufe verweisen allerdings auf dieselben Funktionen, die Kerneldienste wie Dateisystemoperationen, Operationen für den virtuellen Speicher, Signalübermittlung und System V IPC bereitstellen. Der einzige Unterschied ist, dass Binärdateien unter FreeBSD FreeBSD-*glue*-Funktionen verwendet werden. Linux®-Binärdateien hingegen verwenden die Linux®-*glue*-Funktionen. FreeBSD-*glue*-Funktionen sind statisch in den Kernel gelinkt, Linux®-*glue*-Funktionen sind statisch gelinkt oder können über ein ladbares Kernelmodul eingebunden werden.

Technisch gesehen ist dies nicht wirklich eine Emulation, sondern eine ABI-Implementation. Es wird manchmal „Linux® Emulation“ genannt, da es zu einer Zeit implementiert wurde, in der es kein anderes Wort gab, das beschrieb, was vor sich ging. Es war falsch zu behaupten, FreeBSD würde Linux®-Binärprogramme ausführen, da der Code nicht unter FreeBSD übersetzt wurde.

Teil III. Systemadministration

Die restlichen Kapitel behandeln alle Aspekte der FreeBSD Systemadministration. Am Anfang jedes Kapitels finden Sie eine Zusammenfassung, die beschreibt, was Sie nach dem Durcharbeiten des Kapitels gelernt haben. Weiterhin werden die Voraussetzungen beschrieben, die für das Durcharbeiten des Kapitels erforderlich sind.

Diese Kapitel sollten Sie lesen, wenn Sie die Informationen darin benötigen. Sie brauchen Sie nicht in einer bestimmten Reihenfolge zu lesen, noch müssen Sie die Kapitel lesen, bevor Sie anfangen, FreeBSD zu benutzen.

Inhaltsverzeichnis

12. Konfiguration und Tuning	265
12.1. Übersicht	265
12.2. Start von Diensten	265
12.3. cron(8) konfigurieren	266
12.4. Dienste unter FreeBSD verwalten	268
12.5. Einrichten von Netzwerkkarten	270
12.6. Virtual Hosts	275
12.7. Konfiguration der Systemprotokollierung	275
12.8. Konfigurationsdateien	281
12.9. Einstellungen mit sysctl(8)	283
12.10. Tuning von Laufwerken	284
12.11. Einstellungen von Kernel Limits	287
12.12. Hinzufügen von Swap-Bereichen	290
12.13. Energie- und Ressourcenverwaltung	291
12.14. ACPI-Fehlersuche	292
13. FreeBSDs Bootvorgang	299
13.1. Übersicht	299
13.2. Das Problem des Bootens	299
13.3. Boot-Manager und Boot-Phasen	300
13.4. Kernel Interaktion während des Bootprozesses	305
13.5. Konfiguration von Geräten	306
13.6. Init: Initialisierung der Prozess-Kontrolle	306
13.7. Der Shutdown-Vorgang	307
14. Sicherheit	309
14.1. Übersicht	309
14.2. Einführung	309
14.3. Einmalpasswörter	316
14.4. TCP Wrapper	318
14.5. Kerberos	320
14.6. OpenSSL	326
14.7. VPN mit IPsec	329
14.8. OpenSSH	334
14.9. Zugriffskontrolllisten für Dateisysteme (ACL)	339
14.10. Sicherheitsprobleme in Software von Drittanbietern überwachen	340
14.11. FreeBSD Sicherheitshinweise	341
14.12. Prozess-Überwachung	345
14.13. Einschränkung von Ressourcen	345
15. Jails	349
15.1. Übersicht	349
15.2. Jails - Definitionen	350
15.3. Einrichtung und Verwaltung von Jails	350
15.4. Feinabstimmung und Administration	352
15.5. Mehrere Jails aktualisieren	353
15.6. Verwaltung von Jails mit ezjail	358
16. Verbindliche Zugriffskontrolle	367
16.1. Übersicht	367
16.2. Schlüsselbegriffe	368
16.3. Erläuterung	369
16.4. MAC Labels verstehen	370
16.5. Planung eines Sicherheitsmodells	375
16.6. Modulkonfiguration	375
16.7. Das MAC Modul seeotheruids	375
16.8. Das MAC Modul bsdextended	376
16.9. Das MAC Modul ifoff	377
16.10. Das MAC Modul portacl	377
16.11. Das MAC Modul partition	379

16.12. Das MAC Modul Multi-Level Security	380
16.13. Das MAC Modul Biba	381
16.14. Das MAC Modul LOMAC	383
16.15. Beispiel 1: Nagios in einer MAC Jail	383
16.16. Beispiel 2: User Lock Down	386
16.17. Fehler im MAC beheben	387
17. Security Event Auditing	389
17.1. Einleitung	389
17.2. Schlüsselbegriffe	390
17.3. Audit Konfiguration	390
17.4. Audit-Trails	394
18. Speichermedien	397
18.1. Übersicht	397
18.2. Hinzufügen von Laufwerken	397
18.3. Partitionen vergrößern	398
18.4. USB Speichermedien	400
18.5. Erstellen und Verwenden von CDs	403
18.6. DVDs benutzen	408
18.7. Disketten benutzen	413
18.8. Datensicherung	413
18.9. Speicherbasierte Laufwerke	417
18.10. Schnappschüsse von Dateisystemen	419
18.11. Disk Quotas	420
18.12. Partitionen verschlüsseln	422
18.13. Den Auslagerungsspeicher verschlüsseln	427
18.14. Highly Available Storage (HAST)	428
19. GEOM: Modulares Framework zur Plattentransformation	435
19.1. Übersicht	435
19.2. RAID0 - Striping	435
19.3. RAID1 - Spiegelung	437
19.4. RAID3 - Byte-Level Striping mit dedizierter Parität	444
19.5. Software RAID	446
19.6. GEOM Gate Netzwerk	449
19.7. Das Labeln von Laufwerken	450
19.8. UFS Journaling in GEOM	452
20. Das Z-Dateisystem (ZFS)	455
20.1. Was ZFS anders macht	455
20.2. Schnellstartanleitung	455
20.3. zpool Administration	460
20.4. zfs Administration	475
20.5. Delegierbare Administration	491
20.6. Themen für Fortgeschrittene	491
20.7. Zusätzliche Informationen	494
20.8. ZFS-Eigenschaften und Terminologie	494
21. Dateisystemunterstützung	507
21.1. Übersicht	507
21.2. Linux® Dateisysteme	507
22. Virtualisierung	509
22.1. Übersicht	509
22.2. FreeBSD als Gast-Betriebssystem	509
22.3. FreeBSD als Host mit Virtualbox	531
22.4. FreeBSD als Host mit bhyve	533
23. Lokalisierung – I18N/L10N einrichten und benutzen	539
23.1. Übersicht	539
23.2. Lokale Anpassungen benutzen	539
23.3. I18N-Programme übersetzen	544
23.4. Lokalisierung für einzelne Sprachen	544
24. FreeBSD aktualisieren	549

24.1. Übersicht	549
24.2. FreeBSD-Update	549
24.3. Portsnap: Ein Werkzeug zur Aktualisierung der Ports-Sammlung	556
24.4. Aktualisieren der Dokumentationssammlung	557
24.5. Einem Entwicklungszweig folgen	561
24.6. Synchronisation der Quellen	564
24.7. Das komplette Basissystem neu bauen	564
24.8. Veralterte Dateien, Verzeichnisse und Bibliotheken löschen	578
24.9. Installation mehrerer Maschinen	579
25. DTrace	581
25.1. Überblick	581
25.2. Unterschiede in der Implementierung	582
25.3. Die DTrace Unterstützung aktivieren	582
25.4. DTrace verwenden	583

Kapitel 12. Konfiguration und Tuning

Geschrieben von Chern Lee.

Nach einem Tutorium von Mike Smith.

Basiert ebenfalls auf [tuning\(7\)](#) von Matt Dillon.

Übersetzt von Martin Heinen.

12.1. Übersicht

Die richtige Systemkonfiguration ist einer der wichtigsten Aspekte unter FreeBSD. Dieses Kapitel beschreibt die Konfiguration von FreeBSD sowie Maßnahmen zur Leistungssteigerung von FreeBSD-Systemen.

Nachdem Sie dieses Kapitel durchgearbeitet haben, werden Sie Folgendes wissen:

- Die Grundlagen der Konfiguration von `rc.conf` und die Skripte zum Starten von Anwendungen in `/usr/local/etc/rc.d`.
- Wie Sie Netzwerkkarten konfigurieren und testen.
- Wie Sie virtuelle Hosts und Netzwerkgeräte konfigurieren.
- Wie Sie die verschiedenen Konfigurationsdateien in `/etc` benutzen.
- Wie Sie mit FreeBSD mit [sysctl\(8\)](#)-Variablen einstellen können.
- Wie Sie die Platten-Performance einstellen und Kernel-Parameter modifizieren können.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- die Grundlagen von UNIX® und FreeBSD ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)) verstehen.
- Damit vertraut sein, wie Sie einen Kernel konfigurieren und kompilieren ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).

12.2. Start von Diensten

Beigetragen von Tom Rhodes.

Viele Benutzer installieren Software Dritter auf FreeBSD mithilfe der Ports-Sammlung. Häufig soll die Software bei einem Systemstart mitgestartet werden. Beispielsweise sollen die Dienste [mail/postfix](#) oder [www/apache22](#) nach einem Systemstart laufen. Dieser Abschnitt stellt die Startprozeduren für Software Dritter vor.

Unter FreeBSD werden die meisten der im System enthaltenen Dienste wie [cron\(8\)](#) mithilfe von Systemskripten gestartet.

12.2.1. Dienste über das `rc.d`-System starten

Mit `rc.d` lässt sich der Start von Anwendungen besser steuern und es sind mehr Funktionen verfügbar. Mit den in [Abschnitt 12.4, „Dienste unter FreeBSD verwalten“](#) besprochenen Schlüsselwörtern können Anwendungen in einer bestimmten Reihenfolge gestartet werden und Optionen können in `rc.conf` statt fest im Startskript der Anwendung festgelegt werden. Ein einfaches Startskript sieht wie folgt aus:

```
#!/bin/sh
#
# PROVIDE: utility
# REQUIRE: DAEMON
# KEYWORD: shutdown

. /etc/rc.subr

name=utility
rcvar=utility_enable

command="/usr/local/sbin/utility"

load_rc_config $name

#
# DO NOT CHANGE THESE DEFAULT VALUES HERE
# SET THEM IN THE /etc/rc.conf FILE
#
utility_enable=${utility_enable-"NO"}
pidfile=${utility_pidfile-"/var/run/utility.pid"}

run_rc_command "$1"
```

Dieses Skript stellt sicher, dass `utility` nach den `DAEMON`-Pseudodiensten gestartet wird. Es stellt auch eine Methode bereit, die Prozess-ID (PID) der Anwendung in einer Datei zu speichern.

In `/etc/rc.conf` könnte für diese Anwendung die folgende Zeile stehen:

```
utility_enable="YES"
```

Die Methode erleichtert den Umgang mit Kommandozeilenargumenten, bindet Funktionen aus `/etc/rc.subr` ein, ist kompatibel zu [rcorder\(8\)](#) und lässt sich über `rc.conf` leichter konfigurieren.

12.2.2. Andere Arten, um Dienste zu starten

Andere Dienste können über [inetd\(8\)](#) gestartet werden. Die Konfiguration von [inetd\(8\)](#) wird in [Abschnitt 29.2, „Der inetd „Super-Server““](#) ausführlich beschrieben.

Systemdienste können auch mit [cron\(8\)](#) gestartet werden. Dieser Ansatz hat einige Vorteile; nicht zuletzt, weil [cron\(8\)](#) die Prozesse unter dem Eigentümer der `crontab` startet, ist es möglich, dass Dienste von normalen Benutzern gestartet und gepflegt werden können.

Für die Zeitangabe in [cron\(8\)](#) kann `@reboot` eingesetzt werden. Damit wird das Kommando gestartet, wenn [cron\(8\)](#) kurz nach dem Systemboot gestartet wird.

12.3. cron(8) konfigurieren

Beigetragen von Tom Rhodes.

Ein sehr nützliches Werkzeug von FreeBSD ist `cron`. Dieses Programm läuft im Hintergrund und überprüft fortlaufend `/etc/crontab` und `/var/cron/tabs`. In diesen Dateien wird festgelegt, welche Programme zu welchem Zeitpunkt von `cron` ausgeführt werden sollen.

Das Werkzeug verwendet zwei verschiedene Konfigurationsdateien: die System-`crontab` und die Benutzer-`crontab`s. Der einzige Unterschied zwischen beiden Formaten ist das sechste Feld. In der System-`crontab` gibt das sechste Feld den Benutzer an, mit dem `cron` das Kommando ausführen wird. In einer Benutzer-`crontab` werden alle Kommandos unter dem Benutzer ausgeführt, welcher die `crontab` erstellt hat. Hier ist das sechste Feld das letzte Feld. Dies ist ein wichtiges Sicherheitsmerkmal. Das letzte Feld bezeichnet immer das Kommando, das ausgeführt werden soll.



Anmerkung

Benutzer können mit Benutzer-crontabs ohne root-Rechte Befehle terminieren. Die Kommandos in Benutzer-crontabs laufen unter dem Benutzer, der die crontab erstellt hat.

Der Benutzer root kann, wie jeder andere Benutzer, eine Benutzer-crontab besitzen. Die Benutzer-crontab von root ist nicht mit /etc/crontab, der System-crontab, zu verwechseln. Da die System-crontab die angegebenen Kommandos effektiv als root-Benutzer aufruft, besteht normalerweise keine Notwendigkeit eine eigene Benutzer-crontab für root zu erstellen.

Hier ist ein Beispieleintrag aus der System-crontab, /etc/crontab:

```
# /etc/crontab - root's crontab for FreeBSD
#
#$FreeBSD: head/de_DE.ISO8859-1/books/handbook/config/chapter.xml 48865 2016-05-27  3
19:44:57Z bhd $
# ❶
#
SHELL=/bin/sh
PATH=/etc:/bin:/sbin:/usr/bin:/usr/sbin ❷
#
#
#minute hour mday month wday who command ❸
#
*/5 * * * * root /usr/libexec/atrun ❹
```

- ❶ Das Zeichen # am Zeilenanfang leitet, wie in den meisten Konfigurationsdateien, einen Kommentar ein. Benutzen Sie Kommentare, um die Funktion eines Eintrags zu erläutern. Kommentare müssen in einer extra Zeile stehen. Sie können nicht in derselben Zeile wie ein Kommando stehen, da sie sonst Teil des Kommandos wären. Leerzeilen in dieser Datei werden ignoriert.
- ❷ Umgebungsvariablen werden mit dem Gleichheits-Zeichen (=) festgelegt. Im Beispiel werden die Variablen SHELL, PATH und HOME definiert. Wenn die Variable SHELL nicht definiert wird, benutzt cron die Bourne Shell. Wird die Variable PATH nicht gesetzt, müssen alle Pfadangaben absolut sein, da es keinen Vorgabewert für PATH gibt.
- ❸ In dieser Zeile werden sieben Felder beschrieben: minute, hour, mday, month, wday, who und command. Die ersten Felder legen den Zeitpunkt fest, an dem ein Kommando laufen soll. Das Feld minute legt die Minute fest, das Feld hour die Stunde, das Feld mday den Tag des Monats. Im Feld month wird der Monat und im Feld wday der Wochentag festgelegt. Alle Felder müssen numerische Werte enthalten und die Zeitangaben sind im 24-Stunden-Format. Das Zeichen * repräsentiert dabei alle möglichen Werte für dieses Feld. Das Feld who gibt es nur in der Datei /etc/crontab und gibt den Account an, unter dem das Kommando laufen soll. Im letzten Feld wird schließlich das auszuführende Kommando angegeben.
- ❹ Diese Zeile definiert die Zeitpunkte an denen atrun laufen soll. Dieses Beispiel verwendet die Zeichenfolge */5 gefolgt von mehreren *-Zeichen. Das Zeichen * ist ein Platzhalter und steht für jede mögliche Zeit. Diese Zeile führt /usr/libexec/atrun unter dem root-Account alle fünf Minuten aus.

Bei den Kommandos können beliebige Optionen angegeben werden. Wenn das Kommando zu lang ist und auf der nächsten Zeile fortgesetzt werden soll, muss am Ende der Zeile das Fortsetzungszeichen (\) angegeben werden.

Bis auf das sechste Feld, das den Account angibt, sieht jede [crontab\(5\)](#) so wie das Beispiel aus. Das sechste Feld existiert nur in der System-crontab. In den restlichen [crontab\(5\)](#)-Dateien fehlt dieses Feld.

12.3.1. crontab installieren



Wichtig

Die nachstehende Prozedur gilt nur für Benutzer-crontabs. Die System-crontab kann mit einem Editor bearbeitet werden. cron bemerkt, dass sich die Datei geändert hat und wird die neue Version benutzen. Lesen Sie bitte auch die FAQ zur Meldung [root: not found](#).

Eine Benutzer-crontab, beispielsweise die Datei `crontab-datei`, können Sie mit jedem Editor erstellen. Die Benutzer-crontab installieren Sie mit dem nachstehenden Befehl:

```
# crontab crontab-datei
```

Das Argument zum Befehl `crontab(5)` ist die vorher erstellte `crontab-datei`.

Der Befehl `crontab -l` zeigt die installierte crontab-Datei an.

Benutzer, die eine eigene crontab-Datei ohne Vorlage erstellen wollen, können den Befehl `crontab -e` verwenden. Dieser Befehl ruft einen Editor auf und installiert beim Verlassen des Editors die crontab-Datei.

Wollen Sie die installierte Benutzer-crontab entfernen, rufen Sie den `crontab -r`.

12.4. Dienste unter FreeBSD verwalten

Beigetragen von Tom Rhodes.

FreeBSD verwendet die vom `rc(8)`-System bereit gestellten Startskripten beim Systemstart und für die Verwaltung von Diensten. Die Skripte sind in `/etc/rc.d` abgelegt und bieten grundlegende Dienste an, die über die Optionen `start`, `stop` und `restart` des `service(8)` Kommandos kontrolliert werden können. Beispielsweise kann `sshd(8)` mit dem nachstehenden Kommando neu gestartet werden:

```
# service sshd restart
```

Analog können Sie andere Dienste starten und stoppen. Normalerweise werden die Dienste beim Systemstart über Einträge in der Datei `rc.conf(5)` automatisch gestartet. `natd(8)` wird zum Beispiel mit dem folgenden Eintrag in `/etc/rc.conf` aktiviert:

```
natd_enable="YES"
```

Wenn dort bereits die Zeile `natd_enable="NO"` existiert, ändern Sie `NO` in `YES`. Die `rc(8)`-Skripten starten, wie unten beschrieben, auch abhängige Dienste.

Da das `rc(8)`-System primär zum automatischen Starten und Stoppen von Systemdiensten dient, funktionieren die Optionen `start`, `stop` und `restart` nur, wenn die entsprechenden Variablen in `/etc/rc.conf` gesetzt sind. Beispielsweise funktioniert `sshd restart` nur dann, wenn in `/etc/rc.conf` die Variable `sshd_enable` auf `YES` gesetzt wurde. Wenn Sie die Optionen `start`, `stop` oder `restart` unabhängig von den Einstellungen in `/etc/rc.conf` benutzen wollen, müssen Sie den Optionen mit dem Präfix „one“ verwenden. Um beispielsweise `sshd` unabhängig von den Einstellungen in `/etc/rc.conf` neu zu starten, benutzen Sie das nachstehende Kommando:

```
# service sshd onerestart
```

Ob ein Dienst in `/etc/rc.conf` aktiviert ist, können Sie herausfinden, indem Sie das entsprechende `rc(8)`-Skript mit der Option `rcvar` aufrufen. Dieses Beispiel prüft, ob der `sshd`-Dienst in `/etc/rc.conf` aktiviert ist:

```
# service sshd rcvar
# sshd
#
```

```
sshd_enable="YES"  
# (default: "")
```



Anmerkung

Die Zeile `# sshd` wird von dem Kommando ausgegeben; sie kennzeichnet nicht die Eingabeaufforderung von `root`.

Ob ein Dienst läuft, kann mit `status` abgefragt werden. Das folgende Kommando überprüft, ob `sshd` auch wirklich gestartet wurde:

```
# service sshd status  
sshd is running as pid 433.
```

Einige Dienste können über die Option `reload` neu initialisiert werden. Dazu wird dem Dienst über ein Signal mitgeteilt, dass er seine Konfigurationsdateien neu einlesen soll. Oft wird dazu das Signal `SIGHUP` verwendet. Beachten Sie aber, dass nicht alle Dienste diese Option unterstützen.

Die meisten Systemdienste werden beim Systemstart vom `rc(8)`-System gestartet. Zum Beispiel aktiviert das Skript `/etc/rc.d/bgfsck` die Prüfung von Dateisystemen im Hintergrund. Das Skript gibt die folgende Meldung aus, wenn es gestartet wird:

```
Starting background file system checks in 60 seconds.
```

Dieses Skript wird während des Systemstarts ausgeführt und führt eine Überprüfung der Dateisysteme im Hintergrund durch.

Viele Systemdienste hängen von anderen Diensten ab. `yp(8)` und andere RPC-basierende Systeme hängen beispielsweise von dem `rpcbind`-Dienst ab. Im Kopf der Startskripte befinden sich die Informationen über Abhängigkeiten von anderen Diensten und weitere Metadaten. Mithilfe dieser Daten bestimmt das Programm `rcorder(8)` beim Systemstart die Startreihenfolge der Dienste.

Folgende Schlüsselwörter müssen im Kopf aller Startskripte verwendet werden, da sie von `rc.subr(8)` zum „Aktivieren“ des Startskripts benötigt werden:

- **PROVIDE:** Gibt die Namen der Dienste an, die mit dieser Datei zur Verfügung gestellt werden.

Die folgenden Schlüsselwörter können im Kopf des Startskripts angegeben werden. Sie sind zwar nicht unbedingt notwendig, sind aber hilfreich beim Umgang mit `rcorder(8)`:

- **REQUIRE:** Gibt die Namen der Dienste an, von denen dieser Dienst abhängt. Ein Skript, das dieses Schlüsselwort enthält, wird *nach* den angegebenen Diensten ausgeführt.
- **BEFORE:** Zählt Dienste auf, die auf diesen Dienst angewiesen sind. Ein Skript, das dieses Schlüsselwort enthält, wird *vor* den angegebenen Diensten ausgeführt.

Durch das Verwenden dieser Schlüsselwörter kann ein Administrator die Startreihenfolge von Systemdiensten feingranuliert steuern, ohne mit den Schwierigkeiten des „runlevel“-Systems anderer UNIX® Systeme kämpfen zu müssen.

Weitere Informationen über das `rc(8)`-System finden Sie in `rc(8)` und `rc.subr(8)`. Wenn Sie eigene `rc.d`-Skripte schreiben wollen, sollten Sie [diesen Artikel](#) lesen.

12.4.1. Systemspezifische Konfiguration

Informationen zur Systemkonfiguration sind hauptsächlich in `/etc/rc.conf`, die meist beim Start des Systems verwendet wird, abgelegt. Sie enthält die Konfigurationen für die `rc*`-Dateien.

In `rc.conf` werden die Vorgabewerte aus `/etc/defaults/rc.conf` überschrieben. Die Vorgabedatei sollte nicht editiert werden. Stattdessen sollten alle systemspezifischen Änderungen in `rc.conf` vorgenommen werden.

Um den administrativen Aufwand gering zu halten, existieren in geclusterten Anwendungen mehrere Strategien, globale Konfigurationen von systemspezifischen Konfigurationen zu trennen. Der empfohlene Weg hält die globale Konfiguration in einer separaten Datei z.B. `/etc/rc.conf.local`. Zum Beispiel so:

- `/etc/rc.conf` :

```
sshd_enable="YES"
keyrate="fast"
defaultrouter="10.1.1.254"
```

- `/etc/rc.conf.local` :

```
hostname="node1.example.org"
ifconfig_fxp0="inet 10.1.1.1/8"
```

`/etc/rc.conf` kann dann auf jedes System mit `rsync` oder `puppet` verteilt werden, während `/etc/rc.conf.local` dabei systemspezifisch bleibt.

Bei einem Upgrade des Systems mit [sysinstall\(8\)](#) oder `make world` wird `/etc/rc.conf` nicht überschrieben, so dass die Systemkonfiguration erhalten bleibt.



Tipp

`/etc/rc.conf` und `/etc/rc.conf.local` werden von [sh\(1\)](#) gelesen. Dies erlaubt es dem Systemadministrator, komplexe Konfigurationsszenarien zu erstellen. Lesen Sie [rc.conf\(5\)](#), um weitere Informationen zu diesem Thema zu erhalten.

12.5. Einrichten von Netzwerkkarten

Beigetragen von Marc Fonvieille.

Die Konfiguration einer Netzwerkkarte gehört zu den alltäglichen Aufgaben eines FreeBSD Administrators.

12.5.1. Bestimmen des richtigen Treibers

Ermitteln Sie zunächst das Modell der Netzwerkkarte und den darin verwendeten Chip. FreeBSD unterstützt eine Vielzahl von Netzwerkkarten. Prüfen Sie die Hardware-Kompatibilitätsliste für das FreeBSD Release, um zu sehen ob die Karte unterstützt wird.

Wenn die Karte unterstützt wird, müssen Sie den Treiber für die Karte bestimmen. `/usr/src/sys/conf/NOTES` und `/usr/src/sys/arch/conf/NOTES` enthalten eine Liste der verfügbaren Treiber mit Informationen zu den unterstützten Chipsätzen. Wenn Sie sich nicht sicher sind, ob Sie den richtigen Treiber ausgewählt haben, lesen Sie die Hilfeseite des Treibers. Sie enthält weitere Informationen über die unterstützten Geräte und bekannte Einschränkungen des Treibers.

Die Treiber für gebräuchliche Netzwerkkarten sind schon im `GENERIC`-Kernel enthalten, so dass die Karte während des Systemstarts erkannt werden sollte. In diesem Beispiel findet das System zwei Karten, die den [dc\(4\)](#)-Treiber benutzen:

```
dc0: <82c169 PNIC 10/100BaseTX> port 0xa000-0xa0ff mem 0xd3800000-0xd38
000ff irq 15 at device 11.0 on pci0
miibus0: <MII bus> on dc0
bmtphy0: <BCM5201 10/100baseTX PHY> PHY 1 on miibus0
```



```
bmtphy0: 10baseT, 10baseT-FDX, 100baseTX, 100baseTX-FDX, auto
dc0: Ethernet address: 00:a0:cc:da:da:da
dc0: [ITHREAD]
dc1: <82c169 PNIC 10/100BaseTX> port 0x9800-0x98ff mem 0xd3000000-0xd30
000ff irq 11 at device 12.0 on pci0
miibus1: <MII bus> on dc1
bmtphy1: <BCM5201 10/100baseTX PHY> PHY 1 on miibus1
bmtphy1: 10baseT, 10baseT-FDX, 100baseTX, 100baseTX-FDX, auto
dc1: Ethernet address: 00:a0:cc:da:da:db
dc1: [ITHREAD]
```

Ist der Treiber für die Netzwerkkarte nicht in `GENERIC` enthalten, muss zunächst ein Treiber geladen werden, um die Karte konfigurieren und benutzen zu können. Dafür gibt es zwei Methoden:

- Am einfachsten ist es, das Kernelmodul für die Karte mit `kldload(8)` zu laden. Um den Treiber automatisch beim Systemstart zu laden, fügen Sie die entsprechende Zeile in `/boot/loader.conf` ein. Es gibt nicht für alle Karten Kernelmodule.
- Alternativ kann der Treiber für die Karte fest in den Kernel eingebunden werden. Lesen Sie dazu `/usr/src/sys/conf/NOTES`, `/usr/src/sys/arch/conf/NOTES` und die Hilfeseite des Treibers, den Sie in den Kernel einbinden möchten, an. Die Übersetzung des Kernels wird in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben. Wenn die Karte während des Systemstarts vom Kernel erkannt wurde, muss der Kernel nicht neu übersetzt werden.

12.5.1.1. Windows®-NDIS-Treiber einsetzen

Leider stellen nach wie vor viele Unternehmen die Spezifikationen ihrer Treiber der Open Source Gemeinde nicht zur Verfügung, weil sie diese Informationen als Geschäftsgeheimnisse betrachten. Daher haben die Entwickler von FreeBSD und anderen Betriebssystemen nur zwei Möglichkeiten. Entweder versuchen sie in einem aufwändigen Prozess den Treiber durch *Reverse Engineering* nachzubauen, oder sie versuchen, die vorhandenen Binärtreiber der Microsoft® Windows®-Plattform zu verwenden.

FreeBSD bietet „native“ Unterstützung für die *Network Driver Interface Specification* (NDIS). `ndisgen(8)` wird benutzt, um einen Windows® XP-Treiber in ein Format zu konvertieren, das von FreeBSD verwendet werden kann. Da der `ndis(4)`-Treiber einen Windows® XP-Binärtreiber nutzt, kann er nur auf i386™- und amd64-Systemen verwendet werden. Unterstützt werden PCI, CardBus, PCMCIA und USB-Geräte.

Um den NDISulator zu verwenden, benötigen Sie drei Dinge:

1. Die FreeBSD Kernelquellen
2. Den Windows® XP-Binärtreiber mit der Erweiterung `.SYS`
3. Die Konfigurationsdatei des Windows® XP-Treibers mit der Erweiterung `.INF`

Laden Sie die `.SYS`- und `.INF`-Dateien für die Karte. Diese befinden sich meistens auf einer beigelegten CD-ROM, oder können von der Internetseite des Herstellers heruntergeladen werden. In den folgenden Beispielen werden die Dateien `W32DRIVER.SYS` und `W32DRIVER.INF` verwendet.

Die Architektur des Treibers muss zur jeweiligen Version von FreeBSD passen. Benutzen Sie einen Windows® 32-bit Treiber für FreeBSD/i386. Für FreeBSD/amd64 wird ein Windows® 64-bit Treiber benötigt.

Als Nächstes kompilieren Sie den binären Treiber, um ein Kernelmodul zu erzeugen. Dazu rufen Sie als root `ndisgen(8)` auf:

```
# ndisgen /path/to/W32DRIVER.INF /path/to/W32DRIVER.SYS
```

Dieses Kommando arbeitet interaktiv, benötigt es weitere Informationen, so fragt es Sie danach. Das Ergebnis ist ein neu erzeugtes Kernelmodul im aktuellen Verzeichnis. Benutzen Sie `kldload(8)` um das neue Modul zu laden:

```
# kldload ./W32DRIVER.ko
```

Neben dem erzeugten Kernelmodul müssen auch die Kernelmodule `ndis.ko` und `if_ndis.ko` geladen werden. Dies passiert automatisch, wenn Sie ein von [ndis\(4\)](#) abhängiges Modul laden. Andernfalls können die Module mit den folgenden Kommandos manuell geladen werden:

```
# kldload ndis
# kldload if_ndis
```

Der erste Befehl lädt den [ndis\(4\)](#)-Miniport-Treiber, der zweite das tatsächliche Netzwerkgerät.

Überprüfen Sie die Ausgabe von [dmesg\(8\)](#) auf eventuelle Fehler während des Ladevorgangs. Gab es dabei keine Probleme, sollte die Ausgabe wie folgt aussehen:

```
ndis0: <Wireless-G PCI Adapter> mem 0xf4100000-0xf4101fff irq 3 at device 8.0 on pci1
ndis0: NDIS API version: 5.0
ndis0: Ethernet address: 0a:b1:2c:d3:4e:f5
ndis0: 11b rates: 1Mbps 2Mbps 5.5Mbps 11Mbps
ndis0: 11g rates: 6Mbps 9Mbps 12Mbps 18Mbps 36Mbps 48Mbps 54Mbps
```

Ab jetzt kann das Gerät `ndis0` wie jede andere Netzwerkkarte konfiguriert werden.

Um die [ndis\(4\)](#)-Module automatisch beim Systemstart zu laden, kopieren Sie das erzeugte Modul `W32DRIVER_SYS.ko` nach `/boot/modules`. Danach fügen Sie die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` ein:

```
W32DRIVER_SYS_load="YES"
```

12.5.2. Konfiguration von Netzwerkkarten

Nachdem der richtige Treiber für die Karte geladen ist, muss die Karte konfiguriert werden. Unter Umständen ist die Karte schon während der Installation mit [bsdinstall\(8\)](#) konfiguriert worden.

Das nachstehende Kommando zeigt die Konfiguration der Netzwerkkarten an:

```
% ifconfig
dc0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    options=80008<VLAN_MTU,LINKSTATE>
    ether 00:a0:cc:da:da:da
    inet 192.168.1.3 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.1.255
    media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
    status: active
dc1: flags=8802<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    options=80008<VLAN_MTU,LINKSTATE>
    ether 00:a0:cc:da:da:db
    inet 10.0.0.1 netmask 0xffffffff broadcast 10.0.0.255
    media: Ethernet 10baseT/UTP
    status: no carrier
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> metric 0 mtu 16384
    options=3<RXCSUM,TXCSUM>
    inet6 fe80::1%lo0 prefixlen 64 scopeid 0x4
    inet6 ::1 prefixlen 128
    inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
    nd6 options=3<PERFORMNUD,ACCEPT_RTADV>
```

Im Beispiel werden Informationen zu den folgenden Geräten angezeigt:

- `dc0`: Der erste Ethernet-Adapter.
- `dc1`: Der zweite Ethernet-Adapter.
- `lo0`: Das Loopback-Gerät.

Der Name der Netzwerkkarte wird aus dem Namen des Treibers und einer Zahl zusammengesetzt. Die Zahl gibt die Reihenfolge an, in der die Geräte beim Systemstart erkannt wurden. Die dritte Karte, die den [sis\(4\)](#) Treiber benutzt, würde beispielsweise `sis2` heißen.

Der Adapter `dc0` aus dem Beispiel ist aktiv. Sie erkennen das an den folgenden Hinweisen:

1. UP bedeutet, dass die Karte konfiguriert und aktiv ist.
2. Der Karte wurde die Internet-Adresse (`inet`) `192.168.1.3` zugewiesen.
3. Die Subnetzmaske ist richtig (`0xffffffff00` entspricht `255.255.255.0`).
4. Die Broadcast-Adresse `192.168.1.255` ist richtig.
5. Die MAC-Adresse der Karte (`ether`) lautet `00:a0:cc:da:da:da`.
6. Die automatische Medierkennung ist aktiviert (`media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)`). Der Adapter `dc1` benutzt das Medium `10baseT/UTP`. Weitere Informationen über die einstellbaren Medien entnehmen Sie der Hilfeseite des Treibers.
7. Der Verbindungsstatus (`status`) ist `active`, das heißt es wurde ein Trägersignal entdeckt. Für `dc1` wird `status: no carrier` angezeigt. Das ist normal, wenn kein Kabel an der Karte angeschlossen ist.

Wäre die Karte nicht konfiguriert, würde die Ausgabe von `ifconfig(8)` so aussehen:

```
dc0: flags=8843<BROADCAST,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
      options=80008<VLAN_MTU, LINKSTATE>
      ether 00:a0:cc:da:da:da
      media: Ethernet autoselect (100baseTX <full-duplex>)
      status: active
```

Die Karte muss als Benutzer `root` konfiguriert werden. Die Konfiguration kann auf der Kommandozeile mit `ifconfig(8)` erfolgen. Allerdings gehen diese Informationen bei einem Neustart verloren. Tragen Sie stattdessen die Konfiguration in `/etc/rc.conf` ein. Fügen Sie für jede Karte im System eine Zeile hinzu, wie in diesem Beispiel zu sehen:

```
ifconfig_dc0="inet 192.168.1.3 netmask 255.255.255.0"
ifconfig_dc1="inet 10.0.0.1 netmask 255.255.255.0 media 10baseT/UTP"
```

Ersetzen Sie `dc0` und `dc1` und die IP-Adressen durch die richtigen Werte für das System. Die Manualpages des Treibers und `ifconfig(8)` enthalten weitere Einzelheiten über verfügbare Optionen. Die Syntax von `/etc/rc.conf` wird in `rc.conf(5)` beschrieben.

Wenn das Netz während der Installation konfiguriert wurde, existieren vielleicht schon Einträge für die Netzwerkkarte(n). Überprüfen Sie `/etc/rc.conf` bevor Sie weitere Zeilen hinzufügen.

Wenn das Netzwerk kein DNS benutzt, können Sie in `/etc/hosts` die Namen und IP-Adressen der Rechner des LANs eintragen. Weitere Informationen entnehmen Sie `hosts(5)` und `/usr/share/examples/etc/hosts`.



Anmerkung

Falls kein DHCP-Server zur Verfügung steht, Sie aber Zugang zum Internet benötigen, müssen Sie das Standard-Gateway und die Nameserver manuell konfigurieren:

```
# echo 'defaultrouter="Ihr_Default_Gateway"' >> /etc/rc.conf
# echo 'nameserver Ihr_DNS_Server' >> /etc/resolv.conf
```

12.5.3. Test und Fehlersuche

Nachdem die notwendigen Änderungen in `/etc/rc.conf` gespeichert wurden, kann das System neu gestartet werden, um die Konfiguration zu testen und zu überprüfen, ob das System ohne Fehler neu gestartet wurde. Alternativ können Sie mit folgenden Befehl die Netzwerkeinstellungen neu initialisieren:

```
# service netif restart
```



Anmerkung

Falls in `/etc/rc.conf` ein Default-Gateway definiert wurde, müssen Sie auch den folgenden Befehl ausführen:

```
# service routing restart
```

Wenn das System gestartet ist, sollten Sie die Netzwerkkarten testen.

12.5.3.1. Test der Ethernet-Karte

Um zu prüfen, ob die Ethernet-Karte richtig konfiguriert ist, testen Sie zunächst mit [ping\(8\)](#) den Adapter selbst und sprechen Sie dann eine andere Maschine im LAN an.

Zuerst, der Test des Adapters:

```
% ping -c5 192.168.1.3
PING 192.168.1.3 (192.168.1.3): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.082 ms
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.108 ms
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.076 ms

--- 192.168.1.3 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 0.074/0.083/0.108/0.013 ms
```

```
% ping -c5 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.726 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.766 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.700 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.747 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.704 ms

--- 192.168.1.2 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 0.700/0.729/0.766/0.025 ms
```

Um die Namensauflösung zu testen, verwenden Sie den Namen der Maschine anstelle der IP-Adresse. Wenn kein DNS-Server im Netzwerk vorhanden ist, muss `/etc/hosts` entsprechend eingerichtet sein.

12.5.3.2. Fehlersuche

Fehler zu beheben, ist immer sehr mühsam. Indem Sie die einfachen Sachen zuerst prüfen, erleichtern Sie sich die Aufgabe. Steckt das Netzkabel? Sind die Netzwerkdienste richtig konfiguriert? Funktioniert die Firewall? Wird die Netzwerkkarte von FreeBSD unterstützt? Lesen Sie immer die Hardware-Informationen des Releases, bevor Sie einen Fehlerbericht einsenden. Aktualisieren Sie die FreeBSD-Version auf die neueste -STABLE Version. Suchen Sie in den Archiven der Mailinglisten und im Internet nach bekannten Lösungen.

Wenn die Karte funktioniert, die Verbindungen aber zu langsam sind, sollten Sie [tuning\(7\)](#) lesen. Prüfen Sie auch die Netzwerkkonfiguration, da falsche Einstellungen die Ursache für langsame Verbindungen sein können.

Wenn Sie viele device timeout Meldungen in den Systemprotokollen finden, prüfen Sie, dass es keinen Konflikt zwischen der Netzwerkkarte und anderen Geräten des Systems gibt. Überprüfen Sie nochmals die Verkabelung. Unter Umständen benötigen Sie eine andere Netzwerkkarte.

Bei watchdog timeout Fehlermeldungen, kontrollieren Sie zuerst die Verkabelung. Überprüfen Sie dann, ob der PCI-Steckplatz der Karte Bus Mastering unterstützt. Auf einigen älteren Motherboards ist das nur für einen Steckplatz (meistens Steckplatz 0) der Fall. Lesen Sie in der Dokumentation der Karte und des Motherboards nach, ob das vielleicht die Ursache des Problems sein könnte.

Die Meldung No route to host erscheint, wenn das System ein Paket nicht zustellen kann. Das kann vorkommen weil beispielsweise keine Default-Route gesetzt wurde oder das Netzkabel nicht richtig steckt. Schauen Sie in der Ausgabe von `netstat -rn` nach, ob eine gültige Route zu dem Zielsystem existiert. Wenn nicht, lesen Sie [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#).

Die Meldung ping: sendto: Permission denied wird oft von einer falsch konfigurierten Firewall verursacht. Wenn keine Regeln definiert wurden, blockiert eine aktivierte Firewall alle Pakete, selbst einfache [ping\(8\)](#)-Pakete. Weitere Informationen erhalten Sie in [Kapitel 30, Firewalls](#).

Falls die Leistung der Karte schlecht ist, setzen Sie die Medienerkennung von `autoselect` (automatisch) auf das richtige Medium. In vielen Fällen löst diese Maßnahme Leistungsprobleme. Wenn nicht, prüfen Sie nochmal die Netzwerkeinstellungen und lesen Sie [tuning\(7\)](#).

12.6. Virtual Hosts

Ein gebräuchlicher Zweck von FreeBSD ist das virtuelle Hosting, bei dem ein Server im Netzwerk wie mehrere Server aussieht. Dies wird dadurch erreicht, dass einem Netzwerkinterface mehrere Netzwerk-Adressen zugewiesen werden.

Ein Netzwerkinterface hat eine „echte“ Adresse und kann beliebig viele „alias“ Adressen haben. Die Aliase werden durch entsprechende alias Einträge in `/etc/rc.conf` festgelegt, wie in diesem Beispiel zu sehen ist:

```
ifconfig_fxp0_alias0="inet xxx.xxx.xxx.xxx netmask xxx.xxx.xxx.xxx"
```

Beachten Sie, dass die Alias-Einträge mit `alias0` anfangen müssen und weiter hochgezählt werden, das heißt `alias1`, `alias2`, und so weiter. Die Konfiguration der Aliase hört bei der ersten fehlenden Zahl auf.

Die Berechnung der Alias-Netzwerkmasken ist wichtig. Für jedes Interface muss es eine Adresse geben, die die Netzwerkmaske des Netzwerkes richtig beschreibt. Alle anderen Adressen in diesem Netzwerk haben dann eine Netzwerkmaske, die mit 1 gefüllt ist, also 255.255.255.255 oder hexadezimal 0xffffffff.

Als Beispiel betrachten wir den Fall, in dem `fxp0` mit zwei Netzwerken verbunden ist: dem Netzwerk 10.1.1.0 mit der Netzwerkmaske 255.255.255.0 und dem Netzwerk 202.0.75.16 mit der Netzwerkmaske 255.255.255.240. Das System soll die Adressen 10.1.1.1 bis 10.1.1.5 und 202.0.75.17 bis 202.0.75.20 belegen. Nur die erste Adresse in einem Netzwerk sollte die richtige Netzwerkmaske haben. Alle anderen Adressen (10.1.1.2 bis 10.1.1.5 und 202.0.75.18 bis 202.0.75.20) müssen die Maske 255.255.255.255 erhalten.

Die folgenden Einträge in `/etc/rc.conf` konfigurieren den Adapter entsprechend dem Beispiel:

```
ifconfig_fxp0="inet 10.1.1.1 netmask 255.255.255.0"
ifconfig_fxp0_alias0="inet 10.1.1.2 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias1="inet 10.1.1.3 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias2="inet 10.1.1.4 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias3="inet 10.1.1.5 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias4="inet 202.0.75.17 netmask 255.255.255.240"
ifconfig_fxp0_alias5="inet 202.0.75.18 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias6="inet 202.0.75.19 netmask 255.255.255.255"
ifconfig_fxp0_alias7="inet 202.0.75.20 netmask 255.255.255.255"
```

12.7. Konfiguration der Systemprotokollierung

Beigetragen von Niclas Zeising.

Das Aufzeichnen von Log-Meldungen ist ein wichtiger Aspekt der Systemadministration. Es wird nicht nur verwendet um Hard- und Softwarefehler ausfindig zu machen, auch zur Überwachung der Sicherheit und der Reaktion bei einem Zwischenfall spielen diese Aufzeichnungen eine wichtige Rolle. Systemdienste ohne kontrollierendes Terminal senden Meldungen in der Regel an einen Log-Server, oder schreiben sie in eine Logdatei.

In der Standardkonfiguration von FreeBSD wird [syslogd\(8\)](#) beim Booten automatisch gestartet. Dieses Verhalten wird über die Variable `syslogd_enable` in `/etc/rc.conf` gesteuert. Dazu gibt es noch zahlreiche Argumente, die das Verhalten von [syslogd\(8\)](#) beeinflussen. Benutzen Sie zum verändern dieser Argumente `syslogd_flags` in `/etc/rc.conf`. Lesen Sie [syslogd\(8\)](#) für weitere Informationen über die Argumente, und [rc.conf\(5\)](#), [Abschnitt 12.4.1, „Systemspezifische Konfiguration“](#) und [Abschnitt 12.4, „Dienste unter FreeBSD verwalten“](#) wenn Sie mehr über `/etc/rc.conf` und das `rc(8)`-Subsystem wissen möchten.

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfiguration und Verwendung des FreeBSD Protokollservers, und diskutiert auch die Log-Rotation und das Management von Logdateien.

12.7.1. Konfiguration der lokalen Protokollierung

Die Konfigurationsdatei `/etc/syslog.conf` steuert, was [syslogd\(8\)](#) mit Log-Meldungen macht, sobald sie empfangen werden. Es gibt verschiedene Parameter, die das Verhalten bei eingehenden Ereignissen kontrollieren. Zu den grundlegenden gehören *facility* und *level*. *facility* beschreibt das Subsystem, welches das Ereignis generiert hat. Beispielsweise der Kernel, oder ein Daemon. *level* hingegen beschreibt den Schweregrad des aufgetretenen Ereignisses. Dies macht es möglich, Meldungen in verschiedenen Logdateien zu protokollieren, oder Meldungen zu verwerfen, je nach Konfiguration von *facility* und *level*. Ebenfalls besteht die Möglichkeit auf Meldungen zu reagieren, die von einer bestimmten Anwendung stammen, oder von einem spezifischen Host erzeugt wurden.

Die Konfigurationsdatei von [syslogd\(8\)](#) enthält für jede Aktion eine Zeile. Die Syntax besteht aus einem Auswahlfeld, gefolgt von einem Aktionsfeld. Die Syntax für das Auswahlfeld ist *facility.level*. Dies entspricht Log-Meldungen von *facility* mit einem Level von *level* oder höher. Um noch präziser festzulegen was protokolliert wird, kann dem Level optional ein Vergleichsflag vorangestellt werden. Mehrere Auswahlen können, durch Semikolon (;) getrennt, für die gleiche Aktion verwendet werden. * wählt dabei alles aus. Das Aktionsfeld definiert, wohin die Log-Meldungen gesendet werden, beispielsweise in eine Datei oder zu einem entfernten Log-Server. Als Beispiel dient hier `/etc/syslog.conf` aus FreeBSD:

```
# $FreeBSD$
#
# Spaces ARE valid field separators in this file. However,
# other *nix-like systems still insist on using tabs as field
# separators. If you are sharing this file between systems, you$
# may want to use only tabs as field separators here.
# Consult the syslog.conf(5) manpage.
*.err;kern.warning;auth.notice;mail.crit /dev/console ①
*.notice;authpriv.none;kern.debug;lpr.info;mail.crit;news.err /var/log/messages
security.* /var/log/security
auth.info;authpriv.info /var/log/auth.log
mail.info /var/log/maillog ②
lpr.info /var/log/lpd-errs
ftp.info /var/log/xferlog
cron.* /var/log/cron
!-devd
*.=debug /var/log/debug.log ③
*.emerg *
# uncomment this to log all writes to /dev/console to /var/log/console.log
#console.info /var/log/console.log
# uncomment this to enable logging of all log messages to /var/log/all.log
# touch /var/log/all.log and chmod it to mode 600 before it will work
#*. * /var/log/all.log
# uncomment this to enable logging to a remote loghost named loghost
#*. * @loghost
# uncomment these if you're running inn
# news.crit /var/log/news/news.crit
```

```
# news.err                                /var/log/news/news.err
# news.notice                             /var/log/news/news.notice
# Uncomment this if you wish to see messages produced by devd
# !devd
# *.>=info
!ppp ❹
*,*
!*
```

- ❶ Selektiert alle Meldungen vom Level err, sowie kern.warning, auth.notice und mail.crit und schickt diese zur Konsole (/dev/console).
- ❷ Selektiert alle Meldungen von mail ab dem Level info oder höher und schreibt diese in /var/log/maillog.
- ❸ Diese Zeile benutzt das Vergleichsflag =, um nur Meldungen vom Level debug zu selektieren und schreibt diese in /var/log/debug.log.
- ❹ Hier ist ein Beispiel für die Nutzung einer *Programmspezifikation*. Die nachfolgenden Regeln sind dann nur für Programme gültig, welche der Programmspezifikation stehen. In diesem Fall landen alle Meldungen von ppp (und keinem anderen Programm) in /var/log/ppp.log.

Dieses Beispiel zeigt, dass es jede Menge Level und Subsysteme gibt. Die Level, beginnend mit den höchst kritischen, hin zu den weniger kritischen, sind: emerg, alert, crit, err, warning, notice, info und debug.

Die *facilities*, in beliebiger Reihenfolge, sind: auth, authpriv, console, cron, daemon, ftp, kern, lpr, mail, mark, news, security, syslog, user, uucp, sowie local0 bis local7. Beachten Sie, dass andere Betriebssysteme hiervon abweichende *facilities* haben können.

Mit diesem Wissen ist es nun einfach, eine weitere Zeile in /etc/syslog.conf hinzuzufügen, welche alle Meldungen von den unterschiedlichsten Dämonen mit einem Level von notice und höher in /var/log/daemon.log. Fügen Sie einfach folgendes hinzu:

```
daemon.notice                                /var/log/daemon.log
```

Für weitere Informationen zu verschiedenen Level und *facilities*, lesen Sie [syslog\(3\)](#) und [syslogd\(8\)](#). Weitere Informationen zu /etc/syslog.conf, dessen Syntax und erweiterten Anwendungsbeispielen, finden Sie in [syslog.conf\(5\)](#).

12.7.2. Management und Rotation von Logdateien

Logdateien können schnell wachsen, was viel Speicherplatz verbrauchen kann. Zudem wird es schwieriger, nützliche Informationen schnell zu finden. Log-Management versucht, diesen Effekt zu mildern. FreeBSD verwendet [newsyslog\(8\)](#) für die Verwaltung von Logdateien. Dieses Programm rotiert und komprimiert in regelmäßigen Abständen Logdateien. Optional kann es auch fehlende Logdateien erstellen und Programme benachrichtigen, wenn Logdateien verschoben wurden. Dabei müssen die Logdateien nicht unbedingt von [syslogd\(8\)](#) stammen, [newsyslog\(8\)](#) ist auch in der Lage, Nachrichten von anderen Programmen zu verarbeiten. Obwohl [newsyslog\(8\)](#) normalerweise von [cron\(8\)](#) aufgerufen wird, ist es kein Systemdämon. In der Standardkonfiguration wird dieser Job jede Stunde ausgeführt.

Um zu wissen, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, liest [newsyslog\(8\)](#) seine Konfigurationsdatei, standardmäßig /etc/newsyslog.conf. Diese Konfigurationsdatei enthält eine Zeile für jede Datei, die von [newsyslog\(8\)](#) verwaltet wird. Jede Zeile enthält Informationen über den Besitzer der Datei, die Dateiberechtigungen, wann die Datei rotiert wird, optionale *Flags*, welche die Log-Rotation beeinflussen (bspw. Komprimierung) und Programme, denen ein Signal geschickt wird, wenn Logdateien rotiert werden. Hier folgt die Standardkonfiguration in FreeBSD:

```
# configuration file for newsyslog
# $FreeBSD$
#
# Entries which do not specify the '/pid_file' field will cause the
# syslogd process to be signalled when that log file is rotated. This
# action is only appropriate for log files which are written to by the
# syslogd process (ie, files listed in /etc/syslog.conf). If there
```



```
# is no process which needs to be signalled when a given log file is
# rotated, then the entry for that file should include the 'N' flag.
#
# The 'flags' field is one or more of the letters: BCDGJNUXZ or a '-'.
#
# Note: some sites will want to select more restrictive protections than the
# defaults. In particular, it may be desirable to switch many of the 644
# entries to 640 or 600. For example, some sites will consider the
# contents of maillog, messages, and lpd-errors to be confidential. In the
# future, these defaults may change to more conservative ones.
#
# logfilename      [owner:group]  mode count size when flags [/pid_file] [sig_num]
/var/log/all.log          600 7    *   @T00 J
/var/log/amd.log          644 7    100 *   J
/var/log/auth.log         600 7    100 @0101T JC
/var/log/console.log      600 5    100 *   J
/var/log/cron             600 3    100 *   JC
/var/log/daily.log        640 7    *   @T00 JN
/var/log/debug.log        600 7    100 *   JC
/var/log/kerberos.log     600 7    100 *   J
/var/log/lpd-errors       644 7    100 *   JC
/var/log/maillog          640 7    *   @T00 JC
/var/log/messages         644 5    100 @0101T JC
/var/log/monthly.log      640 12   *   $M1D0 JN
/var/log/pflog            600 3    100 *   JB      /var/run/pflogd.pid
/var/log/ppp.log          640 3    100 *   JC
/var/log/devd.log         644 3    100 *   JC
/var/log/security         600 10   100 *   JC
/var/log/sendmail.st      640 10   *   168 B
/var/log/utx.log          644 3    *   @01T05 B
/var/log/weekly.log       640 5    1   $W6D0 JN
/var/log/xferlog          600 7    100 *   JC
```

Jede Zeile beginnt mit dem Namen der Datei, die rotiert werden soll, optional gefolgt von Besitzer und Gruppe für rotierende, als auch für neu erstellte Dateien. Das Feld `mode` definiert die Zugriffsrechte der Datei. `count` gibt an, wie viele rotierte Dateien aufbewahrt werden sollen. Anhand der `size`- und `when`-Flags erkennt newsyslog, wann die Datei rotiert werden muss. Eine Logdatei wird rotiert, wenn ihre Größe den Wert von `size` überschreitet, oder wenn die Zeit im `when`-Feld abgelaufen ist. Ein `*` bedeutet, dass dieses Feld ignoriert wird. Das `flags`-Feld gibt newsyslog weitere Instruktionen, zum Beispiel wie eine Datei zu rotieren ist, oder eine Datei zu erstellen falls diese nicht existiert. Die letzten beiden Felder sind optional und bestimmen die PID-Datei sowie wenn die Datei rotiert wird. Weitere Informationen zu allen Feldern, gültigen `flags` und wie Sie die Rotationszeit angeben können, finden Sie in [syslog.conf\(5\)](#). Denken Sie daran, dass newsyslog von `cron` aufgerufen wird und somit Dateien auch nur dann rotiert, wenn es von [cron\(8\)](#) aufgerufen wird, und nicht häufiger.

12.7.3. Protokollierung von anderen Hosts

Beigetragen von Tom Rhodes.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Die Überwachung der Protokolldateien kann bei steigender Anzahl von Rechnern sehr unhandlich werden. Eine zentrale Protokollierung kann manche administrativen Belastungen bei der Verwaltung von Protokolldateien reduzieren.

Die Aggregation, Zusammenführung und Rotation von Protokolldateien kann an zentraler Stelle mit den FreeBSD-eigenen Werkzeugen wie [syslogd\(8\)](#) und [newsyslog\(8\)](#) konfiguriert werden. In der folgenden Beispielkonfiguration sammelt Host A, genannt `logserv.example.com`, Protokollinformationen für das lokale Netzwerk. Host B, genannt `logclient.example.com` wird seine Protokollinformationen an den Server weiterleiten.

12.7.3.1. Konfiguration des Protokollservers

Ein Protokollserver ist ein System, welches Protokollinformationen von anderen Hosts akzeptiert. Bevor Sie diesen Server konfigurieren, prüfen Sie folgendes:

- Falls eine Firewall zwischen dem Protokollserver und den -Clients steht, muss das Regelwerk der Firewall UDP auf Port 514 sowohl auf Client- als auch auf Serverseite freigegeben werden.
- Der `syslogd`-Server und alle Clientrechner müssen gültige Einträge für sowohl Vorwärts- als auch Umkehr-DNS besitzen. Falls im Netzwerk kein DNS-Server vorhanden ist, muss auf jedem System die Datei `/etc/hosts` mit den richtigen Einträgen gepflegt werden. Eine funktionierende Namensauflösung ist zwingend erforderlich, ansonsten würde der Server die Protokollnachrichten ablehnen.

Bearbeiten Sie `/etc/syslog.conf` auf dem Server. Tragen Sie den Namen des Clients ein, den Verbindungsweg und den Namen der Protokolldatei. Dieses Beispiel verwendet den Rechnernamen `B`, alle Verbindungswege, und die Protokolle werden in `/var/log/logclient.log` gespeichert.

Beispiel 12.1. Einfache Server Konfiguration

```
+logclient.example.com
*.* /var/log/logclient.log
```

Fügen Sie für jeden Client zwei Zeilen hinzu, falls Sie mehrere Clients in diese Datei aufnehmen. Weitere Informationen über die verfügbaren Verbindungswege finden Sie in [syslog.conf\(5\)](#).

Konfigurieren Sie als nächstes `/etc/rc.conf` :

```
syslogd_enable="YES"
syslogd_flags="-a logclient.example.com -v -v"
```

Der erste Eintrag startet `syslogd` während des Bootens. Der zweite Eintrag erlaubt es, Daten von dem spezifizierten Client auf diesem Server zu akzeptieren. Die Verwendung von `-v -v` erhöht die Anzahl von Protokollnachrichten. Dies ist hilfreich für die Feineinstellung der Verbindungswege, da Administratoren auf diese Weise erkennen, welche Arten von Nachrichten von welchen Verbindungswegen protokolliert werden.

Mehrere `-a`-Optionen können angegeben werden, um die Protokollierung von mehreren Clients zu erlauben. IP-Adressen und ganze Netzblöcke können ebenfalls spezifiziert werden. Eine vollständige Liste der Optionen finden Sie in [syslogd\(8\)](#).

Zum Schluss muss die Protokolldatei erstellt werden:

```
# touch /var/log/logclient.log
```

Zu diesem Zeitpunkt sollte `syslogd` neu gestartet und überprüft werden:

```
# service syslogd restart
# pgrep syslog
```

Wenn eine PID zurückgegeben wird, wurde der Server erfolgreich neu gestartet und die Clientkonfiguration kann beginnen. Wenn der Server nicht neu gestartet wurde, suchen Sie in `/var/log/messages` nach dem Fehler.

12.7.3.2. Konfiguration des Protokollclients

Ein Protokollclient sendet Protokollinformationen an einen Protokollserver. Zusätzlich behält er eine lokale Kopie seiner eigenen Protokolle.

Sobald der Server konfiguriert ist, bearbeiten Sie `/etc/rc.conf` auf dem Client:

```
syslogd_enable="YES"
syslogd_flags="-s -v -v"
```

Der erste Eintrag aktiviert den `syslogd`-Dienst während des Systemstarts. Der zweite Eintrag erhöht die Anzahl der Protokollnachrichten. Die Option `-s` verhindert, dass dieser Client Protokolle von anderen Hosts akzeptiert.

Als nächstes muss der Protokollserver in der `/etc/syslog.conf` des Clients eingetragen werden. In diesem Beispiel wird das `@`-Symbol benutzt, um sämtliche Protokolldaten an einen bestimmten Server zu senden:

```
*.* @logserv.example.com
```

Nachdem die Änderungen gespeichert wurden, muss `syslogd` neu gestartet werden, damit die Änderungen wirksam werden:

```
# service syslogd restart
```

Um zu testen, ob Protokollnachrichten über das Netzwerk gesendet werden, kann `logger(1)` auf dem Client benutzt werden, um eine Nachricht an `syslogd` zu schicken:

```
# logger "Test message from logclient "
```

Diese Nachricht sollte jetzt sowohl in `/var/log/messages` auf dem Client, als auch in `/var/log/logclient.log` auf dem Server vorhanden sein.

12.7.3.3. Fehlerbehebung beim Protokollserver

Wenn der Server keine Nachrichten empfängt, ist die Ursache wahrscheinlich ein Netzwerkproblem, ein Problem bei der Namensauflösung oder ein Tippfehler in einer Konfigurationsdatei. Um die Ursache zu isolieren, müssen Sie sicherstellen, dass sich Server und Client über den in `/etc/rc.conf` konfigurierten Hostnamen mit `ping` erreichen lässt. Falls dies nicht gelingt sollten Sie die Netzwerkverkabelung überprüfen, außerdem Firewallregeln sowie die Einträge für Hosts im DNS und `/etc/hosts`. Überprüfen Sie diese Dinge auf dem Server und dem Client, bis der `ping` von beiden Hosts erfolgreich ist.

Wenn sich die Hosts gegenseitig mit `ping` erreichen können, der Server aber immer noch keine Nachrichten empfängt, können Sie vorübergehend die Ausführlichkeit der Protokollierung erhöhen, um die Ursache für das Problem weiter einzugrenzen. In dem folgenden Beispiel ist auf dem Server die Datei `/var/log/logclient.log` leer und in der Datei `/var/log/messages` auf dem Client ist keine Ursache für das Problem erkennbar. Um nun die Ausführlichkeit der Protokollierung zu erhöhen, passen Sie auf dem Server den Eintrag `syslogd_flags` an. Anschließend starten Sie den Dienst neu:

```
syslogd_flags="-d -a logclien.example.com -v -v"
```

```
# service syslogd restart
```

Informationen wie diese werden sofort nach dem Neustart auf der Konsole erscheinen:

```
logmsg: pri 56, flags 4, from logserv.example.com, msg syslogd: restart
syslogd: restarted
logmsg: pri 6, flags 4, from logserv.example.com, msg syslogd: kernel boot file is /boot/
kernel/kernel
Logging to FILE /var/log/messages
syslogd: kernel boot file is /boot/kernel/kernel
cvthname(192.168.1.10)
validate: dgram from IP 192.168.1.10, port 514, name logclient.example.com;
rejected in rule 0 due to name mismatch.
```

In diesem Beispiel werden die Nachrichten aufgrund eines fehlerhaften Namens abgewiesen. Der Hostname sollte `logclient` und nicht `logclien` sein. Beheben Sie den Tippfehler, starten Sie den Dienst neu und überprüfen Sie das Ergebnis:

```
# service syslogd restart
logmsg: pri 56, flags 4, from logserv.example.com, msg syslogd: restart
syslogd: restarted
logmsg: pri 6, flags 4, from logserv.example.com, msg syslogd: kernel boot file is /boot/
kernel/kernel
syslogd: kernel boot file is /boot/kernel/kernel
```

```
logmsg: pri 166, flags 17, from logserv.example.com,
msg Dec 10 20:55:02 <syslog.err> logserv.example.com syslogd: exiting on signal 2
cvthname(192.168.1.10)
validate: dgram from IP 192.168.1.10, port 514, name logclient.example.com;
accepted in rule 0.
logmsg: pri 15, flags 0, from logclient.example.com, msg Dec 11 02:01:28 trhodes: Test 3
message 2
Logging to FILE /var/log/logclient.log
Logging to FILE /var/log/messages
```

Zu diesem Zeitpunkt werden die Nachrichten korrekt empfangen und in die richtige Datei geschrieben.

12.7.3.4. Sicherheitsbedenken

Wie mit jedem Netzwerkdienst, müssen Sicherheitsanforderungen in Betracht gezogen werden, bevor ein Protokollserver eingesetzt wird. Manchmal enthalten Protokolldateien sensitive Daten über aktivierte Dienste auf dem lokalen Rechner, Benutzerkonten und Konfigurationsdaten. Daten, die vom Client an den Server geschickt werden, sind weder verschlüsselt noch mit einem Passwort geschützt. Wenn ein Bedarf für Verschlüsselung besteht, ist es möglich [security/stunnel](#) zu verwenden, welches die Protokolldateien über einen verschlüsselten Tunnel versendet.

Lokale Sicherheit ist ebenfalls ein Thema. Protokolldateien sind während der Verwendung oder nach ihrer Rotation nicht verschlüsselt. Lokale Benutzer versuchen vielleicht, auf diese Dateien zuzugreifen, um zusätzliche Einsichten in die Systemkonfiguration zu erlangen. Es ist absolut notwendig, die richtigen Berechtigungen auf diesen Dateien zu setzen. Das Werkzeug [newsyslog\(8\)](#) unterstützt das Setzen von Berechtigungen auf gerade erstellte oder rotierte Protokolldateien. Protokolldateien mit Zugriffsmodus 600 sollten verhindern, dass lokale Benutzer darin herumschnüffeln. Zusätzliche Informationen finden Sie in [newsyslog.conf\(5\)](#).

12.8. Konfigurationsdateien

12.8.1. /etc Layout

Konfigurationsdateien finden sich in einigen Verzeichnissen unter anderem in:

/etc	Enthält generelle systemspezifische Konfigurationsinformationen.
/etc/defaults	Default Versionen der Konfigurationsdateien.
/etc/mail	Enthält die sendmail(8) Konfiguration und weitere MTA Konfigurationsdateien.
/etc/ppp	Hier findet sich die Konfiguration für die User- und Kernel-ppp Programme.
/etc/namedb	Das Vorgabeverzeichnis, in dem Daten von named(8) gehalten werden. Normalerweise werden hier <code>named.conf</code> und Zonendaten abgelegt.
/usr/local/etc	Installierte Anwendungen legen hier ihre Konfigurationsdateien ab. Dieses Verzeichnis kann Unterverzeichnisse für bestimmte Anwendungen enthalten.
/usr/local/etc/rc.d	rc(8) -Skripten installierter Anwendungen.
/var/db	Automatisch generierte systemspezifische Datenbanken, wie die Paket-Datenbank oder die locate(1) -Datenbank.

12.8.2. Hostnamen

12.8.2.1. /etc/resolv.conf

Wie ein FreeBSD-System auf das *Internet Domain Name System* (DNS) zugreift, wird in `/etc/resolv.conf` festgelegt.

Die gebräuchlichsten Einträge in `/etc/resolv.conf` sind:

nameserver	Die IP-Adresse eines Nameservers, den der Resolver abfragen soll. Bis zu drei Server werden in der Reihenfolge, in der sie aufgezählt sind, abgefragt.
search	Suchliste mit Domain-Namen zum Auflösen von Hostnamen. Die Liste wird normalerweise durch den Domain-Teil des lokalen Hostnamens festgelegt.
domain	Der lokale Domain-Name.

Beispiel für eine typische `/etc/resolv.conf`:

```
search example.com
nameserver 147.11.1.11
nameserver 147.11.100.30
```



Anmerkung

Nur eine der Anweisungen `search` oder `domain` sollte benutzt werden.

Wenn Sie DHCP benutzen, überschreibt [dhclient\(8\)](#) für gewöhnlich `/etc/resolv.conf` mit den Informationen vom DHCP-Server.

12.8.2.2. `/etc/hosts`

`/etc/hosts` ist eine einfache textbasierte Datenbank. Zusammen mit DNS und NIS stellt sie eine Abbildung zwischen Namen und IP-Adressen zur Verfügung. Anstatt [named\(8\)](#) zu konfigurieren, können hier lokale Rechner, die über ein LAN verbunden sind, eingetragen werden. Lokale Einträge für gebräuchliche Internet-Adressen in `/etc/hosts` verhindern die Abfrage eines externen Servers und beschleunigen die Namensauflösung.

```
# $FreeBSD$
#
#
# Host Database
#
# This file should contain the addresses and aliases for local hosts that
# share this file. Replace 'my.domain' below with the domainname of your
# machine.
#
# In the presence of the domain name service or NIS, this file may
# not be consulted at all; see /etc/nsswitch.conf for the resolution order.
#
#
::1      localhost localhost.my.domain
127.0.0.1 localhost localhost.my.domain
#
# Imaginary network.
#10.0.0.2      myname.my.domain myname
#10.0.0.3      myfriend.my.domain myfriend
#
# According to RFC 1918, you can use the following IP networks for
# private nets which will never be connected to the Internet:
#
# 10.0.0.0      - 10.255.255.255
# 172.16.0.0    - 172.31.255.255
# 192.168.0.0   - 192.168.255.255
#
# In case you want to be able to connect to the Internet, you need
# real official assigned numbers. Do not try to invent your own network
# numbers but instead get one from your network provider (if any) or
# from your regional registry (ARIN, APNIC, LACNIC, RIPE NCC, or AfriNIC.)
#
```

/etc/hosts hat das folgende Format:

```
[Internet Adresse] [Offizieller Hostname] [Alias1] [Alias2] ...
```

Zum Beispiel:

```
10.0.0.1 myRealHostname.example.com myRealHostname foobar1 foobar2
```

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte [hosts\(5\)](#).

12.9. Einstellungen mit sysctl(8)

Mit [sysctl\(8\)](#) können Sie Änderungen an einem laufenden FreeBSD-System vornehmen. Unter anderem können Optionen des TCP/IP-Stacks oder des virtuellen Speichermanagements verändert werden. Unter der Hand eines erfahrenen Systemadministrators kann dies die Systemperformance erheblich verbessern. Über 500 Variablen können mit [sysctl\(8\)](#) gelesen und gesetzt werden.

Der Hauptzweck von [sysctl\(8\)](#) besteht darin, Systemeinstellungen zu lesen und zu verändern.

Alle auslesbaren Variablen werden wie folgt angezeigt:

```
% sysctl -a
```

Um eine spezielle Variable zu lesen, geben Sie den Namen an:

```
% sysctl kern.maxproc
kern.maxproc: 1044
```

Um eine Variable zu setzen, benutzen Sie die Syntax *Variable=Wert*:

```
# sysctl kern.maxfiles=5000
kern.maxfiles: 2088 -> 5000
```

Mit sysctl können Strings, Zahlen oder Boolean-Werte gesetzt werden. Bei Boolean-Werten steht 1 für wahr und 0 für falsch.

Um die Variablen automatisch während des Systemstarts zu setzen, fügen Sie sie in /etc/sysctl.conf ein. Weitere Informationen finden Sie in der Hilfeseite [sysctl.conf\(5\)](#) und in [Abschnitt 12.9.1, „sysctl.conf“](#).

12.9.1. sysctl.conf

/etc/sysctl.conf sieht ähnlich wie /etc/rc.conf aus. Werte werden in der Form Variable=Wert gesetzt. Die angegebenen Werte werden gesetzt, nachdem sich das System bereits im Mehrbenutzermodus befindet. Allerdings lassen sich im Mehrbenutzermodus nicht alle Werte setzen.

Um das Protokollieren von fatalen Signalen abzustellen und Benutzer daran zu hindern, von anderen Benutzern gestartete Prozesse zu sehen, können Sie in /etc/sysctl.conf die folgenden Variablen setzen:

```
# Do not log fatal signal exits (e.g. sig 11)
kern.logsigexit=0

# Prevent users from seeing information about processes that
# are being run under another UID.
security.bsd.see_other_uids=0
```

12.9.2. Schreibgeschützte Variablen

Contributed by Tom Rhodes.

Wenn schreibgeschützte [sysctl\(8\)](#)-Variablen verändert werden, ist ein Neustart des Systems erforderlich.

Beispielsweise hat [cardbus\(4\)](#) auf einigen Laptops Schwierigkeiten, Speicherbereiche zu erkennen. Es treten dann Fehlermeldungen wie die folgende auf:

```
cbb0: Could not map register memory
device_probe_and_attach: cbb0 attach returned 12
```

Um dieses Problem zu lösen, muss eine schreibgeschützte [sysctl\(8\)](#)-Variable verändert werden. Fügen Sie `hw.pci.allow_unsupported_io_range=1` in `/boot/loader.conf` hinzu und starten Sie das System neu. Danach sollte [cardbus\(4\)](#) fehlerfrei funktionieren.

12.10. Tuning von Laufwerken

Der folgende Abschnitt beschreibt die verschiedenen Methoden zur Feinabstimmung der Laufwerke. Oft sind mechanische Teile in Laufwerken, wie SCSI-Laufwerke, verbaut. Diese können einen Flaschenhals bei der Gesamtleistung des Systems darstellen. Sie können zwar auch ein Laufwerk ohne mechanische Teile einbauen, wie z.B. ein *Solid-State-Drive*, aber Laufwerke mit mechanischen Teilen werden auch in naher Zukunft nicht vom Markt verschwinden. Bei der Feinabstimmung ist es ratsam, die Funktionen von [iostat\(8\)](#) zu verwenden, um verschiedene Änderungen zu testen und um nützliche IO-Informationen des Systems zu erhalten.

12.10.1. Sysctl Variablen

12.10.1.1. `vfs.vmiodirenable`

Die [sysctl\(8\)](#)-Variable `vfs.vmiodirenable` besitzt in der Voreinstellung den Wert 1. Die Variable kann auf den Wert 0 (deaktiviert) oder 1 (aktiviert) gesetzt werden. Sie steuert, wie Verzeichnisse vom System zwischengespeichert werden. Die meisten Verzeichnisse sind klein und benutzen nur ein einzelnes Fragment, typischerweise 1 kB, im Dateisystem und 512 Bytes im Buffer-Cache. Ist die Variable deaktiviert, wird der Buffer-Cache nur eine limitierte Anzahl Verzeichnisse zwischenspeichern, auch wenn das System über sehr viel Speicher verfügt. Ist die Variable aktiviert, kann der Buffer-Cache den VM-Page-Cache benutzen, um Verzeichnisse zwischenzuspeichern. Der ganze Speicher steht damit zum Zwischenspeichern von Verzeichnissen zur Verfügung. Der Nachteil bei dieser Vorgehensweise ist, dass zum Zwischenspeichern eines Verzeichnisses mindestens eine physikalische Seite im Speicher, die normalerweise 4 kB groß ist, anstelle von 512 Bytes gebraucht wird. Es wird empfohlen, diese Option aktiviert zu lassen, wenn Sie Dienste zur Verfügung stellen, die viele Dateien manipulieren. Beispiele für solche Dienste sind Web-Caches, große Mail-Systeme oder Netnews. Die aktivierte Variable vermindert, trotz des verschwendeten Speichers, in aller Regel nicht die Leistung des Systems, obwohl Sie das nachprüfen sollten.

12.10.1.2. `vfs.write_behind`

In der Voreinstellung besitzt die [sysctl\(8\)](#)-Variable `vfs.write_behind` den Wert 1 (aktiviert). Mit dieser Einstellung schreibt das Dateisystem anfallende vollständige Cluster, die besonders beim sequentiellen Schreiben großer Dateien auftreten, direkt auf das Medium aus. Dies verhindert, dass sich im Buffer-Cache veränderte Puffer (*dirty buffers*) ansammeln, die die I/O-Verarbeitung nicht mehr beschleunigen würden. Unter bestimmten Umständen blockiert diese Funktion allerdings Prozesse. Setzen Sie in diesem Fall die Variable `vfs.write_behind` auf den Wert 0.

12.10.1.3. `vfs.hirunningspace`

Die [sysctl\(8\)](#)-Variable `vfs.hirunningspace` bestimmt systemweit die Menge ausstehender Schreiboperationen, die dem Platten-Controller zu jedem beliebigen Zeitpunkt übergeben werden können. Normalerweise können Sie den Vorgabewert verwenden. Auf Systemen mit vielen Platten kann der Wert aber auf 4 bis 5 *Megabyte* erhöht werden. Ein zu hoher Wert (größer als der Schreib-Schwellwert des Buffer-Caches) kann zu Leistungsverlusten führen. Setzen Sie den Wert daher nicht zu hoch! Hohe Werte können auch Leseoperationen verzögern, die gleichzeitig mit Schreiboperationen ausgeführt werden.

Es gibt weitere [sysctl\(8\)](#)-Variablen, mit denen Sie den Buffer-Cache und den VM-Page-Cache beeinflussen können. Es wird nicht empfohlen, diese Variablen zu verändern, da das VM-System den virtuellen Speicher selbst sehr gut verwaltet.

12.10.1.4. `vm.swap_idle_enabled`

Die `sysctl(8)`-Variable `vm.swap_idle_enabled` ist für große Mehrbenutzer-Systeme gedacht, auf denen sich viele Benutzer an- und abmelden und auf denen es viele Prozesse im Leerlauf (*idle*) gibt. Solche Systeme fragen kontinuierlich freien Speicher an. Wenn Sie die Variable `vm.swap_idle_enabled` aktivieren, können Sie die Auslagerungs-Hysterese von Seiten mit den Variablen `vm.swap_idle_threshold1` und `vm.swap_idle_threshold2` einstellen. Die Schwellwerte beider Variablen geben die Zeit in Sekunden an, in denen sich ein Prozess im Leerlauf befinden muss. Wenn die Werte so eingestellt sind, dass Seiten früher als nach dem normalen Algorithmus ausgelagert werden, verschafft das dem Auslagerungs-Prozess mehr Luft. Aktivieren Sie diese Funktion nur, wenn Sie sie wirklich benötigen: Die Speicherseiten werden eher früher als später ausgelagert. Der Platz im Swap-Bereich wird dadurch schneller verbraucht und die Plattenaktivitäten steigen an. Auf kleinen Systemen hat diese Funktion spürbare Auswirkungen. Auf großen Systemen, die sowieso schon Seiten auslagern müssen, können ganze Prozesse leichter in den Speicher geladen oder ausgelagert werden.

12.10.1.5. `hw.ata.wc`

Obwohl das Abstellen des IDE-Schreib-Zwischenspeichers die Bandbreite zum Schreiben auf die IDE-Festplatte verringert, kann es aus Gründen der Datenkonsistenz als notwendig angesehen werden. Das Problem ist, dass IDE-Platten keine zuverlässige Aussage über das Ende eines Schreibvorgangs treffen. Wenn der Schreib-Zwischenspeicher aktiviert ist, werden die Daten nicht in der Reihenfolge ihres Eintreffens geschrieben. Es kann sogar passieren, dass das Schreiben mancher Blöcke im Fall von starker Plattenaktivität auf unbefristete Zeit verzögert wird. Ein Absturz oder Stromausfall zu dieser Zeit kann die Dateisysteme erheblich beschädigen. Sie sollten den Wert der `sysctl(8)`-Variable `hw.ata.wc` auf dem System überprüfen. Wenn der Schreib-Zwischenspeicher abgestellt ist, können Sie ihn beim Systemstart aktivieren, indem Sie die Variable in `/boot/loader.conf` auf den Wert 1 setzen.

Weitere Informationen finden Sie in [ata\(4\)](#).

12.10.1.6. `SCSI_DELAY` (`kern.cam.scsi_delay`)

Mit der Kerneloption `SCSI_DELAY` kann die Dauer des Systemstarts verringert werden. Der Vorgabewert ist recht hoch und er verzögert den Systemstart um 15 oder mehr Sekunden. Normalerweise kann dieser Wert, insbesondere mit modernen Laufwerken, mit der `sysctl(8)`-Variable `kern.cam.scsi_delay` auf 5 Sekunden herabgesetzt werden. Die Variable sowie die Kerneloption verwenden für die Zeitangabe Millisekunden und *nicht* Sekunden.

12.10.2. Soft Updates

Mit `tunefs(8)` lassen sich Feineinstellungen an Dateisystemen vornehmen. Das Programm hat verschiedene Optionen. Soft Updates werden wie folgt ein- und ausgeschaltet:

```
# tunefs -n enable /filesystem
# tunefs -n disable /filesystem
```

Ein eingehängtes Dateisystem kann nicht mit `tunefs(8)` modifiziert werden. Soft Updates werden am besten im Single-User Modus aktiviert, bevor Partitionen eingehangen sind.

Durch Einsatz eines Zwischenspeichers wird die Performance im Bereich der Metadaten, vorwiegend beim Anlegen und Löschen von Dateien, gesteigert. Es wird empfohlen, Soft Updates auf allen UFS-Dateisystemen zu aktivieren. Allerdings sollten Sie sich über die zwei Nachteile von Soft Updates bewusst sein: Erstens garantieren Soft Updates zwar die Konsistenz der Daten im Fall eines Absturzes, aber es kann passieren, dass das Dateisystem über mehrere Sekunden oder gar eine Minute nicht synchronisiert wurde. Nicht geschriebene Daten gehen dann vielleicht verloren. Zweitens verzögern Soft Updates die Freigabe von Datenblöcken. Eine größere Aktualisierung eines fast vollen Dateisystems, wie dem Root-Dateisystem, z.B. während eines `make installworld`, kann das Dateisystem vollaufen lassen. Dadurch würde die Aktualisierung fehlschlagen.

12.10.2.1. Details über Soft Updates

Bei einem Metadaten-Update werden die Inodes und Verzeichniseinträge aktualisiert auf die Platte zurückgeschrieben. Es gibt zwei klassische Ansätze, um die Metadaten des Dateisystems auf die Platte zu schreiben.

Das historisch übliche Verfahren waren synchrone Updates der Metadaten, d. h. wenn eine Änderung an einem Verzeichnis nötig war, wurde anschließend gewartet, bis diese Änderung tatsächlich auf die Platte zurückgeschrieben worden war. Der *Inhalt* der Dateien wurde im „Buffer Cache“ zwischengespeichert und später asynchron auf die Platte geschrieben. Der Vorteil dieser Implementierung ist, dass sie sicher funktioniert. Wenn während eines Updates ein Ausfall erfolgt, haben die Metadaten immer einen konsistenten Zustand. Eine Datei ist entweder komplett angelegt oder gar nicht. Wenn die Datenblöcke einer Datei im Fall eines Absturzes noch nicht den Weg aus dem „Buffer Cache“ auf die Platte gefunden haben, kann `fsck(8)` das Dateisystem reparieren, indem es die Dateilänge einfach auf 0 setzt. Außerdem ist die Implementierung einfach und überschaubar. Der Nachteil ist, dass Änderungen der Metadaten sehr langsam vor sich gehen. Ein `rm -r` beispielsweise fasst alle Dateien eines Verzeichnisses der Reihe nach an, aber jede dieser Änderungen am Verzeichnis (Löschen einer Datei) wird einzeln synchron auf die Platte geschrieben. Gleiches beim Auspacken großer Hierarchien mit `tar -x`.

Der zweite Ansatz sind asynchrone Metadaten-Updates. Das ist der Standard, wenn UFS-Dateisysteme mit `mount -o async` eingehängt werden. Man schickt die Updates der Metadaten einfach auch noch über den „Buffer Cache“, sie werden also zwischen die Updates der normalen Daten eingeschoben. Vorteil ist, dass man nun nicht mehr auf jeden Update warten muss, Operationen, die zahlreiche Metadaten ändern, werden also viel schneller. Auch hier ist die Implementierung sehr einfach und wenig anfällig für Fehler. Nachteil ist, dass keinerlei Konsistenz des Dateisystems mehr gesichert ist. Wenn mitten in einer Operation, die viele Metadaten ändert, ein Ausfall erfolgt (Stromausfall, drücken des Reset-Schalters), dann ist das Dateisystem anschließend in einem unbestimmten Zustand. Niemand kann genau sagen, was noch geschrieben worden ist und was nicht mehr; die Datenblöcke einer Datei können schon auf der Platte stehen, während die inode Tabelle oder das zugehörige Verzeichnis nicht mehr aktualisiert worden ist. Man kann praktisch kein `fsck(8)` mehr implementieren, das diesen Zustand wieder reparieren kann, da die dazu nötigen Informationen einfach auf der Platte fehlen. Wenn ein Dateisystem irreparabel beschädigt wurde, hat man nur noch die Möglichkeit es neu zu erzeugen und die Daten vom Backup zurückspielen.

Der Ausweg aus diesem Dilemma ist ein *dirty region logging*, was auch als *Journaling* bezeichnet wird. Man schreibt die Metadaten-Updates zwar synchron, aber nur in einen kleinen Plattenbereich, die *logging area*. Von da aus werden sie dann asynchron auf ihre eigentlichen Bereiche verteilt. Da die *logging area* ein kleines zusammenhängendes Stückchen ist, haben die Schreibköpfe der Platte bei massiven Operationen auf Metadaten keine allzu großen Wege zurückzulegen, so dass alles ein ganzes Stück schneller geht als bei klassischen synchronen Updates. Die Komplexität der Implementierung hält sich ebenfalls in Grenzen, somit auch die Anfälligkeit für Fehler. Als Nachteil ergibt sich, dass Metadaten zweimal auf die Platte geschrieben werden müssen (einmal in die *logging area*, einmal an die richtige Stelle), so dass das im Falle regulärer Arbeit (also keine gehäuften Metadatenoperationen) eine „Pessimisierung“ des Falls der synchronen Updates eintritt, es wird alles langsamer. Dafür hat man als Vorteil, dass im Falle eines Crashes der konsistente Zustand dadurch erzielbar ist, dass die angefangenen Operationen aus dem *dirty region log* entweder zu Ende ausgeführt oder komplett verworfen werden, wodurch das Dateisystem schnell wieder zur Verfügung steht.

Die Lösung von Kirk McKusick, dem Schöpfer von Berkeley FFS, waren *Soft Updates*: die notwendigen Updates der Metadaten werden im Speicher gehalten und dann sortiert auf die Platte geschrieben („ordered metadata updates“). Dadurch hat man den Effekt, dass im Falle massiver Metadaten-Änderungen spätere Operationen die vorhergehenden, noch nicht auf die Platte geschriebenen Updates desselben Elements im Speicher „einholen“. Alle Operationen, auf ein Verzeichnis beispielsweise, werden also in der Regel noch im Speicher abgewickelt, bevor der Update überhaupt auf die Platte geschrieben wird (die dazugehörigen Datenblöcke werden natürlich auch so sortiert, dass sie nicht vor ihren Metadaten auf der Platte sind). Im Fall eines Absturzes hat man ein implizites „log rewind“: alle Operationen, die noch nicht den Weg auf die Platte gefunden haben, sehen danach so aus, als hätten sie nie stattgefunden. Man hat so also den konsistenten Zustand von ca. 30 bis 60 Sekunden früher sichergestellt. Der verwendete Algorithmus garantiert dabei, dass alle tatsächlich benutzten Ressourcen auch in den entsprechenden Bitmaps (Block- und inode Tabellen) als belegt markiert sind. Der einzige Fehler, der auftreten kann, ist, dass Ressourcen noch als „belegt“ markiert sind, die tatsächlich „frei“ sind. `fsck(8)` erkennt dies und korrigiert diese nicht mehr belegten Ressourcen. Die Notwendigkeit eines Dateisystem-Checks darf aus diesem Grunde auch ignoriert und das Dateisystem mittels `mount -f` zwangsweise eingebunden werden. Um noch allozierte Ressourcen freizugeben muss später ein `fsck(8)` nachgeholt werden. Das ist dann auch die Idee des *background fsck*: beim Starten des Systems wird lediglich ein *Schnappschuss* des Filesystems gemacht, mit dem `fsck(8)` dann später arbeiten kann. Alle Dateisysteme dürfen „unsauber“ eingebunden werden und das System kann sofort in den Multiuser-Modus gehen. Danach wird ein Hintergrund-`fsck(8)` für die Dateisysteme gestartet, die dies benötigen, um möglicherweise

irrtümlich belegte Ressourcen freizugeben. Dateisysteme ohne *Soft Updates* benötigen natürlich immer noch den üblichen Vordergrund-**fsck(8)**, bevor sie eingebunden werden können.

Der Vorteil ist, dass die Metadaten-Operationen beinahe so schnell ablaufen wie im asynchronen Fall, also auch schneller als beim *logging*, das die Metadaten immer zweimal schreiben muss. Als Nachteil stehen dem die Komplexität des Codes, ein erhöhter Speicherverbrauch und einige spezielle Eigenheiten entgegen. Nach einem Absturz ist ein etwas „älterer“ Stand auf der Platte – statt einer leeren, aber bereits angelegten Datei, wie nach einem herkömmlichen **fsck(8)** Lauf, ist auf einem Dateisystem mit *Soft Updates* keine Spur der entsprechenden Datei mehr zu sehen, da weder die Metadaten noch der Dateiinhalt je auf die Platte geschrieben wurden. Weiterhin kann der Platz nach einem **rm(1)** nicht sofort wieder als verfügbar markiert werden, sondern erst dann, wenn der Update auch auf die Platte vermittelt worden ist. Dies kann besonders dann Probleme bereiten, wenn große Datenmengen in einem Dateisystem installiert werden, das nicht genügend Platz hat, um alle Dateien zweimal unterzubringen.

12.11. Einstellungen von Kernel Limits

12.11.1. Datei und Prozeß Limits

12.11.1.1. kern.maxfiles

Abhängig von den Anforderungen an das System kann die **sysctl(8)**-Variable `kern.maxfiles` erhöht oder gesenkt werden. Die Variable legt die maximale Anzahl von Dateideskriptoren auf dem System fest. Wenn die Dateideskriptoren aufgebraucht sind, werden Sie die Meldung `file: table is full` wiederholt im Puffer für Systemmeldungen sehen. Den Inhalt des Puffers können Sie sich mit **dmesg(8)** anzeigen lassen.

Jede offene Datei, jedes Socket und jede FIFO verbraucht einen Dateideskriptor. Auf „dicken“ Produktionsservern können leicht Tausende Dateideskriptoren benötigt werden, abhängig von der Art und Anzahl der gleichzeitig laufenden Dienste.

In älteren FreeBSD-Versionen wurde die Voreinstellung von `kern.maxfile` aus der Kernelkonfigurationsoption `maxusers` bestimmt. `kern.maxfiles` wächst proportional mit dem Wert von `maxusers`. Wenn Sie einen angepassten Kernel kompilieren, empfiehlt es sich diese Option entsprechend der maximalen Benutzerzahl des Systems einzustellen. Obwohl auf einer Produktionsmaschine vielleicht nicht 256 Benutzer gleichzeitig angemeldet sind, können die benötigten Ressourcen ähnlich hoch wie bei einem großen Webserver sein.

Die nur lesbare **sysctl(8)**-Variable `kern.maxusers` wird beim Systemstart automatisch aus dem zur Verfügung stehenden Hauptspeicher bestimmt. Im laufenden Betrieb kann dieser Wert aus `kern.maxusers` ermittelt werden. Einige Systeme benötigen für diese Variable einen anderen Wert, wobei 64, 128 und 256 gewöhnliche Werte darstellen. Es wird nicht empfohlen, die Anzahl der Dateideskriptoren auf einen Wert größer 256 zu setzen, es sei denn, Sie benötigen wirklich eine riesige Anzahl von ihnen. Viele der von `kern.maxusers` auf einen Standardwert gesetzten Parameter können beim Systemstart oder im laufenden Betrieb in `/boot/loader.conf` angepasst werden. In **loader.conf(5)** und `/boot/defaults/loader.conf` finden Sie weitere Details und Hinweise.

Ältere FreeBSD-Versionen setzen diesen Wert selbst, wenn Sie in der Konfigurationsdatei den Wert 0¹ angeben. Wenn Sie den Wert selbst bestimmen wollen, sollten Sie `maxusers` mindestens auf 4 setzen. Dies gilt insbesondere dann, wenn Sie beabsichtigen, Xorg zu benutzen oder Software zu kompilieren. Der wichtigste Wert, der durch `maxusers` bestimmt wird, die maximale Anzahl an Prozessen ist, die auf $20 + 16 * \text{maxusers}$ gesetzt wird. Wird `maxusers` auf 1 setzen, können gleichzeitig nur 36 Prozesse laufen, von denen ungefähr 18 schon beim Booten des Systems gestartet werden. Dazu kommen nochmals etwa 15 Prozesse beim Start von Xorg. Selbst eine einfache Aufgabe wie das Lesen einer Manualpage benötigt neun Prozesse zum Filtern, Dekomprimieren und Betrachten der Datei. Für die meisten Benutzer sollte es ausreichen, `maxusers` auf 64 zu setzen, womit 1044 gleichzeitige Prozesse zur Verfügung stehen. Wenn Sie allerdings den Fehler `proc table full` beim Start eines Programms oder auf einem Server mit einer großen Benutzerzahl sehen, dann sollten Sie den Wert nochmals erhöhen und den Kernel neu bauen.

¹Der verwendete Algorithmus setzt `maxusers` auf die Speichergröße des Systems. Der minimale Wert beträgt dabei 32, das Maximum ist 384.



Anmerkung

Die Anzahl der Benutzer, die sich auf einem Rechner anmelden kann, wird durch `maxusers` nicht begrenzt. Der Wert dieser Variablen legt neben der möglichen Anzahl der Prozesse eines Benutzers weitere sinnvolle Größen für bestimmte Systemtabellen fest.

12.11.1.2. kern.ipc.somaxconn

Die `sysctl(8)`-Variable `kern.ipc.somaxconn` beschränkt die Größe der Warteschlange (*Listen-Queue*) für neue TCP-Verbindungen. Der Vorgabewert von 128 ist normalerweise zu klein, um neue Verbindungen auf einem stark ausgelasteten Webserver zuverlässig zu handhaben. Auf solchen Servern sollte der Wert auf 1024 oder höher gesetzt werden. Dienste wie `sendmail(8)` oder Apache können die Größe der Queue selbst einschränken. Oft gibt es die Möglichkeit, die Größe der Listen-Queue in einer Konfigurationsdatei einzustellen. Eine große Listen-Queue übersteht vielleicht auch einen Denial of Service Angriff (DoS).

12.11.2. Netzwerk Limits

Die Kerneloption `NMBCLUSTERS` schreibt die Anzahl der Netzwerkpuffer (Mbufs) fest, die das System besitzt. Eine zu geringe Anzahl Mbufs auf einem Server mit viel Netzwerkverkehr verringert die Leistung von FreeBSD. Jeder Mbuf-Cluster nimmt ungefähr 2 kB Speicher in Anspruch, so dass ein Wert von 1024 insgesamt 2 Megabyte Speicher für Netzwerkpuffer im System reserviert. Wie viele Cluster benötigt werden, lässt sich durch eine einfache Berechnung herausfinden. Ein Webserver, der maximal 1000 gleichzeitige Verbindungen servieren soll, wobei jede der Verbindungen einen 6 kB großen Sendepuffer und einen 16 kB großen Empfangspuffer benötigt, braucht ungefähr 32 MB Speicher für Netzwerkpuffer. Als Daumenregel verdoppeln Sie diese Zahl, so dass sich für `NMBCLUSTERS` der Wert $2 \times 32 \text{ MB} / 2 \text{ kB} = 64 \text{ MB} / 2 \text{ kB} = 32768$ ergibt. Für Maschinen mit viel Speicher werden Werte zwischen 4096 und 32768 empfohlen. Unter keinen Umständen sollten Sie diesen Wert willkürlich erhöhen, da dies zu einem Absturz beim Systemstart führen kann. Verwenden Sie `netstat(1)` mit `-m` um den Gebrauch der Netzwerkpuffer zu kontrollieren.

Die Netzwerkpuffer können beim Systemstart mit der Loader-Variablen `kern.ipc.nmbclusters` eingestellt werden. Nur auf älteren FreeBSD-Systemen müssen Sie die Kerneloption `NMBCLUSTERS` verwenden.

Die Anzahl der `sendfile(2)` Puffer muss auf ausgelasteten Servern, die den Systemaufruf `sendfile(2)` oft verwenden, vielleicht erhöht werden. Dazu können Sie die Kerneloption `NSFBUFS` verwenden oder die Anzahl der Puffer in `/boot/loader.conf` (siehe `loader(8)`) setzen. Die Puffer sollten erhöht werden, wenn Sie Prozesse im Zustand `sfbufa` sehen. Die schreibgeschützte `sysctl(8)`-Variable `kern.ipc.nsfbufs` zeigt die Anzahl eingerichteten Puffer im Kernel. Der Wert dieser Variablen wird normalerweise von `kern.maxusers` bestimmt. Manchmal muss die Pufferanzahl jedoch manuell eingestellt werden.



Wichtig

Auch wenn ein Socket nicht blockierend angelegt wurde, kann der Aufruf von `sendfile(2)` blockieren, um auf freie `struct sf_buf` Puffer zu warten.

12.11.2.1. net.inet.ip.portrange.*

Die `sysctl(8)`-Variable `net.inet.ip.portrange.*` legt die Portnummern für TCP- und UDP-Sockets fest. Es gibt drei Bereiche: den niedrigen Bereich, den normalen Bereich und den hohen Bereich. Die meisten Netzprogramme benutzen den normalen Bereich. Dieser Bereich umfasst in der Voreinstellung die Portnummern 1024 bis 5000 und wird durch die Variablen `net.inet.ip.portrange.first` und `net.inet.ip.portrange.last` festgelegt. Die festgelegten Bereiche für Portnummern werden von ausgehenden Verbindungen benutzt. Unter bestimmten Umständen

den, beispielsweise auf stark ausgelasteten Proxy-Servern, sind alle Portnummern für ausgehende Verbindungen belegt. Bereiche für Portnummern spielen auf Servern keine Rolle, die hauptsächlich eingehende Verbindungen verarbeiten (wie ein normaler Webserver) oder nur eine begrenzte Anzahl ausgehender Verbindungen öffnen (beispielsweise ein Mail-Relay). Wenn keine freien Portnummern mehr vorhanden sind, sollte die Variable `net.inet.ip.portrange.last` langsam erhöht werden. Ein Wert von 10000, 20000 oder 30000 ist angemessen. Beachten Sie auch eine vorhandene Firewall, wenn Sie die Bereiche für Portnummern ändern. Einige Firewalls sperren große Bereiche (normalerweise aus den kleinen Portnummern) und erwarten, dass hohe Portnummern für ausgehende Verbindungen verwendet werden. Daher kann es erforderlich sein, den Wert von `net.inet.ip.portrange.first` zu erhöhen.

12.11.2.2. TCP Bandwidth Delay Product Begrenzung

Die TCP Bandwidth Delay Product Begrenzung wird aktiviert, indem die `sysctl(8)`-Variable `net.inet.tcp.inflight.enable` auf den Wert 1 gesetzt wird. Das System wird dadurch angewiesen, für jede Verbindung, das Produkt aus der Übertragungsrate und der Verzögerungszeit zu bestimmen. Dieses Produkt begrenzt die Datenmenge, die für einen optimalen Durchsatz zwischengespeichert werden muss.

Diese Begrenzung ist nützlich, wenn Sie Daten über Verbindungen mit einem hohen Produkt aus Übertragungsrate und Verzögerungszeit wie Modems, Gigabit-Ethernet oder schnellen WANs, zur Verfügung stellen. Insbesondere wirkt sich die Begrenzung aus, wenn die Verbindung die Option *Window-scaling* verwendet oder große Sendefenster (*send window*) benutzt. Schalten Sie die Debug-Meldungen aus, wenn Sie die Begrenzung aktiviert haben. Dazu setzen Sie die Variable `net.inet.tcp.inflight.debug` auf 0. Auf Produktions-Systemen sollten Sie zudem die Variable `net.inet.tcp.inflight.min` mindestens auf den Wert 6144 setzen. Allerdings kann ein zu hoher Wert, abhängig von der Verbindung, die Begrenzungsfunktion unwirksam machen. Die Begrenzung reduziert die Datenmenge in den Queues von Routern und Switches, sowie die Datenmenge in der Queue der lokalen Netzwerkkarte. Die Verzögerungszeit (*Round Trip Time*) für interaktive Anwendungen sinkt, da weniger Pakete zwischengespeichert werden. Dies gilt besonders für Verbindungen über langsame Modems. Die Begrenzung wirkt sich allerdings nur auf das Versenden von Daten aus (Uploads, Server). Auf den Empfang von Daten (Downloads) hat die Begrenzung keine Auswirkungen.

Die Variable `net.inet.tcp.inflight.stab` sollte *nicht* angepasst werden. Der Vorgabewert der Variablen beträgt 20, das heißt es werden maximal zwei Pakete zu dem Produkt aus Übertragungsrate und Verzögerungszeit addiert. Dies stabilisiert den Algorithmus und verbessert die Reaktionszeit auf Veränderungen. Bei langsamen Verbindungen können sich aber die Laufzeiten der Pakete erhöhen (ohne diesen Algorithmus wären sie allerdings noch höher). In solchen Fällen können Sie versuchen, den Wert der Variablen auf 15, 10 oder 5 herabzusetzen. Gleichzeitig müssen Sie vielleicht auch `net.inet.tcp.inflight.min` auf einen kleineren Wert (beispielsweise 3500) setzen. Ändern Sie diese Variablen nur ab, wenn Sie keine anderen Möglichkeiten mehr haben.

12.11.3. Virtueller Speicher (Virtual Memory)

12.11.3.1. kern.maxvnodes

Ein vnode ist die interne Darstellung einer Datei oder eines Verzeichnisses. Die Erhöhung der Anzahl der für das Betriebssystem verfügbaren vnodes verringert also die Schreib- und Lesezugriffe auf der Festplatte. vnodes werden im Normalfall vom Betriebssystem automatisch vergeben und müssen nicht manuell angepasst werden. In einigen Fällen stellt der Zugriff auf eine Platte allerdings einen Flaschenhals dar, daher sollten Sie in diesem Fall die Anzahl der möglichen vnodes erhöhen, um dieses Problem zu beheben. Beachten Sie dabei aber die Größe des inaktiven und freien Hauptspeichers.

Um die Anzahl der derzeit verwendeten vnodes zu sehen, geben Sie Folgendes ein:

```
# sysctl vfs.numvnodes
vfs.numvnodes: 91349
```

Die maximal mögliche Anzahl der vnodes erhalten Sie durch die Eingabe von:

```
# sysctl kern.maxvnodes
```

```
kern.maxvnodes: 100000
```

Wenn sich die Anzahl der genutzten vnodes dem maximal möglichen Wert nähert, sollten Sie den Wert `kern.maxvnodes` zuerst um etwa 1000 erhöhen. Beobachten Sie danach die Anzahl der vom System genutzten `vfs.numvnodes`. Nähert sich der Wert wiederum dem definierten Maximum, müssen Sie `kern.maxvnodes` nochmals erhöhen. Sie sollten nun eine Änderung des Speicherverbrauchs über [top\(1\)](#) registrieren können und über mehr aktiven Speicher verfügen.

12.12. Hinzufügen von Swap-Bereichen

Manchmal benötigt ein System mehr Swap-Bereiche. Dieser Abschnitt beschreibt zwei Methoden, um Swap-Bereiche hinzuzufügen: auf einer bestehenden Partition oder auf einem neuen Laufwerk, und das Hinzufügen einer Swap-Datei auf einer existierenden Partition.

Für Informationen zur Verschlüsselung von Swap-Partitionen, zu den dabei möglichen Optionen sowie zu den Gründen für eine Verschlüsselung des Auslagerungsspeichers lesen Sie [Abschnitt 18.13](#), „Den Auslagerungsspeicher verschlüsseln“.

12.12.1. Swap auf einer neuen oder existierenden Festplatte

Das Hinzufügen einer neuen Festplatte für Swap-Bereich bietet eine bessere Leistung, als das Hinzufügen einer Partition auf einem vorhandenem Laufwerk. Die Einrichtung von Partitionen und Laufwerken wird in [Abschnitt 18.2](#), „Hinzufügen von Laufwerken“ beschrieben. [Abschnitt 3.7.1](#), „Ein Partitionslayout entwerfen“ diskutiert Aspekte über die Anordnung und Größe von Swap-Bereichen.

Benutzen Sie [swapon\(8\)](#) um eine Swap-Partition zum System hinzuzufügen. Zum Beispiel:

```
# swapon
/dev/ada1s1b
```



Warnung

Sie können jede Partition verwenden, sofern sie nicht schon eingehangen ist. Das gilt auch dann, wenn die Partition bereits Daten enthält. Wird [swapon\(8\)](#) auf einer Partition ausgeführt, die noch Daten enthält, werden die vorhandenen Daten überschrieben und sind unweigerlich verloren. Stellen Sie sicher, dass die Partition, die Sie als Swap-Bereich hinzufügen möchten, wirklich die gewünschte Partition ist, bevor sie [swapon\(8\)](#) ausführen.

Um diese Swap-Partition automatisch beim Systemstart hinzuzufügen, fügen Sie einen Eintrag in `/etc/fstab` hinzu:

```
/dev/ada1s1b none swap sw 0 0
```

Die einzelnen Einträge von `/etc/fstab` werden in [fstab\(5\)](#) erläutert.

12.12.2. Swap-Bereiche über NFS

Swap-Bereiche über NFS sollten Sie nur dann einsetzen, wenn Sie über keine lokale Platte verfügen, da es durch die zur Verfügung stehende Bandbreite limitiert wird und außerdem den NFS-Server zusätzlich belastet.

12.12.3. Swap-Dateien

Sie können eine Datei festgelegter Größe als Swap-Bereich nutzen. Im folgenden Beispiel wird eine 64 MB große Datei mit dem Namen `/usr/swap0` benutzt.

Beispiel 12.2. Erstellen einer Swap-Datei

1. Der GENERIC-Kernel unterstützt bereits RAM-Disks ([md\(4\)](#)), welche für diese Aktion benötigt werden. Wenn Sie einen eigenen Kernel erstellen, vergewissern Sie sich, dass die folgende Zeile in der Kernel-konfigurationsdatei enthalten ist:

```
device    md
```

Informationen, wie man einen eigenen Kernel erstellen kann, erhalten Sie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#).

2. Legen Sie die Swap-Datei `/usr/swap0` an:

```
# dd if=/dev/zero of=/usr/swap0 bs=1024k count=64
```

3. Setzen Sie die richtigen Berechtigungen für `/usr/swap0` :

```
# chmod 0600 /usr/swap0
```

4. Aktivieren Sie die Swap-Datei `/etc/rc.conf` :

```
swapfile="/usr/swap0"    # Set to name of swapfile if aux swapfile desired.
```

5. Um die Swap-Datei zu aktivieren, führen Sie entweder einen Neustart durch oder geben das folgende Kommando ein:

```
# mdconfig -a -t vnode -f /usr/swap0 -u 0 && swapon /dev/md0
```

12.13. Energie- und Ressourcenverwaltung

Verfasst von Hiten Pandya und Tom Rhodes.

Es ist wichtig, Hardware effizient einzusetzen. Vor der Einführung des *Advanced Configuration and Power Interface* (ACPI) konnten Stromverbrauch und Wärmeabgabe eines Systems nur schlecht von Betriebssystemen gesteuert werden. Die Hardware wurde vom BIOS gesteuert, was die Kontrolle der Energieverwaltung für den Anwender erschwerte. Das *Advanced Power Management* (APM) erlaubte es lediglich, einige wenige Funktionen zu steuern, obwohl die Überwachung von Energie- und Ressourcenverbrauch zu den wichtigsten Aufgaben eines Betriebssystems gehört, um auf verschiedene Ereignisse, beispielsweise einen unerwarteten Temperaturanstieg, reagieren können.

Dieser Abschnitt erklärt das Advanced Configuration and Power Interface (ACPI).

12.13.1. Was ist ACPI?

Advanced Configuration and Power Interface (ACPI) ist ein Standard verschiedener Hersteller, der die Verwaltung von Hardware und Energiesparfunktionen festlegt. Die ACPI-Funktionen können von einem Betriebssystem gesteuert werden. Der Vorgänger des ACPI, APM, erwies sich in modernen Systemen als unzureichend.

12.13.2. Mängel des Advanced Power Managements

Das APM steuert den Energieverbrauch eines Systems auf Basis der Systemaktivität. Das APM-BIOS wird von dem Hersteller des Systems zur Verfügung gestellt und ist auf die spezielle Hardware angepasst. Der APM-Treiber des

Betriebssystems greift auf das *APM Software Interface* zu, das den Energieverbrauch regelt. APM findet sich in der Regel nur noch in Systemen, die vor 2001 produziert wurden.

Das APM hat hauptsächlich vier Probleme. Erstens läuft die Energieverwaltung unabhängig vom Betriebssystem in einem herstellerspezifischen BIOS. Beispielsweise kann das APM-BIOS die Festplatten nach einer konfigurierbaren Zeit ohne die Zustimmung des Betriebssystems herunterfahren. Zweitens befindet sich die ganze APM-Logik im BIOS; das Betriebssystem hat gar keine APM-Komponenten. Bei Problemen mit dem APM-BIOS muss das Flash-ROM aktualisiert werden. Diese Prozedur ist gefährlich, da sie im Fehlerfall das System unbrauchbar machen kann. Zum Dritten ist APM eine Technik, die herstellerspezifisch ist und nicht koordiniert wird. Fehler im BIOS eines Herstellers werden nicht unbedingt im BIOS anderer Hersteller korrigiert. Das letzte Problem ist, dass im APM-BIOS nicht genügend Platz vorhanden ist, um eine durchdachte oder eine auf den Zweck der Maschine zugeschnittene Energieverwaltung zu implementieren.

Das *Plug and Play BIOS (PNPBIOS)* war ebenfalls unzureichend. Das PNPBIOS verwendet eine 16-Bit-Technik. Damit das Betriebssystem das PNPBIOS ansprechen kann, muss es in einer 16-Bit-Emulation laufen.

Der APM-Treiber wird in [apm\(4\)](#) beschrieben.

12.13.3. Konfiguration des ACPI

Das Modul [acpi\(4\)](#) wird standardmäßig beim Systemstart vom [loader\(8\)](#) geladen und sollte daher *nicht* fest in den Kernel eingebunden werden. Dadurch kann ein Modul ohne einen Neubau des Kernels leichter ersetzt und getestet werden. Das ACPI-Modul im laufenden Betrieb zu laden, führt oft nicht zum gewünschten Ergebnis. Treten bei Ihrem System Probleme auf, kann ACPI auch komplett deaktiviert werden. Dazu definieren Sie die Variable `hint.acpi.0.disabled="1"` in der Datei `/boot/loader.conf`. Alternativ können Sie die Variable auch am [loader\(8\)](#)-Prompt eingeben. Das Modul kann im laufenden Betrieb nicht entfernt werden, da es zur Kommunikation mit der Hardware verwendet wird.



Anmerkung

ACPI und APM können nicht zusammen verwendet werden. Das zuletzt geladene Modul beendet sich, sobald es bemerkt, dass das andere Modul geladen ist.

Mit [acpicnf\(8\)](#) können Sie das System in einen Ruhemodus (*sleep mode*) versetzen. Es gibt verschiedene Modi (von 1 bis 5), die Sie auf der Kommandozeile mit `-s` angeben können. Für die meisten Anwender sind die Modi 1 und 3 völlig ausreichend. Der Modus 5 schaltet das System aus (*Soft-off*) und entspricht dem folgenden Befehl:

```
# halt -p
```

Verschiedene Optionen können als [sysctl\(8\)](#)-Variablen gesetzt werden. Lesen Sie dazu [acpi\(4\)](#) sowie [acpicnf\(8\)](#).

12.14. ACPI-Fehlersuche

Verfasst von Nate Lawson.

Mit Beiträgen von Peter Schultz und Tom Rhodes.

ACPI ist ein gänzlich neuer Weg, um Geräte aufzufinden und deren Stromverbrauch zu regulieren. Weiterhin bietet ACPI einen einheitlichen Zugriff auf Geräte, die vorher vom BIOS verwaltet wurden. Es werden zwar Fortschritte gemacht, dass ACPI auf allen Systemen läuft, doch tauchen immer wieder Fehler auf: fehlerhafter Bytecode der ACPI-Machine-Language (AML) einiger Systemplatinen, ein unvollständiges FreeBSD-Kernel-Subsystem oder Fehler im ACPI-CA-Interpreter von Intel®.

Dieser Abschnitt hilft Benutzern, zusammen mit den Betreuern des FreeBSD-ACPI-Subsystems, Fehlerquellen zu finden und Fehler zu beseitigen.

12.14.1. Fehlerberichte einreichen



Anmerkung

Bevor Sie einen Fehlerbericht einreichen, stellen Sie bitte sicher, dass das BIOS und die Firmware des Controllers aktuell sind.

Wenn Sie einen Fehlerbericht einsenden wollen, schicken Sie bitte die folgenden Informationen an die Mailingliste [frebsd-acpi](#):

- Beschreiben Sie den Fehler und alle Umstände, unter denen der Fehler auftritt. Geben Sie ebenfalls den Typ und das Modell Ihres Systems an. Wenn Sie einen neuen Fehler entdeckt haben, versuchen Sie möglichst genau zu beschreiben, wann der Fehler das erste Mal aufgetreten ist.
- Die Ausgabe von `dmesg(8)` nach der Eingabe von `boot -v`. Geben Sie auch alle Fehlermeldungen an, die erscheinen, wenn Sie den Fehler provozieren.
- Die Ausgabe von `dmesg(8)` nach der Eingabe von `boot -v` und mit deaktiviertem ACPI, wenn das Problem ohne ACPI nicht auftritt.
- Die Ausgabe von `sysctl hw.acpi`. Dieses Kommando zeigt die vom System unterstützten ACPI-Funktionen an.
- Die URL, unter der die ACPI-Source-Language (ASL) liegt. Schicken Sie bitte *nicht* die ASL an die Mailingliste, da die ASL sehr groß sein kann. Eine Kopie der ASL erstellen Sie mit dem nachstehenden Befehl:

```
# acpidump -td > name-system.asl
```

Setzen Sie für *name* den Namen des Kontos und für *system* den Hersteller und das Modell des Systems ein. Zum Beispiel: `njl-FooCo6000.asl`.

Obwohl die meisten Entwickler die Mailingliste [frebsd-current](#) lesen, sollten Sie Fehlerberichte an die Liste [frebsd-acpi](#) schicken. Seien Sie bitte geduldig; wir haben alle Arbeit außerhalb des Projekts. Wenn der Fehler nicht offensichtlich ist, bitten wir Sie vielleicht, einen offiziellen Fehlerbericht (PR) mit [send-pr\(1\)](#) einzusenden. Geben Sie im Fehlerbericht bitte dieselben Informationen wie oben an. Mithilfe der PRs verfolgen und lösen wir Probleme. Senden Sie bitte keinen PR ein, ohne vorher den Fehlerbericht an die Liste [frebsd-acpi](#) zu senden. Es kann sein, dass der Fehler schon von jemand anderem gemeldet wurde.

12.14.2. ACPI-Grundlagen

ACPI gibt es in allen modernen Rechnern der ia32- (x86), ia64- (Itanium) und amd64- (AMD) Architektur. Der vollständige Standard bietet Funktionen zur Steuerung und Verwaltung der CPU-Leistung, der Stromversorgung, von Wärmebereichen, Batterien, eingebetteten Controllern und Bussen. Auf den meisten Systemen wird nicht der vollständige Standard implementiert. Arbeitsplatzrechner besitzen meist nur Funktionen zur Verwaltung der Busse, während Notebooks Funktionen zur Temperaturkontrolle und Ruhezustände besitzen.

Ein ACPI konformes System besitzt verschiedene Komponenten. Die BIOS- und Chipsatz-Hersteller stellen mehrere statische Tabellen bereit, zum Beispiel die Fixed-ACPI-Description-Table (FADT). Die Tabellen enthalten beispielsweise die mit SMP-Systemen benutzte APIC-Map, Konfigurationsregister und einfache Konfigurationen. Zusätzlich gibt es die Differentiated-System-Description-Table (DSDT), die Bytecode enthält. Die Tabelle ordnet Geräte und Methoden in einem baumartigen Namensraum an.

Ein ACPI-Treiber muss die statischen Tabellen einlesen, einen Interpreter für den Bytecode bereitstellen und die Gerätetreiber im Kernel so modifizieren, dass sie mit dem ACPI-Subsystem kommunizieren. Für FreeBSD, Linux® und NetBSD hat Intel® den Interpreter ACPI-CA, zur Verfügung gestellt. Der Quelltext zu ACPI-CA befindet sich im Verzeichnis `src/sys/contrib/dev/acpica`. Die Schnittstelle von ACPI-CA zu FreeBSD befindet sich unter `src/`

sys/dev/acpica/Osd . Treiber, die verschiedene ACPI-Geräte implementieren, befinden sich im Verzeichnis src/sys/dev/acpica .

12.14.3. Häufige Probleme

Damit ACPI richtig funktioniert, müssen alle Teile funktionieren. Im Folgenden finden Sie eine Liste mit Problemen und möglichen Umgehungen oder Fehlerbehebungen. Die Liste ist nach der Häufigkeit, mit der die Probleme auftreten, sortiert.

12.14.3.1. Mausprobleme

Es kann vorkommen, dass die Maus nicht mehr funktioniert, wenn Sie nach einem Suspend weiterarbeiten wollen. Ist dies bei Ihnen der Fall, reicht es meistens aus, den Eintrag `hint.psm.0.flags="0x3000"` in `/boot/loader.conf` aufzunehmen. Besteht das Problem weiterhin, sollten Sie einen Fehlerbericht senden.

12.14.3.2. Suspend/Resume

ACPI kennt drei Suspend-to-RAM-Zustände (STR): S1-S3. Es gibt einen Suspend-to-Disk-Zustand (STD): S4. Der Zustand S5 wird Soft-Off genannt. In diesem Zustand befindet sich ein Rechner, wenn die Stromversorgung angeschlossen ist, der Rechner aber nicht hochgefahren ist. Der Zustand S4 kann auf zwei Arten implementiert werden: S4BIOS und S4OS. Im ersten Fall wird der Suspend-to-Disk-Zustand durch das BIOS hergestellt im zweiten Fall alleine durch das Betriebssystem.



Anmerkung

Die Suspend-Zustände sind Ruhezustände, in denen der Rechner weniger Energie als im Normalbetrieb benötigt. Resume bezeichnet die Rückkehr zum Normalbetrieb.

Die Suspend-Zustände können Sie mit dem Kommando `sysctl hw.acpi` ermitteln. Das Folgende könnte beispielsweise ausgegeben werden:

```
hw.acpi.supported_sleep_state: S3 S4 S5
hw.acpi.s4bios: 0
```

Diese Ausgabe besagt, dass mit dem Befehl `acpicnf -s` die Zustände S3, S4OS und S5 eingestellt werden können. Hätte `s4bios` den Wert 1, gäbe es den Zustand S4BIOS anstelle von S4OS.

Wenn Sie die Suspend- und Resume-Funktionen testen, fangen Sie mit dem S1-Zustand an, wenn er angeboten wird. Dieser Zustand wird am ehesten funktionieren, da der Zustand wenig Treiber-Unterstützung benötigt. Der Zustand S2 ist ähnlich wie S1, allerdings hat ihn noch niemand implementiert. Als nächstes sollten Sie den Zustand S3 ausprobieren. Dies ist der tiefste STR-Schlafzustand. Dieser Zustand ist auf massive Treiber-Unterstützung angewiesen, um die Geräte wieder richtig zu initialisieren. Wenn Sie Probleme mit diesem Zustand haben, können Sie die Mailingliste [freebsd-acpi](#) anschreiben. Erwarten Sie allerdings nicht zu viel: Es gibt viele Treiber und Geräte, an denen noch gearbeitet und getestet wird.

Ein häufiges Problem mit Suspend/Resume ist, dass viele Gerätetreiber ihre Firmware, Register und Gerätespeicher nicht korrekt speichern, wiederherstellen und/oder reinitialisieren. Um dieses Problem zu lösen, sollten Sie zuerst die folgenden Befehle ausführen:

```
# sysctl debug.bootverbose=1
# sysctl debug.acpi.suspend_bounce=1
# acpicnf -s 3
```

Dieser Test emuliert einen Suspend/Resume-Zyklus für alle Geräte (ohne dass diese dabei wirklich in den Status S3 wechseln). In vielen Fällen reicht dies bereits aus, um Probleme (beispielsweise verlorener Firmware-Status,

Timeouts, hängende Geräte) zu entdecken. Beachten Sie dabei, dass das Gerät bei diesem Test nicht wirklich in den Status S3 wechseln. Es kann also vorkommen, dass manche Geräte weiterhin mit Strom versorgt werden (dies wäre bei einem wirklichen Wechsel in den Status S3 NICHT möglich. Andere Geräte werden normal weiterarbeiten, weil sie über keine Suspend/Resume-Funktionen verfügen.

Schwierigere Fälle können den Einsatz zusätzlicher Hardware (beispielsweise serielle Ports/Kabel für die Verbindung über eine serielle Konsole oder Firewire-Ports/Kabel für [dcons\(4\)](#)) sowie Kenntnisse im Bereich Kerneldebugging erforderlich machen.

Um das Problem einzugrenzen, entfernen Sie so viele Treiber wie möglich aus dem Kernel. Sie können das Problem isolieren, indem Sie einen Treiber nach dem anderen laden, bis der Fehler wieder auftritt. Typischerweise verursachen binäre Treiber wie `nvidia.ko`, Grafiktreiber und USB-Treiber die meisten Fehler, hingegen laufen Ethernet-Treiber für gewöhnlich sehr zuverlässig. Wenn ein Treiber zuverlässig geladen und entfernt werden kann, können Sie den Vorgang automatisieren, indem Sie die entsprechenden Kommandos in `/etc/rc.suspend` und `/etc/rc.resume` einfügen. In den Dateien finden Sie ein deaktiviertes Beispiel, das einen Treiber lädt und wieder entfernt. Ist die Bildschirmanzeige bei der Wiederaufnahme des Betriebs gestört, setzen Sie die Variable `hw.acpi.reset_video` auf 0. Versuchen Sie auch, die Variable `hw.acpi.sleep_delay` auf kürzere Zeitspannen zu setzen.

Die Suspend- und Resume-Funktionen können Sie auch auf einer neuen Linux®-Distribution mit ACPI testen. Wenn es mit Linux® funktioniert, liegt das Problem wahrscheinlich bei einem FreeBSD-Treiber. Es hilft uns, das Problem zu lösen, wenn Sie feststellen können, welcher Treiber das Problem verursacht. Beachten Sie bitte, dass die ACPI-Entwickler normalerweise keine anderen Treiber pflegen (beispielsweise Sound- oder ATA-Treiber). Es ist wohl das Beste, die Ergebnisse der Fehlersuche an die Mailingliste [freebsd-current](#) und den Entwickler des Treibers zu schicken. Erfahrene Benutzer können versuchen, den Fehler in der Resume-Funktion zu finden, indem sie einige [printf\(3\)](#)-Anweisungen in den Code des fehlerhaften Treibers einfügen.

Schließlich können Sie ACPI noch abschalten und stattdessen APM verwenden. Wenn die Suspend- und Resume-Funktionen mit APM funktionieren, sollten Sie besser APM verwenden (insbesondere mit alter Hardware von vor dem Jahr 2000). Die Hersteller benötigten einige Zeit, um ACPI korrekt zu implementieren, daher gibt es mit älterer Hardware oft ACPI-Probleme.

12.14.3.3. Systemhänger

Die meisten Systemhänger entstehen durch verlorene Interrupts oder einen Interrupt-Sturm. Probleme werden verursacht durch die Art, in der das BIOS Interrupts vor dem Systemstart konfiguriert, durch eine fehlerhafte APIC-Tabelle und durch die Zustellung des System-Control-Interrupts (SCI).

Anhand der Ausgabe des Befehls `vmstat -i` können Sie verlorene Interrupts von einem Interrupt-Sturm unterscheiden. Untersuchen Sie die Ausgabezeile, die `acpi0` enthält. Ein Interrupt-Sturm liegt vor, wenn der Zähler öfter als ein paar Mal pro Sekunde hochgezählt wird. Wenn sich das System aufgehängt hat, versuchen Sie mit der Tastenkombination `Ctrl+Alt+Esc` in den Debugger DDB zu gelangen. Geben Sie dort den Befehl `show interrupts` ein.

Wenn Sie Interrupt-Probleme haben, ist es vorerst wohl am besten, APIC zu deaktivieren. Tragen Sie dazu die Zeile `hint.apic.0.disabled="1"` in `/boot/loader.conf` ein.

12.14.3.4. Abstürze (Panics)

Panics werden so schnell wie möglich behoben; mit ACPI kommt es aber selten dazu. Zuerst sollten Sie die Panic reproduzieren und dann versuchen einen *backtrace* (eine Rückverfolgung der Funktionsaufrufe) zu erstellen. Richten Sie dazu den DDB über die serielle Schnittstelle (siehe [Abschnitt 26.6.4.3, „DDB Debugger über die serielle Schnittstelle“](#)) oder eine gesonderte [dump\(8\)](#)-Partition ein. In DDB können Sie den *backtrace* mit dem Kommando `tr` erstellen. Falls Sie den *backtrace* vom Bildschirm abschreiben müssen, schreiben Sie bitte mindestens die fünf ersten und die fünf letzten Zeile der Ausgabe auf.

Versuchen Sie anschließend, das Problem durch einen Neustart ohne ACPI zu beseitigen. Wenn das funktioniert hat, können Sie versuchen, das verantwortliche ACPI-Subsystem durch Setzen der Variablen `debug.acpi.disable` herauszufinden. Die Hilfeseite [acpi\(4\)](#) enthält dazu einige Beispiele.

12.14.3.5. Nach einem Suspend oder einem Stopp startet das System wieder

Setzen Sie zuerst `hw.acpi.disable_on_poweroff="0"` in `/boot/loader.conf`. Damit wird verhindert, dass ACPI während des Systemabschlusses die Bearbeitung verschiedener Ereignisse deaktiviert. Auf manchen Systemen muss die Variable den Wert 1 besitzen (die Voreinstellung). Normalerweise wird der unerwünschte Neustart des Systems durch Setzen dieser Variablen behoben.

12.14.3.6. Andere Probleme

Wenn Sie weitere Probleme mit ACPI haben (Umgang mit einer Docking-Station, nicht erkannte Geräte), schicken Sie bitte eine Beschreibung an die Mailingliste [frebsd-acpi](#). Allerdings kann es sein, dass einige Probleme von noch unvollständigen Teilen des ACPI-Subsystems abhängen und es etwas dauern kann bis diese Teile fertig sind. Seien Sie geduldig und rechnen Sie damit, Fehlerbehebungen zu testen.

12.14.4. ASL, acpidump(8) und IASL

Einige BIOS-Hersteller liefern einen fehlerhaften Bytecode aus. Dies erkennen Sie an Kernelmeldungen wie diesen:

```
ACPI-1287: *** Error: Method execution failed [\\_SB_.PCI0.LPC0.FIGD._STA] \\
(Node 0xc3f6d160), AE_NOT_FOUND
```

Oft können Sie das Problem dadurch lösen, dass Sie eine aktuelle BIOS-Version einspielen. Die meisten Meldungen auf der Konsole sind harmlos, wenn aber beispielsweise der Batteriestatus falsch angezeigt wird, können Sie in den Meldungen nach Problemen mit der AML-Machine-Language (AML) suchen. Der Bytecode der AML wird aus der ACPI-Source-Language (ASL) übersetzt und in einer Tabelle, der DSDT, abgelegt. Eine Kopie der ASL können Sie mit dem Befehl [acpidump\(8\)](#) erstellen. Verwenden Sie mit diesem Befehl sowohl die Option `-t` (die Inhalte der statischen Tabellen anzeigen) als auch die Option `-d` (die AML in ASL zurückübersetzen). Ein Beispiel für die Syntax finden Sie in [Abschnitt 12.14.1, „Fehlerberichte einreichen“](#).

Sie können einfach prüfen, ob sich die ASL übersetzen lässt. Für gewöhnlich können Sie Warnungen während des Übersetzens ignorieren. Fehlermeldungen führen normal dazu, dass ACPI fehlerhaft arbeitet. ASL übersetzen Sie mit dem nachstehenden Kommando:

```
# iasl ihre.asl
```

12.14.5. Die ASL reparieren

Es ist das Ziel von FreeBSD, dass ACPI ohne Eingriffe des Benutzers läuft. Zurzeit werden allerdings noch Umgehungen für Fehler der BIOS-Hersteller entwickelt. Der Microsoft®-Interpreter (`acpi.sys` und `acpiec.sys`) prüft die ASL nicht streng gegen den Standard. Daher reparieren BIOS-Hersteller, die ACPI nur unter Windows® testen, ihre ASL nicht. Die FreeBSD Entwickler hoffen, dass sie das vom Standard abweichende Verhalten des Microsoft®-Interpreters dokumentieren und in FreeBSD replizieren können. Dadurch müssen Benutzer ihre ASL nicht selbst reparieren. Sie können Ihre ASL selbst reparieren, wenn Sie ein Problem umgehen und uns helfen möchten. Senden Sie bitte die mit [diff\(1\)](#) erstellte Differenz zwischen alter und neuer ASL. Die Entwickler werden versuchen, den Interpreter ACPI-CA zu korrigieren.

Die nachfolgende Liste enthält häufige Fehlermeldungen, deren Ursache und eine Beschreibung, wie die Fehler korrigiert werden:

12.14.5.1. Abhängigkeiten vom Betriebssystem

Einige AMLs gehen davon aus, dass der Anwender eine Windows®-Versionen benutzt. Versuchen Sie das Betriebssystem, das Sie in der ASL finden, in `/boot/loader.conf` anzugeben: `hw.acpi.osname="Windows 2001"`.

12.14.5.2. Fehlende Return-Anweisungen

Einige Methoden verzichten auf die vom Standard vorgeschriebene Rückgabe eines Wertes. Obwohl der Interpreter ACPI-CA dies nicht beheben kann, besitzt FreeBSD die Möglichkeit, den Rückgabewert implizit zu setzen. Wenn

Sie wissen, welcher Wert zurückgegeben werden muss, können Sie die fehlenden Return-Anweisungen selbst einsetzen. Die Option `-f` zwingt [iasl\(8\)](#), die ASL zu übersetzen.

12.14.5.3. Überschreiben der vorgegebenen AML

Nachdem Sie Ihre ASL in der Datei `ihre.asl` angepasst haben, übersetzen Sie die ASL wie folgt:

```
# iasl ihre.asl
```

Die Option `-f` erzwingt das Erstellen der AML auch dann, wenn während der Übersetzung Fehler auftreten. Einige Fehler, wie fehlende Return-Anweisungen, werden automatisch vom Interpreter umgangen.

In der Voreinstellung erstellt der Befehl [iasl\(8\)](#) die Ausgabedatei `DSDT.aml`. Wenn Sie diese Datei anstelle der fehlerhaften Kopie des BIOS laden wollen, editieren Sie `/boot/loader.conf` wie folgt:

```
acpi_dsdt_load="YES"
acpi_dsdt_name="/boot/DSDT.aml"
```

Stellen Sie bitte sicher, dass sich `DSDT.aml` in `/boot` befindet.

12.14.6. ACPI-Meldungen zur Fehlersuche erzeugen

Der ACPI-Treiber besitzt flexible Möglichkeiten zur Fehlersuche. Sie können sowohl die zu untersuchenden Subsysteme als auch die zu erzeugenden Ausgaben festlegen. Die zu untersuchenden Subsysteme werden als so genannte „layers“ angegeben. Die Subsysteme sind in ACPI-CA-Komponenten (`ACPI_ALL_COMPONENTS`) und ACPI-Hardware (`ACPI_ALL_DRIVERS`) aufgeteilt. Welche Meldungen ausgegeben werden, wird über „level“ gesteuert. „level“ reicht von `ACPI_LV_ERROR` (es werden nur Fehler ausgegeben) bis zu `ACPI_LV_VERBOSE` (alles wird ausgegeben). „level“ ist eine Bitmaske, sodass verschiedene Stufen auf einmal (durch Leerzeichen getrennt) angegeben werden können. Die erzeugte Ausgabemenge passt vielleicht nicht in den Konsolenpuffer. In diesem Fall sollte die Ausgabe mithilfe einer seriellen Konsole gesichert werden. Die möglichen Werte für „layers“ und „level“ werden in [acpi\(4\)](#) beschrieben.

Die Ausgaben zur Fehlersuche sind in der Voreinstellung nicht aktiviert. Wenn ACPI im Kernel enthalten ist, fügen Sie `options ACPI_DEBUG` zur Kernelkonfigurationsdatei hinzu. Sie können die Ausgaben zur Fehlersuche global aktivieren, indem Sie in der Datei `/etc/make.conf` die Zeile `ACPI_DEBUG=1` einfügen. Das Modul `acpi.ko` können Sie wie folgt neu übersetzen:

```
# cd /sys/modules/acpi/acpi
&& make clean &&
make ACPI_DEBUG=1
```

Installieren Sie anschließend `acpi.ko` im Verzeichnis `/boot/kernel`. In `/boot/loader.conf` stellen Sie „level“ und „layer“ ein. Das folgende Beispiel aktiviert die Ausgabe von Fehlern für alle ACPI-CA-Komponenten und alle ACPI-Hardwaretreiber (wie CPU, LID):

```
debug.acpi.layer="ACPI_ALL_COMPONENTS ACPI_ALL_DRIVERS"
debug.acpi.level="ACPI_LV_ERROR"
```

Wenn ein Problem durch ein bestimmtes Ereignis, beispielsweise den Start nach einem Ruhezustand, hervorgerufen wird, können Sie die Einstellungen für „level“ und „layer“ auch mit dem Kommando `sysctl` vornehmen. In diesem Fall müssen Sie `/boot/loader.conf` nicht editieren. Auf der Kommandozeile geben Sie über [sysctl\(8\)](#) dieselben Variablennamen wie in `/boot/loader.conf` an.

12.14.7. ACPI-Informationsquellen

Weitere Informationen zu ACPI erhalten Sie an den folgenden Stellen:

- die [FreeBSD ACPI](#) Mailingliste,
- die Archive der ACPI-Mailingliste: <http://lists.FreeBSD.org/pipermail/freebsd-acpi/> ,

- die alten Archive der ACPI-Mailingliste: <http://home.jp.FreeBSD.org/mail-list/acpi-jp/> ,
- die ACPI-Spezifikation (Version 2.0): <http://acpi.info/spec.htm> ,
- [acpi\(4\)](#), [acpi_thermal\(4\)](#), [acpidump\(8\)](#), [iasl\(8\)](#) und [acpidb\(8\)](#),
- [DSDT debugging resource](#).

Kapitel 13. FreeBSDs Bootvorgang

Übersetzt von Hans-Christian Ebke.

13.1. Übersicht

Das Starten des Computers und das Laden des Betriebssystems wird im Allgemeinen als „Bootstrap-Vorgang“ bezeichnet, oder einfach als „Booten“. FreeBSDs Bootvorgang ermöglicht große Flexibilität, was das Anpassen dessen anbelangt, was passiert, wenn das System gestartet wird. Es kann zwischen verschiedenen Betriebssystemen, die auf demselben Computer installiert sind oder verschiedenen Versionen desselben Betriebssystems oder installierten Kernels gewählt werden.

Dieses Kapitel zeigt die zur Verfügung stehenden Konfigurationsmöglichkeiten und wie man den Bootvorgang anpasst. Dies schließt alles ein, bis der Kernel gestartet worden ist, der dann alle Geräte gefunden hat und `init(8)` gestartet hat. Dies passiert, wenn die Farbe des Textes während des Bootvorgangs von weiß zu grau wechselt.

Dieses Kapitel informiert über folgende Punkte:

- Die Komponenten des FreeBSD-Bootvorgangs und deren Interaktion.
- Die Optionen, mit denen der FreeBSD-Bootvorgang gesteuert werden kann.
- Wie Geräte mit `device.hints(5)` konfiguriert werden.



Anmerkung

Dieses Kapitel erklärt den Bootvorgang von FreeBSD auf Intel x86-Plattformen.

13.2. Das Problem des Bootens

Wenn der Computer eingeschaltet wird und das Betriebssystem gestartet werden soll, entsteht ein interessantes Dilemma, denn der Computer weiß per Definition nicht, wie er irgendetwas tut, bis das Betriebssystem gestartet wurde. Das schließt das Starten von Programmen, die sich auf der Festplatte befinden, ein. Wenn der Computer kein Programm von der Festplatte starten kann, sich das Betriebssystem aber genau dort befindet, wie wird es dann gestartet?

Dieses Problem ähnelt einer Geschichte des Barons von Münchhausen. Dort war eine Person in einen Sumpf gefallen und hat sich selbst an den Riemen seiner Stiefel (engl. *bootstrap*) herausgezogen. In den jungen Jahren des Computerzeitalters wurde mit dem Begriff Bootstrap dann die Technik das Betriebssystem zu laden bezeichnet und wurde hinterher mit *booten* abgekürzt.

Auf x86-Plattformen ist das Basic Input/Output System (BIOS) dafür verantwortlich, das Betriebssystem zu laden. Dazu liest das BIOS den Master Boot Record (MBR) aus, der sich an einer bestimmten Stelle auf der Festplatte befinden muss. Das BIOS kann den MBR selbstständig laden und ausführen und geht davon aus, dass dieser die restlichen Dinge, die für das Laden des Betriebssystems notwendig sind, selbst oder mit Hilfe des BIOS erledigen kann.

Der Code innerhalb des MBRs wird für gewöhnlich als *Boot-Manager* bezeichnet, insbesondere, wenn eine Interaktion mit dem Anwender stattfindet. Ist dies der Fall, verwaltet der Boot-Manager zusätzlichen Code im ersten Track der Platte oder in Dateisystemen anderer Betriebssysteme. Boot-Manager werden manchmal auch als *Boot*

Loader bezeichnet, unter FreeBSD wird dieser Begriff aber für eine spätere Phase des Systemstarts verwendet. Zu den bekanntesten Boot-Managern gehören boot0, der auch als Boot Easy bekannte Standard-Boot-Manager von FreeBSD, Grub, GAG, sowie LILO. Von diesen Boot-Managern hat nur boot0 innerhalb des MBRs Platz.

Falls nur ein Betriebssystem installiert ist, ist der Standard MBR ausreichend. Dieser MBR sucht nach dem ersten bootbaren Slice (das dabei als *active* gekennzeichnet ist) auf dem Laufwerk und führt den dort vorhandenen Code aus, um das restliche Betriebssystem zu laden. Der von `fdisk(8)` in der Voreinstellung installierte MBR ist ein solcher MBR und basiert auf `/boot/mbr`.

Falls mehrere Betriebssysteme installiert sind, kann ein anderer Boot-Manager installiert werden, der eine Liste der verfügbaren Betriebssysteme anzeigt, so dass der Benutzer wählen kann, welches Betriebssystem er booten möchte. Der nächste Abschnitt beschreibt zwei Boot-Manager.

Das restliche FreeBSD-Bootstrap-System ist in drei Phasen unterteilt. Die erste Phase wird vom MBR durchgeführt, der gerade genug Funktionalität besitzt um den Computer in einen bestimmten Status zu verhelfen und die zweite Phase zu starten. Die zweite Phase führt ein wenig mehr Operationen durch und startet schließlich die dritte Phase, die das Laden des Betriebssystems abschließt. Der ganze Prozess wird in drei Phasen durchgeführt, weil PC Standards die Größe der Programme, die in Phase eins und zwei ausgeführt werden, limitiert. Durch das Verketteten der durchzuführenden Aufgaben wird es FreeBSD möglich, ein sehr flexibles Ladeprogramm zu besitzen.

Als nächstes wird der Kernel gestartet, der zunächst nach Geräten sucht und sie für den Gebrauch initialisiert. Nach dem Booten des Kernels übergibt dieser die Kontrolle an den Benutzer Prozess `init(8)`, der erst sicherstellt, dass alle Laufwerke benutzbar sind und die Ressourcen Konfiguration auf Benutzer Ebene startet. Diese wiederum mountet Dateisysteme, macht die Netzwerkkarten für die Kommunikation mit dem Netzwerk bereit und startet alle Prozesse, die konfiguriert wurden, um beim Hochfahren des FreeBSD-Systems gestartet zu werden.

13.3. Boot-Manager und Boot-Phasen

13.3.1. Der Boot-Manager

Der Code im MBR oder im Boot-Manager wird manchmal auch als *stage zero* des Boot-Prozesses bezeichnet. Dieser Abschnitt beschreibt zwei Boot-Manager: boot0 und LILO.

Der boot0 Boot-Manager: Der vom FreeBSD-Installationsprogramm oder `boot0cfg(8)` in der Voreinstellung installierte MBR basiert auf `/boot/boot0`. Die Größe und Leistungsfähigkeit von boot0 ist auf 446 Bytes beschränkt, weil der restliche Platz für die Partitionstabelle sowie den `0x55AA`-Identifier am Ende des MBRs benötigt wird. Wenn boot0 und mehrere Betriebssysteme installiert sind, wird beim Starten des Computers eine Anzeige ähnlich der folgenden zu sehen sein:

Beispiel 13.1. boot0-Screenshot

```
F1 Win
F2 FreeBSD

Default: F2
```

Diverse Betriebssysteme, insbesondere Windows®, überschreiben den existierenden MBR, wenn sie nach FreeBSD installiert werden. Falls dies passiert, kann mit folgendem Kommando der momentane MBR durch den FreeBSD-MBR ersetzt werden:

```
# fdisk -B -b /boot/boot0 Gerät
```

Bei *Gerät* handelt es sich um das Gerät, von dem gebootet wird, also beispielsweise `ad0` für die erste IDE-Festplatte, `ad2` für die erste IDE-Festplatte am zweiten IDE-Controller, `da0` für die erste SCSI-Festplatte. Um eine angepasste Konfiguration des MBR zu erstellen, lesen Sie [boot0cfg\(8\)](#).

Der LILO-Boot-Manager: Damit dieser Boot-Manager auch FreeBSD booten kann, starten Sie zuerst Linux und fügen danach folgende Zeilen in die Konfigurationsdatei `/etc/lilo.conf` ein:

```
other=/dev/hdXY
table=/dev/hdX
loader=/boot/chain.b
label=FreeBSD
```

Dabei muss die primäre Partition von FreeBSD sowie dessen Platte im Linux-Format angegeben werden. Dazu wird *X* durch die Linux-Bezeichnung der Platte und *Y* durch die von Linux verwendete Partitionsnummer ersetzt. Für ein SCSI-Laufwerk wird `/dev/sd` anstelle von `/dev/hd` verwendet. Die Zeile `loader=/boot/chain.b` kann weggelassen werden, wenn beide Betriebssysteme auf der gleichen Platte installiert sind. Geben Sie danach `/sbin/lilo -v` ein, um die Änderungen zu übernehmen. Achten Sie dabei besonders auf etwaige Fehlermeldungen.

13.3.2. Phase Eins, `/boot/boot1` und Phase Zwei, `/boot/boot2`

Im Prinzip sind die erste und die zweite Phase Teile desselben Programms, im selben Bereich auf der Festplatte. Aufgrund von Speicherplatz-Beschränkungen wurden sie in zwei Teile aufgeteilt, welche jedoch immer zusammen installiert werden. Beide werden entweder vom Installer oder von [bsdlabel\(8\)](#) aus der kombinierten `/boot/boot` kopiert.

Beide Phasen befinden sich außerhalb des Dateisystems im Bootsektor des Boot-Slices, wo `boot0` ([Abschnitt 13.3.1, „Der Boot-Manager“](#)) oder ein anderer Boot-Manager ein Programm erwarten, das den weiteren Bootvorgang durchführen kann. Die Anzahl der dabei verwendeten Sektoren wird durch die Größe von `/boot/boot` bestimmt.

`boot1` ist ein sehr einfaches Programm, da es nur 512 Bytes groß sein darf, und es besitzt gerade genug Funktionalität, um FreeBSDs `bsdlabel`, das Informationen über den Slice enthält, auszulesen, und um `boot2` zu finden und auszuführen.

`boot2` ist schon ein wenig umfangreicher und besitzt genügend Funktionalität, um Dateien in FreeBSDs Dateisystem zu finden. Außerdem hat es eine einfache Schnittstelle, die es ermöglicht, den zu ladenden Kernel oder Loader auszuwählen.

Da der [loader\(8\)](#) einen weitaus größeren Funktionsumfang hat und eine einfach zu bedienende Boot-Konfigurations-Schnittstelle zur Verfügung stellt, wird er gewöhnlich von `boot2` gestartet.

Beispiel 13.2. **boot2**-Screenshot

```
>> FreeBSD/i386 B00T
Default: 0:ad(0,a)/boot/loader
boot:
```

[bsdlabel\(8\)](#) kann dazu verwendet werden, dass installierte `boot1` und `boot2` zu ersetzen:

```
# bsdlabel -B diskslice
```

Wobei *diskslice* das Laufwerk und die Slice darstellt, von dem gebootet wird, beispielsweise `ad0s1` für die erste Slice auf der ersten IDE-Festplatte.



Dangerously Dedicated Mode

Wenn man nur den Festplatten-Namen, also z.B. `ad0` benutzt, wird `bsdlabel(8)` eine "dangerously dedicated disk" erstellen, ohne Slices. Das ist ein Zustand, den man meistens nicht hervorrufen möchte. Aus diesem Grund sollte man das `disklice` von `bsdlabel(8)` noch einmal prüfen, bevor Return gedrückt wird.

13.3.3. Phase drei, /boot/loader

Der boot-loader ist der letzte von drei Schritten im Bootstrap-Prozess und kann im Dateisystem normalerweise unter `/boot/loader` gefunden werden.

Der Loader soll eine interaktive Konfigurations-Schnittstelle mit eingebauten Befehlssatz sein, ergänzt durch einen umfangreichen Interpreter mit einem komplexeren Befehlssatz.

13.3.3.1. Loader Ablauf

Der Loader sucht während seiner Initialisierung nach Konsolen und Laufwerken, findet heraus, von welchem Laufwerk er gerade bootet, und setzt dementsprechend bestimmte Variablen. Dann wird ein Interpreter gestartet, der Befehle interaktiv oder von einem Skript empfangen kann.

Danach liest der Loader die Datei `/boot/loader.rc` aus, welche ihn standardmäßig anweist `/boot/defaults/loader.conf` zu lesen, wo sinnvolle Standardeinstellungen für diverse Variablen festgelegt werden und wiederum `/boot/loader.conf` für lokale Änderungen an diesen Variablen ausgelesen wird. Anschließend arbeitet dann `loader.rc` entsprechend dieser Variablen und lädt die ausgewählten Module und den gewünschten Kernel.

In der Voreinstellung wartet der Loader 10 Sekunden lang auf eine Tastatureingabe und bootet den Kernel, falls keine Taste betätigt wurde. Falls doch eine Taste betätigt wurde wird dem Benutzer eine Eingabeaufforderung angezeigt. Sie nimmt einen Befehlssatz entgegen, der es dem Benutzer erlaubt, Änderungen an Variablen vorzunehmen, Module zu laden, alle Module zu entladen oder schließlich zu booten bzw. neu zu booten.

13.3.3.2. Die eingebauten Befehle des Loaders

Dies sind nur die gebräuchlichsten Befehle. Eine vollständige Beschreibung aller verfügbaren Befehle finden Sie in `loader(8)`.

autoboot *Sekunden*

Es wird mit dem Booten des Kernels fortgefahren, falls keine Taste in der gegebenen Zeitspanne betätigt wurde. In der gegebenen Zeitspanne, Vorgabe sind 10 Sekunden, wird ein Countdown angezeigt.

boot [-options] [Kernelname]

Bewirkt das sofortige Booten des Kernels mit allen gegebenen Optionen, oder dem angegebenen Kernelnamen. Das übergeben eines Kernelnamens ist nur nach einem `unload`-Befehl anwendbar, andernfalls wird der zuvor verwendete Kernel benutzt.

boot-conf

Bewirkt die automatische Konfiguration der Module, abhängig von den entsprechenden Variablen (üblicherweise `kernel`). Dies nur dann sinnvoll, wenn zuvor `unload` benutzt wurde.

help [Thema]

Zeigt die Hilfe an, die zuvor aus der Datei `/boot/loader.help` gelesen wird. Falls `index` als Thema angegeben wird, wird die Liste der zur Verfügung stehenden Hilfe-Themen angezeigt.

include *Dateiname* ...

Verarbeitet die angegebene Datei. Das Einlesen und Interpretieren geschieht Zeile für Zeile und wird im Falle eines Fehlers umgehend unterbrochen.

load [-t Typ] *Dateiname*

Lädt den Kernel, das Kernel-Modul, oder die Datei des angegebenen Typs. Optionen, die auf *Dateinamen* folgen, werden der Datei übergeben.

ls [-l] [Pfad]

Listet die Dateien im angegebenen Pfad auf, oder das root-Verzeichnis(/), falls kein Pfad angegeben wurde. Die Option -l bewirkt, dass die Dateigrößen ebenfalls angezeigt werden.

lsdev [-v]

Listet alle Geräte auf, für die Module geladen werden können. Die Option -v bewirkt eine detailreichere Ausgabe.

lsmod [-v]

Listet alle geladenen Module auf. Die Option -v bewirkt eine detailreichere Ausgabe.

more *Dateiname*

Zeigt den Dateinhalt der angegebenen Datei an, wobei eine Pause alle LINES Zeilen gemacht wird.

reboot

Bewirkt einen umgehenden Neustart des Systems.

set *Variable*, **set** *Variable=Wert*

Setzt die Umgebungsvariablen des Loaders.

unload

Entlädt sämtliche geladenen Module.

13.3.3.3. Beispiele für die Loader Bedienung

Hier ein paar praktische Beispiele für die Bedienung des Loaders.

- Um den gewöhnlichen Kernel im Single-User Modus zu starten:

```
boot -s
```

- Um alle gewöhnlichen Kernelmodule zu entladen und dann den alten, oder einen anderen Kernel zu laden:

```
unload  
load kernel.old
```

Verwenden Sie `kernel.GENERIC`, um den allgemeinen Kernel zu bezeichnen, der vorinstalliert wird. `kernel.old` bezeichnet den Kernel, der vor dem System-Upgrade installiert war.



Anmerkung

Der folgende Befehl lädt die gewöhnlichen Module mit einem anderen Kernel:

```
unload  
set kernel="kernel.old"  
boot-conf
```

- Folgendes lädt ein Kernelkonfigurations-Skript (ein automatisiertes Skript, dass dasselbe tut, was der Benutzer normalerweise von Hand an der Eingabeaufforderung durchführen würde):

```
load -t userconfig_script /boot/kernel.conf
```

13.3.3.4. Willkommensbildschirme während des Bootvorgangs

Contributed by Joseph J. Barbish.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Der Willkommensbildschirm erzeugt einen alternativen Boot-Bildschirm, der alle Bootmeldungen und Meldungen über startende Dienste bis zur Anzeige des Anmeldeprompts überdeckt.

Es existieren zwei grundlegende Umgebungen in FreeBSD. Die erste ist die altbekannte, auf virtuellen Konsolen basierte Kommandozeile. Nachdem das System den Bootvorgang abgeschlossen hat, wird ein Anmeldebildschirm auf der Konsole angezeigt. Die zweite Umgebung ist die graphische Umgebung, welche in [Kapitel 6, Das X-Window-System](#). In diesem Kapitel finden Sie weitere Informationen zur Installation und Konfiguration eines grafischen Display-Managers und Login-Managers.

13.3.3.4.1. Willkommensbildschirm-Funktionalität

Die Willkommensbildschirm-Funktionalität unterstützt 256-Farben in den Formaten Bitmap (.bmp), ZSoft PCX (.pcx) oder TheDraw (.bin). Die Willkommensbildschirm-Dateien dürfen eine Auflösung von 320 mal 200 Pixeln oder weniger besitzen, damit Standard-VGA Geräte damit arbeiten können.

Damit grössere Bilder bis zu einer maximalen Auflösung von 1024 mal 768 Pixeln verwendet werden können, muss das VESA Modul beim Systemstart geladen werden. Für einen angepassten Kernel, wie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben, muss die VESA-Kernelkonfigurationsoption eingefügt werden. VESA-Unterstützung ermöglicht es, einen Willkommensbildschirm als Vollbild auf dem gesamten Bildschirm anzuzeigen.

Wenn der Willkommensbildschirm beim Bootvorgang angezeigt wird, kann dieser jederzeit mit einem beliebigen Tastendruck ausgeschaltet werden.

Der Willkommensbildschirm ist standardmässig so eingestellt, dass er als Bildschirmschoner verwendet wird. Nach einer bestimmten Zeit der Untätigkeit wird der Willkommensbildschirm angezeigt und wechselt durch verschiedene Stufen der Intensität von hell zu einem sehr dunklen Bild und wieder zurück. Das Verhalten des Willkommensbildschirms kann durch hinzufügen einer `saver=`-Zeile in `/etc/rc.conf` geändert werden. Es gibt mehrere eingebaute Bildschirmschoner, die in [splash\(4\)](#) beschrieben werden. Die `saver=`-Option bezieht sich nur auf virtuelle Konsolen und hat keinen Effekt bei grafischen Display-Managern.

Ein paar Nachrichten des Bootloaders und ganz besonders das Menü mit den Bootoptionen und dem Warte-Countdown werden zur Bootzeit angezeigt, selbst wenn der Willkommensbildschirm aktiviert ist.

Dateien mit Beispiel-Willkommensbildschirmen können von der Galerie auf <http://artwork.freebsdgr.org> heruntergeladen werden. Durch die Installation des Ports [sysutils/bsd-splash-changer](#) können Willkommensbildschirme von einer zufällig ausgewählten Sammlung von Bildern bei jedem Neustart angezeigt werden.

13.3.3.4.2. Aktivieren der Willkommensbildschirm-Funktionalität

Die Willkommensbildschirm-Datei .bmp, .pcx oder .bin muss im Wurzelverzeichnis, z.B. /boot/ abgelegt werden.

Für die Standard-Auflösung von 256-Farben, 320 mal 200 Pixel oder weniger, bearbeiten Sie `/boot/loader.conf`, so dass diese die folgenden Zeilen enthält:

```
splash_bmp_load="YES"
bitmap_load="YES"
bitmap_name="/boot/splash.bmp "
```

Für grössere Video-Auflösungen bis zum Maximum von 1024 mal 768 Pixeln ändern Sie die Datei `/boot/loader.conf`, damit diese die folgenden Zeilen enthält:

```
vesa_load="YES"
splash_bmp_load="YES"
bitmap_load="YES"
bitmap_name="/boot/splash.bmp "
```

Dieses Beispiel geht davon aus, das `/boot/splash.bmp` als Willkommensbildschirm verwendet wird. Um eine PCX-Datei zu verwenden, benutzen Sie die folgenden Zeilen, inklusive der `vesa_load="YES"`-Zeile, abhängig von der Auflösung:

```
splash_pcx_load="YES"
bitmap_load="YES"
bitmap_name="/boot/splash.pcx "
```

Beginnend mit FreeBSD 8.3 gibt es die Option, ASCII-Art im TheDraw-Format zu benutzen.

```
splash_txt="YES"
bitmap_load="YES"
bitmap_name="/boot/splash.bin "
```

Der Dateiname ist nicht, wie im obigen Beispiel gezeigt, auf „splash“ beschränkt. Es darf ein beliebiger Name sein, solange die Datei von einem der unterstützten Typen ist, beispielsweise *splash_640x400.bmp* oder *bluewave.pcx*.

Weitere interessante Optionen für `loader.conf` sind:

`beastie_disable="YES"`

Diese Option verhindert die Anzeige des Menüs mit den Bootoptionen, aber der Countdown ist immer noch aktiv. Selbst wenn das Bootmenü deaktiviert ist, kann während des Countdowns eine der korrespondierenden Optionen ausgewählt werden.

`loader_logo="beastie"`

Dies ersetzt die Standardanzeige des Wortes „FreeBSD“. Stattdessen wird auf der rechten Seite des Bootmenüs das bunte Beastie-Logo angezeigt.

Weitere Informationen finden Sie in [splash\(4\)](#), [loader.conf\(5\)](#) und [vga\(4\)](#).

13.4. Kernel Interaktion während des Bootprozesses

Wenn der Kernel einmal geladen ist, entweder durch den Loader ([Abschnitt 13.3.3, „Phase drei, /boot/loader“](#)) oder durch `boot2` ([Abschnitt 13.3.2, „Phase Eins, /boot/boot1 und Phase Zwei, /boot/boot2“](#)), welches den Loader umgeht, dann überprüft er evtl. vorhandene Boot-Flags und passt sein Verhalten nach Bedarf an.

13.4.1. Kernel Boot-Flags

Es folgt eine Auflistung der gebräuchlichsten Boot-Flags:

- a
Bewirkt, dass während der Kernel-Initialisierung gefragt wird, welches Gerät als Root-Dateisystem gemounted werden soll.
- C
Es wird von CD-ROM gebootet.
- c
Startet UserConfig, das Boot-Zeit Konfigurationsprogramm.
- s
Bewirkt den Start des Single-User Modus.
- v
Zeigt mehr Informationen während des Starten des Kernels an.



Anmerkung

Informationen zu den anderen Boot-Flags finden Sie in [boot\(8\)](#).

13.5. Konfiguration von Geräten

Beigetragen von Tom Rhodes.

Der Boot-Loader liest während des Systemstarts die Datei `device.hints(5)`, die Variablen, auch „device hints“ genannt, zur Konfiguration von Geräten enthält.

Die Variablen können auch mit Kommandos in Phase 3 des Boot-Loaders, wie in [Abschnitt 13.3.3, „Phase drei, /boot/loader“](#) beschrieben, bearbeitet werden. Neue Variablen werden mit `set` gesetzt, `unset` löscht schon definierte Variablen und `show` zeigt Variablen an. Variablen aus `/boot/device.hints` können zu diesem Zeitpunkt überschrieben werden. Die hier durchgeführten Änderungen sind nicht permanent und beim nächsten Systemstart nicht mehr gültig.

Nach dem Systemstart können alle Variablen mit `kenv(1)` angezeigt werden.

Pro Zeile enthält `/boot/device.hints` eine Variable. Kommentare werden durch `#` eingeleitet. Die verwendete Syntax lautet:

```
hint.driver.unit.keyword="value"
```

Der Boot-Loader verwendet die nachstehende Syntax:

```
set hint.driver.unit.keyword= value
```

Der Gerätetreiber wird mit `driver`, die Nummer des Geräts mit `unit` angegeben. `keyword` ist eine Option aus der folgenden Liste:

- `at`: Gibt den Bus, auf dem sich das Gerät befindet, an.
- `port`: Die Startadresse des I/O-Bereichs.
- `irq`: Gibt die zu verwendende Unterbrechungsanforderung (IRQ) an.
- `drq`: Die Nummer des DMA Kanals.
- `maddr`: Die physikalische Speicheradresse des Geräts.
- `flags`: Setzt verschiedene gerätespezifische Optionen.
- `disabled`: Deaktiviert das Gerät, wenn der Wert auf 1 gesetzt wird.

Ein Gerätetreiber kann mehr Optionen, als die hier beschrieben, besitzen oder benötigen. Es wird empfohlen, die Optionen in der Manualpage des Treibers nachzuschlagen. Weitere Informationen finden Sie in [device.hints\(5\)](#), [kenv\(1\)](#), [loader.conf\(5\)](#) und [loader\(8\)](#).

13.6. Init: Initialisierung der Prozess-Kontrolle

Nachdem der Kernel den Bootprozess abgeschlossen hat, übergibt er die Kontrolle an den Benutzer-Prozess [init\(8\)](#). Dieses Programm befindet sich in `/sbin/init`, oder dem Pfad, der durch die Variable `init_path` im Loader spezifiziert wird.

13.6.1. Der automatische Reboot-Vorgang

Der automatische Reboot-Vorgang stellt sicher, dass alle Dateisysteme des Systems konsistent sind. Falls dies nicht der Fall ist und die Inkonsistenz des UFS-Dateisystems nicht durch [fsck\(8\)](#) behebbar ist, schaltet [init\(8\)](#) das System in den Single-User-Modus ([Abschnitt 13.6.2, „Der Single-User Modus“](#)), damit der Systemadministrator sich des Problems annehmen kann.

13.6.2. Der Single-User Modus

Der Wechsel in den Single-User Modus kann durch den automatischen Reboot-Vorgang ([Abschnitt 13.6.1, „Der automatische Reboot-Vorgang“](#)), das Booten mit der Option `-s`, oder das Setzen der `boot_single` Variable in `loader(8)` erreicht werden.

Weiterhin kann der Single-User Modus aus dem Mehrbenutzermodus ([Abschnitt 13.6.3, „Mehrbenutzermodus“](#)) heraus durch den Aufruf von `shutdown(8)`, ohne die Option `-r` oder `-h`, erreicht werden.

Falls die System-Konsole (`console`) in `/etc/ttys` auf `insecure` (dt.: unsicher) gesetzt ist, fordert das System zur Eingabe des Passworts von `root` auf, bevor es den Single-User Modus aktiviert.

Beispiel 13.3. Auf insecure gesetzte Konsole in `/etc/ttys`

```
# name  getty                                type    status    comments
#
# If console is marked "insecure", then init will ask for the root password
# when going to single-user mode.
console none                                unknown off insecure
```



Anmerkung

Eine Konsole sollte auf `insecure` gesetzt sein, wenn die physikalische Sicherheit der Konsole nicht gegeben ist und sichergestellt werden soll, dass nur Personen, die das Passwort von `root` kennen, den Single-User Modus benutzen können. Daher kann man `insecure` anstatt dem voreingestellten `secure` verwenden, um dieses Maß an Sicherheit zu ergänzen.

13.6.3. Mehrbenutzermodus

Stellt `init(8)` fest, dass das Dateisystem in Ordnung ist, oder der Benutzer den Single-User-Modus ([Abschnitt 13.6.2, „Der Single-User Modus“](#)) beendet, schaltet das System in den Mehrbenutzermodus, in dem dann die Ressourcen Konfiguration des Systems gestartet wird.

13.6.3.1. Ressourcen Konfiguration

Das Ressourcen Konfigurationssystem (engl. *resource configuration*, `rc`) liest seine Standardkonfiguration von `/etc/defaults/rc.conf` und System-spezifische Details von `/etc/rc.conf`. Dann mountet es die Dateisysteme gemäß `/etc/fstab`, startet die Netzwerkdienste, diverse System Daemons und führt schließlich die Start-Skripten der lokal installierten Anwendungen aus.

Lesen Sie `rc(8)` und ebenso die Skripte an sich, um mehr über das Ressourcen Konfigurationssystem zu erfahren.

13.7. Der Shutdown-Vorgang

Im Falle eines regulären Herunterfahrens durch `shutdown(8)` führt `init(8)` `/etc/rc.shutdown` aus, sendet dann sämtlichen Prozessen ein `TERM` Signal und schließlich ein `KILL` Signal an alle Prozesse, die sich nicht rechtzeitig beendet haben.

FreeBSD-Systeme, die Energieverwaltungsfunktionen unterstützen, können mit `shutdown -p now` ausgeschaltet werden. Zum Neustart des Systems wird `shutdown -r now` benutzt. Das Kommando `shutdown(8)` kann nur von

`root` oder Mitgliedern der Gruppe `operator` benutzt werden. Man kann auch `halt(8)` und `reboot(8)` verwenden. Weitere Informationen finden Sie in den Hilfeseiten der drei Kommandos.



Anmerkung

Die Energieverwaltungsfunktionen erfordern, dass die Unterstützung für `acpi(4)` als Modul geladen, oder statisch in einen angepassten Kernel kompiliert wird.

Kapitel 14. Sicherheit

Neu verfasst von Tom Rhodes.
Übersetzt von Martin Heinen.

14.1. Übersicht

Sicherheit, ob nun physisch oder virtuell, ist ein so breit gefächertes Thema, dass sich eine ganze Industrie darum gebildet hat. Es wurden bereits hunderte Verfahren zur Sicherung von Systemen und Netzwerken verfasst, und als Benutzer von FreeBSD ist es unumgänglich zu verstehen, wie Sie sich gegen Angreifer und Eindringlinge schützen können.

In diesem Kapitel werden einige Grundlagen und Techniken diskutiert. Ein FreeBSD-System implementiert Sicherheit in mehreren Schichten, und viele weitere Programme von Drittanbietern können zur Verbesserung der Sicherheit beitragen.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie:

- Grundlegende auf FreeBSD bezogene Sicherheitsaspekte kennen.
- Die verschiedenen Verschlüsselungsmechanismen von FreeBSD kennen.
- Wissen, wie Sie ein Einmalpasswörter zur Authentifizierung verwenden.
- TCP Wrapper für [inetd\(8\)](#) einrichten können.
- Wissen, wie Sie Kerberos unter FreeBSD einrichten.
- Wissen, wie Sie IPsec konfigurieren und ein VPN einrichten.
- Wissen, wie Sie OpenSSH unter FreeBSD konfigurieren und benutzen.
- Wissen, wie Sie ACLs für Dateisysteme benutzen.
- `pkg` anwenden können, um Softwarepakete aus der Ports-Sammlung auf bekannte Sicherheitslücken hin zu überprüfen.
- Mit FreeBSD-Sicherheitshinweisen umgehen können.
- Eine Vorstellung davon haben, was Prozessüberwachung (*Process Accounting*) ist und wie Sie diese Funktion unter FreeBSD aktivieren können.
- Wissen, wie Sie Login-Klassen oder die Ressourcen-Datenbank benutzen, um die Ressourcen für Benutzer zu steuern.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- Grundlegende Konzepte von FreeBSD und dem Internet verstehen.

Dieses Buch behandelt weitere Sicherheitsthemen. Beispielsweise werden verbindliche Zugriffskontrollen im [Kapitel 16, Verbindliche Zugriffskontrolle](#) und Firewalls im [Kapitel 30, Firewalls](#) besprochen.

14.2. Einführung

Sicherheit ist die Verantwortung eines jeden Einzelnen. Ein schwacher Einstiegspunkt in einem System kann einem Eindringling Zugriff auf wichtige Informationen verschaffen, was sich verheerend auf das gesamte Netzwerk auswirken kann. Eines der Grundprinzipien der Informationssicherheit sind die Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit von Informationssystemen.

Diese Grundprinzipien sind ein fundamentales Konzept der Computer-Sicherheit, da Kunden und Benutzer erwarten, dass ihre Daten geschützt sind. Zum Beispiel erwartet ein Kunde, dass seine Kreditkarteninformationen sicher gespeichert werden (Vertraulichkeit), dass seine Aufträge nicht hinter den Kulissen geändert werden (Integrität) und dass er zu jeder Zeit Zugang zu seinen Informationen hat (Verfügbarkeit).

Um diese Grundprinzipien zu implementieren, wenden Sicherheitsexperten das sogenannte *Defense-in-Depth*-Konzept an. Die Idee dahinter ist, mehrere Sicherheitsschichten zu addieren, so dass nicht die gesamte Systemsicherheit gefährdet ist, wenn eine einzelne Sicherheitsschicht kompromittiert wird. Beispielsweise ist es nicht ausreichend, ein Netzwerk oder ein System nur mit einer Firewall zu sichern. Der Systemadministrator muss auch Benutzerkonten überwachen, die Integrität von Binärdateien prüfen und sicherstellen, dass keine böartigen Programme installiert sind. Um eine effektive Sicherheitsstrategie zu implementieren, muss man Bedrohungen verstehen und wissen, wie man sich dagegen verteidigen kann.

Was ist eine Bedrohung, wenn es um Computer-Sicherheit geht? Bedrohungen beschränken sich nicht nur auf entfernte Angreifer, die sich unerlaubten Zugriff auf ein System verschaffen wollen. Zu den Bedrohungen zählen auch Mitarbeiter, böartige Software, nicht autorisierte Netzwerkgeräte, Naturkatastrophen, Sicherheitslücken und sogar konkurrierende Unternehmen.

Der Zugriff auf Netzwerke und Systeme erfolgt ohne Erlaubnis, manchmal durch Zufall, oder von entfernten Angreifern, und in einigen Fällen durch Industriespionage oder ehemalige Mitarbeiter. Als Anwender müssen Sie vorbereitet sein und auch zugeben, wenn ein Fehler zu einer Sicherheitsverletzung geführt hat. Melden Sie Probleme umgehend dem verantwortlichen Sicherheitspersonal. Als Administrator ist es wichtig, Bedrohungen zu kennen und darauf vorbereitet zu sein, mögliche Schäden zu mildern.

Wenn Sicherheit auf Systeme angewendet wird, empfiehlt es sich mit der Sicherung der Benutzerkonten zu beginnen und dann die Netzwerkschicht zu sichern. Dabei ist zu beachten, dass die Sicherheitsrichtlinien des Systems und des Unternehmens eingehalten werden. Viele Unternehmen haben bereits eine Sicherheitsrichtlinie, welche die Konfiguration von technischen Geräten abdeckt. Die Richtlinie sollte die Konfiguration von Arbeitsplatzrechnern, Desktops, mobilen Geräten, Mobiltelefonen, Produktions- und Entwicklungsservern umfassen. In einigen Fällen ist bereits eine Standardvorgehensweise vorhanden. Fragen Sie im Zweifelsfall das Sicherheitspersonal.

Der übrige Teil dieser Einführung beschreibt, wie einige grundlegende Sicherheitskonfigurationen auf einem FreeBSD-System durchgeführt werden. Der Rest des Kapitels zeigt einige spezifische Werkzeuge, die verwendet werden können, um eine Sicherheitsrichtlinie auf einem FreeBSD-System zu implementieren.

14.2.1. Anmeldungen am System verhindern

Ein guter Ausgangspunkt für die Absicherung des Systems ist die Prüfung der Benutzerkonten. Stellen Sie sicher, dass `root` ein starkes Passwort besitzt und dass dieses Passwort nicht weitergegeben wird. Deaktivieren Sie alle Konten, die keinen Zugang zum System benötigen.

Es existieren zwei Methoden, um die Anmeldung über ein Benutzerkonto zu verweigern. Die erste Methode ist, das Konto zu sperren. Dieses Beispiel sperrt das Benutzerkonto `toor`:

```
# pw lock toor
```

Bei der zweiten Methode wird der Anmeldevorgang verhindert, indem die Shell auf `/sbin/nologin` gesetzt wird. Nur der Superuser kann die Shell für andere Benutzer ändern:

```
# chsh -s /usr/sbin/nologin toor
```

Die Shell `/usr/sbin/nologin` verhindert, dass dem Benutzer bei der Anmeldung am System eine Shell zugeordnet wird.

14.2.2. Gemeinsame Nutzung von Benutzerkonten

In manchen Fällen wird die Systemadministration auf mehrere Benutzer aufgeteilt. FreeBSD bietet zwei Methoden, um solche Situationen zu handhaben. Bei der ersten und nicht empfohlenen Methode wird ein gemeinsames `root` Passwort der Mitglieder der Gruppe `wheel` verwendet. Hier gibt der Benutzer `su` und das Passwort für `wheel`

ein, wenn er die Rechte des Superusers benötigt. Der Benutzer sollte dann nach der Beendigung der administrativen Aufgaben `exit` eingeben. Um einen Benutzer zu dieser Gruppe hinzuzufügen, bearbeiten Sie `/etc/group` und fügen Sie den Benutzer an das Ende des Eintrags `wheel` hinzu. Die Benutzer müssen durch Komma und ohne Leerzeichen getrennt werden.

Die zweite und empfohlene Methode ein Benutzerkonto zu teilen wird über den Port oder das Paket [security/sudo](#) realisiert. Dieses Programm bietet zusätzliche Prüfungen, bessere Benutzerkontrolle und es kann auch konfiguriert werden, einzelnen Benutzern Zugriff auf bestimmte, privilegierte Befehle zu gestatten.

Benutzen Sie nach der Installation `visudo`, um `/usr/local/etc/sudoers` zu bearbeiten. Dieses Beispiel erstellt eine neue Gruppe `webadmin` und fügt das Benutzerkonto `trhodes` dieser Gruppe hinzu. Anschließend wird die Gruppe so konfiguriert, dass es Gruppenmitgliedern gestattet wird [apache24](#) neu zu starten:

```
# pw groupadd webadmin -M trhodes -g 6000
# visudo
%webadmin ALL=(ALL) /usr/sbin/service apache24 *
```

14.2.3. Passwort-Hashes

Passwörter sind ein notwendiges Übel. Wenn sie verwendet werden müssen, sollten sie sehr komplex sein und dazu sollte eine leistungsfähige Hash-Funktion gewählt werden, um die Version des Passworts zu verschlüsseln, die in der Passwortdatenbank gespeichert wird. FreeBSD unterstützt die Hash-Funktionen DES, MD5, SHA256, SHA512, sowie Blowfish Hash-Funktionen in seiner `crypt()`-Bibliothek. Das in der Voreinstellung verwendete SHA512 sollte nicht durch eine weniger sichere Hash-Funktion getauscht werden. Es kann jedoch durch den besseren Blowfish-Algorithmus ersetzt werden.



Anmerkung

Blowfish ist nicht Bestandteil von AES und ist nicht kompatibel mit allen Federal Information Processing Standards (FIPS). Die Verwendung wird in einigen Umgebungen vielleicht nicht gestattet.

Um zu bestimmen, welche Hash-Funktion das Passwort eines Benutzers verschlüsselt, kann der Superuser den Hash für den Benutzer in der Passwortdatenbank von FreeBSD nachsehen. Jeder Hash beginnt mit einem Zeichen, mit dem die verwendete Hash-Funktion identifiziert werden kann. Bei DES gibt es allerdings kein führendes Zeichen. MD5 benutzt das Zeichen `$`. SHA256 und SHA512 verwenden das Zeichen `6`. Blowfish benutzt das Zeichen `$2a$`. In diesem Beispiel wird das Passwort von `dru` mit dem Hash-Algorithmus SHA512 verschlüsselt, da der Hash mit `6` beginnt. Beachten Sie, dass der verschlüsselte Hash und nicht das Passwort selbst, in der Passwortdatenbank gespeichert wird:

```
# grep dru /etc/master.passwd
dru:$6$pzIjSvCAn.PBYQBA
$PXpSeWPx3g5kscj3IMiM7tUEUSPmGexxta.8Lt9TGSi2lNQqYGKszsBPuGME0:1001:1001::0:0:dru:/usr/
home/dru:/bin/csh
```

Der Hash-Mechanismus wird in der Login-Klasse des Benutzers festgelegt. In diesem Beispiel wird die voreingestellte Login-Klasse für den Benutzer verwendet. Der Hash-Algorithmus wird mit dieser Zeile in `/etc/login.conf` gesetzt:

```
:passwd_format=sha512:\
```

Um den Algorithmus auf Blowfish zu ändern, passen Sie die Zeile wie folgt an:

```
:passwd_format=blf:\
```

Führen Sie anschließend `cap_mkdb /etc/login.conf` aus, wie in [Abschnitt 14.13.1, „Login-Klassen konfigurieren“](#) beschrieben. Beachten Sie, dass vorhandene Passwort-Hashes durch diese Änderung nicht beeinträchtigt wer-

den. Das bedeutet, dass alle Passwörter neu gehasht werden sollten, indem die Benutzer mit `passwd` ihr Passwort ändern.

Für die Anmeldung auf entfernten Rechnern sollte eine Zwei-Faktor-Authentifizierung verwendet werden. Ein Beispiel für eine Zwei-Faktor-Authentifizierung ist „etwas, was Sie besitzen“ (bspw. einen Schlüssel) und „etwas, was Sie wissen“ (bspw. das Passwort für diesen Schlüssel). Da OpenSSH Teil des FreeBSD-Basisystems ist, sollten alle Anmeldungen über das Netzwerk über eine verschlüsselte Verbindung mit einer schlüsselbasierten Authentifizierung stattfinden. Passwörter sollten hier nicht verwendet werden. Weitere Informationen finden Sie in [Abschnitt 14.8, „OpenSSH“](#). Kerberos-Benutzer müssen eventuell zusätzliche Änderungen vornehmen, um OpenSSH in Ihrem Netzwerk zu implementieren. Diese Änderungen sind in [Abschnitt 14.5, „Kerberos“](#) beschrieben.

14.2.4. Durchsetzung einer Passwort-Richtlinie

Die Durchsetzung einer starken Passwort-Richtlinie für lokale Benutzerkonten ist ein wesentlicher Aspekt der Systemsicherheit. In FreeBSD kann die Länge, Stärke und Komplexität des Passworts mit den *Pluggable Authentication Modules* (PAM) implementiert werden.

In diesem Abschnitt wird gezeigt, wie Sie die minimale und maximale Passwortlänge und die Durchsetzung von gemischten Zeichen mit dem Modul `pam_passwdqc.so` konfigurieren. Dieses Modul wird aufgerufen, wenn ein Benutzer sein Passwort ändert.

Um dieses Modul zu konfigurieren, müssen Sie als Superuser die Zeile mit `pam_passwdqc.so` in `/etc/pam.d/passwd` auskommentieren. Anschließend bearbeiten Sie die Zeile, so dass sie den vorliegenden Passwort-Richtlinien entspricht:

```
password      requisite      pam_passwdqc.so min=disabled,disabled,disabled,12,10 \
similar=deny retry=3 enforce=users
```

Dieses Beispiel legt gleich mehrere Anforderungen für neue Passwörter fest. Die Einstellung `min` kontrolliert die Passwortlänge. Es verfügt über fünf Werte, weil dieses Modul fünf verschiedene Arten von Passwörtern definiert, basierend auf der Komplexität. Die Komplexität wird durch die Art von Zeichen definiert, die in einem Passwort vorhanden sind, wie zum Beispiel Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen. Die verschiedenen Arten von Passwörtern werden in [pam_passwdqc\(8\)](#) beschrieben. In diesem Beispiel sind die ersten drei Arten von Passwörtern deaktiviert, was bedeutet, dass Passwörter, die dieser Komplexitätsstufe entsprechen, nicht akzeptiert werden, unabhängig von der Länge des Passworts. Die `12` legt eine Richtlinie von mindestens zwölf Zeichen fest, wenn das Passwort auch drei Arten von Komplexität aufweist. Die `10` legt eine Richtlinie fest, die auch Passwörter mit mindestens zehn Zeichen zulassen, wenn das Passwort Zeichen mit vier Arten von Komplexität aufweist.

Die Einstellung `similar` verbietet Passwörter, die dem vorherigen Passwort des Benutzers ähnlich sind. Die Einstellung `retry` bietet dem Benutzer drei Möglichkeiten, ein neues Passwort einzugeben.

Sobald diese Datei gespeichert wird, sehen Benutzer bei der Änderung ihres Passworts die folgende Meldung:

```
% passwd
Changing local password for trhodes
Old Password:

You can now choose the new password.
A valid password should be a mix of upper and lower case letters,
digits and other characters. You can use a 12 character long
password with characters from at least 3 of these 4 classes, or
a 10 character long password containing characters from all the
classes. Characters that form a common pattern are discarded by
the check.
Alternatively, if noone else can see your terminal now, you can
pick this as your password: "trait-useful&knob".
Enter new password:
```

Wenn ein Passwort nicht den Richtlinien entspricht, wird es mit einer Warnung abgelehnt und der Benutzer bekommt die Möglichkeit, es erneut zu versuchen, bis die Anzahl an Wiederholungen erreicht ist.

Die meisten Passwort-Richtlinien erzwingen, dass Passwörter nach einer bestimmten Anzahl von Tagen ablaufen. Um dieses Limit in FreeBSD zu konfigurieren, setzen Sie es für die Login-Klasse des Benutzers in `/etc/login.conf`. Die voreingestellte Login-Klasse enthält dazu ein Beispiel:

```
# :passwordtime=90d:\
```

Um für diese Login-Klasse das Passwort nach 90 Tagen ablaufen zu lassen, entfernen Sie das Kommentarzeichen (`#`), speichern Sie die Änderungen und führen Sie `cap_mkdb /etc/login.conf` aus.

Um das Passwort für einzelne Benutzer ablaufen zu lassen, geben Sie `pw` ein Ablaufdatum oder die Anzahl von Tagen, zusammen mit dem Benutzer an:

```
# pw usermod -p 30-apr-2015 -n trhodes
```

Wie zu sehen ist, wird das Ablaufdatum in der Form von Tag, Monat und Jahr angegeben. Weitere Informationen finden Sie in [pw\(8\)](#).

14.2.5. Erkennen von Rootkits

Ein Rootkit ist eine nicht autorisierte Software die versucht, Root-Zugriff auf ein System zu erlangen. Einmal installiert, wird diese bössartige Software normalerweise eine Hintertür für den Angreifer installieren. Realistisch betrachtet sollte ein durch ein Rootkit kompromittiertes System nach der Untersuchung von Grund auf neu installiert werden. Es besteht jedoch die enorme Gefahr, dass sogar das Sicherheitspersonal oder Systemingenieure etwas übersehen, was ein Angreifer dort platziert hat.

Wird ein Rootkit erkannt, ist dies bereits ein Zeichen dafür, dass das System an einem bestimmten Zeitpunkt kompromittiert wurde. Meist neigen diese Art von Anwendungen dazu, sehr gut versteckt zu sein. Dieser Abschnitt zeigt das Werkzeug [security/rkhunter](#), mit dem Rootkits erkannt werden können.

Nach der Installation dieses Ports oder Pakets kann das System mit dem folgenden Kommando überprüft werden. Das Programm generiert eine ganze Menge Informationen und Sie werden diverse Male ENTER drücken müssen:

```
# rkhunter -c
```

Nachdem der Prozess abgeschlossen ist, wird eine Statusmeldung auf dem Bildschirm ausgegeben. Die Meldung enthält die Anzahl der überprüften Dateien, verdächtige Dateien, mögliche Rootkits und weitere Informationen. Während der Überprüfung erscheinen allgemeine Sicherheitswarnungen, zum Beispiel über versteckte Dateien, die Auswahl von OpenSSH-Protokollen und bekannte, anfällige Versionen installierter Anwendungen. Diese können nun direkt, oder nach detaillierter Analyse untersucht werden.

Jeder Administrator sollte wissen, was auf den Systemen läuft, für die er verantwortlich ist. Werkzeuge von Drittanbietern, wie `rkhunter` oder [sysutils/lsof](#), sowie native Befehle wie `netstat` oder `ps`, können eine große Menge an Informationen über das System anzeigen. Machen Sie sich Notizen darüber, was „normal“ ist, und fragen Sie nach, wenn Ihnen etwas suspekt erscheint. Eine Beeinträchtigung zu verhindern ist ideal, aber die Erkennung einer Beeinträchtigung ist ein Muss.

14.2.6. Überprüfung von Binärdateien

Die Überprüfung von System- und Binärdateien ist wichtig, da sie Systemadministratoren Informationen über Systemänderungen zur Verfügung stellt. Eine Software, die das System auf Änderungen überwacht wird *Intrusion Detection System* (IDS) genannt.

FreeBSD bietet native Unterstützung für ein einfaches IDS-System. Obwohl die täglichen Sicherheits-E-Mails den Administrator über Änderungen in Kenntnis setzen, werden diese Informationen lokal gespeichert und es besteht die Möglichkeit, dass ein Angreifer diese Informationen manipulieren kann, um Änderungen am System zu verbergen. Daher ist es empfehlenswert, einen eigenen Satz an Signaturen zu erstellen und diese dann in einem schreibgeschützten Verzeichnis, oder vorzugsweise auf einem USB-Stick oder auf einem entfernten Server zu speichern.

Das im Basissystem enthaltene Werkzeug `mtree` kann verwendet werden, um eine Spezifikation des Inhalts eines Verzeichnisses zu erzeugen. Hierbei wird ein Startwert (*Seed*) oder eine numerische Konstante benutzt, um die Spezifikation zu erstellen und um sicherzustellen, dass sich die Spezifikation nicht geändert hat. Dadurch kann festgestellt werden, ob eine Datei oder eine Binärdatei verändert wurde. Da ein Angreifer den Seed nicht kennt, ist es ihm fast unmöglich die Prüfsummen von Dateien zu manipulieren. Das folgende Beispiel generiert einen Satz mit SHA256-Prüfsummen für jede Binärdatei unterhalb von `/bin` und speichert diese Werte in einer versteckten Datei im Heimatverzeichnis von `root` unter dem Namen `/root/.bin_chksum_mtree`:

```
# mtree -s 3483151339707503 -c -K cksum,sha256digest -p /bin > /root/.bin_chksum_mtree
# mtree: /bin checksum: 3427012225
```

`3483151339707503` stellt den Seed dar. Diesen Wert sollten Sie sich merken, aber nicht mit anderen Personen teilen.

Die Ausgabe von `/root/.bin_chksum_mtree` sollte ähnlich der folgenden sein:

```
# user: root
# machine: dreadnaught
# tree: /bin
# date: Mon Feb 3 10:19:53 2014

# .
/set type=file uid=0 gid=0 mode=0555 nlink=1 flags=none
. type=dir mode=0755 nlink=2 size=1024 \
  time=1380277977.000000000
  \133 nlink=2 size=1170 time=1380277977.000000000 \
    cksum=484492447 \
    ↵
sha256digest=6207490fbd5ed1904441fbfa941279055c3e24d3a4049aeb45094596400662a
cat size=12096 time=1380277975.000000000 cksum=3909216944 \
  ↵
sha256digest=65ea347b9418760b247ab10244f47a7ca2a569c9836d77f074e7a306900c1e69
chflags size=8168 time=1380277975.000000000 cksum=3949425175 \
  ↵
sha256digest=c99eb6fc1c92cac335c08be004a0a5b4c24a0c0ef3712017b12c89a978b2dac3
chio size=18520 time=1380277975.000000000 cksum=2208263309 \
  ↵
sha256digest=ddf7c8cb92a58750a675328345560d8cc7fe14fb3ccd3690c34954cbe69fc964
chmod size=8640 time=1380277975.000000000 cksum=2214429708 \
  ↵
sha256digest=a435972263bf814ad8df082c0752aa2a7bdd8b74ff01431ccbd52ed1e490bbe7
```

Der Report enthält den Rechnernamen, das Datum und die Uhrzeit der Spezifikation, sowie den Namen des Benutzers, der die Spezifikation erstellt hat. Für jede Binärdatei im Verzeichnis gibt es eine Prüfsumme, Größe, Uhrzeit und einen SHA256-Hashwert.

Um sicherzustellen, dass die binären Signaturen nicht verändert wurden, vergleichen Sie den Inhalt des aktuellen Verzeichnisses mit der zuvor erstellen Spezifikation. Speichern Sie die Ergebnisse in einer Datei. Dieses Kommando benötigt den Seed, der verwendet wurde um die ursprüngliche Spezifikation zu erstellen:

```
# mtree -s 3483151339707503 -p /bin < /root/.bin_chksum_mtree >> /root/.bin_chksum_output
# mtree: /bin checksum: 3427012225
```

Dies sollte die gleiche Prüfsumme für `/bin` produzieren, wie die ursprüngliche Spezifikation. Wenn keine Änderungen an den Binärdateien in diesem Verzeichnis aufgetreten sind, wird die Ausgabedatei `/root/.bin_chksum_output` leer sein. Um eine Änderung zu simulieren, ändern Sie mit `touch` das Datum von `/bin/cat` und führen Sie die Verifikation erneut aus:

```
# touch /bin/cat
# mtree -s 3483151339707503 -p /bin < /root/.bin_chksum_mtree >> /root/.bin_chksum_output
# more /root/.bin_chksum_output
cat changed
modification time expected Fri Sep 27 06:32:55 2013 found Mon Feb 3 10:28:43 2014
```

Es wird empfohlen, Spezifikationen für Verzeichnisse zu erstellen, welche Binärdateien, Konfigurationsdateien und sensible Daten enthalten. In der Regel werden Spezifikationen für `/bin`, `/sbin`, `/usr/bin`, `/usr/sbin`, `/usr/local/bin`, `/usr/local/sbin`, `/etc` und `/usr/local/etc` erstellt.

Mit [security/aide](#) steht ein fortgeschrittenes IDS-System zur Verfügung, aber in den meisten Fällen bietet `mtree` die Funktionalität, die von Administratoren benötigt wird. Es ist jedoch sehr wichtig den Seed und die Prüfsummen in der Ausgabe vor böswilligen Benutzern verborgen zu halten. Weitere Informationen zu `mtree` finden Sie in [mtree\(8\)](#).

14.2.7. System-Tuning für Sicherheit

Unter FreeBSD können viele Systemfunktionen mit `sysctl` konfiguriert werden. Dieser Abschnitt behandelt ein paar Sicherheitsmerkmale mit denen *Denial of Service* (DoS) verhindert werden sollen. Weitere Informationen über die Benutzung von `sysctl` und wie Werte vorübergehend oder auch permanent geändert werden können, finden Sie in [Abschnitt 12.9, „Einstellungen mit sysctl\(8\)“](#).



Anmerkung

Jedes Mal wenn eine Einstellung mit `sysctl` geändert wird, vergrößert sich die Wahrscheinlichkeit eines unerwünschten Schadens, was die Verfügbarkeit des Systems beeinflusst. Alle Änderungen sollten überwacht und wenn möglich, vorher auf einem Testsystem ausprobiert werden, bevor sie auf einem Produktivsystem verwendet werden.

In der Voreinstellung startet FreeBSD in der Sicherheitsstufe (*Securelevel*) -1. Dieser Modus wird „unsicherer Modus“ genannt, da die unveränderlichen Datei-Flags ausgeschaltet werden können und dadurch von allen Geräten gelesen und geschrieben werden kann. Solange die Einstellung nicht über `sysctl` oder in den Startskripten geändert wird, verbleibt die Sicherheitsstufe auf -1. Die Sicherheitsstufe kann während des Systemstarts erhöht werden. Dazu muss in `/etc/rc.conf` `kern_securelevel_enable` auf YES und `kern_securelevel` auf den gewünschten Wert gesetzt werden. Weitere Informationen zu diesen Einstellungen und den verfügbaren Sicherheitsstufen finden Sie in [security\(7\)](#) und [init\(8\)](#).



Warnung

Das Erhöhen der Sicherheitsstufe kann zu Problemen mit Xorg führen.

Die Einstellungen `net.inet.tcp.blackhole` und `net.inet.udp.blackhole` können benutzt werden, um eingehende SYN-Pakete an geschlossenen Ports zu blockieren, ohne ein RST-Paket als Antwort zu senden. Standardmäßig wird jedoch ein RST-Paket gesendet, um zu zeigen, dass der Port geschlossen ist. Das ändern dieser Voreinstellung bietet einen gewissen Schutz gegen Portscans. Diese Portscans versuchen herauszufinden, welche Anwendungen auf einem System ausgeführt werden. Setzen Sie `net.inet.tcp.blackhole` auf 2 und `net.inet.udp.blackhole` auf 1. Weitere Informationen zu diesen Einstellungen finden Sie in [blackhole\(4\)](#).

Die Einstellung `net.inet.icmp.drop_redirect` hilft dabei, sogenannte Redirect-Angriffe zu verhindern. Ein Redirect-Angriff ist eine Art von DoS, die massenhaft ICMP-Pakete Typ 5 versendet. Da solche Pakete nicht benötigt werden, setzen Sie `net.inet.icmp.drop_redirect` auf 1 und `net.inet.ip.redirect` auf 0.

Source Routing zur Erfassung und zum Zugriff auf nicht-routbare Adressen im internen Netzwerk. Dies sollte deaktiviert werden, da nicht-routbare Adressen in der Regel nicht absichtlich geroutet werden. Um diese Funktion zu deaktivieren, setzen Sie `net.inet.ip.sourceroute` und `net.inet.accept_sourceroute` auf 0.

Wenn ein Netzwerkgerät Nachrichten an alle Rechner in einem Subnetz senden muss, wird eine ICMP-Echo-Request Nachricht an die Broadcast-Adresse gesendet. Allerdings gibt es keinen guten Grund für externe Rech-

ner, solche Nachrichten zu verschicken. Um alle externen Broadcast-Anfragen abzulehnen, setzen Sie `net.inet.icmp.bmcastecho` auf 0.

Einige zusätzliche Einstellungen sind in [security\(7\)](#) dokumentiert.

14.3. Einmalpasswörter

In der Voreinstellung unterstützt FreeBSD *One-time Passwords in Everything* (OPIE). OPIE wurde konzipiert um Replay-Angriffe zu verhindern, bei dem ein Angreifer das Passwort eines Benutzers ausspäht und es benutzt, um Zugriff auf ein System zu erlangen. Da ein Passwort unter OPIE nur einmal benutzt wird, ist ein ausgespähtes Passwort für einen Angreifer nur von geringem Nutzen. OPIE verwendet eine sichere Hash-Funktion und ein Challenge/Response-System, um Passwörter zu verwalten. Die FreeBSD-Implementation verwendet in der Voreinstellung die MD5-Hash-Funktion.

OPIE verwendet drei verschiedene Arten von Passwörtern. Das erste ist das normale UNIX®- oder Kerberos-Passwort. Das zweite ist das Einmalpasswort, das von `opiekey` generiert wird. Das dritte Passwort ist das „geheime Passwort“, das zum Erstellen der Einmalpasswörter verwendet wird. Das geheime Passwort steht in keiner Beziehung zum UNIX®-Passwort und beide Passwörter sollten unterschiedlich sein.

Es gibt noch zwei weitere Werte, die für OPIE wichtig sind. Der erste ist der „Initialwert“ (engl. *seed* oder *key*), der aus zwei Buchstaben und fünf Ziffern besteht. Der zweite Wert ist der „Iterationszähler“, eine Zahl zwischen 1 und 100. OPIE generiert das Einmalpasswort, indem es den Initialwert und das geheime Passwort aneinander hängt und dann die MD5-Hash-Funktion so oft, wie durch den Iterationszähler gegeben, anwendet. Das Ergebnis wird in sechs englische Wörter umgewandelt, die das Einmalpasswort ergeben. Das Authentifizierungssystem (meistens PAM) merkt sich das zuletzt benutzte Einmalpasswort und der Benutzer ist authentifiziert, wenn die Hash-Funktion des Passworts dem vorigen Passwort entspricht. Da nicht umkehrbare Hash-Funktionen benutzt werden, ist es unmöglich, aus einem bekannten Passwort weitere gültige Einmalpasswörter zu berechnen. Der Iterationszähler wird nach jeder erfolgreichen Anmeldung um eins verringert und stellt so die Synchronisation zwischen Benutzer und Login-Programm sicher. Wenn der Iterationszähler den Wert 1 erreicht, muss OPIE neu initialisiert werden.

Es gibt ein paar Programme, die in diesen Prozess einbezogen werden. Ein Einmalpasswort oder eine Liste von Einmalpasswörtern, die von `opiekey(1)` durch Angabe eines Iterationszählers, eines Initialwertes und einem geheimen Passwort generiert wird. `opiepasswd(1)` wird benutzt, um Passwörter, Iterationszähler oder Initialwerte zu ändern. `opieinfo(1)` hingegen gibt den momentanen Iterationszähler und Initialwert eines Benutzers aus, den es aus `/etc/opiekeys` ermittelt.

Dieser Abschnitt beschreibt vier verschiedene Arten von Tätigkeiten. Zuerst wird erläutert, wie Einmalpasswörter über eine gesicherte Verbindung konfiguriert werden. Als nächstes wird erklärt, wie `opiepasswd` über eine nicht gesicherte Verbindung eingesetzt wird. Als drittes wird beschrieben, wie man sich über eine nicht gesicherte Verbindung anmeldet. Die vierte Tätigkeit beschreibt, wie man eine Reihe von Schlüsseln generiert, die man sich aufschreiben oder ausdrucken kann, um sich von Orten anzumelden, die über keine gesicherten Verbindungen verfügen.

14.3.1. OPIE initialisieren

Um OPIE erstmals zu initialisieren, rufen Sie `opiepasswd(1)` über eine gesicherte Verbindung auf:

```
% opiepasswd -c
[grimreaper] ~ $ opiepasswd -f -c
Adding unfurl:
Only use this method from the console; NEVER from remote. If you are using
telnet, xterm, or a dial-in, type ^C now or exit with no password.
Then run opiepasswd without the -c parameter.
Using MD5 to compute responses.
Enter new secret pass phrase:
Again new secret pass phrase:

ID unfurl OTP key is 499 to4268
```

```
MOS MALL GOAT ARM AVID COED
```

Die Option `-c` startet den Konsolen-Modus, der davon ausgeht, dass der Befehl von einem sicheren Ort ausgeführt wird. Dies kann beispielsweise der eigene Rechner sein, oder über eine mit SSH gesicherte Verbindung zum eigenen Rechner.

Geben Sie das geheime Passwort ein, wenn Sie danach gefragt werden. Damit werden die Einmalpasswörter generiert. Dieses Passwort sollte schwer zu erraten sein und sich ebenfalls vom Passwort des Benutzerkontos unterscheiden. Es muss zwischen 10 und 127 Zeichen lang sein. Prägen Sie sich dieses Passwort gut ein!

Die Zeile, die mit „ID“ beginnt, enthält den Login-Namen (`unfurl`), den voreingestellten Iterationszähler (499) und den Initialwert (`to4268`). Das System erinnert sich an diese Parameter und wird sie bei einem Anmeldeversuch anzeigen. Sie brauchen sich diese Dinge also nicht merken. Die letzte Zeile enthält das generierte Einmalpasswort, das aus den Parametern und dem geheimen Passwort ermittelt wurde. Bei der nächsten Anmeldung muss dann dieses Einmalpasswort benutzt werden.

14.3.2. Initialisierung über eine nicht gesicherte Verbindung

Um Einmalpasswörter über eine nicht gesicherte Verbindung zu initialisieren, oder das geheime Passwort zu ändern, müssen Sie über eine gesicherte Verbindung zu einer Stelle verfügen, an der Sie `opiekey` ausführen können. Dies kann etwa die Eingabeaufforderung auf einer Maschine sein, der Sie vertrauen. Zudem müssen Sie einen Iterationszähler vorgeben (100 ist ein guter Wert) und einen Initialwert wählen, wobei Sie auch einen zufällig generierten benutzen können. Benutzen Sie `opiepasswd(1)` über die ungesicherte Verbindung zu der Maschine, die Sie einrichten wollen:

```
% opiepasswd
Updating unfurl:
You need the response from an OTP generator.
Old secret pass phrase:
    otp-md5 498 to4268 ext
    Response: GAME GAG WELT OUT DOWN CHAT
New secret pass phrase:
    otp-md5 499 to4269
    Response: LINE PAP MILK NELL BUOY TROY

ID mark OTP key is 499 gr4269
LINE PAP MILK NELL BUOY TROY
```

Drücken Sie Return, um die Vorgabe für den Initialwert zu akzeptieren. Bevor Sie nun das Zugriffspasswort (engl. *access password*) eingeben, rufen Sie über die gesicherte Verbindung `opiekey` mit denselben Parametern auf:

```
% opiekey 498 to4268
Using the MD5 algorithm to compute response.
Reminder: Don not use opiekey from telnet or dial-in sessions.
Enter secret pass phrase:
GAME GAG WELT OUT DOWN CHAT
```

Gehen Sie zurück zu der nicht gesicherten Verbindung und geben dort das eben generierte Einmalpasswort ein.

14.3.3. Erzeugen eines einzelnen Einmalpasswortes

Nachdem Sie OPIE eingerichtet haben, werden Sie beim nächsten Anmelden wie folgt begrüßt:

```
% telnet example.com
Trying 10.0.0.1...
Connected to example.com
Escape character is '^]'.

FreeBSD/i386 (example.com) (tty)

login: <username>
```



```
otp-md5 498 gr4269 ext
Password:
```

OPIE besitzt eine nützliche Eigenschaft. Wenn Sie an der Eingabeaufforderung Return drücken, wird die echo-Funktion eingeschaltet, das heißt Sie sehen, was Sie tippen. Dies ist besonders nützlich, wenn Sie ein generiertes Passwort von einem Ausdruck abtippen müssen.

Jetzt müssen Sie das Einmalpasswort generieren, um der Anmeldeaufforderung nachzukommen. Dies muss auf einem gesicherten System geschehen, auf dem Sie [opiekey\(1\)](#) ausführen können. Dieses Programm gibt es auch für Windows®, Mac OS® und FreeBSD. Es benötigt den Iterationszähler sowie den Initialwert als Parameter, die Sie mittels „cut-and-paste“ direkt von der Login-Aufforderung nehmen können.

Auf dem sicheren System:

```
% opiekey 498 to4268
Using the MD5 algorithm to compute response.
Reminder: Do not use opiekey from telnet or dial-in sessions.
Enter secret pass phrase:
GAME GAG WELT OUT DOWN CHAT
```

Sobald das Einmalpasswort generiert wurde, können Sie die Anmeldeprozedur fortsetzen.

14.3.4. Erzeugen von mehreren Einmalpasswörtern

Manchmal haben Sie keinen Zugriff auf eine sichere Maschine oder eine sichere Verbindung. In diesem Fall können Sie vorher mit [opiekey\(1\)](#) einige Einmalpasswörter generieren. Zum Beispiel:

```
% opiekey -n 5 30 zz99999
Using the MD5 algorithm to compute response.
Reminder: Do not use opiekey from telnet or dial-in sessions.
Enter secret pass phrase: <secret password>
26: JOAN BORE FOSS DES NAY QUIT
27: LATE BIAS SLAY FOLK MUCH TRIG
28: SALT TIN ANTI LOON NEAL USE
29: RIO ODIN GO BYE FURY TIC
30: GREW JIVE SAN GIRD BOIL PHI
```

Mit -n 5 fordern Sie fünf Passwörter der Reihe nach an. Der letzte Iterationszähler wird durch 30 gegeben. Beachten Sie bitte, dass die Passwörter in der *umgekehrten* Reihenfolge, in der sie zu benutzen sind, ausgegeben werden. Wirklich paranoide Benutzer können sich jetzt die Passwörter aufschreiben oder ausdrucken. Sie sollten die Passwörter nach Gebrauch durchstreichen.

14.3.5. Einschränken der Benutzung von System-Passwörtern

OPIE kann die Verwendung von UNIX®-Passwörtern abhängig von der IP-Adresse einschränken. Die dazu nötigen Einstellungen werden in /etc/opieaccess vorgenommen, die bei der Installation des Systems automatisch erzeugt wird. Weitere Informationen über diese Datei und Sicherheitshinweise zu ihrer Verwendung finden Sie in [opieaccess\(5\)](#).

opieaccess könnte beispielsweise die folgende Zeile enthalten:

```
permit 192.168.0.0 255.255.0.0
```

Diese Zeile erlaubt es Benutzern, die sich von einer der angegebenen IP-Adressen anmelden, ihr UNIX®-Passwort zu verwenden. Beachten Sie bitte, dass eine IP-Adresse leicht gefälscht werden kann.

Findet sich in opieaccess kein passender Eintrag, muss die Anmeldung mit OPIE erfolgen.

14.4. TCP Wrapper

Beigetragen von Tom Rhodes.

TCP Wrapper ist ein rechnerbasiertes Zugriffskontrollsystem, das die Fähigkeiten von [Abschnitt 29.2, „Der inetd „Super-Server““](#) erweitert. Beispielsweise können Verbindungen protokolliert, Nachrichten zurückgesandt oder nur interne Verbindungen angenommen werden. Weitere Informationen über TCP Wrapper und dessen Funktionen finden Sie in [tcpd\(8\)](#).

TCP Wrapper sollten nicht als Ersatz für eine ordentlich konfigurierte Firewall angesehen werden. Stattdessen sollten TCP Wrapper in Verbindung mit einer Firewall und anderen Sicherheitsmechanismen eingesetzt werden, um bei der Umsetzung einer Sicherheitsrichtlinie eine weitere Sicherheitsschicht zu bieten.

14.4.1. Konfiguration

Um TCP Wrapper unter FreeBSD zu aktivieren, fügen Sie die folgenden Zeilen in `/etc/rc.conf` ein:

```
inetd_enable="YES"
inetd_flags="-Ww"
```

Anschließend muss `/etc/hosts.allow` richtig konfiguriert werden.



Anmerkung

Im Gegensatz zu anderen Implementierungen der TCP Wrapper wird unter FreeBSD vom Gebrauch der Datei `hosts.deny` abgeraten. Die Konfiguration sollte sich vollständig in `/etc/hosts.allow` befinden.

In der einfachsten Konfiguration werden Dienste abhängig von den Optionen in `/etc/hosts.allow` erlaubt oder gesperrt. Unter FreeBSD wird in der Voreinstellung jeder von inetd gestartete Dienst erlaubt.

Eine Konfigurationszeile ist wie folgt aufgebaut: `Dienst : Adresse : Aktion`. Dienst ist der von inetd gestartete Dienst (auch Daemon genannt). Die Adresse ist ein gültiger Rechnername, eine IP-Adresse oder eine IPv6-Adresse in Klammern ([]). Der Wert `allow` im Feld Aktion erlaubt Zugriffe, der Wert `deny` verbietet Zugriffe. Die Zeilen in `hosts.allow` werden für jede Verbindung der Reihe nach abgearbeitet. Trifft eine Zeile auf eine Verbindung zu, wird die entsprechende Aktion ausgeführt und die Abarbeitung ist beendet.

Um beispielsweise einkommende POP3-Verbindungen für den Dienst [mail/qpopper](#) zu erlauben, sollte `hosts.allow` um die nachstehende Zeile erweitert werden:

```
# This line is required for POP3 connections:
qpopper : ALL : allow
```

Jedes Mal, wenn diese Datei bearbeitet wird, muss inetd neu gestartet werden:

```
# service inetd restart
```

14.4.2. Erweiterte Konfiguration

TCP Wrapper besitzen weitere Optionen, die bestimmen, wie Verbindungen behandelt werden. In einigen Fällen ist es gut, wenn bestimmten Rechnern oder Diensten eine Nachricht geschickt wird. In anderen Fällen soll vielleicht der Verbindungsaufbau protokolliert oder eine E-Mail an einen Administrator versandt werden. Oder ein Dienst soll nur für das lokale Netz bereitstehen. Dies alles ist mit so genannten Wildcards, Metazeichen und der Ausführung externer Programme möglich.

Stellen Sie sich vor, eine Verbindung soll verhindert werden und gleichzeitig soll dem Rechner, der die Verbindung aufgebaut hat, eine Nachricht geschickt werden. Solch eine Aktion ist mit `twist` möglich. `twist` führt beim Verbindungsaufbau ein Kommando oder ein Skript aus. Ein Beispiel ist in `hosts.allow` enthalten:

```
# Alle anderen Dienste sind geschützt
ALL : ALL \
    : severity auth.info \
```

```
: twist /bin/echo "You are not welcome to use %d from %h."
```

Für jeden Dienst, der nicht vorher in `hosts.allow` konfiguriert wurde, wird die Meldung „You are not allowed to use *daemon name* from *hostname*.“ zurückgegeben. Dies ist nützlich, wenn die Gegenstelle sofort benachrichtigt werden soll, nachdem die Verbindung getrennt wurde. Der Text der Meldung *muss* in Anführungszeichen (") stehen.



Warnung

Ein so konfigurierter Server ist anfällig für Denial-of-Service-Angriffe. Ein Angreifer kann die gesperrten Dienste mit Verbindungsanfragen überfluten.

Eine weitere Möglichkeit bietet `spawn`. Wie `twist` verbietet `spawn` die Verbindung und führt externe Kommandos aus. Allerdings sendet `spawn` dem Rechner keine Rückmeldung. Sehen Sie sich die nachstehende Konfigurationsdatei an:

```
# Verbindungen von example.com sind gesperrt:
ALL : .example.com \
: spawn (/bin/echo %a from %h attempted to access %d >> \
/var/log/connections.log) \
: deny
```

Damit sind Verbindungen von der Domain `*.example.com` gesperrt. Jeder Verbindungsaufbau wird zudem in `/var/log/connections.log` protokolliert. Das Protokoll enthält den Rechnernamen, die IP-Adresse und den Dienst, der angesprochen wurde. In diesem Beispiel wurden die Metazeichen `%a` und `%h` verwendet. Eine vollständige Liste der Metazeichen finden Sie in [hosts_access\(5\)](#).

Die Wildcard `ALL` passt auf jeden Dienst, jede Domain oder jede IP-Adresse. Eine andere Wildcard ist `PARANOID`. Sie passt auf jeden Rechner, dessen IP-Adresse möglicherweise gefälscht ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Verbindungsaufbau von einer IP-Adresse erfolgt, die nicht zu dem übermittelten Rechnernamen passt. In diesem Beispiel werden alle Verbindungsanfragen zu Sendmail abgelehnt, wenn die IP-Adresse nicht zum Rechnernamen passt:

```
# Block possibly spoofed requests to sendmail:
sendmail : PARANOID : deny
```



Achtung

Die Wildcard `PARANOID` wird Verbindungen ablehnen, wenn der Client oder der Server eine fehlerhafte DNS-Konfiguration besitzt.

Weitere Informationen über Wildcards und deren Funktion finden Sie in [hosts_access\(5\)](#).



Anmerkung

Wenn Sie neue Einträge zur Konfiguration hinzufügen, sollten Sie sicherstellen, dass nicht benötigte Einträge in `hosts.allow` auskommentiert werden.

14.5. Kerberos

Beigetragen von Tillman Hodgson.

Beruh auf einem Beitrag von Mark Murray.

Kerberos ist ein Netzwerk-Authentifizierungsprotokoll, das ursprünglich am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt wurde. Es bietet die Möglichkeit zur sicheren Authentifizierung über ein potentiell unsicheres Netzwerk. Das Kerberos-Protokoll benutzt eine starke Kryptographie, um die Identität von Clients und Servern nachweisen zu können. Dabei werden keine unverschlüsselten Daten über das Netzwerk gesendet. Kerberos kann als eine Art Proxy zur Identitätsprüfung, oder als vertrauenswürdiges Authentifizierungssystem betrachtet werden.

Kerberos hat nur eine Aufgabe: Die sichere Prüfung der Identität eines Benutzers (Authentifizierung) über das Netzwerk. Das System überprüft weder die Berechtigungen der Benutzer (Autorisierung), noch verfolgt es die durchgeführten Aktionen (Audit). Daher sollte Kerberos zusammen mit anderen Sicherheits-Systemen eingesetzt werden, die diese Funktionen bereitstellen.

Die aktuelle Version des Protokolls ist Version 5, die in RFC 4120 beschrieben ist. Es existieren mehrere freie Implementierungen dieses Protokolls für eine Reihe von Betriebssystemen. Das MIT entwickelt auch weiterhin seine Kerberos-Version weiter. Es wird in den vereinigten Staaten als Kryptographie-Produkt eingesetzt und unterlag in der Vergangenheit US-Exportbeschränkungen. In FreeBSD ist MIT-Kerberos als Port oder Paket [security/krb5](#) verfügbar. Die Kerberos-Implementation von Heimdal wurde außerhalb der USA entwickelt und unterliegt daher keinen Export-Beschränkungen. Heimdal-Kerberos ist im Basissystem von FreeBSD enthalten. Mit [security/heimdal](#) aus der Ports-Sammlung steht eine weitere Distribution, mit mehr konfigurierbaren Optionen zur Verfügung.

Unter Kerberos werden Benutzer und Dienste als „Prinzipale“ bezeichnet, die innerhalb einer administrativen Domäne, dem sogenannten „Realm“ enthalten sind. Ein typisches Benutzer-Prinzipal hätte das Format `user@REALM` (Realms sind traditionell in Großbuchstaben).

Die folgenden Anweisungen beschreiben, wie Sie das mit FreeBSD gelieferte Heimdal-Kerberos einrichten.

Die Beschreibung der Kerberos-Installation benutzt folgende Namensräume:

- Die DNS-Domain („Zone“) heißt `example.org`.
- Das Kerberos-Realm heißt `EXAMPLE.ORG`.



Anmerkung

Benutzen Sie echte Domain-Namen, wenn Sie Kerberos einrichten. Damit vermeiden Sie DNS-Probleme und stellen die Zusammenarbeit mit anderen Kerberos-Realms sicher.

14.5.1. Das Heimdal KDC einrichten

Kerberos authentifiziert Benutzer an einer zentralen Stelle: dem Key Distribution Center (KDC). Das KDC verteilt *Tickets*, mit denen ein Dienst die Identität eines Benutzers feststellen kann. Weil alle Mitglieder eines Kerberos-Realms dem KDC vertrauen, gelten für das KDC erhöhte Sicherheitsanforderungen. Der direkte Zugriff auf das KDC sollte daher eingeschränkt sein.

Obwohl der Kerberos-Server wenig Ressourcen benötigt, sollte das KDC wegen der Sicherheitsanforderungen auf einem separaten Rechner installiert werden.

Das KDC wird in `/etc/rc.conf` wie folgt aktiviert:

```
kdc_enable="YES"
kadmind_enable="YES"
```

Danach wird `/etc/krb5.conf` wie folgt bearbeitet:

```
[libdefaults]
    default_realm = EXAMPLE.ORG
[realms]
    EXAMPLE.ORG = {
        kdc = kerberos.example.org
        admin_server = kerberos.example.org
    }
[domain_realm]
    .example.org = EXAMPLE.ORG
```

Diese Einstellungen setzen voraus, dass der voll qualifizierte Name des KDCs `kerberos.example.org` ist. Der Rechnername des KDC muss im DNS auflösbar sein.

In großen Netzwerken mit einem ordentlich konfigurierten DNS-Server kann die Datei aus dem obigen Beispiel verkürzt werden:

```
[libdefaults]
    default_realm = EXAMPLE.ORG
[domain_realm]
    .example.org = EXAMPLE.ORG
```

Die Zonendatei von `example.org` muss dann die folgenden Zeilen enthalten:

```
_kerberos._udp      IN  SRV      01 00 88 kerberos.example.org .
_kerberos._tcp      IN  SRV      01 00 88 kerberos.example.org .
_kpasswd._udp       IN  SRV      01 00 464 kerberos.example.org .
_kerberos-adm._tcp  IN  SRV      01 00 749 kerberos.example.org .
_kerberos           IN  TXT       EXAMPLE.ORG
```



Anmerkung

Damit die Clients die Kerberos-Dienste benutzen können, muss sie entweder eine vollständig konfigurierte `/etc/krb5.conf` enthalten, oder eine minimale Konfiguration und zusätzlich ein richtig konfigurierter DNS-Server.

Im nächsten Schritt wird die Kerberos-Datenbank eingerichtet. Die Datenbank enthält die Schlüssel aller Prinzipale und ist mit einem Passwort geschützt. Dieses Passwort brauchen Sie sich nicht merken, da ein davon abgeleiteter Schlüssel in `/var/heimdal/m-key` gespeichert wird. Es wäre durchaus sinnvoll, ein 45-stelliges Zufallspasswort für diesen Zweck zu benutzen. Um den Schlüssel zu erstellen, rufen Sie `kstash` auf und geben Sie ein Passwort ein:

```
# kstash
Master key: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
Verifying password - Master key: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
```

Nachdem der Schlüssel erstellt wurde, sollte die Datenbank initialisiert werden. Das Kerberos-Werkzeug [kadmin\(8\)](#) kann die Datenbank mit `kadmin -l` direkt bearbeiten, ohne dabei den Netzwerkdienst [kadmind\(8\)](#) zu benutzen. An der Eingabeaufforderung von `kadmin` kann mit `init` die Datenbank des Realms initialisiert werden:

```
# kadmin -l
kadmin> init EXAMPLE.ORG
Realm max ticket life [unlimited]:
```

Zuletzt wird mit `add` das erste Prinzipal erstellt. Benutzen Sie die voreingestellten Optionen. Die Einstellungen können später mit `modify` verändert werden. An der Eingabeaufforderung von [kadmin\(8\)](#) zeigt `?` die verfügbaren Optionen an.

```
kadmin> add tillman
Max ticket life [unlimited]:
Max renewable life [unlimited]:
```

```
Attributes []:
Password: xxxxxxxx
Verifying password - Password: xxxxxxxx
```

Jetzt können die KDC-Dienste mit `service kdc start` und `service kadmind start` gestartet werden. Obwohl zu diesem Zeitpunkt noch keine kerberisierten Dienste laufen, kann die Funktion des KDCs schon überprüft werden, indem Sie für den eben angelegten Benutzer ein Ticket anfordern:

```
% kinit tillman
tillman@EXAMPLE.ORG's Password:
```

Überprüfen Sie, ob das Ticket erfolgreich ausgestellt wurde:

```
% klist
Credentials cache: FILE: /tmp/krb5cc_1001
Principal: tillman@EXAMPLE.ORG

    Issued                Expires               Principal
Aug 27 15:37:58 2013    Aug 28 01:37:58 2013    krbtgt/EXAMPLE.ORG@EXAMPLE.ORG
```

Nachdem der Test abgeschlossen ist, kann das temporäre Ticket zurückgezogen werden:

```
% kdestroy
```

14.5.2. Kerberos-Dienste auf dem Server einrichten

Bei der Konfiguration eines Servers für die Kerberos-Authentifizierung muss zuerst sichergestellt werden, dass `/etc/krb5.conf` richtig konfiguriert ist. Die Datei kann entweder vom KDC kopiert, oder auf dem neuen System generiert werden.

Als nächstes muss auf dem Server die `/etc/krb5.keytab` erzeugt werden. Dies ist der Hauptbestandteil um Dienste zu „kerberisieren“ und entspricht der Erzeugung eines geheimen Schlüssels zwischen dem Dienst und dem KDC. Das Geheimnis ist ein kryptographischer Schlüssel, der in einem `keytab` abgelegt wird. Diese Datei enthält den Schlüssel des Servers, mit dem sich der Server und das KDC gegenseitig authentifizieren können. Sie muss in einer sicheren Art und Weise an den Server übertragen werden, da ansonsten die Sicherheit des Servers gefährdet ist, wenn z.B. die Schlüssel öffentlich werden. In der Regel wird die `keytab` auf einem vertrauenswürdigen Rechner mit `kadmin` erzeugt und anschließend sicher auf den Server übertragen, beispielsweise mit [scp\(1\)](#). Wenn die Sicherheitsrichtlinien es erlauben, kann die Datei auch direkt auf dem Server erzeugt werden. Es ist sehr wichtig, dass die `keytab` auf sichere Weise auf den Server übertragen wird. Wenn der Schlüssel einer anderen Partei bekannt wird, kann sich diese Partei den Benutzern als Server ausgeben! Da der Eintrag für das Host-Prinzipal für die KDC-Datenbank auch mit `kadmin` erstellt wird, ist es praktisch, `kadmin` direkt auf dem Server zu benutzen.

Natürlich ist auch `kadmin` ein kerberisierter Dienst: ein Kerberos-Ticket ist erforderlich, um sich gegenüber dem Netzwerkdienst zu authentifizieren und um sicherzustellen, dass der Benutzer, der `kadmin` ausführt, tatsächlich vorhanden ist. `kadmin` wird nach dem Passwort fragen, um ein neues Ticket zu generieren. Das Prinzipal, das sich mit dem `kadmin`-Dienst authentifiziert, muss über die Zugriffskontrollliste `kadmin.acl` dazu berechtigt sein. Weitere Informationen über Zugriffskontrolllisten finden Sie in den Heimdal-Info-Seiten (`info heimdal`) im Abschnitt „Remote administration“. Wenn der Zugriff auf `kadmin` von entfernten Rechnern verboten ist, kann sich der Administrator entweder über die lokale Konsole oder über [ssh\(1\)](#) mit dem KDC verbinden, um die lokale Administration mit `kadmin -l` durchzuführen.

Nach der Installation von `/etc/krb5.conf`, können Sie das Kommando `add --random-key` in `kadmin` ausführen, um das Host-Prinzipal in die Datenbank zu schreiben. Das Kommando `ext` extrahiert den Schlüssel des Prinzipals in eine eigene `keytab`:

```
# kadmin
kadmin> add --random-key host/myserver.example.org
Max ticket life [unlimited]:
Max renewable life [unlimited]:
```

```
Principal expiration time [never]:
Password expiration time [never]:
Attributes []:
kadmin> ext_keytab host/myserver.example.org
kadmin> exit
```

Beachten Sie, dass `ext_keytab` den extrahierten Schlüssel standardmäßig in `/etc/krb5.keytab` speichert. Das ist gut, wenn das Kommando auf dem kerberisierten Server ausgeführt wird, ansonsten sollte das Argument `--keytab pfad/zur/datei` benutzt werden, wenn die keytab an einen anderen Ort extrahiert wird:

```
# kadmin
kadmin> ext_keytab --keytab=/tmp/example.keytab host/myserver.example.org
kadmin> exit
```

Anschließend kann die erzeugte keytab sicher mit [scp\(1\)](#) auf Server oder auf einen Wechseldatenträger kopiert werden. Geben Sie auf jeden Fall einen anderen Namen für die keytab an, um unnötige Schlüssel in der keytab des Systems zu vermeiden.

Mit Hilfe der Datei `krb5.conf` kann der Server nun mit dem KDC kommunizieren und seine Identität mithilfe der Datei `krb5.keytab` nachweisen. Jetzt können die kerberisierten Dienste aktiviert werden. Einer der gebräuchlichsten Dienste ist [sshd\(8\)](#), der Kerberos über GSS-API unterstützt. Fügen Sie folgende Zeile in `/etc/ssh/ssh-d_config` ein:

```
GSSAPIAuthentication yes
```

Nach dieser Änderung muss [sshd\(8\)](#) mit `service sshd restart` neu gestartet werden, damit die neue Konfiguration wirksam wird.

14.5.3. Kerberos auf dem Client einrichten

Genau wie der Server, benötigt auch der Client eine Konfiguration in `/etc/krb5.conf`. Kopieren Sie die Datei (sicher) vom KDC auf den Client, oder schreiben Sie die Datei bei Bedarf einfach neu.

Testen Sie den Client, indem Sie mit `kinit` Tickets anfordern, mit `klist` Tickets anzeigen und mit `kdestroy` Tickets löschen. Kerberos-Anwendungen sollten auch kerberisierte Server ansprechen können. Wenn das nicht funktioniert, Sie aber Tickets anfordern können, hat wahrscheinlich der kerberisierte Server ein Problem und nicht der Client oder das KDC. Im Falle eines kerberisierten [ssh\(1\)](#) ist GSS-API in der Voreinstellung deaktiviert. Testen Sie daher mit `ssh -o GSSAPIAuthentication=yes hostname`.

Wenn Sie die kerberisierten Anwendungen testen, können Sie einen Paket-Sniffer wie `tcpdump` benutzen, um sicherzustellen, dass keine sensiblen Informationen im Klartext übertragen werden.

Es stehen verschiedene Kerberos-Anwendungen zur Verfügung. Die Anwendungen, die SASL benutzen, können dann auch GSS-API benutzen. Viele Arten von Anwendungen können Kerberos zur Authentifizierung verwenden, vom Jabber-Client bis zum IMAP-Client.

Normalerweise wird ein Kerberos-Prinzipal auf ein lokales Benutzerkonto abgebildet. Manchmal wird aber Zugriff auf ein lokales Benutzerkonto benötigt, zu dem es keinen passenden Kerberos-Prinzipal gibt. Der Prinzipal `tillman@EXAMPLE.ORG` bräuchte beispielsweise Zugriff auf das Konto `webdevelopers`. Ebenso könnten andere Prinzipale auf dieses Konto zugreifen wollen.

Die Dateien `.k5login` und `.k5users` im Heimatverzeichnis eines Benutzers können verwendet werden, um dieses Problem zu lösen. Mit der folgenden `.k5login` im Heimatverzeichnis des Benutzers `webdevelopers` haben beide Prinzipale auch ohne das gemeinsame Passwort Zugriff auf das Konto:

```
tillmann@example.org
jdoe@example.org
```

Weitere Informationen zu `.k5users` finden Sie in [ksu\(1\)](#).

14.5.4. Unterschiede zur MIT-Implementation

Der Hauptunterschied zwischen der MIT- und der Heimdal-Implementation ist das Kommando `kadmin`. Die Befehlsätze des Kommandos (obwohl funktional gleichwertig) und das verwendete Protokoll unterscheiden sich in beiden Varianten. Das KDC lässt sich nur mit dem `kadmin` Kommando der passenden Kerberos-Variante verwalten.

Für dieselbe Funktion können auch die Client-Anwendungen leicht geänderte Kommandozeilenoptionen besitzen. Folgen Sie der Anleitung auf <http://web.mit.edu/Kerberos/www/>. Achten Sie besonders auf den Suchpfad für Anwendungen. Der MIT-Port wird unter FreeBSD standardmäßig in `/usr/local/` installiert. Wenn die Umgebungsvariable `PATH` zuerst die Systemverzeichnisse enthält, werden die Systemprogramme anstelle der MIT-Programme ausgeführt.

Wenn Sie MIT-Kerberos verwenden, sollten Sie außerdem folgende Änderungen an `/etc/rc.conf` vornehmen:

```
kerberos5_server="/usr/local/sbin/krb5kdc"
kadmind5_server="/usr/local/sbin/kadmind"
kerberos5_server_flags=""
kerberos5_server_enable="YES"
kadmind5_server_enable="YES"
```

14.5.5. Tipps und Fehlersuche

Während der Konfiguration und bei der Fehlersuche sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- Wenn Sie Heimdal- oder MIT-Kerberos benutzen, muss in der Umgebungsvariable `PATH` der Pfad zu den Kerberos-Programmen vor dem Pfad zu den Programmen des Systems stehen.
- Wenn die Clients im Realm ihre Uhrzeit nicht synchronisieren, schlägt vielleicht die Authentifizierung fehl. [Abschnitt 29.11, „Die Uhrzeit mit NTP synchronisieren“](#) beschreibt, wie Sie mithilfe von NTP die Uhrzeiten synchronisieren.
- Wenn Sie den Namen eines Rechners ändern, müssen Sie auch den `host/`-Prinzipal ändern und die `keytab` aktualisieren. Dies betrifft auch spezielle Einträge wie den `HTTP/`-Prinzipal für Apaches [www/mod_auth_kerb](#).
- Alle Rechner in einem Realm müssen vor- und rückwärts aufgelöst werden können. Entweder über DNS, zumindest aber über `/etc/hosts`. `CNAME`-Einträge im DNS funktionieren, aber die entsprechenden `A`- und `PTR`-Einträge müssen vorhanden und richtig sein. Wenn sich Namen nicht auflösen lassen, ist die Fehlermeldung nicht gerade selbstsprechend: `Kerberos5 refuses authentication because Read req failed: Key table entry not found`.
- Einige Betriebssysteme installieren `ksu` mit falschen Zugriffsrechten; es fehlt das `Set-UID`-Bit für `root`. Das hat zur Folge, dass `ksu` nicht funktioniert. Dies ist ein Fehler in den Zugriffsrechten und kein Fehler des KDCs.
- Wenn Sie für einen Prinzipal unter MIT-Kerberos Tickets mit einer längeren Gültigkeit als der vorgegebenen zehn Stunden einrichten wollen, müssen Sie zwei Sachen ändern. Benutzen Sie `modify_principal` am Prompt von `kadmin(8)`, um die maximale Gültigkeitsdauer für den Prinzipal selbst und den Prinzipal `krbtgt` zu erhöhen. Das Prinzipal kann dann mit `kinit -l` ein Ticket mit einer längeren Gültigkeit beantragen.
- Mit einem Packet-Sniffer können Sie feststellen, dass Sie sofort nach dem Aufruf von `kinit` eine Antwort vom KDC bekommen – noch bevor Sie überhaupt ein Passwort eingegeben haben! Das ist in Ordnung: Das KDC hängt ein Ticket-Granting-Ticket (TGT) auf Anfrage aus, da es durch einen vom Passwort des Benutzers abgeleiteten Schlüssel geschützt ist. Wenn das Passwort eingegeben wird, wird es nicht zum KDC gesendet, sondern zum Entschlüsseln der Antwort des KDCs benutzt, die `kinit` schon erhalten hat. Wird die Antwort erfolgreich entschlüsselt, erhält der Benutzer einen Sitzungs-Schlüssel für die künftige verschlüsselte Kommunikation mit dem KDC und das TGT. Das TGT wiederum ist mit dem Schlüssel des KDCs verschlüsselt. Diese Verschlüsselung ist für den Benutzer völlig transparent und erlaubt dem KDC, die Echtheit jedes einzelnen TGT zu prüfen.
- Host-Prinzipale können Tickets mit längerer Gültigkeit besitzen. Wenn der Prinzipal eines Benutzers über ein Ticket verfügt, das eine Woche gültig ist, das Ticket des Host-Prinzipals aber nur neun Stunden gültig ist, funk-

tioniert der Ticket-Cache nicht wie erwartet. Im Cache befindet sich dann ein abgelaufenes Ticket des Host-Prinzips.

- Wenn Sie mit `krb5.dict` die Verwendung schlechter Passwörter verhindern wollen, wie in [kadmin\(8\)](#) beschrieben, geht das nur mit Prinzipalen, denen eine Passwort-Policy zugewiesen wurde. Das Format von `krb5.dict` enthält pro Zeile ein Wort. Sie können daher einen symbolischen Link auf `/usr/share/dict/words` erstellen.

14.5.6. Beschränkungen von Kerberos

Kerberos muss ganzheitlich verwendet werden. Jeder über das Netzwerk angebotene Dienst muss mit Kerberos zusammenarbeiten oder auf anderen Wegen gegen Angriffe aus dem Netzwerk geschützt sein. Andernfalls können Berechtigungen gestohlen und wiederverwendet werden. Es ist beispielsweise nicht sinnvoll, für Remote-Shell Kerberos zu benutzen, dagegen aber POP3-Zugriff auf einem Mail-Server zu erlauben, da POP3 Passwörter im Klartext versendet.

Das KDC ist verwundbar und muss daher genauso abgesichert werden, wie die auf ihm befindliche Passwort-Datenbank. Auf dem KDC sollten absolut keine anderen Dienste laufen und der Rechner sollte physikalisch gesichert sein. Die Gefahr ist groß, da Kerberos alle Passwörter mit einem Schlüssel, dem Haupt-Schlüssel, verschlüsselt. Der Haupt-Schlüssel wiederum wird in einer Datei auf dem KDC gespeichert.

Ein kompromittierter Haupt-Schlüssel ist nicht ganz so schlimm wie allgemein angenommen. Der Haupt-Schlüssel wird nur zum Verschlüsseln der Passwort-Datenbank und zum Initialisieren des Zufallsgenerators verwendet. Solange der Zugriff auf das KDC abgesichert ist, kann ein Angreifer wenig mit dem Haupt-Schlüssel anfangen.

Wenn das KDC nicht zur Verfügung steht, sind auch die Netzwerkdienste nicht benutzbar, da eine Authentifizierung nicht durchgeführt werden kann. Das KDC ist also ein optimales Ziel für einen Denial-of-Service Angriff. Sie können diesem Angriff entgegenwirken, indem Sie einen KDC-Master und einen oder mehrere Slaves verwenden. Der Rückfall auf ein sekundäres KDC mittels PAM-Authentifizierung muss sorgfältig eingerichtet werden.

Mit Kerberos können sich Benutzer, Rechner und Dienste gegenseitig authentifizieren. Allerdings existiert kein Mechanismus, der das KDC gegenüber Benutzern, Rechnern oder Diensten authentifiziert. Ein verändertes `kinit` könnte beispielsweise alle Benutzernamen und Passwörter abfangen. Die von veränderten Programmen ausgehende Gefahr können Sie lindern, indem Sie die Integrität von Dateien mit Werkzeugen wie [security/tripwire](#) prüfen.

14.5.7. Weiterführende Dokumentation

- [The Kerberos FAQ](#)
- [Designing an Authentication System: a Dialogue in Four Scenes](#)
- [RFC 4120, The Kerberos Network Authentication Service \(V5\)](#)
- [MIT Kerberos-Seite](#)
- [Heimdal Kerberos-Seite](#)

14.6. OpenSSL

Beigetragen von Tom Rhodes.

OpenSSL ist eine Open Source Implementierung der SSL und TLS-Protokolle. Es bietet eine verschlüsselte Transportschicht oberhalb der normalen Kommunikationsschicht und kann daher zusammen mit vielen Netzdiensten benutzt werden.

Das in FreeBSD integrierte OpenSSL stellt die Protokolle Secure Sockets Layer v2/v3 (SSLv2/SSLv3) und Transport Layer Security v1 (TLSv1) zur Verfügung. Die OpenSSL-Bibliotheken stellen kryptographische Funktionen bereit.

Anwendungsbeispiele für OpenSSL sind die verschlüsselte Authentifizierung von E-Mail-Clients oder Web-Transaktionen wie das Bezahlen mit Kreditkarte. Einige Ports, wie [www/apache24](http://www.apache24) und databases/postgresql91-server, haben eine Option für den Bau mit OpenSSL.

FreeBSD verfügt über zwei OpenSSL Versionen: eine im Basissystem, die andere aus der Ports-Sammlung. Der Benutzer kann mit Hilfe der folgenden Optionen wählen, welche Version in der Voreinstellung für andere Ports verwendet wird:

- `WITH_OPENSSL_PORT`: wenn diese Option gesetzt ist, wird der Port OpenSSL aus dem Port [security/openssl](#) verwendet, auch dann, wenn die Version im Basissystem aktueller ist.
- `WITH_OPENSSL_BASE`: wenn diese Option gesetzt ist, wird der Port mit OpenSSL aus dem Basissystem übersetzt.

OpenSSL wird auch eingesetzt, um Zertifikate für Anwendungen bereitzustellen. Die Zertifikate stellen die Identität einer Firma oder eines Einzelnen sicher. Wenn ein Zertifikat nicht von einer Zertifizierungsstelle (*Certificate Authority*, CA) gegengezeichnet wurde, erhalten Sie normalerweise eine Warnung. Eine Zertifizierungsstelle ist eine Firma wie [VeriSign](#), die Zertifikate von Personen oder Firmen gegengezeichnet und damit die Korrektheit der Zertifikate bestätigt. Diese Prozedur kostet Geld, ist aber keine Voraussetzung für den Einsatz von Zertifikaten, beruhigt aber sicherheitsbewusste Benutzer.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie auf einem FreeBSD-System Zertifikate erstellen und benutzen. [Abschnitt 29.5.2, „Konfiguration eines LDAP-Servers“](#) beschreibt, wie Sie eine CA erstellen um die eigenen Zertifikate zu signieren.

Weitere Informationen über SSL finden Sie im kostenlosen [OpenSSL Cookbook](#).

14.6.1. Zertifikate erzeugen

Um ein Zertifikat zu erzeugen, das von einer externen CA signiert werden soll, geben Sie folgenden Befehl und die angeforderten Informationen ein. Diese Informationen werden in das Zertifikat geschrieben. Für `Common Name` geben Sie den vollqualifizierten Namen des Systems ein, auf dem das Zertifikat später installiert wird. Wenn der Name nicht übereinstimmt, wird die Anwendung, die das Zertifikat überprüft, dem Benutzer eine Warnung anzeigen. Die Überprüfung würde fehlschlagen und das Zertifikat damit unbrauchbar machen.

```
# openssl req -new -nodes -out req.pem -keyout cert.key -sha256 -newkey rsa:2048
Generating a 2048 bit RSA private key
.....+++
.....+++
writing new private key to 'cert.key'
-----
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country Name (2 letter code) [AU]:US
State or Province Name (full name) [Some-State]:PA
Locality Name (eg, city) []:Pittsburgh
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:My Company
Organizational Unit Name (eg, section) []:Systems Administrator
Common Name (eg, YOUR name) []:localhost.example.org
Email Address []:trhodes@FreeBSD.org

Please enter the following 'extra' attributes
to be sent with your certificate request
A challenge password []:
An optional company name []:Another Name
```

Bei der Erzeugung des Zertifikates können noch weitere Optionen, wie die Gültigkeitsdauer und alternative Verschlüsselungsalgorithmen, angegeben werden. [openssl\(1\)](#) beschreibt die zur Verfügung stehenden Optionen.

Das folgende Kommando erstellt zwei Dateien im aktuellen Verzeichnis: Die Anforderung für ein neues Zertifikat wird in `req.pem` gespeichert. Diese Datei können Sie an eine CA senden, wo die Angaben geprüft werden. Nach erfolgreicher Prüfung wird das Zertifikat signiert und an Sie zurückgesandt. `cert.key`, enthält den privaten Schlüssel für das Zertifikat und darf auch keine Fall in fremde Hände geraten, da ein Angreifer sonst in der Lage ist, anderen Personen oder Rechnern vorzugaukeln, dass es sich bei ihm um Sie handelt.

Wenn Sie keine Signatur einer Zertifizierungsstelle benötigen, können Sie ein selbst signiertes Zertifikat erstellen. Erzeugen Sie dazu zuerst einen RSA-Schlüssel:

```
# openssl genrsa -rand -genkey -out cert.key 2048
0 semi-random bytes loaded
Generating RSA private key, 2048 bit long modulus
.....+++
+++
e is 65537 (0x10001)
```

Benutzen Sie diesen Schlüssel, um ein selbst signiertes Zertifikat zu erzeugen. Folgen Sie wieder den Anweisungen am Prompt:

```
# openssl req -new -x509 -days 365 -key cert.key -out cert.crt -sha256
You are about to be asked to enter information that will be incorporated
into your certificate request.
What you are about to enter is what is called a Distinguished Name or a DN.
There are quite a few fields but you can leave some blank
For some fields there will be a default value,
If you enter '.', the field will be left blank.
-----
Country Name (2 letter code) [AU]:US
State or Province Name (full name) [Some-State]:PA
Locality Name (eg, city) []:Pittsburgh
Organization Name (eg, company) [Internet Widgits Pty Ltd]:My Company
Organizational Unit Name (eg, section) []:Systems Administrator
Common Name (e.g. server FQDN or YOUR name) []:localhost.example.org
Email Address []:trhodes@FreeBSD.org
```

Dieses Kommando erstellt zwei neue Dateien im aktuellen Verzeichnis: Der Schlüssel der Zertifizierungsstelle `cert.key` und das Zertifikat selbst, `cert.crt`. Sie sollten in einem Verzeichnis, vorzugsweise unterhalb von `/etc/ssl/` abgelegt werden, das nur von `root` lesbar ist. Die Zugriffsrechte der Dateien können mit `chmod` auf `0700` gesetzt werden.

14.6.2. Zertifikate benutzen

Mit einem Zertifikat können beispielsweise die Verbindungen zu Sendmail verschlüsselt werden, um eine Klartext-Authentifizierung zu verhindern.



Anmerkung

Einige E-Mail-Programme geben Warnungen aus, wenn ein Zertifikat nicht lokal installiert ist. Weitere Informationen zur Installation von Zertifikaten finden Sie in der Dokumentation der entsprechenden Software.

Unter FreeBSD 10.0-RELEASE und neueren Versionen ist es möglich, ein selbst signiertes Zertifikat für Sendmail automatisch erzeugen zu lassen. Um diese Funktionalität zu aktivieren, fügen Sie die folgenden Zeilen in `/etc/rc.conf` ein:

```
sendmail_enable="YES"
sendmail_cert_enable="YES"
```

```
sendmail_cert_cn="localhost.example.org "
```

Dadurch wird automatisch ein selbst signiertes Zertifikat (`/etc/mail/certs/host.cert`), der Schlüssel für die CA (`/etc/mail/certs/host.key`) und das Zertifikat der CA (`/etc/mail/certs/cacert.pem`) erzeugt. Das Zertifikat wird den in `sendmail_cert_cn` festgelegten Common Name verwendet. Nachdem Sie die Änderungen gespeichert haben, starten Sie Sendmail neu:

```
# service sendmail restart
```

Wenn alles gut ging, erscheinen keine Fehlermeldungen in `/var/log/maillog`. Für einen einfachen Test, bauen Sie mit Hilfe von `telnet` eine Verbindung zum Mailserver auf:

```
# telnet example.com 25
Trying 192.0.34.166...
Connected to example.com.
Escape character is '^]'.
220 example.com ESMTP Sendmail 8.14.7/8.14.7; Fri, 18 Apr 2014 11:50:32 -0400 (EDT)
ehlo example.com
250-example.com Hello example.com [192.0.34.166], pleased to meet you
250-ENHANCEDSTATUSCODES
250-PIPELINING
250-8BITMIME
250-SIZE
250-DSN
250-ETRN
250-AUTH LOGIN PLAIN
250-STARTTLS
250-DELIVERBY
250 HELP
quit
221 2.0.0 example.com closing connection
Connection closed by foreign host.
```

Wenn die Zeile `STARTTLS` erscheint, hat alles funktioniert.

14.7. VPN mit IPsec

Geschrieben von Nik Clayton.

Geschrieben von Hiten M. Pandya.

Internet Protocol Security (IPsec) ist ein Satz von Protokollen, die auf dem Internet-Protokoll (IP) aufbauen. Durch Authentifizierung und Verschlüsselung jedes einzelnen IP-Pakets, können mehrere Systeme geschützt miteinander kommunizieren. FreeBSDs IPSec Netzwerk-Stack basiert auf der <http://www.kame.net> Implementierung und unterstützt sowohl IPv4 als auch IPv6.

IPsec besteht aus den folgenden Protokollen:

- *Encapsulated Security Payload (ESP)*: dieses Protokoll verschlüsselt IP-Pakete mit einem symmetrischen Verfahren wie Blowfish oder 3DES. Damit werden die Pakete vor Manipulationen Dritter geschützt.
- *Authentication Header (AH)*: dieses Protokoll enthält eine kryptographische Prüfsumme, die sicher stellt, dass ein IP-Paket nicht verändert wurde. Der Authentication-Header folgt nach dem normalen IP-Header und erlaubt dem Empfänger eines IP-Paketes, dessen Integrität zu prüfen.
- *IP Payload Compression Protocol (IPComp)*: dieses Protokoll versucht durch Komprimierung der IP-Nutzdaten die Menge der gesendeten Daten zu reduzieren und somit die Kommunikationsleistung zu verbessern.

Diese Protokolle können, je nach Situation, zusammen oder einzeln verwendet werden.

IPsec unterstützt zwei Modi: Der *Transport-Modus* verschlüsselt die Daten zwischen zwei Systemen. Der *Tunnel-Modus* verbindet zwei Subnetze miteinander. Durch einen Tunnel können dann verschlüsselte Daten übertra-

gen werden. Ein Tunnel wird auch als *Virtual-Private-Network* (VPN) bezeichnet. Detaillierte Informationen über das IPsec-Subsystem von FreeBSD finden Sie in [ipsec\(4\)](#).

Um die Unterstützung für IPsec im Kernel zu aktivieren, fügen Sie folgenden Optionen in die Kernelkonfigurationsdatei ein und erstellen Sie einen neuen Kernel, wie in [???](#) beschrieben.

```
options  IPSEC          #IP security
device  crypto
```

Wenn Sie zur Fehlersuche im IPsec-Subsystem Unterstützung wünschen, sollten Sie die folgende Option ebenfalls aktivieren:

```
options  IPSEC_DEBUG  #debug for IP security
```

Der Rest dieses Kapitels beschreibt die Einrichtung eines IPsec-VPN zwischen einem Heimnetzwerk und einem Firmennetzwerk. Für das folgende Beispiel gilt:

- Beide Netzwerke sind über ein FreeBSD-Gateway mit dem Internet verbunden.
- Der Gateway jedes Netzwerks besitzt mindestens eine externe IP-Adresse. In diesem Beispiel ist die externe IP-Adresse des Firmennetzwerks (LAN) 172.16.5.4 und das Heimnetzwerk (LAN) hat die externe IP-Adresse 192.168.1.12.
- Die intern verwendeten IP-Adressen können private oder öffentliche Adressen sein. Sie dürfen sich jedoch nicht überschneiden. Zum Beispiel sollten nicht beide Netze 192.168.1.x benutzen. In diesem Beispiel ist die interne IP-Adresse des Firmennetzwerks (LAN) 10.246.38.1 und das Heimnetzwerk (LAN) hat die interne IP-Adresse 10.0.0.5.

14.7.1. Konfiguration eines VPN unter FreeBSD

Geschrieben von Tom Rhodes.

Als erstes muss [security/ipsec-tools](#) aus der Ports-Sammlung installiert werden. Diese Software enthält einige Anwendungen, die bei der Konfiguration von IPsec hilfreich sind.

Als nächstes müssen zwei [gif\(4\)](#)-Pseudogeräte angelegt werden, um die Pakete zu tunneln und dafür zu sorgen, dass beide Netzwerke richtig miteinander kommunizieren können. Geben Sie als root die folgenden Befehle ein, wobei Sie *intern* und *extern* durch die realen internen und externen IP-Adressen der Gateways ersetzen müssen:

```
# ifconfig gif0 create
# ifconfig gif0 intern1 intern2
# ifconfig gif0 tunnel extern1 extern2
```

Überprüfen Sie mit `ifconfig` die Konfiguration auf beiden Gateways. Hier folgt die Ausgabe von Gateway 1:

```
gif0: flags=8051 mtu 1280
tunnel inet 172.16.5.4 --> 192.168.1.12
inet6 fe80::2e0:81ff:fe02:5881%gif0 prefixlen 64 scopeid 0x6
inet 10.246.38.1 --> 10.0.0.5 netmask 0xffffffff00
```

Hier folgt die Ausgabe von Gateway 2:

```
gif0: flags=8051 mtu 1280
tunnel inet 192.168.1.12 --> 172.16.5.4
inet 10.0.0.5 --> 10.246.38.1 netmask 0xffffffff00
inet6 fe80::250:bfff:fe3a:clf%gif0 prefixlen 64 scopeid 0x4
```

Wenn Sie fertig sind, sollten beide internen Adressen über [ping\(8\)](#) erreichbar sein:

```
priv-net# ping 10.0.0.5
```

```

PING 10.0.0.5 (10.0.0.5): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=0 ttl=64 time=42.786 ms
64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=1 ttl=64 time=19.255 ms
64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=2 ttl=64 time=20.440 ms
64 bytes from 10.0.0.5: icmp_seq=3 ttl=64 time=21.036 ms
--- 10.0.0.5 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 19.255/25.879/42.786/9.782 ms

corp-net# ping 10.246.38.1
PING 10.246.38.1 (10.246.38.1): 56 data bytes
64 bytes from 10.246.38.1: icmp_seq=0 ttl=64 time=28.106 ms
64 bytes from 10.246.38.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=42.917 ms
64 bytes from 10.246.38.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=127.525 ms
64 bytes from 10.246.38.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=119.896 ms
64 bytes from 10.246.38.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=154.524 ms
--- 10.246.38.1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 28.106/94.594/154.524/49.814 ms

```

Wie erwartet, können nun beiden Seiten ICMP-Pakete von ihren privaten Adressen senden und empfangen. Als nächstes müssen beide Gateways so konfiguriert werden, dass sie die Pakete des anderen Netzwerkes richtig routen. Dazu werden folgende Befehle verwendet:

```

# corp-net# route add 10.0.0.0 10.0.0.5 255.255.255.0
# corp-net# route add net 10.0.0.0: gateway 10.0.0.5

# priv-net# route add 10.246.38.0 10.246.38.1 255.255.255.0
# priv-net# route add host 10.246.38.0: gateway 10.246.38.1

```

Ab jetzt sollten die Rechner von den Gateways sowie von den Rechnern hinter den Gateways erreichbar sein. Dies können Sie wieder mit [ping\(8\)](#) überprüfen:

```

corp-net# ping 10.0.0.8
PING 10.0.0.8 (10.0.0.8): 56 data bytes
64 bytes from 10.0.0.8: icmp_seq=0 ttl=63 time=92.391 ms
64 bytes from 10.0.0.8: icmp_seq=1 ttl=63 time=21.870 ms
64 bytes from 10.0.0.8: icmp_seq=2 ttl=63 time=198.022 ms
64 bytes from 10.0.0.8: icmp_seq=3 ttl=63 time=22.241 ms
64 bytes from 10.0.0.8: icmp_seq=4 ttl=63 time=174.705 ms
--- 10.0.0.8 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 21.870/101.846/198.022/74.001 ms

priv-net# ping 10.246.38.107
PING 10.246.38.1 (10.246.38.107): 56 data bytes
64 bytes from 10.246.38.107: icmp_seq=0 ttl=64 time=53.491 ms
64 bytes from 10.246.38.107: icmp_seq=1 ttl=64 time=23.395 ms
64 bytes from 10.246.38.107: icmp_seq=2 ttl=64 time=23.865 ms
64 bytes from 10.246.38.107: icmp_seq=3 ttl=64 time=21.145 ms
64 bytes from 10.246.38.107: icmp_seq=4 ttl=64 time=36.708 ms
--- 10.246.38.107 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 21.145/31.721/53.491/12.179 ms

```

Das Konfigurieren der Tunnel ist der einfache Teil. Die Konfiguration einer sicheren Verbindung geht viel mehr in die Tiefe. Die folgende Konfiguration benutzt pre-shared (PSK) RSA-Schlüssel. Abgesehen von den IP-Adressen, sind beide `/usr/local/etc/racoon/racoon.conf` identisch und sehen ähnlich aus:

```

path    pre_shared_key "/usr/local/etc/racoon/psk.txt"; #location of pre-shared key file
log      debug; #log verbosity setting: set to 'notify' when testing and debugging is ⚡
complete

padding # options are not to be changed
{

```

```

        maximum_length 20;
        randomize       off;
        strict_check    off;
        exclusive_tail  off;
    }

    timer # timing options. change as needed
    {
        counter          5;
        interval          20 sec;
        persend           1;
        # natt_keepalive  15 sec;
        phase1            30 sec;
        phase2            15 sec;
    }

    listen # address [port] that racoon will listen on
    {
        isakmp            172.16.5.4 [500];
        isakmp_natt       172.16.5.4 [4500];
    }

    remote 192.168.1.12 [500]
    {
        exchange_mode     main,aggressive;
        doi               ipsec_doi;
        situation          identity_only;
        my_identifier      address 172.16.5.4;
        peers_identifier   address 192.168.1.12;
        lifetime           time 8 hour;
        passive            off;
        proposal_check     obey;
        # nat_traversal    off;
        generate_policy    off;

        proposal {
            encryption_algorithm    blowfish;
            hash_algorithm          md5;
            authentication_method   pre_shared_key;
            lifetime time           30 sec;
            dh_group                1;
        }
    }

    sainfo (address 10.246.38.0/24 any address 10.0.0.0/24 any) # address $network/
    $netmask $type address $network/$netmask $type ( $type being any or esp)
    { # $network must be the address of
    two internal networks you are joining.
        pfs_group          1;
        lifetime           time 36000 sec;
        encryption_algorithm    blowfish,3des;
        authentication_algorithm    hmac_md5,hmac_shal;
        compression_algorithm    deflate;
    }

```

Eine Beschreibung der verfügbaren Optionen finden Sie in der Manualpage von `racoon.conf`.

Die *Security Policy Database* (SPD) muss noch konfiguriert werden, so dass FreeBSD und racoon in der Lage sind den Netzwerkverkehr zwischen den Hosts zu ver- und entschlüsseln.

Dies wird durch ein Shellskript ähnlich wie das folgende, das auf dem Firmennetzwerk-Gateway liegt, ausgeführt. Diese Datei wird während der Systeminitialisierung ausgeführt und sollte unter `/usr/local/etc/racoon/set-key.conf` gespeichert werden.

```

flush;
spdf flush;

```

```
# To the home network
spdadd 10.246.38.0/24 10.0.0.0/24 any -P out ipsec esp/tunnel/172.16.5.4-192.168.1.12/
use;
spdadd 10.0.0.0/24 10.246.38.0/24 any -P in ipsec esp/tunnel/192.168.1.12-172.16.5.4/use;
```

Einmal abgespeichert, kann racoon durch das folgende Kommando auf beiden Gateways gestartet werden:

```
# /usr/local/sbin/racoon -F -f /usr/local/etc/racoon/racoon.conf -l /var/log/racoon.log
```

Die Ausgabe sollte so ähnlich aussehen:

```
corp-net# /usr/local/sbin/racoon -F -f /usr/local/etc/racoon/racoon.conf
Foreground mode.
2006-01-30 01:35:47: INFO: begin Identity Protection mode.
2006-01-30 01:35:48: INFO: received Vendor ID: KAME/racoon
2006-01-30 01:35:55: INFO: received Vendor ID: KAME/racoon
2006-01-30 01:36:04: INFO: ISAKMP-SA established 172.16.5.4[500]-192.168.1.12[500] spi=623b9b3bd2492452:7deab82d54ff704a
2006-01-30 01:36:05: INFO: initiate new phase 2 negotiation: 172.16.5.4[0]192.168.1.12[0]
2006-01-30 01:36:09: INFO: IPsec-SA established: ESP/Tunnel 192.168.1.12[0]->172.16.5.4[0] spi=28496098(0x1b2d0e2)
2006-01-30 01:36:09: INFO: IPsec-SA established: ESP/Tunnel 172.16.5.4[0]->192.168.1.12[0] spi=47784998(0x2d92426)
2006-01-30 01:36:13: INFO: respond new phase 2 negotiation: 172.16.5.4[0]192.168.1.12[0]
2006-01-30 01:36:18: INFO: IPsec-SA established: ESP/Tunnel 192.168.1.12[0]->172.16.5.4[0] spi=124397467(0x76a279b)
2006-01-30 01:36:18: INFO: IPsec-SA established: ESP/Tunnel 172.16.5.4[0]->192.168.1.12[0] spi=175852902(0xa7b4d66)
```

Um sicherzustellen, dass der Tunnel richtig funktioniert, wechseln Sie auf eine andere Konsole und benutzen Sie [tcpdump\(1\)](#) mit dem folgenden Befehl, um sich den Netzwerkverkehr anzusehen. Tauschen Sie `em0` durch die richtige Netzwerkkarte aus:

```
# tcpdump -i em0 host 172.16.5.4 and dst 192.168.1.12
```

Die Ausgabe der Konsole sollte dem hier ähneln. Wenn nicht, gibt es ein Problem und ein Debuggen der ausgegebenen Daten ist notwendig.

```
01:47:32.021683 IP corporatenetwork.com > 192.168.1.12.privatenetwork.com: ESP (spi=0x02acbf9f,seq=0xa)
01:47:33.022442 IP corporatenetwork.com > 192.168.1.12.privatenetwork.com: ESP (spi=0x02acbf9f,seq=0xb)
01:47:34.024218 IP corporatenetwork.com > 192.168.1.12.privatenetwork.com: ESP (spi=0x02acbf9f,seq=0xc)
```

An diesem Punkt sollten beide Netzwerke verfügbar sein und den Anschein haben, dass sie zum selben Netzwerk gehören. Meistens sind beide Netzwerke durch eine Firewall geschützt. Um den Netzwerkverkehr zwischen den beiden Netzwerken zu erlauben, ist es notwendig Regeln zu erstellen. Für die [ipfw\(8\)](#) Firewall fügen Sie folgende Zeilen in die Firewall-Konfigurationsdatei ein:

```
ipfw add 00201 allow log esp from any to any
ipfw add 00202 allow log ah from any to any
ipfw add 00203 allow log ipencap from any to any
ipfw add 00204 allow log udp from any 500 to any
```



Anmerkung

Die Regelnummern müssen eventuell, je nach ihrer Hostkonfiguration, angepasst werden.

Für Benutzer der `pf(4)`- oder `ipf(8)`-Firewall sollte folgendes funktionieren:

```
pass in quick proto esp from any to any
pass in quick proto ah from any to any
pass in quick proto ipencap from any to any
pass in quick proto udp from any port = 500 to any port = 500
pass in quick on gif0 from any to any
pass out quick proto esp from any to any
pass out quick proto ah from any to any
pass out quick proto ipencap from any to any
pass out quick proto udp from any port = 500 to any port = 500
pass out quick on gif0 from any to any
```

Zum Ende, um dem Computer den Start vom VPN während der Systeminitialisierung zu erlauben, fügen Sie folgende Zeilen in ihre `/etc/rc.conf` : ein

```
ipsec_enable="YES"
ipsec_program="/usr/local/sbin/setkey"
ipsec_file="/usr/local/etc/racoon/setkey.conf" # allows setting up spd policies on boot
racoon_enable="yes"
```

14.8. OpenSSH

Beigetragen von Chern Lee.

OpenSSH stellt Werkzeuge bereit, um sicher auf entfernte Maschinen zuzugreifen. Zusätzlich können TCP/IP-Verbindungen sicher durch SSH getunnelt oder weitergeleitet werden. OpenSSH verschlüsselt alle Verbindungen. Dadurch wird beispielsweise verhindert, dass die Verbindung abgehört oder übernommen (*Hijacking*) werden kann. Weitere Informationen zu OpenSSH finden Sie auf <http://www.openssh.com/>.

Dieser Abschnitt enthält einen Überblick über die integrierten Client-Werkzeuge, mit denen Sie sicher auf entfernte Systeme zugreifen können, oder mit denen Sie sicher Dateien austauschen können. Der Abschnitt beschreibt auch die Konfiguration eines SSH-Servers auf einem FreeBSD-System. Weitere Informationen finden Sie in den hier erwähnten Manualpages.

14.8.1. Die SSH Client-Werkzeuge benutzen

Benutzen Sie `ssh` zusammen mit einem Benutzernamen und einer IP-Adresse oder dem Hostnamen, um sich an einem SSH-Server anzumelden. Ist dies das erste Mal, dass eine Verbindung mit dem angegebenen Server hergestellt wird, wird der Benutzer aufgefordert, zuerst den Fingerabdruck des Servers zu prüfen:

```
# ssh user@example.com
The authenticity of host 'example.com (10.0.0.1)' can't be established.
ECDSA key fingerprint is 25:cc:73:b5:b3:96:75:3d:56:19:49:d2:5c:1f:91:3b.
Are you sure you want to continue connecting (yes/no)? yes
Permanently added 'example.com' (ECDSA) to the list of known hosts.
Password for user@example.com: user_password
```

SSH speichert einen Fingerabdruck des Serverschlüssels um die Echtheit des Servers zu überprüfen, wenn der Client eine Verbindung herstellt. Wenn der Benutzer den Fingerabdruck mit `yes` bestätigt, wird eine Kopie des Schlüssels in `.ssh/known_hosts` im Heimatverzeichnis des Benutzers gespeichert. Zukünftige Verbindungen zu dem Server werden gegen den gespeicherten Fingerabdruck des Schlüssels geprüft und der Client gibt eine Warnung aus, wenn sich der empfangene Fingerabdruck von dem gespeicherten unterscheidet. Wenn dies passiert, sollte zunächst geprüft werden, ob sich der Schlüssel geändert hat, bevor die Verbindung hergestellt wird.

In der Voreinstellung akzeptieren aktuelle Versionen von OpenSSH; nur SSHv2 Verbindungen. Wenn möglich, wird der Client versuchen Version 2 zu verwenden, ist dies nicht möglich, fällt er auf Version 1 zurück. Der Client kann gezwungen werden, nur eine der beiden Versionen zu verwenden, indem die Option `-1` oder `-2` übergeben wird. Weitere Optionen sind in [ssh\(1\)](#) beschrieben.

Mit [scp\(1\)](#) lassen sich Dateien in einer sicheren Weise auf entfernte Maschinen übertragen. Dieses Beispiel kopiert die Datei COPYRIGHT von einem entfernten System in eine Datei mit dem gleichen Namen auf das lokale System:

```
# scp user@example.com:/COPYRIGHT COPYRIGHT
Password for user@example.com: *****
COPYRIGHT          100% |*****| 4735
00:00
#
```

Da der Fingerabdruck für diesen Rechner bereits bestätigt wurde, wird er automatisch überprüft, bevor der Benutzer zur Eingabe des Passworts aufgefordert wird.

Die Argumente, die scp übergeben werden, gleichen denen von cp in der Beziehung, dass die ersten Argumente die zu kopierenden Dateien sind und das letzte Argument den Bestimmungsort angibt. Da die Dateien über das Netzwerk kopiert werden, können ein oder mehrere Argumente die Form `user@host:<path_to_remote_file>` besitzen. Beachten Sie, dass scp die Option `-r` verwendet um Dateien rekursiv zu kopieren, während cp `-R` benutzt.

Mit `sftp` können Dateien über eine interaktive Sitzung kopiert werden. [sftp\(1\)](#) beschreibt die verfügbaren Befehle, die während einer sftp-Sitzung zur Verfügung stehen.

14.8.1.1. Schlüsselbasierte Authentifizierung

Ein Client kann bei der Verbindung auch Schlüssel anstelle von Passwörtern verwenden. Mit `ssh-keygen` können DSA- oder RSA-Schlüssel erzeugt werden. Geben Sie das entsprechende Protokoll an, wenn Sie einen öffentlichen und einen privaten Schlüssel erzeugen. Folgen Sie anschließend den Anweisungen des Programms. Es wird empfohlen, die Schlüssel mit einer einprägsamen, aber schwer zu erratenden Passphrase zu schützen.

```
% ssh-keygen -t dsa
Generating public/private dsa key pair.
Enter file in which to save the key (/home/user/.ssh/id_dsa):
Created directory '/home/user/.ssh'.
Enter passphrase (empty for no passphrase): type some passphrase here which can contain spaces
Enter same passphrase again: type some passphrase here which can contain spaces
Your identification has been saved in /home/user/.ssh/id_dsa.
Your public key has been saved in /home/user/.ssh/id_dsa.pub.
The key fingerprint is:
bb:48:db:f2:93:57:80:b6:aa:bc:f5:d5:ba:8f:79:17 user@host.example.com
```

Abhängig vom verwendeten Protokoll wird der private Schlüssel in `~/.ssh/id_dsa` (oder `~/.ssh/id_rsa`) und der öffentliche Schlüssel in `~/.ssh/id_dsa.pub` (oder `~/.ssh/id_rsa.pub`) gespeichert. Der öffentliche Schlüssel muss zuerst auf den entfernten Rechner nach `~/.ssh/authorized_keys` kopiert werden, damit die schlüsselbasierte Authentifizierung funktioniert.



Warnung

Viele Benutzer denken, dass die Verwendung von Schlüsseln generell sicher ist. Sie verwenden dann einen Schlüssel ohne eine Passphrase. Dies ist jedoch sehr *gefährlich*. Ein Administrator kann überprüfen, ob ein Schlüsselpaar mit einer Passphrase geschützt ist. Wenn die Datei mit dem privaten Schlüssel den Text ENCRYPTED enthält, dann hat der Benutzer eine Passphrase verwendet. Um die Benutzer zusätzlich zu schützen, kann ein `from`-Feld in der Datei des öffentlichen Schlüssels hinzugefügt werden. Zum Beispiel würde das Hinzufügen von `from="192.168.10.5"` vor dem `ssh-rsa`- oder `ssh-dsa`-Präfix dafür sorgen, dass sich ein bestimmter Benutzer nur noch von dieser IP-Adresse anmelden darf.

Die Optionen und Dateinamen sind abhängig von der OpenSSH-Version. Die für das System gültigen Optionen finden Sie in [ssh-keygen\(1\)](#).

Wenn bei der Erzeugung des Schlüssels eine Passphrase angegeben wurde, wird der Benutzer bei jeder Anmeldung am Server zur Eingabe der Passphrase aufgefordert. Mit [ssh-agent\(1\)](#) und [ssh-add\(1\)](#) ist es möglich, SSH-Schlüssel in den Speicher zu laden, damit die Passphrase nicht jedes Mal eingegeben werden muss.

`ssh-agent` übernimmt die Authentifizierung mit den geladenen privaten Schlüsseln. `ssh-agent` sollte nur dazu verwendet werden, ein anderes Programm zu starten, beispielsweise eine Shell oder einen Window-Manager.

Um `ssh-agent` in einer Shell zu verwenden, muss es mit einer Shell als Argument aufgerufen werden. Zudem muss die zu verwaltende Identität mit `ssh-add` sowie deren Passphrase für den privaten Schlüssel übergeben werden. Nachdem dies erledigt ist, kann sich ein Benutzer mit `ssh` auf jedem Rechner anmelden, der einen entsprechenden öffentlichen Schlüssel besitzt. Dazu ein Beispiel:

```
% ssh-agent csh
% ssh-add
Enter passphrase for /usr/home/user/.ssh/id_dsa: type passphrase here
Identity added: /usr/home/user/.ssh/id_dsa (/home/user/.ssh/id_dsa)
%
```

Um `ssh-agent` unter Xorg zu verwenden, muss ein Eintrag für das Programm in `~/.xinitrc` aufgenommen werden. Dadurch können alle unter Xorg gestarteten Programme die Dienste von `ssh-agent` nutzen. `~/.xinitrc` könnte etwa so aussehen:

```
exec ssh-agent startxfce4
```

Dadurch wird bei jedem Start von Xorg zuerst `ssh-agent` aufgerufen, das wiederum XFCE startet. Nachdem diese Änderung durchgeführt wurde, muss Xorg neu gestartet werden. Danach können Sie mit `ssh-add` die SSH-Schlüssel laden.

14.8.1.2. SSH-Tunnel

Mit OpenSSH ist es möglich, einen Tunnel zu erstellen, in dem ein anderes Protokoll verschlüsselt übertragen wird.

Im folgenden Kommando erzeugt `ssh` einen Tunnel für `telnet`:

```
% ssh -2 -N -f -L 5023:localhost:23 user@foo.example.com
%
```

Dieses Beispiel verwendet die folgenden Optionen:

- 2
Zwingt `ssh` dazu, die Version 2 des Protokolls zu verwenden, um sich mit dem Server zu verbinden.
- N
Zeigt an, dass ein Tunnel erstellt werden soll. Ohne diese Option würde `ssh` eine normale Sitzung öffnen.
- f
Zwingt `ssh` im Hintergrund zu laufen.
- L
Ein lokaler Tunnel wird in der Form `localport:remotehost:remoteport` angegeben. Die Verbindung wird dabei von dem lokalen Port `localport` auf einen entfernten Rechner weitergeleitet.

`user@foo.example.com`

Gibt den Anmeldenamen auf dem entfernten SSH-Server an.

Ein SSH-Tunnel erzeugt einen Socket auf `localhost` und dem angegebenen lokalen Port. Jede Verbindung, die auf dem angegebenen Socket aufgemacht wird, wird dann auf den spezifizierten entfernten Rechner und Port weitergeleitet. Im Beispiel wird der lokale Port 5023 an die entfernte Maschine auf Port 23 weitergeleitet. Da der Port 23 für `telnet` reserviert ist, erzeugt das eine sichere [telnet\(1\)](#)-Verbindung durch einen SSH-Tunnel.

Wie in den folgenden Beispielen zu sehen ist, kann diese Vorgehensweise genutzt werden, um jedes unsichere TCP-Protokoll, wie SMTP, POP3 und FTP, weiterzuleiten.

Beispiel 14.1. Einen sicheren Tunnel für SMTP erstellen

```
% ssh -2 -N -f -L 5025:localhost:25 user@mailserver.example.com
user@mailserver.example.com's password: *****
% telnet localhost 5025
Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.
220 mailserver.example.com ESMTP
```

Zusammen mit `ssh-keygen` und zusätzlichen Benutzer-Accounts können leicht benutzbare SSH-Tunnel aufgebaut werden. Anstelle von Passwörtern können Schlüssel benutzt werden und jeder Tunnel kann unter einem eigenen Benutzer laufen.

Beispiel 14.2. Sicherer Zugriff auf einen POP3-Server

In diesem Beispiel gibt es einen SSH-Server, der Verbindungen von außen akzeptiert. Im selben Netzwerk befindet sich zudem noch ein Mail-Server, der POP3 spricht. Um E-Mails auf sichere Weise abzurufen, bauen Sie eine SSH-Verbindung zu dem SSH-Server im Netzwerk auf und tunneln von dort zum Mail-Server weiter.

```
% ssh -2 -N -f -L 2110:mail.example.com:110 user@ssh-server.example.com
user@ssh-server.example.com's password: *****
```

Wenn Sie den Tunnel eingerichtet haben, konfigurieren Sie den Mail-Client so, dass er POP3 Anfragen zu `localhost` auf Port 2110 sendet. Diese Verbindung wird dann über den gesicherten Tunnel zu `mail.example.com` weitergeleitet.

Beispiel 14.3. Umgehen einer Firewall

Einige Firewalls filtern sowohl eingehende als auch ausgehende Verbindungen. Zum Beispiel könnte eine Firewall den Zugriff auf entfernte Rechner auf die Ports 22 und 80 beschränken, um lediglich SSH und Web-Inhalte zu erlauben. Dies würde den Zugriff auf Dienste verhindern, die nicht die Ports 22 oder 80 benutzen.

Die Lösung hier ist es, eine SSH-Verbindung zu einer Maschine außerhalb der Firewall aufzumachen und durch diese zum gewünschten Dienst zu tunneln:

```
% ssh -2 -N -f -L 8888:music.example.com:8000 user@unfirewalled-system.example.org
user@unfirewalled-system.example.org's password: *****
```

In diesem Beispiel benutzt ein Ogg Vorbis Client `localhost` und Port 8888. Die Verbindung wird dann zu `music.example.com` Port 8000 weitergeleitet. Die Firewall wurde somit erfolgreich umgangen.

14.8.2. Den SSH-Server aktivieren

Neben den integrierten SSH Client-Werkzeugen, die zur Verfügung stehen, kann ein FreeBSD-System auch als SSH-Server konfiguriert werden, um Verbindungen von anderen SSH-Clients zu akzeptieren.

Benutzen Sie den Kommando `service(8)`, um zu prüfen ob der `sshd` ausgeführt wird:

```
# service sshd status
```

Wenn der Dienst nicht ausgeführt wird, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
sshd_enable="YES"
```

Diese Zeile startet `sshd`, den OpenSSH-Daemon, beim nächsten Systemstart. Geben Sie folgendes ein, um den Dienst jetzt zu starten:

```
# service sshd start
```

Wenn `sshd` erstmalig gestartet wird, werden die Host-Schlüssel des Systems erzeugt und der Fingerabdruck wird auf der Konsole angezeigt. Stellen Sie den Fingerabdruck den Benutzern zur Verfügung, sodass sie ihn überprüfen können, wenn sie das erste Mal eine Verbindung mit dem Server herstellen.

`sshd(8)` enthält die verfügbaren Optionen für den Start von `sshd` und weitere Informationen zur Authentifizierung, den Anmeldeprozess und die verschiedenen Konfigurationsdateien.

Ab jetzt sollte `sshd` für alle Benutzer mit einem Benutzernamen und Kennwort zur Verfügung stehen.

14.8.3. SSH Server Sicherheit

Obwohl `sshd` das am weitesten verbreitete Remote-Administrations-Werkzeug ist, sind *Brute-Force*- und *Drive-by*-Angriffe auf öffentliche Netzwerke weit verbreitet. Daher stehen mehrere Optionen zur Verfügung, um diese Art von Angriffen zu verhindern. Diese Optionen werden in diesem Abschnitt beschrieben.

Es ist in der Regel eine gute Idee, festzulegen, welche Benutzer sich von welchem Rechner aus anmelden können. Dies lässt sich beispielsweise über die Option `AllowUsers` festlegen. Soll sich etwa nur `root` vom Rechner mit der IP-Adresse `192.168.1.32` aus einwählen dürfen, würden Sie folgenden Eintrag in `/etc/ssh/sshd_config` aufnehmen:

```
AllowUsers root@192.168.1.32
```

Damit sich `admin` von jedem Rechner aus anmelden kann, geben Sie nur den Benutzernamen an:

```
AllowUsers admin
```

Sie können auch mehrere Benutzer in einer Zeile auflisten:

```
AllowUsers root@192.168.1.32 admin
```

Nachdem Sie `/etc/ssh/sshd_config` angepasst haben, muss `sshd` seine Konfigurationsdateien neu einlesen. Dazu geben Sie Folgendes ein:

```
# /etc/rc.d/sshd reload
```



Anmerkung

Wenn die Option `AllowUsers` verwendet wird, ist es wichtig, jeden Benutzer aufzulisten, der sich an diesem Rechner anmelden muss. Benutzer, die nicht in dieser Liste aufgeführt sind, dürfen sich nicht anmelden. Die Optionen für die Konfigurationsdatei von OpenSSH unterscheiden zwischen Groß- und Kleinschreibung. Wenn Sie eine Option falsch schreiben,

so wird sie ignoriert. Testen Sie immer die Änderungen, um sicherzustellen, dass sie wie erwartet funktionieren. Weitere Informationen zu den verfügbaren Optionen finden Sie in [sshd_config\(5\)](#).

Darüber hinaus können Benutzer gezwungen werden, eine Zwei-Faktor-Authentifizierung mit einem öffentlichen und einem privaten Schlüssel zu benutzen. Bei Bedarf kann der Benutzer ein Schlüsselpaar mit [ssh-keygen\(1\)](#) erzeugen und dem Administrator den öffentlichen Schlüssel zukommen lassen. Der Schlüssel wird, wie weiter oben beschrieben, in `authorized_keys` platziert. Um den Benutzer zu zwingen, ausschließlich Schlüssel zu benutzen, kann die folgende Option konfiguriert werden:

```
AuthenticationMethods publickey
```



Tipp

Verwechseln Sie nicht `/etc/ssh/sshd_config` mit `/etc/ssh/ssh_config` (beachten Sie das zusätzliche `d` im ersten Dateinamen). Die erste Datei konfiguriert den Server und die zweite Datei konfiguriert den Client. [ssh_config\(5\)](#) enthält eine Auflistung der verfügbaren Client-Einstellungen.

14.9. Zugriffskontrolllisten für Dateisysteme (ACL)

Beigetragen von Tom Rhodes.

Zugriffskontrolllisten (*Access Control Lists*, ACL) erweitern die normalen Zugriffsrechte von UNIX® Systemen auf eine kompatible (POSIX®.1e) Weise und bieten feiner granulierte Sicherheitsmechanismen.

Der GENERIC-Kernel von FreeBSD bietet ACL-Unterstützung für UFS-Dateisysteme. Benutzer, die es vorziehen einen eigenen Kernel zu übersetzen, müssen die folgende Option in die Kernelkonfigurationsdatei aufnehmen:

```
options UFS_ACL
```

Das System gibt eine Warnung aus, wenn ein Dateisystem mit ACLs eingehangen werden soll und die Unterstützung für ACLs nicht im Kernel aktiviert ist. ACLs bauen auf den erweiterten Attributen auf, die von UFS2 standardmäßig unterstützt werden.

Dieses Kapitel beschreibt, wie ACL-Unterstützung aktiviert wird. Zudem werden einige Anwendungsbeispiele vorgestellt.

14.9.1. ACL-Unterstützung aktivieren

Die Option `acl` in `/etc/fstab` aktiviert Zugriffskontrolllisten für ein Dateisystem. Die bevorzugte Möglichkeit ist die Verwendung von Zugriffskontrolllisten mit [tunefs\(8\)](#) (Option `-a`), im Superblock des Dateisystems festzuschreiben. Diese Möglichkeit hat mehrere Vorteile:

- Nochmaliges Einhängen eines Dateisystems (Option `-u` von [mount\(8\)](#)) verändert den Status der Zugriffskontrolllisten nicht. Die Verwendung von Zugriffskontrolllisten kann nur durch Abhängen und erneutes Einhängen eines Dateisystems verändert werden. Das heißt auch, dass Zugriffskontrolllisten nicht nachträglich auf dem Root-Dateisystem aktiviert werden können.
- Die Zugriffskontrolllisten auf den Dateisystemen sind, unabhängig von den Optionen in `/etc/fstab` oder Namensänderungen der Geräte, immer aktiv. Dies verhindert auch, dass Zugriffskontrolllisten aus Versehen auf Dateisystemen ohne Zugriffskontrolllisten aktiviert werden.



Anmerkung

Es kann sein, dass sich der Status von Zugriffskontrolllisten später durch nochmaliges Einhängen des Dateisystems (Option `-u` von [mount\(8\)](#)) ändern lässt. Die momentane Variante ist aber sicherer, da der Status der Zugriffskontrolllisten nicht versehentlich geändert werden kann. Allgemein sollten Zugriffskontrolllisten auf einem Dateisystem, auf dem sie einmal verwendet wurden, nicht deaktiviert werden, da danach die Zugriffsrechte falsch sein können. Werden Zugriffskontrolllisten auf einem solchen Dateisystem wieder aktiviert, werden die Zugriffsrechte von Dateien, die sich zwischenzeitlich geändert haben, überschrieben, was zu erneuten Problemen führt.

Die Zugriffsrechte einer Datei werden durch ein + (Plus) gekennzeichnet, wenn die Datei durch Zugriffskontrolllisten geschützt ist:

```
drwx----- 2 robert robert 512 Dec 27 11:54 private
drwxrwx---+ 2 robert robert 512 Dec 23 10:57 directory1
drwxrwx---+ 2 robert robert 512 Dec 22 10:20 directory2
drwxrwx---+ 2 robert robert 512 Dec 27 11:57 directory3
drwxr-xr-x 2 robert robert 512 Nov 10 11:54 public_html
```

In diesem Beispiel sind die Verzeichnisse `directory1`, `directory2` und `directory3` durch Zugriffskontrolllisten geschützt, wohingegen das Verzeichnis `public_html` nicht geschützt ist.

14.9.2. Zugriffskontrolllisten benutzen

`getfacl` zeigt Zugriffskontrolllisten an. Das folgende Kommando zeigt die ACLs auf der Datei `test`:

```
% getfacl test
#file:test
#owner:1001
#group:1001
user::rw-
group::r--
other::r--
```

`setfacl` ändert oder entfernt ACLs auf Dateien. Um alle ACLs einer Datei zu entfernen, können Sie die Option `-k` benutzen. Es ist jedoch empfehlenswert die Option `-b` zu verwenden, da sie die erforderlichen Felder, die für ACLs benötigt werden, beibehält.

```
# setfacl -k test
```

Benutzen Sie `-m` um die Einträge der ACL zu verändern:

```
% setfacl -m u:trhodes:rw,g:web:r--,o:--- test
```

In diesem Beispiel gab es keine vordefinierten Einträge, da sie durch den vorhergehenden Befehl entfernt wurden. Mit diesem Kommando werden die eben entfernten Zugriffskontrolllisten wiederhergestellt. Der Befehl gibt die Fehlermeldung `Invalid argument` aus, wenn Sie nicht existierende Benutzer oder Gruppen als Parameter angeben.

Weitere Informationen zu den Optionen dieser Kommandos finden Sie in [getfacl\(1\)](#) und [setfacl\(1\)](#).

14.10. Sicherheitsprobleme in Software von Drittanbietern überwachen

Beigetragen von Tom Rhodes.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Verbesserungen in der Einschätzung und dem Umgang mit Sicherheitsproblemen erzielt. Die Gefahr von Einbrüchen in ein System wird aber immer größer, da Softwarepakete von Dritten auf nahezu jedem Betriebssystem installiert und konfiguriert werden.

Die Einschätzung der Verletzlichkeit eines Systems ist ein Schlüsselfaktor für dessen Sicherheit. FreeBSD veröffentlicht zwar Sicherheitshinweise (*security advisories*) für das Basissystem, das Projekt ist allerdings nicht dazu in der Lage, dies auch für die zahlreichen Softwarepakete von Dritten zu tun. Dennoch gibt es einen Weg, auch diese Programmpakete zu überwachen. Das FreeBSD Dienstprogramm `pkg` enthält Optionen für genau diesen Anwendungsfall.

`pkg` fragt dazu eine Datenbank auf bekannte Sicherheitsprobleme ab. Diese Datenbank wird vom FreeBSD Security Team sowie den Ports-Entwicklern aktualisiert und gewartet.

Anweisungen zur Installation von `pkg` finden Sie im [Abschnitt 5.4, „Benutzen von pkg zur Verwaltung von Binärpaketen“](#).

Die Installation enthält Konfigurationsdateien für `periodic(8)`, welche die Datenbank von `pkg` verwaltet und aktualisiert. Diese Funktionalität wird aktiviert, wenn in `periodic.conf(5)` die Variable `daily_status_security_pkgaudit_enable` auf YES gesetzt wird. Stellen Sie auf jeden Fall sicher, dass diese (an das E-Mail-Konto von root gesendeten) Sicherheitsberichte auch gelesen werden.

Nach der Installation kann ein Administrator mit dem folgenden Kommando die Datenbank aktualisieren und sich die Sicherheitslücken in installierten Paketen anzeigen lassen:

```
# pkg audit -F
```

`pkg` zeigt dann die Schwachstellen in installierten Paketen an:

```
Affected package: cups-base-1.1.22.0_1
Type of problem: cups-base -- HPGL buffer overflow vulnerability.
Reference: <http://www.FreeBSD.org/ports/portaudit/40a3bca2-6809-11d9-a9e7-0001020eed82.5.html>

1 problem(s) in your installed packages found.

You are advised to update or deinstall the affected package(s) immediately.
```

Wenn Sie die angegebene URL über einen Internetbrowser aufrufen, erhalten Sie weitere Informationen über die bestehende Sicherheitslücke, wie die betroffenen Versionen, die Version des FreeBSD-Ports sowie Hinweise auf weitere Seiten, die ebenfalls Sicherheitshinweise zu diesem Problem bieten.

`pkg` ist ein mächtiges Werkzeug und insbesondere in Zusammenarbeit mit [ports-mgmt/portmaster](#) äußerst hilfreich.

14.11. FreeBSD Sicherheitshinweise

Beigesteuert von Tom Rhodes.

Wie viele andere Hersteller von hochwertigen Betriebssystemen, hat auch das FreeBSD-Projekt ein Sicherheitsteam, das für die Bestimmung des End-of-Life (EoL) Datum verantwortlich ist. Das Sicherheitsteam stellt zudem sicher, dass Sicherheitsupdates für unterstützte Versionen, welche noch nicht ihr EoL erreicht haben, zur Verfügung gestellt werden. Weitere Informationen über das FreeBSD Sicherheitsteam und den unterstützten Versionen finden Sie auf der Webseite [FreeBSD Security](#).

Zu den Aufgaben des Sicherheitsteams zählt es, auf gemeldete Sicherheitslücken im FreeBSD-Betriebssystem zu reagieren. Sobald eine Sicherheitslücke bestätigt wird, überprüft das Sicherheitsteam die notwendigen Schritte, um die Schwachstelle zu beheben und den Quellcode mit der Korrektur zu aktualisieren. Anschließend veröffentlicht es die Details in einem Sicherheitshinweis (*Security Advisory*). Die Sicherheitshinweise werden auf der [FreeBSD Webseite](#) und auf den Mailinglisten [freebsd-security-notifications](#), [freebsd-security](#) und [freebsd-announce](#) veröffentlicht.

Dieser Abschnitt beschreibt das Format eines FreeBSD Sicherheitshinweises.

14.11.1. Format eines Sicherheitshinweis

Hier ist ein Beispiel für einen FreeBSD Sicherheitshinweis:

```
=====
-----BEGIN PGP SIGNED MESSAGE-----
Hash: SHA512

=====
FreeBSD-SA-14:04.bind                                Security Advisory
                                                    The FreeBSD Project

Topic:                BIND remote denial of service vulnerability

Category:             contrib
Module:               bind
Announced:           2014-01-14
Credits:              ISC
Affects:              FreeBSD 8.x and FreeBSD 9.x
Corrected:            2014-01-14 19:38:37 UTC (stable/9, 9.2-STABLE)
                    2014-01-14 19:42:28 UTC (releng/9.2, 9.2-RELEASE-p3)
                    2014-01-14 19:42:28 UTC (releng/9.1, 9.1-RELEASE-p10)
                    2014-01-14 19:38:37 UTC (stable/8, 8.4-STABLE)
                    2014-01-14 19:42:28 UTC (releng/8.4, 8.4-RELEASE-p7)
                    2014-01-14 19:42:28 UTC (releng/8.3, 8.3-RELEASE-p14)
CVE Name:             CVE-2014-0591

For general information regarding FreeBSD Security Advisories,
including descriptions of the fields above, security branches, and the
following sections, please visit <URL:http://security.FreeBSD.org/>.

I.   Background

BIND 9 is an implementation of the Domain Name System (DNS) protocols.
The named(8) daemon is an Internet Domain Name Server.

II.  Problem Description

Because of a defect in handling queries for NSEC3-signed zones, BIND can
crash with an "INSIST" failure in name.c when processing queries possessing
certain properties. This issue only affects authoritative nameservers with
at least one NSEC3-signed zone. Recursive-only servers are not at risk.

III. Impact

An attacker who can send a specially crafted query could cause named(8)
to crash, resulting in a denial of service.

IV.  Workaround

No workaround is available, but systems not running authoritative DNS service
with at least one NSEC3-signed zone using named(8) are not vulnerable.

V.   Solution

Perform one of the following:

1) Upgrade your vulnerable system to a supported FreeBSD stable or
release / security branch (releng) dated after the correction date.

2) To update your vulnerable system via a source code patch:

The following patches have been verified to apply to the applicable
FreeBSD release branches.
```


a) Download the relevant patch from the location below, and verify the detached PGP signature using your PGP utility.

```
[FreeBSD 8.3, 8.4, 9.1, 9.2-RELEASE and 8.4-STABLE]
# fetch http://security.FreeBSD.org/patches/SA-14:04/bind-release.patch
# fetch http://security.FreeBSD.org/patches/SA-14:04/bind-release.patch.asc
# gpg --verify bind-release.patch.asc

[FreeBSD 9.2-STABLE]
# fetch http://security.FreeBSD.org/patches/SA-14:04/bind-stable-9.patch
# fetch http://security.FreeBSD.org/patches/SA-14:04/bind-stable-9.patch.asc
# gpg --verify bind-stable-9.patch.asc
```

b) Execute the following commands as root:

```
# cd /usr/src
# patch < /path/to/patch
```

Recompile the operating system using buildworld and installworld as described in [URL:http://www.FreeBSD.org/handbook/makeworld.html](http://www.FreeBSD.org/handbook/makeworld.html).

Restart the applicable daemons, or reboot the system.

3) To update your vulnerable system via a binary patch:

Systems running a RELEASE version of FreeBSD on the i386 or amd64 platforms can be updated via the `freebsd-update(8)` utility:

```
# freebsd-update fetch
# freebsd-update install
```

VI. Correction details

The following list contains the correction revision numbers for each affected branch.

Branch/path	Revision
-----	-----
stable/8/	r260646
releng/8.3/	r260647
releng/8.4/	r260647
stable/9/	r260646
releng/9.1/	r260647
releng/9.2/	r260647
-----	-----

To see which files were modified by a particular revision, run the following command, replacing NNNNNN with the revision number, on a machine with Subversion installed:

```
# svn diff -cNNNNNN --summarize svn://svn.freebsd.org/base
```

Or visit the following URL, replacing NNNNNN with the revision number:

<URL:<http://svnweb.freebsd.org/base?view=revision&revision=NNNNNN>>

VII. References

<URL:<https://kb.isc.org/article/AA-01078>>

<URL:<http://cve.mitre.org/cgi-bin/cvename.cgi?name=CVE-2014-0591>>

The latest revision of this advisory is available at

<URL:<http://security.FreeBSD.org/advisories/FreeBSD-SA-14:04.bind.asc>>

-----BEGIN PGP SIGNATURE-----

```
iQIcBAEBCgAGBQJS1ZTYAAoJE01n7NZdz2rn0vQP/2/68/s9Cu35PmqNtSZVVxVG
ZSQP5EGWx/lramNf9566iKx0rLRMq/h3XWcC4goVd+gZFrvITJSVOWSa7ntDQ7T0
XcinfRZ/iyiJbs/Rg2wLHc/t5oVSyeouyccq0DYFb0w0lk35Jj0TMUG1YcX+Zasg
ax8RV+7Zt1QSBkMl0z/myBLXUjLTZ3Xg2FXVsffQW5/g2CjuHPRSFx1bVNX6ysoG
9DT58EQcYxIS8WfkHRbbXKh9IInSfZ7/Hky/kTafRdRMrjAgbqFgHkYTYsBZeav5
fYWKGORJULyfeZQ90yMTvlpF42DjCC3uJYamJnwDIu80hS1WRBI8fQfr9DRzmRua
OK3BK9hUiScDZ0JB60qeVzUTfe7MAA4/UwrDtTYQ+PqAenv1PK8DZqwXyx9ThHb
zK030wuK0VHJnKvp0cr+eNwo7jbnHlis0oBksj/mrq2P9m2ueF9gzCiq5Ri5Syag
Wssb1HUoMGwqU0roS8+pRpNC8YgsWpsttvUWSZ8u6Vj/FLHpiV3mYXPVMaKRhVm
067BA2uj4Th1JKtGleox+Em0R70FbCc/9aWC67wiqI6KRyit9pYiF3npph+7D5Eq
7zPsUdDd+qc+UTiLp3LiCRp5w6484wWdhZ06wRtmUgxGjNkxFoNnX8CitZF8Aaq0
UWwemqWuz3lAZuORQ9KX
=0QzQ
-----END PGP SIGNATURE-----
```

Jeder Sicherheitshinweis verwendet das folgende Format:

- Jeder Sicherheitshinweis wird mit dem PGP-Schlüssel des Sicherheitsbeauftragten unterzeichnet. Der öffentliche Schlüssel des Sicherheitsbeauftragten kann in [Anhang D, OpenPGP-Schlüssel](#) überprüft werden.
- Der Name des Sicherheitshinweises beginnt immer mit FreeBSD-SA- (für FreeBSD Security Advisory), gefolgt vom Jahr im zweistelligen Format (14:), gefolgt von der Anzahl von Sicherheitshinweisen für dieses Jahr (04.), gefolgt vom Namen der Anwendung oder des betroffenen Subsystems (bind). Der hier gezeigte Sicherheitshinweis ist der vierte Hinweis für das Jahr 2014 und betrifft die Anwendung BIND.
- Das Feld Topic enthält eine Beschreibung der Schwachstelle.
- Das Feld Category beschreibt den betroffenen Systemteil. Mögliche Werte für dieses Feld sind core, contrib oder ports. Die Kategorie core gilt für Komponenten des FreeBSD-Betriebssystems, die Kategorie contrib beschreibt zum Basissystem gehörende Software Dritter, beispielsweise BIND. Die Kategorie ports beschreibt Software, die Teil der Ports-Sammlung ist.
- Das Feld Module beschreibt die betroffene Komponente. Im diesem Beispiel ist das bind-Modul betroffen, dass heißt dieses Problem betrifft eine Anwendung aus dem Betriebssystem.
- Das Feld Announced gibt den Zeitpunkt der Bekanntgabe des Sicherheitshinweises an. Das bedeutet, dass das Sicherheitsteam das Problem bestätigt hat und das eine entsprechende Korrektur bereits im FreeBSD Quellcode-Repository zur Verfügung steht.
- Das Feld Credits gibt die Person oder Organisation an, die das Sicherheitsproblem bemerkt und gemeldet hat.
- Das Feld Affects listet die FreeBSD-Releases auf, die von dem Problem betroffen sind.
- Das Feld Corrected zeigt an, wann das Problem in welchem Release behoben wurde. Der Teil in Klammern zeigt an, in welchem Zweig die Aktualisierung eingeflossen ist und die entsprechende Versionsnummer und Patch-Level des Release. Der Patch-Level besteht aus dem Buchstaben p, gefolgt von einer Nummer. Dies erlaubt es dem Benutzer festzustellen, welche Korrekturen bereits auf dem System eingespielt wurden.
- Reserviert für Informationen, über die auf [cve.mitre.org](#) nach Sicherheitslücken gesucht werden kann.
- Im Feld Background wird das betroffene Modul beschrieben.
- Im Feld Problem Description wird das Sicherheitsproblem beschrieben. Hier wird fehlerhafter Code beschrieben oder geschildert, wie ein Werkzeug ausgenutzt werden könnte.
- Das Feld Impact beschreibt die Auswirkungen des Sicherheitsproblems auf ein System.
- Im Feld Workaround wird eine Umgehung des Sicherheitsproblems beschrieben. Die Umgehung ist für Administratoren gedacht, die das System aus Zeitnot, Netzwerk-technischen oder anderen Gründen nicht aktualisieren können.

- Das Feld `Solution` enthält eine getestete Schritt-für-Schritt Anleitung, die das Sicherheitsproblem behebt.
- Das Feld `Correction Details` enthält die Subversion-Tags der betroffenen Dateien zusammen mit zugehörigen Revisionsnummern, in denen das Problem behoben wurde.
- Im Feld `References` finden sich Verweise auf weitere Informationsquellen.

14.12. Prozess-Überwachung

Beigetragen von Tom Rhodes.

Prozess-Überwachung (*Process accounting*) ist ein Sicherheitsverfahren, bei dem ein Administrator verfolgt, welche Systemressourcen verwendet werden und wie sich diese auf die einzelnen Anwender verteilen. Dadurch kann das System überwacht werden und es ist sogar möglich, zu kontrollieren, welche Befehle ein Anwender eingibt.

Die Überwachung von Prozessen hat sowohl Vor- als auch Nachteile. Positiv ist, dass man einen Einbruchversuch bis an den Anfang zurückverfolgen kann. Von Nachteil ist allerdings, dass durch diesen Prozess Unmengen an Protokolldateien erzeugt werden, die auch dementsprechenden Plattenplatz benötigen. Dieser Abschnitt beschreibt die Grundlagen der Prozess-Überwachung.



Anmerkung

Wenn Sie eine differenzierte Prozess-Überwachung benötigen, lesen Sie [Kapitel 17, Security Event Auditing](#).

14.12.1. Die Prozess-Überwachung aktivieren und konfigurieren

Bevor Sie die Prozess-Überwachung verwenden können, müssen Sie diese über die folgenden Befehle aktivieren:

```
# touch /var/account/acct
# chmod 600 /var/account/acct
# accton /var/account/acct
# echo 'accounting_enable="YES"' >> /etc/rc.conf
```

Einmal aktiviert, wird sofort mit der Überwachung von CPU-Statistiken, Befehlen und anderen Vorgängen begonnen. Protokolldateien werden in einem nur von Maschinen lesbaren Format gespeichert und können mit `sa` aufgerufen werden. Ohne Optionen gibt `sa` Informationen wie die Anzahl der Aufrufe pro Anwender, die abgelaufene Zeit in Minuten, die gesamte CPU- und Anwenderzeit in Minuten und die durchschnittliche Anzahl der Ein- und Ausgabeoperationen aus. `sa(8)` enthält eine Liste der Optionen, welche die Ausgabe steuern.

Benutzen Sie `lastcomm`, um die von den Benutzern ausgeführten Befehle anzuzeigen. Dieses Beispiel zeigt die Nutzung von `ls` durch `trhodes` auf dem Terminal `ttty1`:

```
# lastcomm ls trhodes ttty1
```

Zahlreiche weitere nützliche Optionen finden Sie [lastcomm\(1\)](#), [acct\(5\)](#) sowie [sa\(8\)](#).

14.13. Einschränkung von Ressourcen

Beigetragen von Tom Rhodes.

FreeBSD bietet dem Systemadministrator mehrere Möglichkeiten die System-Ressourcen, die ein einzelner Benutzer verwenden kann, einzuschränken. Festplatten-Kontingente schränken den Plattenplatz, der einem Benutzer zur Verfügung steht, ein. Kontingente werden im [Abschnitt 18.11, „Disk Quotas“](#) diskutiert.

Einschränkungen auf andere Ressourcen, wie CPU und Speicher, können über eine Konfigurationsdatei oder über die Kommandozeile konfiguriert werden. Traditionell werden Login-Klassen in `/etc/login.conf` definiert. Obwohl diese Methode immer noch unterstützt wird, muss nach jeder Änderung an dieser Datei die Ressourcen-Datenbank neu gebaut werden. Zudem müssen Sie die notwendigen Änderungen in `/etc/master.passwd` vornehmen und die Passwort-Datenbank neu bauen. Dieser Prozess kann, abhängig davon, wie viele Benutzer bearbeitet werden müssen, sehr zeitaufwändig sein.

Beginnend mit FreeBSD 9.0-RELEASE können mit `rctl` Ressourcen für Benutzer sehr detailliert gesteuert werden. Dieser Befehl unterstützt nicht nur die Kontrolle der Ressourcen für Benutzer, sondern auch die Beschränkung auf Prozesse und Jails.

In diesem Abschnitt werden beide Methoden vorgestellt. Angefangen wird mit der traditionellen Methode.

14.13.1. Login-Klassen konfigurieren

Bei der traditionellen Methode werden Login-Klassen und Ressourcenbeschränkungen in `/etc/login.conf` definiert. Jeder Benutzer kann einer Login-Klasse zugewiesen werden (standardmäßig `default`) und jede Login-Klasse ist mit einem Satz von Login-Fähigkeiten verbunden. Eine Login-Fähigkeit ist ein `Name=Wert` Paar, in dem `Name` die Fähigkeit bezeichnet und `Wert` ein beliebiger Text ist, der in Abhängigkeit von `Name` entsprechend verarbeitet wird.



Anmerkung

Immer wenn `/etc/login.conf` verändert wurde, muss die `/etc/login.conf.db` mit dem folgenden Kommando aktualisiert werden:

```
# cap_mkdb /etc/login.conf
```

Ressourcenbeschränkungen unterscheiden sich von normalen Login-Fähigkeiten zweifach. Erstens gibt es für jede Beschränkung ein aktuelles und ein maximales Limit. Das aktuelle Limit kann vom Benutzer oder einer Anwendung beliebig bis zum maximalen Limit verändert werden. Letzteres kann der Benutzer nur heruntersetzen. Zweitens gelten die meisten Ressourcenbeschränkungen für jeden vom Benutzer gestarteten Prozess.

[Tabelle 14.1, „Ressourcenbeschränkungen für Login-Klassen“](#) listet die gebräuchlichen Ressourcenbeschränkungen auf. Alle verfügbaren Ressourcenbeschränkungen und Fähigkeiten sind im Detail in [login.conf\(5\)](#) beschrieben.

Tabelle 14.1. Ressourcenbeschränkungen für Login-Klassen

Ressourcenbeschränkung	Beschreibung
coredumpsize	Das Limit der Größe einer core-Datei, die von einem Programm generiert wird, unterliegt aus offensichtlichen Gründen anderen Limits der Festplattenbenutzung, zum Beispiel <code>filesize</code> oder Festplattenkontingenten. Es wird oft als weniger harte Methode zur Kontrolle des Festplattenplatz-Verbrauchs verwendet. Da Benutzer die core-Dateien selbst nicht erstellen und sie oft nicht löschen, kann diese Option davor schützen, dass kein Festplattenspeicher mehr zur Verfügung steht, sollte ein großes Programm abstürzen.
cputime	Die maximale Rechenzeit, die ein Prozess eines Benutzers verbrauchen darf. Überschreitet ein Prozess diesen Wert, wird er vom Kernel beendet. Beachten Sie, dass die Rechenzeit limitiert wird, nicht die prozentuale Prozessorbenutzung, wie es in einigen Feldern von <code>top</code> und <code>ps</code> dargestellt wird.

Ressourcenbeschränkung	Beschreibung
filesize	Hiermit lässt sich die maximale Größe einer Datei bestimmen, die der Benutzer besitzen darf. Im Gegensatz zu Festplattenkontingenten ist diese Beschränkung nur für jede einzelne Datei gültig und nicht für den Platz, den alle Dateien eines Benutzers verwenden.
maxproc	Das ist die maximale Anzahl von Prozessen, die ein Benutzer starten darf, und beinhaltet sowohl Vordergrund- als auch Hintergrundprozesse. Dieser Wert nicht höher sein als das System-Limit, das in <code>kern.maxproc</code> angegeben ist. Vergessen Sie nicht, dass ein zu kleiner Wert den Benutzer in seiner Produktivität einschränken könnte, wenn beispielsweise ein großes Programm übersetzt wird oder viele Prozesse gestartet sind.
memorylocked	Dieses Limit gibt an, wie viel virtueller Speicher von einem Prozess maximal im Arbeitsspeicher festgesetzt werden kann (siehe auch <code>mlock(2)</code>). Ein paar systemkritische Programme, wie <code>amd(8)</code> , verhindern damit einen Systemzusammenbruch, der auftreten könnte, wenn sie aus dem Speicher genommen werden.
memoryuse	Bezeichnet den maximalen Speicher, den ein Prozess benutzen darf und beinhaltet sowohl Arbeitsspeicher-, als auch Swap-Benutzung. Es ist kein allübergreifendes Limit für den Speicherverbrauch, aber ein guter Anfang.
openfiles	Mit diesem Limit lässt sich die maximale Anzahl der von einem Prozess des Benutzers geöffneten Dateien festlegen. In FreeBSD werden Dateien auch verwendet, um Sockets und >IPC>-Kanäle darzustellen. Setzen Sie es deshalb nicht zu niedrig. Das System-Limit ist in <code>kern.maxfiles</code> definiert.
sbsize	Dieses Limit beschränkt den Netzwerk-Speicher, den ein Benutzer verbrauchen darf. Es kann generell dazu benutzt werden Netzwerk-Verbindungen zu beschränken.
stacksize	Das ist die maximale Größe, auf die der Stack eines Prozesses heranwachsen darf. Das allein ist natürlich nicht genug, um den Speicher zu beschränken, den ein Programm verwenden darf. Es sollte deshalb in Verbindung mit anderen Limits verwendet werden.

Beim Setzen von Ressourcenbeschränkungen sind noch andere Dinge zu beachten:

- Von `/etc/rc` beim Hochfahren des Systems gestartete Prozesse werden der `daemon` Login-Klasse zugewiesen.
- Obwohl die voreingestellte `/etc/login.conf` sinnvolle Limits enthält, sind sie evtl. nicht für jedes System geeignet. Ein zu hohes Limit kann das System für Missbrauch anfällig machen, und ein zu niedriges Limit kann der Produktivität schaden.
- Xorg beansprucht selbst eine Menge Ressourcen und verleitet die Benutzer dazu, mehrere Programme gleichzeitig laufen zu lassen.
- Bedenken Sie, dass viele Limits für einzelne Prozesse gelten und nicht für den Benutzer selbst. Setzt man zum Beispiel `openfiles` auf 50, kann jeder Prozess des Benutzers bis zu 50 Dateien öffnen. Dadurch ist die maximale

Anzahl von Dateien, die von einem Benutzer geöffnet werden können, `openfiles` mal `maxproc`. Das gilt auch für den Speicherverbrauch.

Weitere Informationen über Ressourcenbeschränkungen, Login-Klassen und -Fähigkeiten finden Sie in [cap_mkdb\(1\)](#), [getrlimit\(2\)](#) und [login.conf\(5\)](#).

14.13.2. Einschränkung von Ressourcen aktivieren und konfigurieren

In der Voreinstellung wird `rctl` nicht vom Kernel unterstützt. Sie müssen also zunächst nach den Anweisungen in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) einen neuen Kernel erzeugen. Fügen Sie folgende Zeilen in die Kernelkonfigurationsdatei ein:

```
options      RACCT
options      RCTL
```

Sobald das System mit dem neuen Kernel gestartet wird, kann `rctl` benutzt werden, um die Regeln für das System festzulegen.

Die Syntax der Regeln wird durch *subject*, *subject-id*, *resource* und *action* gesteuert, wie in diesem Beispiel zu sehen ist:

```
user:trhodes:maxproc:deny=10/user
```

Diese Regel zeigt den grundlegenden Aufbau, hier mit dem Subjekt `user` und der Subjekt-ID `trhodes`. `maxproc` definiert die Anzahl der Prozesse. Die „Aktion“ `deny` verhindert, dass neue Prozesse erstellt werden. Im vorherigen Beispiel wurde für den Benutzer `trhodes` eine Beschränkung von 10 Prozessen konfiguriert. Zu den weiteren Aktionen zählen beispielsweise die Protokollierung auf der Konsole, Benachrichtigungen an [devd\(8\)](#) oder das Senden eines `SIGTERM` an einen Prozess.

Beim hinzufügen von Regeln müssen einige Dinge beachtet werden. Das obige Beispiel würde den Benutzer sogar daran hindern, einfachste Dinge zu tun, nachdem er sich anmeldet und eine `screen` Sitzung gestartet hat. Sobald die Begrenzung für eine Ressource erreicht ist, wird folgende Fehlermeldung ausgegeben:

```
# man test
/usr/bin/man: Cannot fork: Resource temporarily unavailable
eval: Cannot fork: Resource temporarily unavailable
```

[rctl\(8\)](#) kann auch benutzt werden, um einer Jail eine Speichergrenze zuzuweisen. Eine solche Regel könnte wie folgt festgelegt werden:

```
# rctl -a jail:httpd:memoryuse:deny=2G/jail
```

Damit die Regeln auch nach einem Neustart erhalten bleiben, müssen sie in `/etc/rctl.conf` hinzugefügt werden. Dazu schreiben Sie einfach die Regel, ohne das vorhergehende Kommando. Zum Beispiel:

```
# Block jail from using more than 2G memory:
jail:httpd:memoryuse:deny=2G/jail
```

Mit `rctl` können auch Regeln entfernt werden:

```
# rctl -r user:trhodes:maxproc:deny=10/user
```

[rctl\(8\)](#) zeigt auch eine Möglichkeit, alle Regeln zu entfernen. Falls es erforderlich ist alle Regeln für einen einzelnen Benutzer zu entfernen, kann dieser Befehl verwendet werden:

```
# rctl -r user:trhodes
```

Es gibt noch viele weitere Ressourcen, die verwendet werden können, um zusätzliche subjects zu kontrollieren. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in [rctl\(8\)](#).

Kapitel 15. Jails

Beigetragen von Matteo Riondato.

Übersetzt von Oliver Peter, Dirk Arlt und Johann Kois.

15.1. Übersicht

Da die Systemadministration eine schwierige Aufgabe ist, wurden viele Werkzeuge entwickelt, die Administratoren bei der Installation, Konfiguration und Wartung ihrer Systeme unterstützen sollen. Eines dieser Werkzeuge, die verwendet werden können um die Sicherheit eines FreeBSD-Systems zu erhöhen, sind *Jails*. Jails sind seit FreeBSD 4.X verfügbar und werden ständig in ihrer Nützlichkeit, Leistung, Zuverlässigkeit und Sicherheit verbessert. Jails können als eine Art von Betriebssystem-Virtualisierung angesehen werden.

Jails setzen auf dem [chroot\(2\)](#)-Konzept auf, das dazu verwendet wird das root-Verzeichnis einer Reihe von Prozessen zu ändern, um so eine separate, sichere Umgebung zu schaffen. Prozesse, die in einer chroot-Umgebung erstellt wurden, können nicht auf Dateien oder Ressourcen zugreifen, die sich außerhalb dieser Umgebung befinden. Dadurch ist es einem kompromittierten Dienst nicht möglich, das gesamte System zu kompromittieren. Im Laufe der Zeit wurden viele Wege gefunden, um aus einer chroot-Umgebung auszubrechen, so dass es für die Sicherung von Diensten nicht die ideale Lösung ist.

Jails verbessern das traditionelle chroot-Konzept auf unterschiedlichste Art und Weise. In einer traditionellen chroot-Umgebung sind Prozesse auf den Bereich des Dateisystems beschränkt, auf den sie zugreifen können. Der Rest der Systemressourcen (wie zum Beispiel eine Reihe von Systembenutzern, die laufenden Prozesse oder das Netzwerk-Subsystem) teilen sich die chroot-Prozesse mit dem Host-System. Jails erweitern dieses Modell nicht nur auf die Virtualisierung des Zugriffs auf das Dateisystem, sondern auch auf eine Reihe von Benutzern und das Netzwerk-Subsystem. Zudem stehen weitere Möglichkeiten zur Verfügung, den Zugriff auf eine Jail-Umgebung zu kontrollieren.

Eine Jail zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Ein Unterverzeichnisbaum: dies ist der Ausgangspunkt der Jail. Einem Prozess, der innerhalb der Jail läuft, ist es nicht mehr möglich, aus diesem Unterverzeichnis auszubrechen.
- Ein Hostname: dieser Name wird für die Jail verwendet.
- Eine IP Adresse: diese Adresse wird der Jail zugewiesen. Die IP-Adresse einer Jails ist üblicherweise ein Adress-Alias auf eine existierende Netzwerkschnittstelle.
- Ein Kommando: der Pfad einer ausführbaren Datei, die innerhalb der Jail ausgeführt werden soll. Dieser Pfad wird relativ zum root-Verzeichnis der Jail-Umgebung angegeben.

Jails haben einen eigenen Satz von Benutzern und ihren eigenen root-Konto. Die Rechte dieser Benutzer sind nur auf die Jail-Umgebung beschränkt. Der Benutzer root der Jail-Umgebung ist nicht dazu berechtigt, kritische Operationen am System außerhalb der angebundenen Jail-Umgebung durchzuführen.

Dieses Kapitel bietet einen Überblick über die Terminologie und die Kommandos zur Verwaltung von FreeBSD Jails. Jails sind ein sehr mächtiges Werkzeug für Administratoren und fortgeschrittene Anwender.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- Wissen, was eine Jail ist und welche Verwendungszwecke es dafür unter FreeBSD gibt.
- Wissen, wie man eine Jail erstellt, startet und anhält.
- Die Grundlagen der Jail-Administration (sowohl innerhalb als auch ausserhalb des Jails) kennen.



Wichtig

Jails sind ein mächtiges Werkzeug, aber sie sind kein Sicherheits-"Allheilmittel". Es ist wichtig zu beachten, dass es für einen Prozess in der Jail nicht möglich ist, von selbst auszubrechen. Es gibt jedoch Möglichkeiten, in denen ein unprivilegierter Benutzer außerhalb der Jail, mit einem privilegierten Benutzer innerhalb der Jail kooperiert, und somit erhöhte Rechte in der Host-Umgebung erlangt.

Den meisten dieser Angriffe kann vorgebeugt werden, indem sichergestellt wird, dass das Rootverzeichnis der Jail für unprivilegierte Benutzer der Host-Umgebung nicht zugänglich ist.

15.2. Jails - Definitionen

Um die für den Einsatz von Jails benötigten os;-Funktionen, deren Interna sowie die Art und Weise, mit der diese mit anderen Teilen des Betriebssystems interagieren, zu erläutern, werden in diesem Kapitel folgende Definitionen verwendet:

chroot(8) (-Befehl)

Ein Werkzeug, das den FreeBSD-Systemaufruf [chroot\(2\)](#) verwendet, um das Wurzelverzeichnis eines Prozesses und all seiner Nachkömmlinge zu ändern.

chroot(2) (-Umgebung)

Die Umgebung eines Prozesses, der in einem „chroot“ läuft. Diese beinhaltet Ressourcen, wie zum Beispiel sichtbare Abschnitte des Dateisystems, verfügbare Benutzer- und Gruppenkennungen, Netzwerkschnittstellen und weitere IPC-Mechanismen und so weiter.

jail(8) (-Befehl)

Das Systemadministrationswerkzeug, welches es erlaubt, Prozesse innerhalb der Jail-Umgebung zu starten.

Host (-Benutzer, -Prozess, -System)

Das verwaltende System einer Jail-Umgebung. Das Host-System hat Zugriff auf alle verfügbaren Hardwareressourcen und kann sowohl innerhalb als auch ausserhalb der Jail-Umgebung Prozesse steuern. Einer der wichtigsten Unterschiede des Host-System einer Jails ist, dass die Einschränkungen, welche für die Superuser-Prozesse innerhalb eines Jails gelten, nicht für die Prozesse des Host-Systems gelten.

Gast (-Benutzer, -Prozess, -System)

Ein Prozess, ein Benutzer oder eine andere Instanz, deren Zugriff durch eine FreeBSD-Jail eingeschränkt ist.

15.3. Einrichtung und Verwaltung von Jails

Einige Administratoren unterscheiden zwei verschiedene Jail-Arten: „Komplette“ Jails, die ein echtes FreeBSD darstellen und Jails für einen bestimmten „Dienst“, die nur einer bestimmten Anwendung oder einem Dienst (der möglicherweise mit besonderen Privilegien laufen soll) gewidmet sind. Dies ist aber nur eine konzeptuelle Unterscheidung, die Einrichtung einer Jail bleibt davon gänzlich unberührt. Bei der Erstellung einer kompletten Jail gibt es zwei Optionen für die Quelle des Userlands: vorkompilierte Binärpakete (im Lieferumfang der Installationsmedien enthalten) oder die Kompilierung aus dem Quelltext.

Um das Basissystem von Installationsmedien zu installieren, erstellen Sie zunächst das Rootverzeichnis für die Jail. Dazu setzen Sie `DESTDIR` auf das entsprechende Verzeichnis.

Starten Sie eine Shell und legen Sie `DESTDIR` fest:


```
# sh
# export DESTDIR= /hier/ist/die/jail
```

Hängen Sie das Installationsmedium wie in [mdconfig\(8\)](#) beschrieben ein, wenn Sie von einem ISO-Abbild installieren:

```
# mount -t cd9660 /dev/`mdonfig -f cdimage.iso` /mnt
```

Extrahieren Sie die Binärdateien aus den Archiven des Installationsmediums in das entsprechende Verzeichnis. Es wird mindestens das „base“-Set benötigt, aber Sie können auch eine komplette Installation durchführen, wenn Sie dies bevorzugen.

Um lediglich das Basissystem zu installieren, führen Sie die nachstehenden Kommandos aus:

```
# tar -xf /mnt/freebsd_install/usr/freebsd-dist/base.txz -C $DESTDIR
```

Führen Sie folgendes Kommando in [sh\(1\)](#) aus, um alles außer den Kernel zu installieren:

```
# for sets in BASE PORTS; do tar -xf /mnt/FREEBSD_INSTALL/USR/FREEBSD_DIST/$ sets.TXZ -C $
$DESTDIR -; done
```

Die Manualpage [jail\(8\)](#) beschreibt die Erstellung einer Jail wie folgt:

```
# setenv D /hier/ist/die/jail
# mkdir -p $D ❶
# cd /usr/src
# make buildworld ❷
# make installworld DESTDIR=$D ❸
# make distribution DESTDIR=$D ❹
# mount -t devfs devfs $D/dev ❺
```

- ❶ Das Festlegen des Installationsorts für das Jail eignet sich am besten als Startpunkt. Hier wird sich die Jail innerhalb des Host-Dateisystems befinden. Eine gute Möglichkeit wäre etwa `/usr/jail/name_der_jail`, wobei `name_der_jail` den Hostname darstellt, über den die Jail identifiziert werden soll. `/usr/` stellt normalerweise ausreichend Platz für eine Jail zur Verfügung. Bedenken Sie, dass eine „komplette“ Jail ein Replikat einer jeden Datei der Standardinstallation des FreeBSD-Basissystems enthält.
- ❷ Wenn Sie bereits ihre Systemanwendungen mittels `make world` oder `make buildworld` neu erstellt haben, können Sie diesen Schritt überspringen und die Systemanwendungen in die neue Jail installieren.
- ❸ Dieser Befehl wird den Verzeichnisbaum mit allen notwendigen Binärdateien, Bibliotheken, Manualpages usw. erstellen.
- ❹ Der `distribution`-Befehl lässt `make` alle benötigten Konfigurationsdateien installieren, es werden also alle installierbaren Dateien aus `/usr/src/etc/` in das Verzeichnis `/etc` der Jail installiert (also nach `$D/etc/`).
- ❺ Das Einhängen des [devfs\(8\)](#)-Dateisystems innerhalb der Jail ist nicht unbedingt notwendig. Allerdings benötigt fast jede Anwendung Zugriff auf wenigstens ein Gerät. Es ist daher sehr wichtig, den Zugriff auf Devices aus der Jail heraus zu kontrollieren, da unsaubere Einstellungen es einem Angreifer erlauben könnten, in das System einzudringen. Die Kontrolle über [devfs\(8\)](#) erfolgt durch die in den Manualpages [devfs\(8\)](#) und [devfs.conf\(5\)](#) beschriebenen Regeln.

Ist die Jail erst einmal erstellt, kann sie durch [jail\(8\)](#) gestartet werden. [jail\(8\)](#) benötigt zwingend mindestens vier Argumente, die in [Abschnitt 15.1, „Übersicht“](#) des Handbuchs beschrieben sind. Weitere Argumente sind möglich, um beispielsweise die Jail mit den Berechtigungen eines bestimmten Benutzers laufen zu lassen. Das Argument *command* hängt vom Typ der Jail ab; für ein *virtuelles System* ist `/etc/rc` eine gute Wahl, da dies dem Startvorgang eines echten FreeBSD-Systems entspricht. Bei einer *Service-Jail* hängt dieses von der Art des Dienstes ab, der in der Jail laufen soll.

Jails werden häufig mit dem Betriebssystem gestartet, da der `rc`-Mechanismus von FreeBSD dafür eine einfach zu realisierende Möglichkeit bietet.

1. Eine Liste der Jails, die mit dem Betriebssystem gestartet werden sollen, wird in die Datei [rc.conf\(5\)](#) geschrieben:

```
jail_enable="YES" # Set to NO to disable starting of any jails
```

```
jail_list="www" # Space separated list of names of jails
```



Anmerkung

Die Namen der Jails in der `jail_list` sollten nur alphanumerische Zeichen enthalten.

2. Für jede Jail in der `jail_list` sollten in `rc.conf(5)` einige Einstellungen vorgenommen werden:

```
jail_www_rootdir="/usr/jail/www" # jail's root directory
jail_www_hostname="www.example.org" # jail's hostname
jail_www_ip="192.168.0.10" # jail's IP address
jail_www_devfs_enable="YES" # mount devfs in the jail
```

Beim Start einer in `rc.conf(5)` konfigurierten Jail wird das `/etc/rc`-Skript der Jail (das "annimmt", dass es sich in einem kompletten System befindet) aufgerufen. Für Service-Jails sollten die Startskripte der Jail durch das Setzen der Option `jail_jailname_exec_start` entsprechend angepasst werden.



Anmerkung

Eine vollständige Liste der Optionen findet sich in der Manualpage zu `rc.conf(5)`.

`service(8)` kann zum manuellen Starten und Stoppen der Jail genutzt werden, wenn ein Eintrag in `rc.conf` angelegt wurde:

```
# service jail start www
# service jail stop www
```

Jails können mit `jexec(8)` heruntergefahren werden. Führen Sie zunächst `jls(8)` aus, um die JID der Jail ausfindig zu machen. Anschließend können Sie `jexec(8)` benutzen, um das Shutdown-Skript in der Jail auszuführen.

```
# jls
  JID  IP Address      Hostname      Path
   3   192.168.0.10   www           /usr/jail/www
# jexec 3 /etc/rc.shutdown
```

Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in der Manualpage `jail(8)`.

15.4. Feinabstimmung und Administration

Es gibt verschiedene Optionen, die für jede Jail gesetzt werden können und verschiedene Wege, ein FreeBSD-Host-System mit Jails zu kombinieren. Dieser Abschnitt zeigt Ihnen:

- Einige zur Verfügung stehende Optionen zur Abstimmung des Verhaltens und der Sicherheitseinstellungen, die mit einer Jail-Installation ausgeführt werden können.
- Einige der Anwendungsprogramme für das Jail-Management, die über die FreeBSD Ports-Sammlung verfügbar sind und genutzt werden können, um Jail-basierte Lösungen allumfassend umzusetzen.

15.4.1. Systemwerkzeuge zur Feinabstimmung von Jails in FreeBSD

Die Feinabstimmung einer Jail-Konfiguration erfolgt zum Großteil durch das Setzen von `sysctl(8)`-Variablen. Es gibt einen speziellen `sysctl`-Zweig, der als Basis für die Organisation aller relevanten Optionen dient: Die `securi-`

ty.jail.*-Hierarchie der FreeBSD-Kerneloptionen. Die folgende Liste enthält alle jail-bezogenen sysctls (inklusive ihrer Voreinstellungen). Die Namen sollten selbsterklärend sein, für weitergehende Informationen lesen Sie bitte die Manualpages [jail\(8\)](#) und [sysctl\(8\)](#).

- security.jail.set_hostname_allowed: 1
- security.jail.socket_unixiproute_only: 1
- security.jail.sysvipc_allowed: 0
- security.jail.enforce_statfs: 2
- security.jail.allow_raw_sockets: 0
- security.jail.chflags_allowed: 0
- security.jail.jailed: 0

Diese Variablen können vom Administrator des Host-Systems genutzt werden, um Beschränkungen hinzuzufügen oder aufzuheben, die dem Benutzer root als Vorgabe auferlegt sind. Beachten Sie, dass es einige Beschränkungen gibt, die nicht verändert werden können. Der Benutzer root darf innerhalb der [jail\(8\)](#) keine Dateisysteme mounten und unmounten. Ebenso ist es ihm untersagt, das [devfs\(8\)](#)-Regelwerk zu laden oder zu entladen. Er darf weder Firewallregeln setzen, noch administrative Aufgaben erledigen, die Modifikationen am Kernel selbst erfordern (wie beispielsweise das Setzen des SecureLevels des Kernel).

Das FreeBSD-Basissystem enthält einen Basissatz an Werkzeugen, um Informationen über aktive Jails zu erlangen und einer Jail administrative Befehle zuzuordnen. Die Befehle [jls\(8\)](#) und [jexec\(8\)](#) sind Teil des FreeBSD-Basissystems und können für folgende Aufgaben verwendet werden:

- Das Anzeigen einer Liste der aktiven Jails und ihrer zugehörigen Jail Identifier (JID), ihrer IP-Adresse, ihres Hostnames und ihres Pfades.
- Das Herstellen einer Verbindung mit einer laufenden Jail, das Starten eines Befehls aus dem gastgegebenen System heraus oder das Ausführen einer administrativen Aufgabe innerhalb der Jail selbst. Dies ist insbesondere dann nützlich, wenn der Benutzer root die Jail sauber herunterfahren möchte. [jexec\(8\)](#) kann auch zum Starten einer Shell innerhalb der Jail genutzt werden, um administrative Aufgaben durchzuführen:

```
# jexec 1 tcsh
```

15.4.2. High-Level-Werkzeuge zur Jail-Administration in der FreeBSD Ports-Sammlung

Unter den zahlreichen Werkzeugen für die Administration von Jails ist [sysutils/ezjail](#) am vollständigsten und brauchbarsten. Dabei handelt es sich um eine Sammlung von Skripten, die das [jail\(8\)](#)-Management vereinfachen. Weitere Informationen zu diesem Werkzeug finden Sie im [Abschnitt über ezjail](#).

15.4.3. Jails auf dem aktuellen Stand halten

Jails sollten immer vom Host-System auf dem neuesten Stand gehalten werden, da eine Aktualisierung aus einer Jail heraus wahrscheinlich fehlschlägt, da in der Voreinstellung von FreeBSD die Verwendung von [chflags\(1\)](#) in einem Jail nicht erlaubt ist und somit der Austausch einiger Dateien verhindert wird. Es ist zwar möglich, dieses Verhalten zu ändern, aber es wird empfohlen, [freebsd-update\(8\)](#) zu benutzen, um die Jails zu aktualisieren. Verwenden Sie -b mit dem Pfad der Jail, die Sie aktualisieren möchten.

```
# freebsd-update -b /hier/ist/die/jail fetch
# freebsd-update -b /hier/ist/die/jail install
```

15.5. Mehrere Jails aktualisieren

Beigetragen von Daniel Gerzo.

*Basierend auf einer Idee von Simon L. B. Nielsen.
Artikel geschrieben von Ken Tom.*

Die Verwaltung von mehreren Jails kann problematisch sein, da jede Jail bei jedem Upgrade komplett neu gebaut werden muss. Dieser Prozess kann sehr zeitaufwändig sein, wenn eine große Anzahl von Jails erstellt oder manuell aktualisiert werden müssen.

Dieser Abschnitt beschreibt eine Methode zur Lösung dieses Problems, indem so viel wie möglich zwischen Jails, auf sichere Art und Weise, durch den Einsatz von [mount_nullfs\(8\)](#)-Mounts geteilt wird. Dadurch werden Aktualisierungen erleichtert und das Verteilen von verschiedenen Diensten, wie HTTP, DNS und SMTP, auf verschiedene Jails wird attraktiver. Außerdem bietet dieses Verfahren einen einfachen Weg, Jails zu erstellen, zu entfernen und zu aktualisieren.



Anmerkung

Es existieren auch einfachere Lösungen, wie zum Beispiel ezjail, das einfachere Methoden zur Administration von Jails verwendet und daher nicht so anspruchsvoll ist, wie der hier beschriebene Aufbau. ezjail wird in [Abschnitt 15.6, „Verwaltung von Jails mit ezjail“](#) ausführlich behandelt.

Die Ziele des in diesem Abschnitt beschriebenen Aufbaus sind:

- Das Erstellen einer einfachen und gut verständlichen Jail Struktur, die es nicht erfordert für jede Jail ein vollständiges installworld laufen lassen zu müssen.
- Es einfach zu machen, neue Jails zu erstellen oder alte zu entfernen.
- Es einfach zu machen, bestehende Jails zu aktualisieren.
- Es einfach zu machen, einen angepassten FreeBSD-Zweig zu nutzen.
- Paranoid bezüglich Sicherheit zu sein und Angriffsmöglichkeiten weitgehend zu reduzieren.
- Soviel Platz und Inodes wie möglich einzusparen.

Dieses Design ist darauf angewiesen, dass eine read-only-Hauptvorlage in jede Jail hinein gemountet wird und dass jede Jail über wenigstens ein beschreibbares Gerät verfügt. Das Gerät kann hierbei eine separate physikalische Platte oder ein vnode unterstütztes Speichergerät sein. Im folgenden Beispiel wird ein read/write nullfs-Mount genutzt.

Das Layout des Dateisystems ist wie folgt:

- Die Jails befinden sich unterhalb der /home Partition.
- Jede Jail wird unterhalb des /home/j -Verzeichnisses gemountet.
- /home/j/mroot ist die Vorlage für jede Jail und die nur lesbare Partition für alle Jails.
- Unterhalb von /home/j wird für jede Jail ein leeres Verzeichnis angelegt.
- Jede Jail bekommt ein /s-Verzeichnis, das zum read/write-Teilbereich des Systems verlinkt wird.
- Jede Jail bekommt ihr eigenes read/write-System, das auf /home/j/skel basiert.
- Der read/write-Teilbereich jeder Jail wird in /home/js erstellt.

15.5.1. Erstellen der Vorlage

Dieser Abschnitt beschreibt die Schritte, die zum Erstellen der Hauptvorlage notwendig sind.

Es wird empfohlen, zunächst das FreeBSD Host-System nach den Anweisungen in [Abschnitt 24.7, „Das komplette Basissystem neu bauen“](#) auf den aktuellen -RELEASE-Zweig zu aktualisieren. Darüber hinaus verwendet diese Vorlage [sysutils/cpdup](#), sowie [portsnap](#) zum Herunterladen der FreeBSD Ports-Sammlung.

1. Zuerst erstellen wir eine Verzeichnisstruktur für das read-only-Dateisystem, das die FreeBSD-Binärdateien für die Jails enthalten wird. Anschließend wechseln wir in den FreeBSD-Quellcodebaum und installieren das read-only-Dateisystem in die (Vorlage-)Jail.

```
# mkdir /home/j /home/j/mroot
# cd /usr/src
# make installworld DESTDIR=/home/j/mroot
```

2. Als nächstes bereiten wir die Ports-Sammlung für die Jails vor und kopieren den FreeBSD Quellcodebaum in die Jail, da dieser für mergemaster benötigt wird:

```
# cd /home/j/mroot
# mkdir usr/ports
# portsnap -p /home/j/mroot/usr/ports fetch extract
# cpdup /usr/src /home/j/mroot/usr/src
```

3. Danach wird die Struktur für den read/write-Bereich des Systems erstellt:

```
# mkdir /home/j/skel /home/j/skel/home /home/j/skel/usr-X11R6 /home/j/skel/distfiles
# mv etc /home/j/skel
# mv usr/local /home/j/skel/usr-local
# mv tmp /home/j/skel
# mv var /home/j/skel
# mv root /home/j/skel
```

4. Nutzen Sie mergemaster, um fehlende Konfigurationsdateien zu installieren. Anschließend werden die von mergemaster erstellten Extra-Verzeichnisse entfernt:

```
# mergemaster -t /home/j/skel/var/tmp/temproot -D /home/j/skel -i
# cd /home/j/skel
# rm -R bin boot lib libexec mnt proc rescue sbin sys usr dev
```

5. Nun wird das read/write-Dateisystem mit dem read-only-Dateisystem verlinkt. Vergewissern Sie sich, dass die symbolischen Links an den korrekten s/ Positionen erstellt werden, weil echte Verzeichnisse oder an falschen Positionen erstellte Verzeichnisse die Installation fehlschlagen lassen.

```
# cd /home/j/mroot
# mkdir s
# ln -s s/etc etc
# ln -s s/home home
# ln -s s/root root
# ln -s s/usr-local usr/local
# ln -s s/usr-X11R6 usr/X11R6
# ln -s s/distfiles usr/ports/distfiles
# ln -s s/tmp tmp
# ln -s s/var var
```

6. Zuletzt erstellen Sie eine allgemeine /home/j/skel/etc/make.conf mit folgendem Inhalt:

```
WRKDIRPREFIX?= /s/portbuild
```

Dies erlaubt es, die FreeBSD-Ports innerhalb jeder Jail zu kompilieren. Das Ports-Verzeichnis ist Teil des read-only System. Der angepasste Pfad des WRKDIRPREFIX macht es möglich, innerhalb des read/write-Bereichs der Jail Ports zu bauen.

15.5.2. Jails erstellen

Die Jailvorlage kann nun verwendet werden, um die Jails einzurichten und in `/etc/rc.conf` zu konfigurieren. In diesem Beispiel werden drei Jails erstellt: `NS`, `MAIL` und `WWW`.

1. Fügen Sie die folgenden Zeilen in `/etc/fstab` ein, damit die read-only-Vorlage und der read/write-Bereich für alle Jails verfügbar sind:

```
/home/j/mroot /home/j/ns      nullfs ro  0  0
/home/j/mroot /home/j/mail    nullfs ro  0  0
/home/j/mroot /home/j/www     nullfs ro  0  0
/home/j/ns     /home/j/ns/s    nullfs rw  0  0
/home/j/mail   /home/j/mail/s  nullfs rw  0  0
/home/j/www    /home/j/www/s   nullfs rw  0  0
```

Um zu verhindern, dass `fsck` die `nullfs`-Mounts während des Bootens überprüft oder dass `dump` die Mounts sichert, müssen die letzten beiden Spalten auf `0` gesetzt werden.

2. Konfigurieren Sie die Jails in `/etc/rc.conf` :

```
jail_enable="YES"
jail_set_hostname_allow="NO"
jail_list="ns mail www"
jail_ns_hostname="ns.example.org"
jail_ns_ip="192.168.3.17"
jail_ns_rootdir="/usr/home/j/ns"
jail_ns_devfs_enable="YES"
jail_mail_hostname="mail.example.org"
jail_mail_ip="192.168.3.18"
jail_mail_rootdir="/usr/home/j/mail"
jail_mail_devfs_enable="YES"
jail_www_hostname="www.example.org"
jail_www_ip="62.123.43.14"
jail_www_rootdir="/usr/home/j/www"
jail_www_devfs_enable="YES"
```

Die Variable `jail_name_rootdir` zeigt nach `/usr/home` statt nach `/home`, da der physikalische Pfad von `/home` unter FreeBSD `/usr/home` lautet. Die Variable `jail_name_rootdir` darf im Pfad aber *keinen symbolischen Link* enthalten, weil die Jail ansonsten nicht gestartet werden kann.

3. Erstellen Sie die notwendigen Mountpunkte für die nur lesbaren Bereiche jeder Jail:

```
# mkdir /home/j/ns /home/j/mail /home/j/www
```

4. Installieren Sie mit `sysutils/cpdup` die read/write-Vorlage in jede Jail:

```
# mkdir /home/js
# cpdup /home/j/skel /home/js/ns
# cpdup /home/j/skel /home/js/mail
# cpdup /home/j/skel /home/js/www
```

5. An dieser Stelle werden die Jails erstellt und für den Betrieb vorbereitet. Mounten Sie zuerst die notwendigen Dateisysteme für jede Jail. Danach starten Sie die Jails:

```
# mount -a
# service jail start
```

Die Jails sollten nun laufen. Um zu prüfen, ob sie korrekt gestartet wurden, verwenden Sie `jls`. Die Ausgabe sollte ähnlich der folgenden sein:

```
# jls
JID  IP Address      Hostname          Path
  3  192.168.3.17   ns.example.org    /home/j/ns
  2  192.168.3.18   mail.example.org  /home/j/mail
  1  62.123.43.14   www.example.org    /home/j/www
```

An diesem Punkt sollte es möglich sein, sich an jeder Jail anzumelden, Benutzer anzulegen und Dienste zu konfigurieren. Die Spalte JID gibt die Jail-Identifikationsnummer jeder laufenden Jail an. Nutzen Sie den folgenden Befehl, um administrative Aufgaben in der Jail mit der JID 3 durchzuführen:

```
# jexec 3 tcsh
```

15.5.3. Jails aktualisieren

Das Design dieses Aufbaus bietet einen einfachen Weg, bestehende Jails zu aktualisieren, während die Ausfallzeiten minimiert werden. Außerdem bietet es die Möglichkeit, zu älteren Versionen zurückzukehren, falls irgendwelche Probleme auftreten.

1. Im ersten Schritt wird das Host-System aktualisiert. Anschließend wird eine temporäre neue read-only Vorlage `/home/j/mroot2` erstellt.

```
# mkdir /home/j/mroot2
# cd /usr/src
# make installworld DESTDIR=/home/j/mroot2
# cd /home/j/mroot2
# cpdup /usr/src usr/src
# mkdir s
```

`installworld` erzeugt einige unnötige Verzeichnisse, die nun entfernt werden sollten:

```
# chflags -R 0 var
# rm -R etc var root usr/local tmp
```

2. Erzeugen Sie neue symbolische Links für das Hauptdateisystem:

```
# ln -s s/etc etc
# ln -s s/root root
# ln -s s/home home
# ln -s ../s/usr-local usr/local
# ln -s ../s/usr-X11R6 usr/X11R6
# ln -s s/tmp tmp
# ln -s s/var var
```

3. Nun können die Jails gestoppt werden:

```
# service jail stop
```

4. Hängen Sie die originalen Dateisysteme aus, da die read/write-Systeme an das read-only System (`/s`) angeschlossen sind:

```
# umount /home/j/ns/s
# umount /home/j/ns
# umount /home/j/mail/s
# umount /home/j/mail
# umount /home/j/www/s
# umount /home/j/www
```

5. Verschieben Sie das alte read-only-Dateisystem und ersetzen Sie es durch das neue Dateisystem. Das alte Dateisystem kann so als Backup dienen, falls etwas schief geht. Die Namensgebung entspricht hier derjenigen bei der Erstellung eines neuen read-only-Dateisystems. Verschieben Sie die originale FreeBSD Ports-Sammlung in das neue Dateisystem, um Platz und Inodes zu sparen:

```
# cd /home/j
# mv mroot mroot.20060601
# mv mroot2 mroot
# mv mroot.20060601/usr/ports mroot/usr
```

6. Nun ist die neue read-only-Vorlage fertig. Sie müssen daher nur noch die Dateisysteme erneut mounten und die Jails starten:

```
# mount -a
# service jail start
```

Nutzen Sie `jls` um zu prüfen, ob die Jails korrekt gestartet wurden. Führen Sie innerhalb jeder Jail `mergemaster` aus, damit die Konfigurationsdateien aktualisiert werden.

15.6. Verwaltung von Jails mit ezjail

Beigetragen von Warren Block.

Übersetzt von Björn Heidotting.

Das Erstellen und Verwalten von mehreren Jails kann schnell zeitaufwändig und fehleranfällig werden. Dirk Engling's `ezjail` automatisiert und vereinfacht viele dieser Aufgaben. Als Vorlage wird ein `Basejail` erzeugt. Zusätzliche Jails nutzen `mount_nullfs(8)` um viele Verzeichnisse aus der Basejail zu teilen, ohne dabei zusätzlichen Speicherplatz zu belegen. Jedes weitere Jail benötigt daher nur wenige Megabyte an Speicherplatz, bevor die Anwendungen installiert werden.

Weitere Vorteile und Merkmale werden im Detail auf der Webseite von `ezjail` beschrieben: <https://erdgeist.org/arts/software/ezjail/>.

15.6.1. ezjail installieren

Für die Installation von `ezjail` wird zunächst eine Loopback-Schnittstelle für die Jails benötigt. Anschließend kann `ezjail` installiert und der dazugehörige Dienst aktiviert werden.

1. Damit der Verkehr auf der Loopback-Schnittstelle des Jails vom Host-System separiert ist, wird eine zweite Loopback-Schnittstelle in `/etc/rc.conf` erstellt:

```
cloned_interfaces="lo1"
```

Die zusätzliche Schnittstelle `lo1` wird erstellt, wenn das System neu gestartet wird. Die Schnittstelle kann auch ohne Neustart manuell erstellt werden:

```
# service netif cloneup
Created clone interfaces: lo1.
```

Jails können die Aliase dieser sekundären Schnittstelle verwenden, ohne dabei das Host-System zu stören.

Der Zugang zur Loopback-Adresse `127.0.0.1` wird an die erste IP-Adresse umgeleitet, die dem Jail zugewiesen ist. Damit die Loopback-Schnittstelle des Jails der neuen `lo1`-Schnittstelle zugeordnet werden kann, muss beim Erstellen der Jail diese Schnittstelle als erstes in der Liste der IP-Adressen angegeben werden.

Teilen Sie jedem Jail eine Loopback-Adresse aus dem Netzblock `127.0.0.0 /8` zu.

2. Installieren Sie [sysutils/ezjail](#):

```
# cd /usr/ports/sysutils/ezjail
# make install clean
```

3. Aktivieren Sie `ezjail`, indem Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzufügen:

```
ezjail_enable="YES"
```

4. Der Dienst wird automatisch gestartet, wenn das System bootet. Er kann auch direkt für die aktuelle Sitzung gestartet werden:

```
# service ezjail start
```


15.6.2. Einrichtung

Nach erfolgreicher Installation von ezjail kann die Verzeichnisstruktur für die Basejail erstellt und befüllt werden. Dieser Schritt wird einmalig auf dem Host-System ausgeführt.

In diesen beiden Beispielen wird `-p` verwendet, um die Ports-Sammlung mit [portsnap\(8\)](https://portsnap.net) in die Basejail herunterzuladen. Diese Kopie kann dann von allen Jails gemeinsam genutzt werden. Eine separate Kopie der Ports-Sammlung für die Jails ermöglicht die Isolierung der Ports vom Host-System. Die FAQ von ezjail erklärt dies im Detail: <https://erdgeist.org/arts/software/ezjail/#FAQ>.

- Die Jail mit FreeBSD-RELEASE installieren

Benutzen Sie `install`, wenn das FreeBSD-RELEASE für die Jail der Version auf dem Host-System entspricht. Wenn beispielsweise auf dem Host-System FreeBSD 10-STABLE installiert ist, wird in der Jail das neueste RELEASE von FreeBSD-10 installiert:

```
# ezjail-admin install -p
```

- Die Jail mit `installworld` installieren

Mit `ezjail-admin update` kann die Basejail mit den Binärdateien aus dem Host-System befüllt werden. Diese Dateien wurden auf dem Host-System mittels `buildworld` erzeugt.

In diesem Beispiel wird FreeBSD 10-STABLE aus den Quellen gebaut. Die Verzeichnisse für die Jail wurden bereits erstellt. Anschließend wird `installworld` ausgeführt, das `/usr/obj` aus dem Host-System in die Basejail installiert.

```
# ezjail-admin update -i -p
```

In der Voreinstellung wird `/usr/src` des Host-Systems verwendet. Ein anderes Quellverzeichnis kann durch die Angabe von `-s`, oder durch Setzen der Variable `ezjail_sourcetree` in `/usr/local/etc/ezjail.conf` definiert werden.



Tipp

Die Ports-Sammlung der Basejail wird mit den anderen Jails geteilt, jedoch werden die heruntergeladenen Distfiles im jeweiligen Jail gespeichert. In der Voreinstellung werden diese Dateien in `/var/ports/distfiles` der Jail gespeichert. Wenn die Ports gebaut werden, wird `/var/ports` im Jail als Arbeitsverzeichnis genutzt.



Tipp

Zum Herunterladen der Pakete, für die Installation in der Basejail, wird in der Voreinstellung das FTP-Protokoll verwendet. Firewalls und Proxies können jedoch bei der FTP-Übertragung Probleme verursachen. Das HTTP-Protokoll arbeitet anders und vermeidet diese Probleme. Sie können eine URL für einen bestimmten Spiegel in `/usr/local/etc/ezjail.conf` eintragen:

```
ezjail_ftphost=http://ftp.FreeBSD.org
```

Im [Abschnitt A.2, „FTP-Server“](#) finden Sie eine Liste mit Spiegeln.

15.6.3. Eine neue Jail erstellen und starten

Neue Jails werden mit `ezjail-admin create` erstellt. In diesen Beispielen wird die `lo1` Loopback-Schnittstelle, wie oben beschrieben, verwendet.

Prozedur 15.1. Eine neue Jail erstellen und starten

1. Geben Sie bei der Erstellung der Jail einen Namen und die verwendeten Loopback- und Netzwerk-Schnittstellen mit den IP-Adressen an. In diesem Beispiel trägt die Jail den Namen `dnsjail`.

```
# ezjail-admin create dnsjail 'lo1|127.0.1.1 ,em0|192.168.1.50 '
```



Tipp

Die meisten Netzwerkdienste laufen problemlos in einer Jail. Ein paar wenige Netzwerkdienste, vor allem [ping\(8\)](#) verwenden Netzwerk-Sockets. Aus Sicherheitsgründen werden Netzwerk-Sockets innerhalb der Jails deaktiviert, so dass Dienste, die diese Sockets benötigten, nicht funktionieren werden. Gelegentlich benötigt ein Jail jedoch den Zugriff auf Raw-Sockets. Beispielsweise verwenden Netzwerk-Monitoring-Anwendungen [ping\(8\)](#), um die Verfügbarkeit von anderen Rechnern zu überprüfen. Sollten diese Sockets tatsächlich benötigt werden, können sie durch einen Eintrag in der Konfigurationsdatei von `ezjail`, `/usr/local/etc/ jailname`, für einzelne Jails aktiviert werden. Bearbeiten Sie den Eintrag `parameters`:

```
export jail_jailname_parameters="allow.raw_sockets=1"
```

Aktivieren Sie keine Netzwerk-Sockets, solange die Dienste im Jail sie nicht tatsächlich benötigen.

2. Starten Sie die Jail:

```
# ezjail-admin start dnsjail
```

3. Starten Sie eine Konsole in der Jail:

```
# ezjail-admin console dnsjail
```

Die Jail ist jetzt in Betrieb und die zusätzliche Konfiguration kann nun abgeschlossen werden. Typische Einstellungen an dieser Stelle sind:

1. Das **root**-Passwort setzen

Verbinden Sie sich mit der Jail und setzen Sie das Passwort für den Benutzer `root`:

```
# ezjail-admin console dnsjail
# passwd
Changing local password for root
New Password:
Retype New Password:
```

2. Konfiguration der Zeitzone

Die Zeitzone kann innerhalb der Jail mit [tzsetup\(8\)](#) gesetzt werden. Um störende Fehlermeldungen zu vermeiden, kann der Eintrag [adjkerntz\(8\)](#) in `/etc/crontab` auskommentiert werden. Dieser Job versucht die Uhr des Rechners zu aktualisieren, was jedoch in einem Jail fehlschlägt, da die Jail nicht auf diese Hardware zugreifen darf.

3. DNS-Server

Tragen Sie die Zeilen für die Nameserver der Domäne in `/etc/resolv.conf` ein, damit die Namensauflösung in der Jail funktioniert.

4. `/etc/hosts` anpassen

Ändern Sie die Adresse und fügen Sie den Namen der Jail zu den `localhost`-Einträgen in `/etc/hosts` hinzu.

5. `/etc/rc.conf` konfigurieren

Tragen Sie Konfigurationseinstellungen in `/etc/rc.conf` ein. Der Rechnername und die IP-Adresse werden nicht eingestellt, da diese Werte bereits durch die Jail-Konfiguration zur Verfügung gestellt werden.

Nach der Konfiguration der Jail können die Anwendungen, für die die Jail erstellt wurde, installiert werden.



Tipp

Einige Ports müssen mit speziellen Optionen gebaut werden, damit sie in der Jail verwendet werden können. Zum Beispiel haben die Netzwerk-Monitoring-Pakete [net-mgmt/nagios-plugins](#) und [net-mgmt/monitoring-plugins](#) eine Option `JAIL`, die aktiviert werden muss, damit diese Werkzeuge innerhalb einer Jail funktionieren.

15.6.4. Jails aktualisieren

15.6.4.1. Das Betriebssystem aktualisieren

Da das Basissystem der Basejail von den anderen Jails gemeinsam genutzt wird, werden bei einem Update der Basejail automatisch alle anderen Jails aktualisiert. Die Aktualisierung kann entweder über den Quellcode oder über binäre Updates erfolgen.

Um das Basissystem auf dem Host-System zu bauen und in der Basejail zu installieren, geben Sie folgendes ein:

```
# ezjail-admin update -b
```

Wenn das Basissystem bereits auf dem Host-System gebaut wurde, kann es in der Basejail installiert werden:

```
# ezjail-admin update -i
```

Binär-Updates verwenden [freebsd-update\(8\)](#). Das Update unterliegt dabei den gleichen Einschränkungen, als wenn [freebsd-update\(8\)](#) direkt ausgeführt würde. Vor allem stehen mit dieser Methode nur `-RELEASE` Versionen von FreeBSD zur Verfügung.

Aktualisieren Sie die Basejail auf die neueste FreeBSD-Version des Host-Systems. Zum Beispiel von `RELEASE-p1` auf `RELEASE-p2`.

```
# ezjail-admin update -u
```

Damit das Basejail aktualisiert werden kann, muss zunächst das Host-System, wie in [Abschnitt 24.2.3, „Aktualisierungen an Haupt- und Unterversionen“](#) beschrieben, aktualisiert werden. Sobald das Host-System aktualisiert und neu gestartet wurde, kann die Basejail aktualisiert werden. Da [freebsd-update\(8\)](#) keine Möglichkeit besitzt, die derzeit installierte Version der Basejail zu bestimmen, muss die ursprüngliche Version beim Aufruf mit angegeben werden. Benutzen Sie [file\(1\)](#) um die ursprüngliche Version der Basejail zu bestimmen:

```
# file /usr/jails/basejail/bin/sh
/usr/jails/basejail/bin/sh: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (FreeBSD), ̣
dynamically linked (uses shared libs), for FreeBSD 9.3, stripped
```

Nutzen Sie diese Information, um die Aktualisierung von 9.3-RELEASE auf die aktuelle Version des Host-Systems durchzuführen:

```
# ezjail-admin update -U -s 9.3-RELEASE
```

Nachdem die Basejail aktualisiert ist, muss in jeder Jail [mergemaster\(8\)](#) ausgeführt werden, um die Konfigurationsdateien zu aktualisieren.

Wie [mergemaster\(8\)](#) verwendet wird, hängt stark vom Zweck und Vertrauenswürdigkeit der Jail ab. Wenn die Dienste oder Benutzer nicht vertrauenswürdig sind, dann sollte [mergemaster\(8\)](#) nur innerhalb der Jail ausgeführt werden:

Beispiel 15.1. mergemaster(8) in einer nicht vertrauenswürdigen Jail ausführen

Entfernen Sie die Verknüpfung von /usr/src des Jails zur Basejail und erstellen Sie ein neues /usr/src als Mountpunkt für die Jail. Hängen Sie /usr/src vom Host-System schreibgeschützt in den Mountpunkt für die Jail ein:

```
# rm /usr/jails/ jailname /usr/src
# mkdir /usr/jails/ jailname /usr/src
# mount -t nullfs -o ro /usr/src /usr/jails/ jailname /usr/src
```

Öffnen Sie eine Konsole in der Jail:

```
# ezjail-admin console jailname
```

Innerhalb der Jail führen Sie dann [mergemaster\(8\)](#) aus. Danach verlassen Sie die Konsole:

```
# cd /usr/src
# mergemaster -U
# exit
```

Abschließend können Sie /usr/src aus der Jail aushängen:

```
# umount /usr/jails/ jailname /usr/src
```

Beispiel 15.2. mergemaster(8) in einer vertrauenswürdigen Jail ausführen

Wenn den Benutzern und den Diensten in der Jail vertraut wird, kann [mergemaster\(8\)](#) auf dem Host-System ausgeführt werden:

```
# mergemaster -U -D /usr/jails/ jailname
```

15.6.4.2. Ports aktualisieren

Die Ports-Sammlung der Basejail wird von den anderen Jails gemeinsam genutzt. Somit genügt es, die Ports-Sammlung in der Basejail zu aktualisieren.

Die Ports-Sammlung der Basejail wird mit [portsnap\(8\)](#) aktualisiert:

```
# ezjail-admin update -P
```

15.6.5. Jails verwalten

15.6.5.1. Jails starten und stoppen

ezjail startet automatisch alle Jails, wenn das System hochfährt. Jails können auch manuell mit `stop` und `start` gestoppt und neu gestartet werden:

```
# ezjail-admin stop sambajail
Stopping jails: sambajail
```

In der Voreinstellung werden die Jails automatisch gestartet, wenn das Host-System hochfährt. Der automatische Start kann mit `config` deaktiviert werden:

```
# ezjail-admin config -r norun seldomjail
```

Diese Einstellung wird aktiviert, wenn das Host-System das nächste mal neu gestartet wird. Eine Jail, die bereits läuft, wird hiermit nicht gestoppt.

Der automatische Start kann auch aktiviert werden:

```
# ezjail-admin config -r run oftenjail
```

15.6.5.2. Jails archivieren und wiederherstellen

Benutzen Sie `archive` um ein `.tar.gz`-Archiv einer Jail zu erstellen. Der Dateiname wird aus dem Namen der Jail und dem aktuellen Datum zusammengesetzt. Archivdateien werden in `/usr/jails/ezjail_archives` abgelegt. Ein alternatives Verzeichnis für die Ablage kann in der Variable `ezjail_archivedir` der Konfigurationsdatei definiert werden.

Die Archivdatei kann an anderer Stelle als Sicherung gespeichert werden, oder eine andere Jail kann daraus mit `restore` wiederhergestellt werden. Eine neue Jail kann auch aus dem Archiv erstellt werden, was eine bequeme Möglichkeit bietet, bestehende Jails zu klonen.

Die Jail `wwwserver` stoppen und archivieren:

```
# ezjail-admin stop wwwserver
Stopping jails: wwwserver.
# ezjail-admin archive wwwserver
# ls /usr/jails/ezjail-archives/
wwwserver-201407271153.13.tar.gz
```

Erstellen Sie aus dem eben erzeugten Archiv eine neue Jail namens `wwwserver-clone`. Verwenden Sie die Schnittstelle `em1` und weisen Sie eine neue IP-Adresse zu, um einen Konflikt mit dem Original zu vermeiden:

```
# ezjail-admin create -a /usr/jails/ezjail_archives/wwwserver-201407271153.13.tar.gz
gz wwwserver-clone 'lo1|127.0.3.1,em1|192.168.1.51'
```

15.6.6. Vollständiges Beispiel: BIND in einer Jail

Einen BIND DNS-Server innerhalb einer Jail zu betreiben erhöht die Sicherheit, da der Dienst isoliert wird. Dieses Beispiel erstellt einen einfachen *caching-only* Nameserver.

- Die Jail bekommt den Namen `dns1`.
- Die Jail erhält die IP-Adresse `192.168.1.240` auf der Schnittstelle `re0` des Host-Systems.
- Die Upstream-DNS-Server des ISPs lauten `10.0.0.62` und `10.0.0.61`.
- Die Basejail wurde bereits erstellt und die Ports-Sammlung installiert, wie in [Abschnitt 15.6.2, „Einrichtung“](#) beschrieben.

Beispiel 15.3. BIND in einer Jail laufen lassen

Erstellen Sie eine geklonte Loopback-Schnittstelle durch einen Eintrag in `/etc/rc.conf` :

```
cloned_interfaces="lo1"
```

Erzeugen Sie jetzt die Loopback-Schnittstelle:

```
# service netif cloneup
Created clone interface: lo1
```

Erstellen Sie die Jail:

```
# ezjail-admin create dns1 'lo1|127.0.2.1,re0|192.168.1.240'
```

Starten Sie die Jail, verbinden Sie sich mit der Konsole und führen Sie die grundlegende Konfiguration durch:

```
# ezjail-admin start dns1
# ezjail-admin console dns1
# passwd
Changing local password for root
New Password:
Retype New Password:
# tzsetup
# sed -i .bak -e '/adjkerntz/ s/^#/' /etc/crontab
# sed -i .bak -e 's/127.0.0.1/127.0.2.1/g; s/localhost.my.domain/dns1.my.domain &
dns1/' /etc/hosts
```

Setzen Sie vorübergehend die Upstream-DNS-Server in `/etc/resolv.conf`, damit die Ports-Sammlung heruntergeladen werden kann:

```
nameserver 10.0.0.62
nameserver 10.0.0.62
```

Immer noch in der Konsole der Jail, installieren Sie [dns/bind99](#).

```
# make -C /usr/ports/dns/bind99 install clean
```

Konfigurieren Sie den Nameserver in `/usr/local/etc/namedb/named.conf`.

Erstellen Sie eine Zugriffskontrollliste (ACL) der Adressen und Netzwerke, die DNS-Anfragen an diesen Nameserver senden dürfen. Diese Sektion wird vor der Sektion `options` hinzugefügt, die sich bereits in der Datei befindet:

```
...
// or cause huge amounts of useless Internet traffic.

acl "trusted" {
    192.168.1.0/24;
    localhost;
    localnets;
};

options {
    ...
```

Verwenden Sie die IP-Adresse der Jail in der Direktive `listen-on`, um DNS-Anfragen von anderen Rechnern aus dem Netzwerk zu akzeptieren:

```
listen-on { 192.168.1.240; };
```

Entfernen Sie die Kommentarzeichen `/*` und `*/`. Tragen Sie die IP-Adressen der Upstream-DNS-Server ein. Unmittelbar nach der Sektion `forwarders` fügen Sie Verweise auf die bereits definierten ACLs ein:

```
forwarders {
    10.0.0.62;
    10.0.0.61;
};

allow-query      { any; };
allow-recursion  { trusted; };
allow-query-cache { trusted; };
```

Aktivieren Sie den Dienst in `/etc/rc.conf` :

```
named_enable="YES"
```

Starten und testen Sie den Nameserver:

```
# service named start
wrote key file "/usr/local/etc/namedb/rndc.key"
Starting named.
# /usr/local/bin/dig @192.168.1.240 freebsd.org
```

Beinhaltet die Antwort

```
;; Got answer;
```

dann funktioniert der Nameserver. Eine längere Verzögerung, gefolgt von der Antwort

```
;; connection timed out; no servers could be reached
```

weist auf ein Problem hin. Überprüfen Sie die Konfigurationseinstellungen und stellen Sie sicher, dass alle lokalen Firewalls den DNS-Zugriff auf die Upstream-DNS-Server erlauben.

Wie auch jeder andere lokale Rechner, kann der DNS-Server Anfragen für Namensauflösung an sich selbst stellen. Tragen Sie die Adresse des DNS-Servers in die `/etc/resolv.conf` der Client-Rechner:

```
nameserver 192.168.1.240
```

Ein lokaler DHCP-Server kann die Adresse eines lokalen DNS-Servers automatisch für alle DHCP-Clients zur Verfügung stellen.

Kapitel 16. Verbindliche Zugriffskontrolle

Written by Tom Rhodes.
Übersetzt von Benjamin Lukas.

16.1. Übersicht

In FreeBSD 5.X wurden neue Sicherheits-Erweiterungen verfügbar, die aus dem TrustedBSD-Projekt übernommen wurden und auf dem Entwurf POSIX@.1e basieren. Die beiden bedeutendsten neuen Sicherheits-Mechanismen sind Berechtigungslisten (Access Control Lists, ACL) und die verbindliche Zugriffskontrolle (Mandatory Access Control, MAC). Durch die MAC können Module geladen werden, die neue Sicherheitsrichtlinien bereitstellen. Mit Hilfe einiger Module kann beispielsweise ein eng umgrenzter Bereich des Betriebssystems gesichert werden, indem die Sicherheitsfunktionen spezieller Dienste unterstützt bzw. verstärkt werden. Andere Module wiederum betreffen in ihrer Funktion das gesamte System - alle vorhandenen Subjekte und Objekte. Das "Verbindliche" in der Namensgebung erwächst aus dem Fakt, dass die Kontrolle allein Administratoren und dem System obliegt und nicht dem Ermessen der Nutzer, wie es mit Hilfe der benutzerbestimmbaren Zugriffskontrolle (Discretionary Access Control / DAC), dem Zugriffstandard für Dateien, gar der System V IPC in FreeBSD, normalerweise umgesetzt wird.

Dieses Kapitel wird sich auf die Grundstruktur der Verbindlichen Zugriffskontrolle und eine Auswahl der Module, die verschiedenste Sicherheitsfunktionen zur Verfügung stellen, konzentrieren.

Beim Durcharbeiten dieses Kapitels erfahren Sie:

- Welche MAC Module für Sicherheitsrichtlinien derzeit in FreeBSD eingebettet sind und wie die entsprechenden Mechanismen funktionieren.
- Was die einzelnen MAC Module an Funktionen realisieren und auch, was der Unterschied zwischen einer Richtlinie, die *mit* Labels arbeitet, und einer, die *ohne* Labels arbeitet, ist.
- Wie Sie die MAC in ein System einbetten und effizient einrichten.
- Wie die verschiedenen Richtlinienmodule einer MAC konfiguriert werden.
- Wie mit einer MAC und den gezeigten Beispielen eine sicherere Umgebung erstellt werden kann.
- Wie die Konfiguration einer MAC auf korrekte Einrichtung getestet wird.

Vor dem Lesen dieses Kapitels sollten Sie bereits:

- Grundzüge von UNIX® und FreeBSD verstanden haben. ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)).
- Mit den Grundzügen der Kernelkonfiguration und -kompilierung vertraut sein ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).
- Einige Vorkenntnisse über Sicherheitskonzepte im Allgemeinen und deren Umsetzung in FreeBSD im Besonderen mitbringen ([Kapitel 14, Sicherheit](#)).



Warnung

Der unsachgemäße Gebrauch der in diesem Kapitel enthaltenen Informationen kann den Verlust des Systemzugriffs, Ärger mit Nutzern oder die Unfähigkeit, grundlegende Funk-

tionen des X-Windows-Systems zu nutzen, verursachen. Wichtiger noch ist, dass man sich nicht allein auf die MAC verlassen sollte, um ein System zu sichern. Die MAC verbessert und ergänzt lediglich die schon existierenden Sicherheits-Richtlinien - ohne eine gründliche und fundierte Sicherheitspraxis und regelmäßige Sicherheitsprüfungen wird Ihr System nie vollständig sicher sein.

Außerdem sollte angemerkt werden, dass die Beispiele in diesem Kapitel auch genau dasselbe sein sollen, nämlich Beispiele. Es wird nicht empfohlen, diese bestimmten Beispiele auf einem Arbeitssystem umzusetzen. Das Einarbeiten der verschiedenen Sicherheitsmodule erfordert eine Menge Denkarbeit und viele Tests. Jemand, der nicht versteht, wie diese Module funktionieren, kann sich schnell darin wiederfinden, dass er (oder sie) das ganze System durchforsten und viele Dateien und Verzeichnisse neu konfigurieren muß.

16.1.1. Was in diesem Kapitel nicht behandelt wird

Dieses Kapitel behandelt einen großen Teil sicherheitsrelevanter Themen, bezogen auf die Verbindliche Zugriffskontrolle (MAC). Die gegenwärtige Entwicklung neuer MAC Module ist nicht abgedeckt. Einige weitere Module, die im MAC Framework enthalten sind, haben besondere Charakteristika, die zum Testen und Entwickeln neuer Module gedacht sind. Dies sind unter anderem `mac_test(4)`, `mac_stub(4)` und `mac_none(4)`. Für weitere Informationen zu diesen Modulen und den entsprechend angebotenen Funktionen lesen Sie bitte die Manpages.

16.2. Schlüsselbegriffe

Bevor Sie weiterlesen, müssen noch einige Schlüsselbegriffe geklärt werden. Dadurch soll jegliche auftretende Verwirrung von vornherein beseitigt und die plötzliche Einführung neuer Begriffe und Informationen vermieden werden.

- **Verbund:** Ein Verbund ist ein Satz von Programmen und Daten, die speziell und zusammen abgeschottet wurden, um Nutzern Zugriff auf diese ausgewiesenen Systembereiche zu gewähren. Man kann sagen, ein solcher Verbund ist eine Gruppierung, ähnlich einer Arbeitsgruppe, einer Abteilung, einem Projekt oder einem Thema. Durch die Nutzung von Verbünden (*compartments*) kann man Sicherheitsrichtlinien erstellen, die alles notwendige Wissen und alle Werkzeuge zusammenfassen.
- **Hochwassermarkierung:** Eine solche Richtlinie erlaubt die Erhöhung der Sicherheitsstufe in Abhängigkeit der Klassifikation der gesuchten bzw. bereitzustellenden Information. Normalerweise wird nach Abschluss des Prozesses die ursprüngliche Sicherheitsstufe wieder hergestellt. Derzeit enthält die MAC Grundstruktur keine Möglichkeit, eine solche Richtlinie umzusetzen, der Vollständigkeit halber ist die Definition hier jedoch aufgeführt.
- **Integrität:** Das Schlüsselkonzept zur Klassifizierung der Vertraulichkeit von Daten nennt man Integrität. Je weiter die Integrität erhöht wird, umso mehr kann man den entsprechenden Daten vertrauen.
- **Label:** Ein Label ist ein Sicherheitsmerkmal, welches mit Dateien, Verzeichnissen oder anderen Elementen im System verbunden wird. Man sollte es wie einen Vertraulichkeitsstempel auffassen, der Dateien angehört wie beispielsweise die Zugriffszeit, das Erstellungsdatum oder auch der Name; sobald Dateien derart gekennzeichnet werden, bezeichnen diese Label die sicherheitsrelevanten Eigenschaften. Zugriff ist nur noch dann möglich, wenn das zugreifende Subjekt eine korrespondierende Kennzeichnung trägt. Die Bedeutung und Verarbeitung der Label-Werte ist von der Einrichtung der Richtlinie abhängig: Während einige Richtlinien das Label zum Kennzeichnen der Vertraulichkeit oder Geheimhaltungsstufe eines Objekts nutzen, können andere Richtlinien an derselben Stelle Zugriffsregeln festschreiben.
- **Level:** Eine erhöhte oder verminderte Einstellung eines Sicherheitsmerkmals. Wenn das Level erhöht wird, wird auch die entsprechende Sicherheitsstufe angehoben.
- **Niedrigwassermarkierung:** Eine solche Richtlinie erlaubt das Herabstufen des Sicherheitslevels, um weniger sensible Daten verfügbar zu machen. In die meisten Fällen wird das ursprüngliche Sicherheitslevel des Nutzers wie-

derhergestellt, sobald der Vorgang abgeschlossen ist. Das einzige Modul in FreeBSD, welches von dieser Richtlinie Gebrauch macht, ist `mac_lomac(4)`.

- *Multilabel:* Die Eigenschaft `multilabel` ist eine Dateisystemoption, die entweder im Einzelbenutzermodus mit Hilfe des Werkzeugs `tunefs(8)`, während des Bootvorgangs in der Datei `fstab(5)` oder aber beim Erstellen eines neuen Dateisystems aktiviert werden kann. Diese Option erlaubt einem Administrator, verschiedenen Objekten unterschiedliche Labels zuzuordnen - kann jedoch nur zusammen mit Modulen angewendet werden, die auch tatsächlich mit Labels arbeiten.
- *Objekt:* Ein Objekt oder auch Systemobjekt ist theoretisch eine Einheit, durch welche Information fließt, und zwar unter der Lenkung eines *Subjektes*. Praktisch schließt diese Definition Verzeichnisse, Dateien, Felder, Bildschirme, Tastaturen, Speicher, Bandlaufwerke, Drucker und jegliche anderen Datenspeicher- oder -verarbeitungsgeräte ein. Im Prinzip ist ein Objekt ein Datenkontainer oder eine Systemressource - Zugriff auf ein *Objekt* bedeutet, auf Daten zuzugreifen.
- *Richtlinie:* Eine Sammlung von Regeln, die definiert, wie Zielvorgaben umgesetzt werden, nennt man Richtlinie. Eine *Richtlinie* dokumentiert normalerweise, wie mit bestimmten Elementen umgegangen wird. Dieses Kapitel faßt den Begriff in diesem Kontext als *Sicherheitsrichtlinie* auf; als eine Sammlung von Regeln, die den Fluß von Daten und Informationen kontrolliert und die gleichzeitig definiert, wer auf diese Daten und Informationen zugreifen darf.
- *Anfälligkeit:* Dieser Begriff wird normalerweise verwendet, wenn man über MLS (Multi Level Security) spricht. Das Anfälligkeits-Level beschreibt, wie wichtig oder geheim die Daten sein sollen. Um so höher das Anfälligkeits-Level, um so wichtiger die Geheimhaltung bzw. Vertraulichkeit der Daten.
- *Einzel-Label:* Von einem Einzel-Label spricht man, wenn für ein ganzes Dateisystem lediglich ein einziges Label verwendet wird, um Zugriffskontrolle über den gesamten Datenfluß zu erzwingen. Sobald diese Option verwendet wird - und das ist zu jeder Zeit, wenn die Option `multilabel` nicht explizit gesetzt wurde - sind alle Dateien und Verzeichnisse mit dem gleichen Label gekennzeichnet.
- *Subjekt:* Ein Subjekt ist jedwede Einheit, die Information in Fluß zwischen Objekten bringt: Zum Beispiel ein Nutzer, ein Nutzerprozessor, ein Systemprozeß usw. In FreeBSD handelt es sich meistens um einen Thread, der als Prozeß im Namen eines Nutzers arbeitet.

16.3. Erläuterung

Mit all diesen neuen Begriffen im Kopf können wir nun überlegen, wie die Möglichkeiten der verbindlichen Zugriffskontrolle (MAC) die Sicherheit eines Betriebssystems als Ganzes erweitern. Die verschiedenen Module, die durch die MAC bereitgestellt werden, können verwendet werden, um das Netzwerk oder Dateisysteme zu schützen, Nutzern den Zugang zu bestimmten Ports oder Sockets zu verbieten und vieles mehr. Die vielleicht beste Weise, die Module zu verwenden, ist, sie miteinander zu kombinieren, indem mehrere Sicherheitsrichtlinienmodule gleichzeitig eine mehrschichtige Sicherheitsumgebung schaffen. Das ist etwas anderes als singuläre Richtlinien wie zum Beispiel die Firewall, die typischerweise Elemente eines Systems stabilisiert, das nur für einen speziellen Zweck verwendet wird. Der Verwaltungsmehraufwand ist jedoch von Nachteil, zum Beispiel durch die Verwendung von mehreren Labels oder dem eigenhändigen Erlauben von Netzwerkzugriffen für jeden einzelnen Nutzer.

Solche Nachteile sind allerdings gering im Vergleich zum bleibenden Effekt der erstellten Struktur. Die Möglichkeit zum Beispiel, für konkrete Anwendungen genau die passenden Richtlinien auszuwählen und einzurichten, senkt gleichzeitig die Arbeitskosten. Wenn man unnötige Richtlinien aussortiert, kann man die Gesamtleistung des Systems genauso steigern wie auch eine höhere Anpassungsfähigkeit gewährleisten. Eine gute Umsetzung der MAC beinhaltet eine Prüfung der gesamten Sicherheitsanforderungen und einen wirksamen Einsatz der verschiedenen Module.

Ein System, auf dem eine MAC verwendet wird, muß zumindest garantieren, dass einem Nutzer nicht gestattet wird, Sicherheitsmerkmale nach eigenem Ermessen zu verändern; dass Arbeitswerkzeuge, Programme und Skripte, innerhalb der Beschränkungen arbeiten können, welche die Zugriffsregeln der ausgewählten Module dem System auferlegen; und dass die volle Kontrolle über die Regeln der MAC beim Administrator ist und bleibt.

Es ist die einsame Pflicht des zuständigen Administrators, die richtigen Module sorgfältig auszuwählen. Einige Umgebungen könnten eine Beschränkung der Zugriffe über die Netzwerkschnittstellen benötigen - hier wären die Module `mac_portacl(4)`, `mac_ifoff(4)` und sogar `mac_biba(4)` ein guter Anfang. In anderen Fällen muß man sehr strenge Vertraulichkeit von Dateisystemobjekten gewährleisten - dafür könnte man `mac_bsextended(4)` oder `mac_mls(4)` einsetzen.

Die Entscheidung, welche Richtlinien angewandt werden, kann auch anhand der Netzwerk-Konfiguration getroffen werden. Nur bestimmten Benutzern soll erlaubt werden, via `ssh(1)` auf das Netzwerk oder Internet zuzugreifen - `mac_portacl(4)` wäre eine gute Wahl. Aber für was entscheidet man sich im Falle eines Dateisystems? Soll der Zugriff auf bestimmte Verzeichnisse von spezifischen Nutzern oder Nutzergruppen separiert werden? Oder wollen wir den Zugriff durch Nutzer oder Programme auf spezielle Dateien einschränken, indem wir gewisse Objekte als geheim einstufen?

Der Zugriff auf Objekte kann einigen vertraulichen Nutzern gestattet werden, anderen wiederum verwehrt. Als Beispiel sei hierzu ein großes Entwicklerteam angeführt, das in kleine Gruppen von Mitarbeitern aufgeteilt wurde. Die Entwickler von Projekt A dürfen nicht auf Objekte zugreifen, die von den Entwicklern von Projekt B geschrieben wurden. Sie müssen aber trotzdem auf Objekte zugreifen können, die von einem dritten Entwicklerteam geschaffen wurden - alles in allem eine verzwickte Situation. Wenn man die verschiedenen Module der MAC richtig verwendet, können Anwender in solche Gruppen getrennt und ihnen der Zugriff zu den gewünschten Systemobjekten gestattet werden - ohne Angst haben zu müssen, dass Informationen in die falschen Hände geraten.

So hat jedes Modul, das eine Sicherheitsrichtlinie verfügbar macht, einen eigenen Weg, die Sicherheit des Systems zu verstärken. Die Auswahl der Module sollte auf einem gut durchdachten Sicherheitskonzept gründen. In vielen Fällen muß das gesamte Konzept eines Systems überarbeitet und neu gepflegt werden. Ein guter Überblick über die Möglichkeiten der verschiedenen von der MAC angebotenen Module hilft einem Administrator, die besten Richtlinien für seine spezielle Situation auszuwählen.

Im FreeBSD-Standardkernel ist die Option zur Verwendung der MAC nicht enthalten. Daher muß die Zeile

options	MAC
---------	-----

der Kernelkonfiguration hinzugefügt und der Kernel neu übersetzt und installiert werden.



Achtung

Verschiedenen Anleitungen für die MAC empfehlen, die einzelnen Module direkt in den Kernel einzuarbeiten. Dabei ist es jedoch möglich, das System aus dem Netzwerk auszusperren oder gar schlimmeres. Die Arbeit mit der MAC ist ähnlich der Arbeit mit einer Firewall - man muß, wenn man sich nicht selbst aus dem System aussperren will, genau aufpassen. Man sollte sich eine Möglichkeit zurechtlegen, wie man eine Implementation einer MAC rückgängig machen kann - genauso wie eine Ferninstallation über das Netzwerk nur mit äußerster Vorsicht vorgenommen werden sollte. Es wird daher empfohlen, die Module nicht in den Kernel einzubinden, sondern sie beim Systemstart via `/boot/loader.conf` zu laden.

16.4. MAC Labels verstehen

MAC Label sind Sicherheitsmerkmale, die, wenn sie zum Einsatz kommen, allen Subjekten und Objekten im System zugeordnet werden.

Wenn ein Administrator ein solches Merkmal bzw. Attribut setzen will, muß er/sie verstehen können, was da genau passiert. Die Attribute, die im speziellen Fall zu vergeben sind, hängen vom geladenen Modul und den darin jeweils implementierten Richtlinien ab. Jedes dieser Richtlinienmodule setzt die Arbeit mit seinen entsprechenden Attributen in individueller Weise um. Falls der Nutzer nicht versteht, was er da konfiguriert, oder auch, was seine Kon-

figuration für Begleiterscheinungen mit sich bringt, ergibt sich meist als Resultat ein unerwartetes, ja sogar unerwünschtes Verhalten des gesamten Systems.

Ein Label, einem Objekt verliehen, wird verwendet, um anhand einer Richtlinie eine sicherheitsrelevante Entscheidung über Zugriffsrechte zu fällen. In einigen Richtlinien enthält bereits das Label selbst alle dafür nötigen Informationen. Andere Richtlinien verwenden diese Informationen, um zunächst ein komplexes Regelwerk abzuarbeiten.

Wenn man zum Beispiel einer Datei das Attribut `biba/low` zuordnet, wird dieses durch das Biba Sicherheitsrichtlinienmodul, und zwar mit dem Wert „low“, verarbeitet.

Einige der Richtlinienmodule, die die Möglichkeit zum Vergeben von Labels unter FreeBSD unterstützen, bieten drei vordefinierte Labels an. Dieses nennen sich „high“, „low“ und „equal“. Obwohl die verschiedenen Module die Zugriffskontrolle auf verschiedene Weisen regeln, kann man sich sicher sein, das „low“-Label der untersten, unsichersten Einstellung entspricht, das „equal“-Label die Verwendung des Moduls für das jeweilige Objekt oder Subjekt deaktiviert - und das „high“-Label die höchstmögliche Einstellung erzwingt. Im Speziellen gilt diese Aussage für die Richtlinien(-module) MLS und Biba.

In den meisten Umgebungen, sogenannten Single Label Environments, wird Objekten nur ein einzelnes Label zugewiesen. Dadurch wird nur ein Regelsatz für die Zugriffskontrolle auf das gesamte System verwendet - und das ist meistens auch tatsächlich ausreichend. Es gibt wenige Fälle, in denen mehrere Labels auf Dateisystemobjekte oder -subjekte verwendet werden. In einem solchen Fall muß das Dateisystem mit der `tunefs(8)`-Option `multilabel` angepaßt werden, da `single label` die Standardeinstellung ist.

Bei der Verwendung von Biba oder MLS kann man numerische Labels vergeben, die genau das Level angeben, an welcher Stelle in der Hierarchie das Subjekt oder Objekt einzuordnen ist. Dieses numerische Level wird verwendet, um Informationen in verschiedene Gruppen aufzuteilen oder zu sortieren - damit zum Beispiel nur Subjekte, die zu einer gewissen Vertraulichkeitsstufe gehören, Zugang zu einer Gruppe von Objekten erhalten.

In den meisten Fällen wird ein Administrator nur ein einzelnes Label für das gesamte Dateisystem verwenden.

Moment mal, dass ist doch dasselbe wie DAC! Ich dachte, MAC würde die Kontrolle strengstens an den Administrator binden! Diese Aussage hält immer noch stand - `root` ist derjenige, der die Kontrolle ausübt und die Richtlinie konfiguriert, so dass Nutzer in die entsprechenden, angemessenen Kategorien / Zugriffsklassen eingeordnet werden. Nunja, einige Module schränken `root` selbst ein. Die Kontrolle über Objekte wird dann einer Gruppe zugewiesen, jedoch hat `root` die Möglichkeit, die Einstellungen jederzeit zu widerrufen oder zu ändern. Dies ist das Hierarchie/Freigabe-Modell, das durch Richtlinien wie MLS oder Biba bereitgestellt wird.

16.4.1. Konfigurieren der Labels

Gewissermaßen alle Aspekte der Labelkonfiguration werden durch Werkzeuge des Basissystems umgesetzt. Die entsprechenden Kommandos bieten eine einfache Schnittstelle zum Konfigurieren, Manipulieren und auch Verifizieren der gekennzeichneten Objekte.

Mit den beiden Kommandos `setfmac(8)` und `setpmac(8)` kann man eigentlich schon alles machen. Das Kommando `setfmac` wird verwendet, um ein MAC-Label auf einem Systemobjekt zu setzen, `setpmac` hingegen zum Setzen von Labels auf Systemsubjekte. Als Beispiel soll hier dienen:

```
# setfmac biba/high test
```

Wenn bei der Ausführung dieses Kommandos keine Fehler aufgetreten sind, gelangt man zur Eingabeaufforderung zurück. Nur wenn ein Fehler auftritt, verhalten sich diese Kommandos nicht still, ganz wie auch die Kommandos `chmod(1)` und `chown(8)`. In einigen Fällen wird dieser Fehler `Permission denied` lauten und gewöhnlich dann auftreten, wenn ein Label an einem Objekt angebracht oder verändert werden soll, das bereits (Zugriffs-)Beschränkungen unterliegt.¹ Der Systemadministrator kann so eine Situation mit Hilfe der folgenden Kommandos überwinden:

¹Andere Vorbedingungen führen natürlich zu anderen Fehlern. Zum Beispiel wenn das Objekt nicht dem Nutzer gehört, der das Label ändern möchte, das Objekt vielleicht gar nicht existiert oder es sich um ein nur lesbares Objekt handelt. Oder eine verbindliche Richtlinie erlaubt dem

```
# setfmac biba/high test
Permission denied
# setpmac biba/low setfmac biba/high test
# getfmac test
test: biba/high
```

Wie wir hier sehen, kann `setpmac` verwendet werden, um die vorhandene Einstellungen zu umgehen, indem dem gestarteten Prozeß ein anderes, valides Label zugeordnet wird. Das Werkzeug `getpmac` wird normalerweise auf gerade laufende Prozesse angewendet. Ähnlich `sendmail`: Als Argument wird statt eines Kommandos eine Prozeß-ID übergeben, es verbirgt sich doch dieselbe Logik dahinter. Wenn ein Nutzer versucht, eine Datei zu verändern, auf die er keinen Zugriff hat, entsprechend der Regeln eines geladenen Richtlinienmoduls, wird der Fehler `Operation not permitted` durch die Funktion `mac_set_link` angezeigt.

16.4.1.1. Übliche Typen von Labels

Wenn man die Module `mac_biba(4)`, `mac_mls(4)` und `mac_lomac(4)` verwendet, hat man die Möglichkeit, einfache Label zu vergeben. Diese nennen sich `high`, `low` und `equal`. Es folgt eine kurze Beschreibung, was diese Labels bedeuten:

- Das Label `low` ist definitionsgemäß das niedrigste Label, das einem Objekt oder Subjekt verliehen werden kann. Wird es gesetzt, kann die entsprechende Entität nicht mehr auf Entitäten zugreifen, die das Label `high` tragen.
- Das Label `equal` wird Entitäten verliehen, die von der Richtlinie ausgenommen sein sollen.
- Das Label `high` verleiht einer Entität die höchstmögliche Einstellung.

Unter Beachtung jedes einzelnen Richtlinienmoduls moduliert und beschränkt jede dieser Einstellungen den Informationsfluß unterschiedlich. Genaue Erklärungen zu den Charakteristika der einfachen Labels in den verschiedenen Modulen finden sich im entsprechenden Unterabschnitt dieses Kapitels oder in den Manpages.

16.4.1.1.1. Fortgeschrittene Label-Konfiguration

Numerische klassifizierte Labels werden verwendet in der Form `Klasse:Verbund+Verbund`. Demnach ist das Label

```
biba/10:2+3+6(5:2+3-15:2+3+4+5+6)
```

folgendermaßen zu lesen:

„Biba Policy Label“/„effektive Klasse 10“ : „Verbund 2,3 und 6“: („Low-Klasse 5:...“ - „High-Klasse 15:...“)

In diesem Beispiel ist die erstgenannte Klasse als „effektive Klasse“ zu bezeichnen. Ihr werden die „effektiven Verbünde“ zugeordnet. Die zweite Klasse ist die „Low“-Klasse und die letzte die „high“-Klasse. Die allermeisten Konfigurationen kommen ohne die Verwendungen von solchen Klassen aus, nichtsdestotrotz kann man sie für erweiterte Konfigurationen verwenden.

Sobald sie auf *Systemsubjekte* angewendet werden, haben diese eine gegenwärtige Klasse/Verbund- Konfiguration und diese muß im definierten Rahmen gegebenenfalls angepaßt (erhöht oder gesenkt) werden. Im Gegensatz dazu haben *Systemobjekte* alle eingestellten (effektive, High- und Low-Klasse) gleichzeitig. Dies ist notwendig, damit auf Sie von den *Systemsubjekten* in den verschiedenen Klassen gleichzeitig zugegriffen werden kann.

Die Klasse und die Verbünde in einem Subjekt-Objekt-Paar werden zum Erstellen einer sogenannten Dominanz-Relation verwendet, in welcher entweder das Subjekt das Objekt, das Objekt das Subjekt, keines das andere dominiert oder sich beide gegenseitig dominieren. Der Fall, dass sich beide dominieren, tritt dann ein, wenn die beiden Labels gleich sind. Wegen der Natur des Informationsflusses in Biba kann man einem Nutzer Rechte für einen Reihe von Abteilungen zuordnen, die zum Beispiel mit entsprechenden Projekten korrespondieren. Genauso

Prozeß die Veränderung des Labels nicht, weil die Eigenschaften der Datei, die Eigenschaften des Prozesses oder der Inhalt des neuen Labels nicht akzeptiert werden. Beispiel: Ein Anwender mit geringer Vertraulichkeit versucht, das Label einer Datei mit hoher Vertraulichkeit zu ändern. Oder er versucht, eine Datei mit geringer Vertraulichkeit zu einer Datei mit hoher Vertraulichkeit zu machen.

können aber auch Objekten mehrere Abteilungen zugeordnet sein. Die Nutzer müssen eventuell ihre gegenwärtigen Rechte mithilfe von `su` oder `setpmac` anpassen um auf Objekte in einer Abteilung zuzugreifen, zu der sie laut ihrer effektiven Klasse nicht berechtigt sind.

16.4.1.2. Nutzer- und Label-Einstellungen

Nutzer selbst brauchen Labels damit ihre Dateien und Prozesse korrekt mit der Sicherheitsrichtlinie zusammenarbeitet, die für das System definiert wurde. Diese werden in der Datei `login.conf` durch die Verwendung von Login-Klassen zugeordnet. Jedes Richtlinienmodul, das Label verwendet, arbeitet mit diesen Login-Klassen.

Beispielhaft wird der folgende Eintrag, der für jede Richtlinie eine Einstellung enthält, gezeigt:

```
default:\
:copyright=/etc/COPYRIGHT:\
:welcome=/etc/motd:\
:setenv=MAIL=/var/mail/$,BLOCKSIZE=K:\
:path=~/bin:/sbin:/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/usr/local/sbin:/usr/local/bin:\
:manpath=/usr/share/man /usr/local/man:\
:nologin=/usr/sbin/nologin:\
:cputime=1h30m:\
:datasize=8M:\
:vmemoryuse=100M:\
:stacksize=2M:\
:memorylocked=4M:\
:memoryuse=8M:\
:filesize=8M:\
:coredumpsize=8M:\
:openfiles=24:\
:maxproc=32:\
:priority=0:\
:requirehome:\
:passwordtime=91d:\
:umask=022:\
:ignoretime@:\
:label=partition/13,mls/5,biba/10(5-15),lomac/10[2]:
```

Die Label-Option in der letzten Zeile legt fest, welches Standard-Label für einen Nutzer erzwungen wird. Nutzern darf niemals gestattet werden, diese Werte selbst zu verändern, demnach haben Nutzer in dieser Beziehung auch keine Wahlfreiheit. In einer richtigen Konfiguration jedoch wird kein Administrator alle Richtlinienmodule aktivieren wollen. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich empfohlen, dieses Kapitel zu Ende zu lesen, bevor irgendein Teil dieser Konfiguration ausprobiert wird.



Anmerkung

Nutzer können ihr eigenes Label nach dem Loginvorgang durchaus ändern. Jedoch kann diese Änderung nur unter den Auflagen der gerade gültigen Richtlinie geschehen. Im Beispiel oben wird für die Biba-Richtlinie eine minimale Prozeßintegrität von 5, eine maximale von 15 angegeben, aber die Voreinstellung des tatsächlichen Labels ist 10. Der Nutzerprozeß läuft also mit einer Integrität von 10 bis das Label verändert wird, zum Beispiel durch eine Anwendung des Kommandos `setpmac`, welches jedoch auf den Bereich eingeschränkt wird, der zum Zeitpunkt des Logins angegeben wurde, in diesem Fall von 5 bis 15.

Nach einer Änderung der Datei `login.conf` muß in jedem Fall die Befähigungsdatenbank mit dem Kommando `cap_mkdb` neu erstellt werden - und das gilt für alle im weiteren Verlauf gezeigten Beispiele und Diskussionspunkte.

Es ist nützlich anzumerken, dass viele Einsatzorte eine große Anzahl von Nutzern haben, die wiederum viele verschiedenen Nutzerklassen angehören sollen. Hier ist eine Menge Planungsarbeit notwendig, da die Verwaltung sehr unübersichtlich und schwierig ist.

16.4.1.3. Netzwerkschnittstellen und die zugehörigen Label

Labels können auch, wenn man sie an Netzwerkschnittstellen vergibt, helfen, den Datenfluß durch das Netzwerk zu kontrollieren. Das funktioniert in allen Fällen genau so wie mit Objekten. Nutzer, die in der Biba-Richtlinie das Label `high` tragen, dürfen nicht auf Schnittstellen zugreifen, die `low` markiert sind usw.

Die Option `maclabel` wird via `ifconfig` übergeben. Zum Beispiel

```
# ifconfig bge0 maclabel biba/equal
```

belegt die Schnittstelle `bge(4)` mit dem MAC Label `biba/equal`. Wenn eine komplexe Einstellung wie `biba/high(low-high)` verwendet wird, muß das gesamte Label in Anführungszeichen geschrieben werden, da sonst eine Fehlermeldung zurückgegeben wird.

Jedes Richtlinienmodul, das die Vergabe von Labels unterstützt, stellt einen Parameter bereit, mit dem das MAC Label für Netzwerkschnittstellen deaktiviert werden kann. Das Label der Netzwerkschnittstelle auf `equal` zu setzen, führt zum selben Ergebnis. Beachten Sie die Ausgabe von `sysctl`, die Manpages der verschiedenen Richtlinien oder eben die Informationen, die im weiteren Verlauf dieses Kapitels angeboten werden, um mehr zu diesen Parametern zu erfahren.

16.4.2. Single- oder Multilabel?

Als Standardeinstellung verwendet das System die Option `single label`. Was bedeutet das für den Administrator? Es gibt einige Unterschiede zwischen `single label` und `multilabel`. In ihrer ureigenen Weise bieten beide Vor- und Nachteile bezogen auf die Flexibilität bei der Modellierung der Systemsicherheit.

Die Option `single label` gibt jedem Subjekt oder Objekt genau ein einziges Label, zum Beispiel `biba/high`. Mit dieser Option hat man einen geringeren Verwaltungsaufwand, aber die Flexibilität beim Einsatzes von Richtlinien ist ebenso gering. Viele Administratoren wählen daher auch die Option `multilabel` im Sicherheitsmodell, wenn die Umstände es erfordern.

Die Option `multilabel` gestattet, jedem einzelnen Subjekt oder Objekt seine eigenen unabhängigen Label zu zuzuordnen. Die Optionen `multilabel` und `singlelabel` betreffen jedoch nur die Richtlinien, die Labels als Leistungsmerkmal verwenden, einschließlich der Richtlinien Biba, Lomac, MLS und SEBSD.

Wenn Richtlinien benutzt werden sollen, die ohne Labels auskommen, wird die Option `multilabel` nicht benötigt. Dies betrifft die Richtlinien `seeotheruids`, `portacl` und `partition`.

Man sollte sich dessen bewußt sein, dass die Verwendung der Option `multilabel` auf einer Partition und die Erstellung eines Sicherheitsmodells auf der Basis der FreeBSD `multilevel` Funktionalität einen hohen Verwaltungsaufwand bedeutet, da alles im Dateisystem ein Label bekommt. Jedes Verzeichnis, jede Datei und genauso jede Schnittstelle.

Das folgende Kommando aktiviert `multilabel` für ein Dateisystem. Dies funktioniert nur im Einzelbenutzermodus:

```
# tuneefs -l enable /
```

In einer Swap-Partition wird dies nicht benötigt.



Anmerkung

Falls Sie Probleme beim Setzen der Option `multilabel` auf der Root-Partition bemerken, lesen Sie bitte [Abschnitt 16.17, „Fehler im MAC beheben“](#) dieses Kapitels.

16.5. Planung eines Sicherheitsmodells

Wann immer eine neue Technologie eingepflegt werden soll, ist es wichtig, vorher einen Plan zu erstellen. In den verschiedenen Etappen der Planung sollte der Administrator nie das „Große Ganze“ aus den Augen verlieren und mindestens die folgenden Punkte beachten:

- Die Anforderungen
- Die Ziele

Wenn Sie MAC verwenden möchten, sind das im Besonderen folgende Punkte:

- Wie werden Informationen und Ressourcen auf den Zielsystemen klassifiziert?
- Welche Arten von Informationen bzw. Ressourcen sollen im Zugang beschränkt sein und welche Art Einschränkung soll verwendet werden?
- Welche(s) MAC Modul(e) wählt man, um sein Ziel zu erreichen?

Es ist immer möglich, die Einstellungen des Systems und der Systemressourcen im Nachhinein zu „optimieren“. Es ist aber wirklich lästig, das gesamte Dateisystem zu durchsuchen, um Dateien oder Benutzerkonten zu reparieren. Eine gute Planung hilft dem Administrator, sich einer sorgenfreien und effizienten Umsetzung eines Sicherheitsmodells zu versichern. Testlauf des Sicherheitsmodells vor dem Einsatz in seiner richtigen Arbeitsumgebung ist auf jeden Fall empfehlenswert. Die Idee, ein System mit einer MAC einfach loslaufen zu lassen, ist wie direkt auf einen Fehlschlag hinzuarbeiten.

Jede Umgebung hat ihre eigenen Anforderungen. Ein tiefgreifendes und vollständiges Sicherheitsprofil zu erstellen spart weitere Änderungen, nachdem das System in Betrieb genommen wurde. Also werden die folgenden Abschnitte die verschiedenen Module vorstellen, die den Administratoren zur Verfügung gestellt werden, die Nutzung und Konfiguration der einzelnen Module beschreiben; und in einigen Fällen Einblicke gewähren, für welche Situationen welche Module besonders geeignet sind. Zum Beispiel ein Webserver kann von der Verwendung der [mac_biba\(4\)](#) oder der [mac_bsdextended\(4\)](#) Richtlinie profitieren. In anderen Fällen, an einem Rechner mit nur wenigen lokalen Benutzern, ist die [mac_partition\(4\)](#) die Richtlinie der Wahl.

16.6. Modulkonfiguration

Jedes Modul, das in der MAC enthalten ist, kann entweder direkt in den Kernel eingefügt werden oder als Kernelmodul in der Laufzeit des Systems geladen werden. Empfohlen wird, den Modulnamen in der Datei `/boot/loader.conf` anzufügen, so dass das Modul am Anfang des Bootvorgangs eingebunden wird.

Die folgenden Abschnitte werden verschiedene MAC Module und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile vorstellen. Außerdem wird erklärt, wie sie in bestimmte Umgebungen eingearbeitet werden können. Einige Module unterstützen die Verwendung von `Labels`, das heißt Zugriffskontrolle durch hinzufügen einer Kennzeichnung in der Art von „dieses ist erlaubt, jenes aber nicht“. Eine Label-Konfigurationsdatei kontrolliert unter anderem, wie auf Dateien zugegriffen oder wie über das Netzwerk kommuniziert werden darf. Im vorangehenden Abschnitt wurde bereits erläutert, wie die Option `multilabel` auf Dateisysteme angewendet wird, um eine Zugriffskontrolle auf einzelne Dateien oder ganze Dateisysteme zu konfigurieren.

Eine `single label` Konfiguration erzwingt ein einzelnes Label für das gesamte System. Daher wird die `tunefs-Option multilabel` genannt.

16.7. Das MAC Modul `seeotheruids`

Modulename: `mac_seeotheruids.ko`

Parameter in der Kernelkonfiguration: `options MAC_SEEOTHERUIDS`

Bootparameter: `mac_seeotheruids_load="YES"`

Das Modul `mac_seeotheruids(4)` erweitert die `sysctl`-Variablen `security.bsd.see_other_uids` und `security.bsd.see_other_gids`. Diese Optionen benötigen keine im Vorhinein zu setzenden Labels und können leicht durchschaubar mit den anderen MAC-Modulen zusammenarbeiten.

Nachdem das Modul geladen wurde, können die folgenden `sysctl` Variablen verwendet werden.

- `security.mac.seeotheruids.enabled` dient zur Aktivierung des Moduls, zunächst mit den Standardeinstellungen. Diese verhindern, dass Nutzer Prozesse und Sockets sehen können, die ihnen nicht selbst gehören.
- `security.mac.seeotheruids.specificgid_enabled` kann eine spezifizierte Nutzergruppe von dieser Richtlinie ausnehmen. Die entsprechende Gruppe muß an den Parameter `security.mac.seeotheruids.specificgid=XXX` übergeben werden, wobei `XXX` die ID der Gruppe ist, die von der Richtlinie ausgenommen werden soll.
- `security.mac.seeotheruids.primarygroup_enabled` kann verwendet werden, um eine spezifische, *primäre* Nutzergruppe von der Richtlinie auszuschliessen. Dieser Parameter und `security.mac.seeotheruids.specificgid_enabled` schließen einander aus.

16.8. Das MAC Modul `bsdextended`

Modulname: `mac_bsdextended.ko`

Parameter in der Kernelkonfiguration: `options MAC_BSDEXTENDED`

Bootparameter: `mac_bsdextended_load="YES"`

Das Modul `mac_bsdextended(4)` erstellt eine Firewall für das Dateisystem und ist eine Erweiterung des sonst üblichen Rechtemodells. Es erlaubt einem Administrator einen Regelsatz zum Schutz von Dateien, Werkzeugen und Verzeichnissen in der Dateisystemhierarchie zu erstellen, der einer Firewall ähnelt. Sobald auf ein Objekt im Dateisystem zugegriffen werden soll, wird eine Liste von Regel abgearbeitet, bis eine passende Regel gefunden wird oder die Liste zu Ende ist. Das Verhalten kann durch die Änderung des `sysctl(8)` Parameters `security.mac.bsdextended.firstmatch_enabled` eingestellt werden. Ähnlich wie bei den anderen Firewallmodulen in FreeBSD wird eine Datei erstellt, welche die Zugriffsregeln enthält. Diese wird beim Systemstart durch eine Variable in `rc.conf(5)` eingebunden.

Der Regelsatz kann mit dem Programm `ugidfw(8)` eingepflegt werden, welches eine Syntax bereitstellt, die der von `ipfw(8)` gleicht. Weitere Werkzeuge können auch selbst erstellt werden, indem die Funktionen der Bibliothek `libugidfw(3)` verwendet werden.

Bei der Arbeit mit diesem Modul ist äußerste Vorsicht geboten - falscher Gebrauch kann den Zugriff auf Teile des Dateisystems komplett unterbinden.

16.8.1. Beispiele

Nachdem das Modul `mac_bsdextended(4)` erfolgreich geladen wurde, zeigt das folgende Kommando die gegenwärtig aktiven Regeln an:

```
# ugidfw list 0 slots, 0 rules
```

Wie erwartet, sind keine Regeln definiert. Das bedeutet, dass auf alle Teile des Dateisystems zugegriffen werden kann. Um eine Regel zu definieren, die jeden Zugriff durch Nutzer blockiert und nur die Rechte von `root` unangetastet läßt, muß lediglich dieses Kommando ausgeführt werden:

```
# ugidfw add subject not uid root new object not uid root mode n
```

Das ist allerdings keine gute Idee, da nun allen Nutzern der Zugriff auf selbst die einfachsten Programme wie `ls` untersagt wird. Angemessener wäre etwas wie:

```
# ugidfw set 2 subject uid user1 object uid user2 mode n
# ugidfw set 3 subject uid user1 object gid user2 mode n
```

Diese Befehle bewirken, dass *user1* keinen Zugriff mehr auf Dateien und Programme hat, die *user2* gehören. Dies schließt das Auslesen von Verzeichniseinträgen ein.

Anstelle `uid user1` könnte auch `not uid user2` als Parameter übergeben werden. Dies würde diesselben Einschränkungen für alle Nutzer bewirken anstatt nur einen einzigen.



Anmerkung

`root` ist von diesen Einstellungen nicht betroffen.

Dies sollte als Überblick ausreichen, um zu verstehen, wie das Modul [mac_bsdextended\(4\)](#) helfen kann, das Dateisystem abzuschotten. Weitere Informationen bieten die Manpages [mac_bsdextended\(4\)](#) und [ugidfw\(8\)](#).

16.9. Das MAC Modul ifoff

Modulname: `mac_ifoff.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_IFOFF`

Bootparameter: `mac_ifoff_load="YES"`

Das Modul [mac_ifoff\(4\)](#) ist einzig dazu da, Netzwerkschnittstellen im laufenden Betrieb zu deaktivieren oder zu verhindern, das Netzwerkschnittstellen während der Bootphase gestartet werden. Dieses Modul benötigt für seinen Betrieb weder Labels, die auf dem System eingerichtet werden müssen, noch hat es Abhängigkeiten zu anderen MAC Modulen.

Der größte Teil der Kontrolle geschieht über die im folgenden aufgelisteten `sysctl`-Parameter:

- `security.mac.ifoff.lo_enabled` schaltet den gesamten Netzwerkverkehr auf der Loopback-Schnittstelle [lo\(4\)](#) an bzw. aus.
- `security.mac.ifoff.bpfrecv_enabled` macht das Gleiche für den Berkeley Paket Filter [bpf\(4\)](#).
- `security.mac.ifoff.other_enabled` schaltet den Verkehr für alle anderen Netzwerkschnittstellen.

Die wahrscheinlich häufigste Nutzung von [mac_ifoff\(4\)](#) ist die Überwachung des Netzwerks in einer Umgebung, in der kein Netzwerkverkehr während des Bootvorgangs erlaubt werden soll. Eine andere mögliche Anwendung wäre ein Script, das mit Hilfe von [security/aide](#) automatisch alle Schnittstellen blockiert, sobald Dateien in geschützten Verzeichnissen angelegt oder verändert werden.

16.10. Das MAC Modul portacl

Modulname: `mac_portacl.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_PORTACL`

Bootparameter: `mac_portacl_load="YES"`

Mit Hilfe des Moduls [mac_portacl\(4\)](#) können die Anbindungen an die lokalen TCP und UDP Ports durch eine Vielzahl von `sysctl` Variablen beschränkt werden. Genauer gesagt ermöglicht [mac_portacl\(4\)](#) Nutzern ohne `root`-Rechten den Zugriff auf zu bestimmende privilegierte Ports, also denen innerhalb der ersten 1024.

Sobald das Modul geladen wurde, ist die Richtlinie für alle Sockets verfügbar. Die folgenden Variablen können für die Konfiguration verwendet werden:

- `security.mac.portacl.enabled` schaltet die Anwendung der Richtlinie ein oder aus.
- `security.mac.portacl.port_high` gibt den höchsten Port an, der von der Richtlinie [mac_portacl\(4\)](#) betroffen sein soll.
- `security.mac.portacl.suser_exempt` nimmt, wenn es einen Wert ungleich Null zugewiesen bekommt, root von der Richtlinie aus.
- `security.mac.portacl.rules` enthält als Wert die eigentliche `mac_portacl` Richtlinie.

Die eigentliche Konfiguration der `mac_portacl` Richtlinie wird der `sysctl`-Variablen `security.mac.portacl.rules` als Zeichenkette der Form `rule[,rule,...]` übergeben. Jede einzelne Regel hat die Form `idtype:id:protocol:port`. Der Parameter `idtype` ist entweder `uid` oder `gid` und wird verwendet, um den Parameter `id` als Nutzer-ID oder Gruppen-ID zu kennzeichnen. Der Parameter `protocol` gibt an, ob die Regel für TCP oder UDP gelten soll (indem man den Wert auf `tcp` oder `udp` setzt). Und der letzte Parameter, `port`, enthält die Nummer des Ports, auf den der angegebene Nutzer bzw. die angegebene Gruppe Zugriff erhalten soll.



Anmerkung

Da der Regelsatz direkt vom Kernel ausgewertet wird, können nur Zahlenwerte übergeben werden. Das heißt, Namen von Nutzern, Gruppen oder Dienstnamen aus der Datei `/etc/services` funktionieren nicht.

Auf UNIX®-artigen Betriebssystemen sind die Ports kleiner 1024 privilegierten Prozessen vorbehalten, müssen also mit `als/von root` gestartet werden und weiterhin laufen. Damit [mac_portacl\(4\)](#) die Vergabe von Ports kleiner als 1024 an nicht privilegierte Prozesse übernehmen kann, muß die UNIX® Standardeinstellung deaktiviert werden. Dazu ändert man die [sysctl\(8\)](#) Variablen `net.inet.ip.portrange.reservedlow` und `net.inet.ip.portrange.reservedhigh` auf den Wert „0“.

Weiterführende Informationen entnehmen Sie bitte den unten aufgeführten Beispielen oder der Man-Page [mac_portacl\(4\)](#)!

16.10.1. Beispiele

Die folgenden Beispiele sollten ein wenig Licht in die obige Diskussion bringen:

```
# sysctl security.mac.portacl.port_high=1023
# sysctl net.inet.ip.portrange.reservedlow=0 net.inet.ip.portrange.reservedhigh=0
```

Zunächst bestimmen wir, dass [mac_portacl\(4\)](#) für alle privilegierten Ports gelten soll und deaktivieren die normale UNIX®-Beschränkung.

```
# sysctl security.mac.portacl.suser_exempt=1
```

Da root von dieser Richtlinie nicht beeinträchtigt werden soll, setzen wir hier `security.mac.portacl.suser_exempt` auf einen Wert ungleich Null. Das Modul [mac_portacl\(4\)](#) ist nun so eingerichtet, wie es UNIX®-artige Betriebssysteme normal ebenfalls tun.

```
# sysctl security.mac.portacl.rules=uid:80:tcp:80
```

Nun erlauben wir dem Nutzer mit der UID 80, normalerweise dem Nutzer `www`, den Port 80 zu verwenden. Dadurch kann der Nutzer `www` einen Webserver betreiben, ohne dafür mit root-Privilegien ausgestattet zu sein.

```
# sysctl security.mac.portacl.rules=uid:1001:tcp:110,uid:1001:tcp:995
```

Hier wird dem Nutzer mit der UID 1001 erlaubt, die TCP Ports 110 („pop3“) und 995 („pop3s“) zu verwenden. Dadurch kann dieser Nutzer einen Server starten, der Verbindungen an diesen beiden Ports annehmen kann.

16.11. Das MAC Modul partition

Modulname: `mac_partition.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_PARTITION`

Bootparameter `mac_partition_load="YES"`

Die Richtlinie [mac_partition\(4\)](#) setzt Prozesse in spezielle „Partitionen“, entsprechend dem zugewiesenen MAC Label. Man kann sich das vorstellen wie eine spezielle Art [jail\(8\)](#), auch wenn das noch kein wirklich guter Vergleich ist.

Es wird empfohlen, dieses Modul durch einen Eintrag in [loader.conf\(5\)](#) zu aktivieren, so dass die Richtlinie während des Bootvorganges eingebunden wird.

Der Großteil der Konfiguration geschieht mit dem Kommando [setpmac\(8\)](#), wie gleich erklärt wird. Außerdem gibt es folgenden `sysctl` Parameter für diese Richtlinie.

- `security.mac.partition.enabled` erzwingt die Verwendung von MAC Prozeß-Partitionen.

Sobald diese Richtlinie aktiv ist, sehen Nutzer nur noch ihre eigenen Prozesse, und alle anderen Prozesse, die ebenfalls derselben Prozeß-Partition zugeordnet sind. Sie können jedoch nicht auf Prozesse oder Werkzeuge außerhalb des Anwendungsbereich dieser Partition zugreifen. Das bedeutet unter anderem, dass ein Nutzer, der einer Klasse `insecure` zugeordnet ist, nicht auf das Kommando `top` zugreifen kann - wie auch auf viele anderen Befehle, die einen eigenen Prozeß erzeugen.

Um einen Befehl einer Prozeß-Partition zuzuordnen, muß dieser durch das Kommando `setpmac` mit einem Label versehen werden:

```
# setpmac partition/13 top
```

Diese Zeile fügt das Kommando `top` dem Labelsatz für Nutzer der Klasse `insecure` hinzu, sofern die Partition 13 mit der Klasse `insecure` übereinstimmt. Beachten Sie, dass alle Prozesse, die von Nutzern dieser Klasse erzeugt werden, das Label `partition/13` erhalten, und dieses auch nicht durch den Nutzer geändert werden kann.

16.11.1. Beispiele

Der folgende Befehl listet die vergebenen Label für Prozeß-Partitionen und die laufenden Prozesse auf.

```
# ps Zax
```

Das nächste Kommando liefert das Label der Prozeß-Partition eines anderen Nutzers `trhodes` und dessen gegenwärtig laufenden Prozesse zurück.

```
# ps -ZU trhodes
```



Anmerkung

Jeder Nutzer kann die Prozesse in der Prozeß-Partition von `root` betrachten, solange nicht die Richtlinie [mac_seeotheruids\(4\)](#) geladen wurde.

Eine ausgefeilte Umsetzung dieser Richtlinie deaktiviert alle Dienste in `/etc/rc.conf` und startet diese dann später durch ein Skript, das jedem Dienst das passende Label zuordnet.



Anmerkung

Die folgenden Richtlinien verwenden Zahlenwerte anstatt der drei Standardlabels. Diese Optionen, und ihre Grenzen, werden in den zugehörigen Manpages genauer erklärt.

16.12. Das MAC Modul Multi-Level Security

Modulname: `mac_mls.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_MLS`

Bootparameter: `mac_mls_load="YES"`

Die Richtlinie [mac_mls\(4\)](#) kontrolliert die Zugriffe zwischen Subjekten und Objekten, indem sie den Informationsfluß strengen Regeln unterwirft.

In MLS Umgebungen wird jedem Subjekt oder Objekt ein „Freigabe“-Level zugeordnet, und diese werden wiederum zu einzelnen Verbünden zusammengefaßt. Da diese Freigabe- oder Anfälligkeits-Level Zahlen größer 6000 erreichen können, ist es für jeden Systemadministrator eine undankbare Aufgabe, jede Entität von Grund auf zu konfigurieren. Zum Glück gibt es 3 „instant“ Labels, die in der Richtlinie zur Anwendung bereit stehen.

Diese drei Labels heißen `mls/low`, `mls/equal` und `mls/high`. Da sie in den Manpages [mac_mls\(4\)](#) ausführlich beschrieben werden, gibt es hier nur einen kurzen Abriß:

- Das Label `mls/low` ist eine niedrige Einstellung, die von allen anderen dominiert werden darf. Alles, was mit `mls/low` versehen wird, hat ein niedriges Freigabe-Level und darf auf keine Informationen zugreifen, denen ein höheres Freigabe-Level zugeordnet wurde. Einem Objekt mit diesem Label kann außerdem keine Information durch ein Objekt höherer Freigabe übergeben werden, es kann also auch nicht durch solche Objekte editiert oder überschrieben werden.
- Das Label `mls/equal` wird an Objekte vergeben, die von dieser Richtlinie ausgenommen werden sollen.
- Das Label `mls/high` verkörpert das höchstmögliche Freigabe-Level. Objekte, denen dieses Label zugeordnet wird, dominieren alle anderen Objekte des Systems. Trotzdem können sie Objekten mit einem niedrigeren Freigabe-Level keine Informationen zuspielen.

MLS bietet:

- Eine hierarchische Sicherheitsschicht und Zuordnung nichthierarchischer Kategorien;
- Feste Regeln: kein „Read-Up“, kein „Write-Down“ (ein Subjekt kann nur Objekte gleicher oder *niedrigerer* Stufe lesen, und es kann nur Objekte gleicher oder *höherer* Stufe schreiben);
- Geheimhaltung (indem unangemessene Offenlegung von Daten verhindert wird);
- Eine Basis zum Entwerfen von Systemen, die Daten verschiedener Vertraulichkeitsebenen gleichzeitig handhaben sollen (ohne das geheime und vertrauliche Informationen untereinander ausgetauscht werden können).

Nachfolgend werden die `sysctl`-Variablen vorgestellt, die für die Einrichtung spezieller Dienste und Schnittstellen vorhanden sind.

- `security.mac.mls.enabled` schaltet die Richtlinie MLS ein (oder aus).

- `security.mac.mls.ptys_equal` sorgt dafür, dass während der Initialisierung alle `pty(4)`-Geräte als `mls/equal` gekennzeichnet werden.
- `security.mac.mls.revocation_enabled` sorgt dafür, dass die Zugriffsrechte von Objekten wieder zurückgesetzt werden, nachdem deren Label vorübergehend auf ein niedrigeres Freigabe-Level geändert wurde.
- `security.mac.mls.max_compartments` gibt die maximale Anzahl von Verbünden an. Im Prinzip ist es die höchste Nummer eines Verbundes auf dem System.

Um die Labels der MLS Richtlinie zu bearbeiten verwendet man `setfmac(8)`. Um ein Objekt zu kennzeichnen, benutzen Sie folgendes Kommando:

```
# setfmac mls/5 test
```

Um das MLS-Label der Datei `test` auszulesen, verwenden Sie dieses Kommando:

```
# getfmac test
```

Dies ist eine Zusammenstellung der Merkmale von `test`. Ein anderer Ansatz ist, für diese Richtlinie eine Konfigurationsdatei in `/etc` abzulegen, die alle Informationen enthält und mit der dann das Kommando `setfmac` gefüttert wird. Diese Vorgehensweise wird erklärt, nachdem alle Richtlinien vorgestellt wurden.

16.12.1. Verbindlicher Vertraulichkeit in der Planungsphase

Mit dem Richtlinienmodul `Multi-Level Security` bereitet sich ein Administrator darauf vor, den Fluß vertraulicher Informationen zu kontrollieren. Beim Starten der Richtlinie ist immer `mls/low` voreingestellt - alles kann auf alles zugreifen. Der Administrator ändert dies während der eigentlichen Konfiguration, indem er die Vertraulichkeit bestimmter Objekte erhöht.

Jenseits der drei Grundeinstellungen des Labels kann der Administrator einzelne Nutzer oder Nutzergruppen nach Bedarf zusammenschließen und den Informationsaustausch zwischen diesen gestatten oder unterbinden. Es ist sicher eine Vereinfachung, die Freigabe-Level mit Begriffen wie `vertraulich`, `geheim` oder `streng geheim` zu bezeichnen. Einige Administratoren erstellen einfach verschiedene Gruppen auf der Ebene von gegenwärtigen Projekten. Ungeachtet der Herangehensweise bei der Klassifizierung muß ein gut durchdachter Plan existieren, bevor eine derart einengende Richtlinie umgesetzt wird.

Exemplarisch für die Anwendung dieses Moduls bzw. dieser Richtlinie seien angeführt:

- Ein E-Commerce Webserver
- Ein Dateiserver, der vertrauliche Informationen einer Firma oder eines Konzerns speichert
- Umgebungen in Finanzeinrichtungen

Der unsinnigste Einsatzort für diese Richtlinie wäre ein Arbeitsplatzrechner mit nur zwei oder drei Benutzern.

16.13. Das MAC Modul Biba

Modulname: `mac_biba.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_BIBA`

Bootparameter: `mac_biba_load="YES"`

Das Modul `mac_biba(4)` lädt die MAC Biba Richtlinie. Diese ähnelt stark der MLS Richtlinie, nur das die Regeln für den Informationsfluß ein wenig vertauscht sind. Es wird in diesem Fall der absteigende Fluß sicherheitskritischer Information geregelt, während die MLS Richtlinie den aufsteigenden Fluß regelt. In gewissen Sinne treffen dieses und das vorangegangene Unterkapitel also auf beide Richtlinien zu.

In einer Biba-Umgebung wird jedem Subjekt und jedem Objekt ein „Integritäts“-Label zugeordnet. Diese Labels sind in hierarchischen Klassen und nicht-hierarchischen Komponenten geordnet. Je höher die Klasse, um so höher die Integrität.

Die unterstützten Labels heißen `biba/low`, `biba/equal` und `biba/high`. Sie werden im Folgenden erklärt:

- `biba/low` ist die niedrigste Stufe der Integrität, die einem Objekt verliehen werden kann. Wenn sie einem Objekt oder Subjekt zugeordnet wird, kann dieses auf Objekte oder Subjekte, die `biba/high` markiert wurden, zwar lesend zugreifen, nicht jedoch schreibend.
- Das Label `biba/equal` ist, wie der aufmerksame Leser sicherlich schon ahnt, für die Ausnahmen dieser Richtlinie gedacht und sollte nur diesen Ausnahmen entsprechenden Objekten verliehen werden.
- `biba/high` markierte Subjekte und Objekte können Objekte niedrigerer Stufe schreiben, nicht jedoch lesen. Es wird empfohlen, dass dieses Label an Objekte vergeben wird, die sich auf Integrität des gesamten Systems auswirken.

Biba stellt bereit:

- Hierarchische Integritätsstufen mit einem Satz nichthierarchischer Integritätskategorien;
- Festgeschriebene Regeln: kein „Write-Up“, kein „Read-Down“ (der Gegensatz zu MLS - ein Subjekt erhält schreibenden Zugriff auf Objekte gleicher oder geringerer Stufe, aber nicht bei höherer, und lesenden Zugriff bei gleicher Stufe oder höherer, aber nicht bei niedrigerer);
- Integrität (es wird die Echtheit der Daten gewährleistet, indem unangemessene Veränderungen verhindert werden);
- Eine Abstufung der Gewährleistung (im Gegensatz zu MLS, bei der eine Abstufung der Vertraulichkeit vorgenommen wird).

Folgende `sysctl` Parameter werden zur Nutzung der Biba-Richtlinie angeboten:

- `security.mac.biba.enabled` zum Aktivieren/Deaktivieren der Richtlinie auf dem Zielsystem.
- `security.mac.biba.ptys_equal` wird verwendet, um die Biba-Richtlinie auf der `pty(4)`-Schnittstelle zu deaktivieren.
- `security.mac.biba.revocation_enabled` erzwingt das Zurücksetzen des Labels, falls dieses zeitweise geändert wurde um ein Subjekt zu dominieren.

Um Einstellungen der Biba Richtlinie für Systemobjekte zu verändern werden die Befehle `setfmac` und `getfmac` verwendet:

```
# setfmac biba/low test
# getfmac test
test: biba/low
```

16.13.1. Verbindliche Integrität in der Planungsphase

Integrität garantiert, im Unterschied zu Sensitivität, dass Informationen nur durch vertraute Parteien verändert werden können. Dies schließt Informationen ein, die zwischen Subjekten ausgetauscht werden, zwischen Objekt, oder auch zwischen den beiden. Durch Integrität wird gesichert, das Nutzer nur Informationen verändern, oder gar nur lesen können, die sie explizit benötigen.

Das Modul `mac_biba(4)` eröffnet einem Administrator die Möglichkeit zu bestimmen, welche Dateien oder Programme ein Nutzer oder eine Nutzergruppe sehen bzw. aufrufen darf. Gleichzeitig kann er zusichern, dass dieselben Programme und Dateien frei von Bedrohungen sind und das System die Echtheit gewährleistet - für diesen Nutzer oder die Nutzergruppe.

Während der anfänglichen Phase der Planung muß der Administrator vorbereitet sein, Nutzer in Klassen, Stufen und Bereiche einzuteilen. Der Zugriff auf Dateien und insbesondere auch Programme wird verhindert sowohl vor als auch nachdem sie gestartet wurden. Das System selbst erhält als Voreinstellung das Label `biba/high` sobald das Modul aktiviert wird - und es liegt allein am Administrator, die verschiedenen Klassen und Stufen für die einzelnen Nutzer zu konfigurieren. Anstatt mit Freigaben zu arbeiten, wie weiter oben gezeigt wurde, könnte man auch Überbegriffe für Projekte oder Systemkomponenten entwerfen. Zum Beispiel, ausschließlich Entwicklern den Vollzugriff auf Quellcode, Compiler und Entwicklungswerkzeuge gewähren, während man andere Nutzer in Kategorien wie Tester, Designer oder einfach nur „allgemeiner Nutzer“ zusammenfaßt, die für diese Bereiche lediglich lesenden Zugriff erhalten sollen.

Mit seinem ursprünglichen Sicherheits-Standpunkt ist ein Subjekt niedrigerer Integrität unfähig, ein Subjekt höherer Integrität zu verändern. Ein Subjekt höherer Integrität kann ein Subjekt niedrigerer Integrität weder beobachten noch lesen. Wenn man ein Label für die niedrigstmögliche Klasse erstellt, kann man diese allen Subjekten verwehren. Einige weitsichtig eingerichtete Umgebungen, die diese Richtlinie verwenden, sind eingeschränkte Webserver, Entwicklungs- oder Test-Rechner oder Quellcode-Sammlungen. Wenig sinnvoll ist diese Richtlinie auf einer Arbeitsstation, oder auf Rechnern die als Router oder Firewall verwendet werden.

16.14. Das MAC Modul LOMAC

Modulname: `mac_lomac.ko`

Parameter für die Kernelkonfiguration: `options MAC_LOMAC`

Bootparameter: `mac_lomac_load="YES"`

Anders als die Biba Richtlinie erlaubt die `mac_lomac(4)` Richtlinie den Zugriff auf Objekte niedrigerer Integrität nur, nachdem das Integritätslevel gesenkt wurde. Dadurch wird eine Störung der Integritätsregeln verhindert.

Die MAC Version der „Low-Watermark“ Richtlinie, die nicht mit der älteren `lomac(4)`-Implementierung verwechselt werden darf, arbeitet fast genauso wie Biba. Anders ist, dass hier „schwebende“ Label verwendet werden, die ein Herunterstufen von Subjekten durch Hilfsverbünde ermöglichen. Dieser zweite Verbund wird in der Form `[auxgrade]` angegeben und sollte in etwa aussehen wie `lomac/10[2]`, wobei die Ziffer zwei (2) hier den Hilfsverbund abbildet.

Die MAC Richtlinie LOMAC beruht auf einer durchgängigen Etikettierung aller Systemobjekte mit Integritätslabeln, die Subjekten das Lesen von Objekten niedriger Integrität gestatten und dann das Label des Subjektes herunterstufen - um zukünftige Schreibvorgänge auf Objekte hoher Integrität zu unterbinden. Dies ist die Funktion der Option `[auxgrade]`, die eben vorgestellt wurde. Durch sie erhält diese Richtlinie eine bessere Kompatibilität und die Initialisierung ist weniger aufwändig als bei der Richtlinie Biba.

16.14.1. Beispiele

Wie schon bei den Richtlinien Biba und MLS werden die Befehle `setfmac` und `setpmac` verwendet, um die Labels an den Systemobjekten zu setzen:

```
# setfmac /usr/home/trhodes lomac/high[low]
# getfmac /usr/home/trhodes lomac/high[low]
```

Beachten Sie, dass hier der Hilfswert auf `low` gesetzt wurde - dieses Leistungsmerkmal ist nur in der MAC LOMAC Richtlinie enthalten.

16.15. Beispiel 1: Nagios in einer MAC Jail

Die folgende Demonstration setzt eine sichere Umgebung mithilfe verschiedener MAC Module und sorgfältig konfigurierter Richtlinien um. Es handelt sich jedoch nur um einen Test und sollte nicht als Antwort auf jedes Problem

in Fragen Sicherheit gesehen werden. Eine Richtlinie nur umzusetzen und dann einfach laufen zu lassen, funktioniert nie und kann eine echte Arbeitsumgebung in eine Katastrophe stürzen.

Bevor es losgeht, muß jedes Dateisystem mit der Option `multilabel`, wie weiter oben beschrieben, markiert werden. Dies nicht zu tun, führt zu Fehlern. Außerdem müssen die Ports [net-mngt/nagios-plugins](#), [net-mngt/nagios](#) und [www/apache22](#) installiert und konfiguriert sein, so dass sie ordentlich laufen.

16.15.1. Erstellen einer Nutzerklasse insecure

Beginnen wir die Prozedur mit dem Hinzufügen einer Nutzerklasse in der Datei `/etc/login.conf`:

```
insecure:\
:copyright=/etc/COPYRIGHT:\
:welcome=/etc/motd:\
:setenv=MAIL=/var/mail/$,BLOCKSIZE=K:\
:path=~/bin:/sbin:/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/usr/local/sbin:/usr/local/bin--
:manpath=/usr/share/man /usr/local/man:\
:nologin=/usr/sbin/nologin:\
:cputime=1h30m:\
:datasize=8M:\
:vmemoryuse=100M:\
:stacksize=2M:\
:memorylocked=4M:\
:memoryuse=8M:\
:filesize=8M:\
:coredumpsize=8M:\
:openfiles=24:\
:maxproc=32:\
:priority=0:\
:requirehome:\
:passwordtime=91d:\
:umask=022:\
:ignoretime@:\
:label=biba/10(10-10):
```

Zusätzlich fügen wir beim Standardnutzer folgende Zeile hinzu:

```
:label=biba/high:
```

Anschließend muß die Datenbank neu erstellt werden:

```
# cap_mkdb /etc/login.conf
```

16.15.2. Boot-Konfiguration

Starten Sie den Rechner noch nicht neu. Fügen Sie zunächst noch die folgenden Zeilen in die Datei `/boot/loader.conf` ein, damit die benötigten Module während des Systemstarts geladen werden:

```
mac_biba_load="YES"
mac_seeotheruids_load="YES"
```

16.15.3. Nutzer einrichten

Ordnen Sie den Superuser `root` der Klasse `default` zu:

```
# pw usermod root -L default
```

Alle Nutzerkonten, die weder `root` noch Systemkonten sind, brauchen nun eine Loginklasse, da sie sonst keinen Zugriff auf sonst übliche Befehle erhalten, wie bspw. [vi\(1\)](#). Das folgende `sh` Skript wird diese Aufgabe erledigen:

```
# for x in `awk -F: '($3 >= 1001) && ($3 != 65534) { print $1 }' \
/etc/passwd`; do pw usermod $x -L default; done;
```

Verschieben Sie die Nutzer `nagios` und `www` in die `insecure` Klasse:

```
# pw usermod nagios -L insecure
```

```
# pw usermod www -L insecure
```

16.15.4. Die Kontextdatei erstellen

Nun muß eine Kontextdatei erstellt werden. Die folgende Beispieldatei soll dazu in `/etc/policy.contexts` gespeichert werden:

```
# This is the default BIBA policy for this system.
```

```
# System:
```

```
/var/run                biba/equal
```

```
/var/run/*              biba/equal
```

```
/dev                    biba/equal
```

```
/dev/*                  biba/equal
```

```
/var                    biba/equal
```

```
/var/spool              biba/equal
```

```
/var/spool/*            biba/equal
```

```
/var/log                biba/equal
```

```
/var/log/*              biba/equal
```

```
/tmp                    biba/equal
```

```
/tmp/*                  biba/equal
```

```
/var/tmp                biba/equal
```

```
/var/tmp/*              biba/equal
```

```
/var/spool/mqueue       biba/equal
```

```
/var/spool/clientmqueue biba/equal
```

```
# For Nagios:
```

```
/usr/local/etc/nagios
```

```
/usr/local/etc/nagios/* biba/10
```

```
/var/spool/nagios        biba/10
```

```
/var/spool/nagios/*      biba/10
```

```
# For apache
```

```
/usr/local/etc/apache    biba/10
```

```
/usr/local/etc/apache/*  biba/10
```

Die Richtlinie erzwingt Sicherheit, indem der Informationsfluß Einschränkungen unterworfen wird. In der vorliegenden Konfiguration kann kein Nutzer, weder `root` noch andere, auf Nagios zugreifen. Konfigurationsdateien und die Prozesse, die Teil von Nagios sind, werden durch unsere MAC vollständig abgegrenzt.

Die Kontextdatei kann nun vom System eingelesen werden, indem folgender Befehl ausgeführt wird:

```
# setfmac -ef /etc/policy.contexts /
```

```
# setfmac -ef /etc/policy.contexts /
```



Anmerkung

Das obenstehende Dateisystem-Layout kann, je nach Umgebung, sehr unterschiedlich aussehen. Außerdem muß es auf jedem einzelnen Dateisystem ausgeführt werden.

In die Datei `/etc/mac.conf` müssen nun noch diese Änderungen eingetragen werden:

```
default_labels file ?biba
```

```
default_labels ifnet ?biba
default_labels process ?biba
default_labels socket ?biba
```

16.15.5. Netzwerke einbinden

Tragen Sie die folgende Zeile in die Datei `/boot/loader.conf` ein:

```
security.mac.biba.trust_all_interfaces=1
```

Und das Folgende gehört in Datei `rc.conf` zu den Optionen für die Netzwerkkarte. Falls die Netzwerkverbindung(en) via DHCP konfiguriert werden, muß man dies nach jedem Systemstart eigenhändig nachtragen:

```
maclabel biba/equal
```

16.15.6. Testen der Konfiguration

Versichern Sie sich, dass der Webserver und Nagios nicht automatisch geladen werden und starten Sie den Rechner neu. Prüfen Sie nun, ob `root` wirklich keinen Zugriff auf die Dateien im Konfigurationsverzeichnis von Nagios hat. Wenn `root` den Befehl `ls(1)` auf `/var/spool/nagios` ausführen kann, ist irgendwas schief gelaufen. Es sollte ein `permission denied` Fehler ausgegeben werden.

Wenn alles gut aussieht, können Nagios, Apache und Sendmail gestartet werden - allerdings auf eine Weise, die unserer Richtlinie gerecht wird. Zum Beispiel durch die folgenden Kommandos:

```
# cd /etc/mail && make stop && \
setpmac biba/equal make start && setpmac biba/10\10-10\ apachectl start && \
setpmac biba/10\10-10\ /usr/local/etc/rc.d/nagios.sh forcestart
```

Versichern Sie sich lieber doppelt, dass alles ordentlich läuft. Wenn nicht, prüfen Sie die Logs und Fehlermeldungen. Verwenden Sie das `sysctl(8)` Werkzeug um die Sicherheitsrichtlinie `sysctl(8)` zu deaktivieren und versuchen Sie dann alles noch einmal zu starten.



Anmerkung

Der Superuser kann den Vollzug der Richtlinie schalten und die Konfiguration ohne Furcht verändern. Folgender Befehl stuft eine neu gestartete Shell herunter:

```
# setpmac biba/10 csh
```

Um dies zu vermeiden, werden die Nutzer durch `login.conf(5)` eingeschränkt. Wenn `setpmac(8)` einen Befehl außerhalb der definierten Schranken ausführen soll, wird ein Fehler zurückgeliefert. In so einem Fall muß `root` auf `biba/high(high-high)` gesetzt werden.

16.16. Beispiel 2: User Lock Down

Grundlage dieses Beispiels ist ein relativ kleines System zur Datenspeicherung mit weniger als 50 Benutzern. Diese haben die Möglichkeit, sich einzuloggen und dürfen nicht nur Daten speichern, sondern auch auf andere Ressourcen zugreifen.

Die Richtlinien `mac_bsdextended(4)` und `mac_seeotheruids(4)` können gleichzeitig eingesetzt werden. Zusammen kann man mit ihnen nicht nur den Zugriff auf Systemobjekte einschränken, sondern auch Nutzerprozesse verstecken.

Beginnen Sie, indem Sie die folgende Zeile in die Datei `/boot/loader.conf` eintragen:

```
mac_seeotheruids_load="YES"
```

Die Richtlinie `mac_bsdextended(4)` wird durch den anschließenden Eintrag in `/etc/rc.conf` hinzugefügt:

```
ugidfw_enable="YES"
```

Die Standardregeln, welche in `/etc/rc.bsdextended` gespeichert sind, werden zum Systemstart geladen. Sie müssen aber noch angepasst werden. Da dieser Computer nur Nutzern dienen soll und weitere Dienste gestartet werden, kann alles bis auf die beiden letzten Zeilen auskommentiert werden. Das sorgt dafür dass jeder Nutzer seine eigenen Systemobjekte erhält.

Nun fügen wir alle benötigten Nutzer auf der Maschine hinzu und starten neu. Zum Testen der Einstellungen loggen Sie sich parallel zwei mal mit unterschiedlichen Nutzernamen ein und starten Sie das Kommando `ps aux`. Dort sehen Sie, dass Sie die Prozesse des anderen Nutzers nicht sehen können. Versuchen Sie, `ls(1)` auf das Heimatverzeichnis eines anderen Nutzers auszuführen. Auch dieser Versuch wird fehlschlagen.

Solange nicht die speziellen `sysctl`-Variablen geändert wurden, hat der Superuser noch vollen Zugriff. Sobald auch diese Einstellungen angepasst wurden, führen Sie ruhig auch den obigen Test als `root` aus.



Anmerkung

Wenn ein neuer Benutzer hinzugefügt wird, ist für diesen zunächst keine `mac_bsdextended(4)` Regel im Regelsatz vorhanden. Schnelle Abhilfe schafft hier, einfach das Kernelmodul mit `kldunload(8)` zu entladen und mit `kldload(8)` erneut einzubinden.

16.17. Fehler im MAC beheben

Während der Entwicklung des Frameworks haben einige Nutzer auf Probleme hingewiesen. Einige davon werden hier aufgeführt:

16.17.1. Die Option `multilabel` greift nicht auf der `/`-Partition

Es scheint, dass etwa jedem fünfzigsten Nutzer dieses Problem widerfährt. Und in der Tat - auch wir kennen es aus der Entwicklung. Genauere Untersuchungen dieses „Bugs“ machten uns glauben, dass es sich entweder um einen Fehler in oder eine fehlerhafte Interpretation der Dokumentation handelt. Warum auch immer dieser Fehler auftritt - er kann mit folgender Prozedur behoben werden:

1. Öffnen Sie die Datei `/etc/fstab` und setzen Sie die Rootpartition auf `ro` wie „read-only“.
2. Starten Sie in den Einzelnutzermodus.
3. Rufen Sie `tunefs -l enable` für `/` auf.
4. Starten Sie in den Mehrbenutzermodus.
5. Führen Sie `mount -urw /` aus und ändern Sie anschließend in der Datei `/etc/fstab` die Option `ro` zurück in `rw`. Starten Sie das System noch einmal neu.
6. Achten Sie besonders auf die Ausgabe von `mount` um sich zu versichern, dass die `multilabel` korrekt für das root-Dateisystem gesetzt wurde.

16.17.2. Mit der aktivierten MAC kann ich keinen X11 Server starten

Dies kann durch die Richtlinie `partition` oder einer fehlerhaften Verwendung einer Richtlinie, die mit Labels arbeitet, auftreten. Zum debuggen versuchen Sie folgendes:

1. Schauen Sie sich die Fehlermeldungen genau an. Wenn der Nutzer einer `insecure` Klasse angehört, ist wahrscheinlich die Richtlinie `partition` die Ursache. Versuchen Sie, die Nutzerklasse auf `default` zu stellen und danach die Datenbank mit `cap_mkdb` zu erneuern. Wenn das Problem dadurch nicht gelöst wird, gehen Sie weiter zu Schritt 2.
2. Gehen Sie die Label-Richtlinien Schritt für Schritt noch einmal durch. Achten Sie darauf, dass für den Nutzer, bei dem das Problem auftritt, für X11 und das Verzeichnis `/dev` alle Einstellungen korrekt sind.
3. Falls all dies nicht helfen sollte, senden Sie die Fehlermeldung und eine Beschreibung ihrer Arbeitsumgebung an die (englisch-sprachige) TrustedBSD Diskussionsliste auf der [TrustedBSD](#) Webseite oder an die [FreeBSD general questions](#) Mailingliste.

16.17.3. Error: `_secure_path(3)` cannot stat `.login_conf`

Wenn ich versuche, von `root` zu einem anderen Nutzer des Systems zu wechseln, erhalte ich die Fehlermeldung `_secure_path: unable to state .login_conf`.

Diese Meldung wird gewöhnlich ausgegeben, wenn der Nutzer ein höhere Label-Einstellung hat als der, dessen Identität man annehmen möchte. Ausführlich: Wenn ein Nutzer `joe` als `biba/low` gelabelt wurde, kann `root`, der `biba/high` als Voreinstellung trägt, das Heimatverzeichnis von `joe` nicht einsehen. Das passiert unabhängig davon, ob `root` vorher mit `su` die Identität von `joe` angenommen hat oder nicht, da das Label sich nicht ändert. Hier haben wir also einen Fall, in dem das Gewährleistungsmodell von Biba verhindert, dass der Superuser Objekte einer niedrigeren Integrität betrachten kann.

16.17.4. Der Nutzer `root` ist kaputt!

Im normalen oder sogar im Einzelbenutzermodus wird `root` nicht anerkannt. Das Kommando `whoami` liefert `0 (null)` und `su` liefert `who are you?` zurück. Was geht da vor?

Das kann passieren, wenn eine Label-Richtlinie ausgeschaltet wird - entweder durch [sysctl\(8\)](#) oder wenn das Richtlinienmodul entladen wurde. Wenn eine Richtlinie deaktiviert oder auch nur vorübergehend deaktiviert wird, muß die Befähigungsdatenbank neu konfiguriert werden, d.h. die `label` Option muß entfernt werden. Überprüfen Sie, ob alle `label` Einträge aus der Datei `/etc/login.conf` entfernt wurden und bauen Sie die Datenbank mit `cap_mkdb` neu.

Dieser Fehler kann auch auftreten, wenn eine Richtlinie den Zugriff auf die Datei `master.passwd` einschränkt. Normalerweise passiert das nur, wenn ein Administrator ein Label an diese Datei vergibt, das mit der allgemeingültigen Richtlinie, die das System verwendet, in Konflikt steht. In solchen Fällen werden die Nutzerinformationen vom System ausgelesen und jeder weitere Zugriff wird blockiert, sobald das neue Label greift. Wenn man die Richtlinie via [sysctl\(8\)](#) ausschaltet, sollte es erstmal wieder gehen.

Kapitel 17. Security Event Auditing

Geschrieben von Tom Rhodes und Robert Watson.
Übersetzt von Daniel Seuffert.

17.1. Einleitung

FreeBSD bietet Unterstützung für Sicherheits-Auditing. Ereignis-Auditing bietet zuverlässige, feingranulierte und konfigurierbare Aufzeichnung einer Vielzahl von sicherheitsrelevanten Systemereignissen einschliesslich Benutzereingaben, Konfigurationsänderungen sowie Datei- und Netzwerkzugriffen. Diese Log-Datensätze können unschätzbar wertvoll sein für direkte Systemüberwachung, Einbruchserkennung und Post-Mortem-Analyse. FreeBSD implementiert SunTMs öffentlich zugängliches Basic Security Module (BSM) Application Programming Interface (API) und Dateiformat, und kann mit den Audit-Implementierungen von SunTM SolarisTM und Apple[®] Mac OS[®] X zusammenarbeiten.

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Installation und Konfiguration des Ereignis-Auditing. Es erklärt Audit-Richtlinien und stellt ein Beispiel einer Audit-Konfiguration vor.

Nach dem Lesen dieses Kapitels werden Sie Folgendes wissen:

- Was Ereignis-Auditing ist und wie es funktioniert.
- Wie man Ereignis-Auditing in FreeBSD für Benutzer und Prozesse konfiguriert.
- Wie man den Audit-Pfad mittels Audit-Reduktion und Revisionswerkzeugen überprüft.

Vor dem Lesen dieses Kapitels sollten Sie:

- Sowohl UNIX[®] als auch FreeBSD-Basismechanismen beherrschen ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)).
- Mit den grundlegenden Mechanismen der Kernel-Konfiguration und -Kompilierung vertraut sein ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).
- Mit den Maßnahmen zur Sicherung von FreeBSD vertraut sein ([Kapitel 14, Sicherheit](#)).



Warnung

Die Audit-Funktionalität in FreeBSD hat einige bekannte Einschränkungen. Nicht alle sicherheitsrelevanten System-Ereignisse sind auditierbar, und einige Anmelde-Mechanismen, wie beispielsweise Xorg-basierte Bildschirm-Manager und Dienste von Drittanbietern, konfigurieren das Auditing für Benutzeranmeldungen nicht korrekt.

Das Sicherheits-Auditing ist in der Lage, sehr detaillierte Log-Dateien von Systemaktivitäten zu erzeugen. Auf einem ausgelasteten System kann die Pfad-Datei sehr groß werden, wenn sie für hohe Auflösung konfiguriert ist, und im Extremfall pro Woche um mehrere Gigabyte anwachsen. Administratoren sollten daher den benötigten Plattenplatz in Verbindung mit umfangreichen Audit-Konfigurationen berücksichtigen. So kann es wünschenswert sein, ein eigenes Dateisystem für `/var/audit` einzusetzen, damit andere Dateisysteme nicht betroffen sind, wenn das Dateisystem des Audit voll läuft.

17.2. Schlüsselbegriffe

Die folgenden Begriffe stehen im Zusammenhang mit Ereignis-Auditing:

- *event*: ein auditierbares Ereignis ist jedes Ereignis, das mit dem Audit-Subsystem aufgezeichnet werden kann. Beispiele für sicherheitsrelevante Systemereignisse sind etwa das Anlegen von Dateien, das Erstellen einer Netzwerkverbindung oder eine Benutzeranmeldung. Ereignisse sind entweder „attributierbar“, können also zu einem authentifizierten Benutzer zurückverfolgt werden, oder sind „nicht-attributierbar“. Nicht-attributierbare Ereignisse erfolgen daher vor der Authentifizierung im Anmeldeprozess (beispielsweise die Eingabe eines falschen Passworts).
- *class*: benannte Zusammenstellungen von zusammengehörenden Ereignissen, die in Auswahl-Ausdrücken benutzt werden. Häufig genutzte Klassen von Ereignissen schließen „file creation“ (fc, Anlegen von Dateien), „exec“ (ex, Ausführung) und „login_logout“ (lo, Anmeldung-Abmeldung) ein.
- *record*: ein Audit-Logeintrag, der ein Sicherheitsereignis enthält. Jeder Datensatz enthält einen Ereignistyp, Informationen über den Gegenstand (Benutzer), welcher die Aktion durchführt, Datums- und Zeitinformationen, Informationen über jedes Objekt oder Argument sowie den Zustand hinsichtlich Erfolg oder Scheitern der Operation.
- *trail*: eine Log-Datei bestehend aus einer Reihe von Audit-Datensätzen, die Sicherheitsereignisse beschreiben. Pfade sind in grober zeitlicher Reihenfolge bezüglich des Zeitpunktes, an welchem ein Ereignis beendet wurde. Nur autorisierte Prozesse dürfen Datensätze zum Audit-Pfad hinzufügen.
- *selection expression*: eine Zeichenkette, welche eine Liste von Präfixen und Audit-Ereignisklassennamen enthält, um Ereignisse abzugleichen.
- *preselection*: der Prozess, durch den das System erkennt, welche Ereignisse von Interesse für den Administrator sind, um die Erzeugung von Datensätzen zu verhindern, welche nicht von Belang sind. Die Konfiguration der Vorauswahl benutzt eine Reihe von Auswahl-Ausdrücken, um zu erkennen, welche Klassen von Ereignissen für welche Benutzer aufgezeichnet werden sollen sowie globale Einstellungen, welche sowohl auf autorisierte als auch unautorisierte Prozesse angewendet werden.
- *reduction*: Die Reduzierung ist der Prozess, durch den Datensätze von bestehenden Audit-Pfaden ausgewählt werden für Speicherung, Ausdruck oder Analyse. Ebenso der Prozess, durch den unerwünschte Datensätze aus dem Audit-Pfad entfernt werden. Mittels Reduzierung können Administratoren Richtlinien für die Speicherung von Audit-Daten vorgeben. Zum Beispiel können ausführliche Audit-Pfade für einen Monat gespeichert werden, um danach den Pfad für archivarische Zwecke auf die Anmeldeinformationen zu reduzieren.

17.3. Audit Konfiguration

Userspace-Unterstützung für Ereignis-Auditing ist Bestandteil des FreeBSD-Betriebssystems. Kernel-Unterstützung kann durch Hinzufügen der folgenden Zeile in `/etc/rc.conf` aktiviert werden:

```
auditd_enable="YES"
```

Starten Sie anschließend den Audit-Daemon:

```
# service auditd start
```

Benutzer, die es bevorzugen einen angepassten Kernel zu kompilieren, müssen folgende Zeile in die Kernelkonfigurationsdatei aufnehmen:

```
options    AUDIT
```

17.3.1. Ereignis-Auswahlausdrücke

Auswahlausdrücke werden an einigen Stellen der Audit-Konfiguration benutzt, um zu bestimmen, welche Ereignisse auditiert werden sollen. Die Ausdrücke enthalten eine Liste der Ereignisklassen, welche verglichen werden

sollen, jede mit einem Präfix, welches anzeigt, ob verglichene Datensätze akzeptiert oder ignoriert werden sollen und optional, um anzuzeigen, ob der Eintrag beabsichtigt, erfolgreiche oder fehlgeschlagene Operationen zu vergleichen. Auswahl ausdrücke werden von links nach rechts ausgewertet und zwei Ausdrücke werden durch Aneinanderhängen miteinander kombiniert.

Tabelle 17.1, „Audit-Ereignisklassen“ fasst die Audit-Ereignisklassen zusammen:

Tabelle 17.1. Audit-Ereignisklassen

Name der Klasse	Beschreibung	Aktion
all	all	Vergleicht alle Ereignisklassen.
aa	authentifizierung und autorisierung	
ad	administrative	Administrative Aktionen, ausgeführt auf dem System als Ganzes.
ap	application	Aktionen definiert für Applikationen.
cl	file close	Audit-Aufrufe für den Systemaufruf <code>close</code> .
ex	exec	Ausführung des Audit-Programms. Auditierung von Befehlszeilen-Argumenten und Umgebungsvariablen wird gesteuert durch <code>audit_control(5)</code> mittels der <code>argv</code> und <code>envv</code> -Parameter gemäß der Richtlinien-Einstellungen.
fa	file attribute access	Auditierung des Zugriffs auf Objektattribute wie <code>stat(1)</code> und <code>pathconf(2)</code> .
fc	file create	Audit-Ereignisse, bei denen eine Datei als Ergebnis angelegt wird.
fd	file delete	Audit-Ereignisse, bei denen Dateilöschungen vorkommen.
fm	file attribute modify	Audit-Ereignisse, bei denen Dateiattribute geändert werden, wie <code>chown(8)</code> , <code>chflags(1)</code> und <code>flock(2)</code> .
fr	file read	Audit-Ereignisse, bei denen Daten gelesen oder Dateien zum lesen geöffnet werden.
fw	file write	Audit-Ereignisse, bei denen Daten geschrieben oder Dateien geschrieben oder verändert werden.
io	ioctl	Nutzung des Systemaufrufes <code>ioctl</code> durch Audit.
ip	ipc	Auditierung verschiedener Formen von Inter-Prozess-Kommunikation einschließlich POSIX-Pipes und System V IPC-Operationen.
lo	login_logout	Audit-Ereignisse von <code>login(1)</code> und <code>logout(1)</code> .

Name der Klasse	Beschreibung	Aktion
na	non attributable	Auditierung nicht-attributierbarer Ereignisse.
no	invalid class	Kein Abgleich von Audit-Ereignissen.
nt	network	Audit-Ereignisse in Zusammenhang mit Netzwerkaktivitäten wie connect(2) und accept(2)
ot	other	Auditierung verschiedener Ereignisse.
pc	process	Auditierung von Prozess-Operationen wie exec(3) und exit(3) .

Diese Ereignisklassen können angepasst werden durch Modifizierung der Konfigurationsdateien `audit_class` und `audit_event`.

Jede Audit-Klasse ist kombiniert mit einem Präfix, welches anzeigt, ob erfolgreiche/gescheiterte Operationen abgebildet werden, und ob der Eintrag den Abgleich hinzufügt oder entfernt für die Klasse und den Typ. [Tabelle 17.2, „Präfixe für Audit-Ereignisklassen“](#) fasst die verfügbaren Präfixe zusammen.

Tabelle 17.2. Präfixe für Audit-Ereignisklassen

Präfix	Aktion
+	Auditert erfolgreiche Ereignisse in dieser Klasse.
-	Auditert fehlgeschlagene Ereignisse in dieser Klasse.
^	Auditert weder erfolgreiche noch fehlgeschlagene Ereignisse.
^+	Auditert keine erfolgreichen Ereignisse in dieser Klasse.
^-	Auditert keine fehlgeschlagenen Ereignisse in dieser Klasse.

Wenn kein Präfix vorhanden ist, werden sowohl erfolgreiche als auch fehlgeschlagene Ereignisse auditiert.

Das folgende Beispiel einer Auswahl-Zeichenkette wählt erfolgreiche und gescheiterte Anmelde-/Abmelde-Ereignisse aus, aber nur erfolgreich beendete Ausführungs-Ereignisse:

```
lo,+ex
```

17.3.2. Konfigurationsdateien

Die folgenden Konfigurationsdateien für Sicherheits-Auditing befinden sich in `/etc/security`.

- `audit_class` : enthält die Definitionen der Audit-Klassen.
- `audit_control`: steuert die Eigenschaften des Audit-Subsystems, wie Standard-Audit-Klassen, Mindestfestplattenpeicher auf dem Audit-Log-Volumen und die maximale Größe des Audit-Trails.
- `audit_event` : Namen und Beschreibungen der Audit-Ereignisse, und eine Liste von Klassen mit den dazugehörigen Ereignissen.
- `audit_user`: benutzerspezifische Audit-Anforderungen, kombinierbar mit den globalen Standardeinstellungen bei der Anmeldung.
- `audit_warn` : ein anpassbares Skript, das von [auditd\(8\)](#) verwendet wird, um in bestimmten Situationen Warnmeldungen zu generieren, z.B. wenn der Platz für Audit-Protokolle knapp wird, oder wenn die Datei des Audit-Trails rotiert wurde.



Warnung

Konfigurationsdateien von Audit sollten sorgfältig bearbeitet und gepflegt werden, da Fehler in der Konfiguration zu einer fehlerhaften Protokollierung der Ereignisse führen können.

In den meisten Fällen werden Administratoren nur `audit_control` und `audit_user` anpassen müssen. Die erste Datei steuert systemweite Audit-Eigenschaften, sowie Richtlinien. Die zweite Datei kann für die Feinabstimmung bei der Auditierung von Benutzern verwendet werden.

17.3.2.1. Die `audit_control`-Datei

Die `audit_control`-Datei legt eine Anzahl Vorgabewerte fest:

```
dir:/var/audit
dist:off
flags:lo,aa
minfree:5
naflags:lo,aa
policy:cnt,argv
filesz:2M
expire-after:10M
```

Die Option `dir` wird genutzt, um eines oder mehrere Verzeichnisse festzulegen, in welchen Audit-Protokolle gespeichert werden. Gibt es mehrere Verzeichniseinträge, werden diese in der angegebenen Reihenfolge genutzt, bis sie jeweils gefüllt sind. Es ist üblich, Audit so zu konfigurieren, dass die Audit-Logs auf einem dedizierten Dateisystem abgelegt werden, um Wechselwirkungen zwischen dem Audit-Subsystem und anderen Subsystemen zu verhindern, falls das Dateisystem voll läuft.

Ist die Option `dist` auf `on` oder `yes` gesetzt, wird ein Link der Dateien des Audit-Trails in `/var/audit/dist` erstellt.

Das `flags`-Feld legt die systemweite Standard-Vorauswahl-Maske für attributierbare (direkt einem Benutzer zuordenbare) Ereignisse fest. Im obigen Beispiel werden alle gescheiterten und erfolgreichen Anmelde- und Abmelde-Ereignisse für alle Benutzer aufgezeichnet.

Die Option `minfree` definiert den minimalen Prozentsatz an freiem Plattenplatz für das Dateisystem, in welchem der Audit-Pfad abgespeichert wird. Wenn diese Schwelle überschritten ist, wird ein Warnhinweis erzeugt.

Die `naflags`-Option bestimmt diejenigen Audit-Klassen, für die nicht-attributierbare Ereignisse aufgezeichnet werden sollen, wie beispielsweise Anmeldeprozesse, Authentifizierung und Autorisierung.

Die Option `policy` legt eine durch Kommata getrennte Liste von `policy`-Flags fest, welche verschiedene Aspekte des Audit-Verhaltens steuern. Der Flag `cnt` zeigt an, dass das System trotz eines Audit-Fehlers weiterlaufen soll (dieses Flag wird dringend empfohlen). Ein anderes, häufig genutztes Flag ist `argv`, welches dazu führt, dass Befehlszeilen-Argumente für den Systemaufruf `execve(2)` als Teil der Befehlsausführung aufgezeichnet werden.

Die `filesz`-Option spezifiziert die maximale Größe der Audit-Datei, bevor sie automatisch beendet und rotiert wird. Der Wert `0` setzt die automatische Log-Rotation ausser Kraft. Falls die angeforderte Dateigröße unterhalb des Minimums von 512K ist, dann wird die Angabe verworfen und ein Log-Hinweis wird erzeugt.

Die Option `expire-after` legt fest, wann die Audit-Dateien verfallen und entfernt werden.

17.3.2.2. Die Datei `audit_user`

Die `audit_user`-Datei erlaubt es dem Administrator, weitere Audit-Erfordernisse für bestimmte Benutzer festzulegen. Jede Zeile konfiguriert das Auditing für einen Benutzer über zwei Felder: `alwaysaudit` gibt eine Ansammlung von Ereignissen vor, welche immer für diesen Benutzer aufgezeichnet werden. `neveraudit` legt Ereignisse fest, die niemals für diesen Benutzer auditiert werden sollen.

Das folgende Beispiel einer `audit_user`-Datei zeichnet Anmelde-/Abmelde-Ereignisse, erfolgreiche Befehlsausführungen für den Benutzer `root`, Anlegen von Dateien und erfolgreiche Befehlsausführungen für den Benutzer `www` auf. Falls die voreingestellte `audit_control` benutzt wird, dann ist der Eintrag `lo` für `root` überflüssig und Anmelde-/Abmelde-Ereignisse werden für `www` ebenfalls aufgezeichnet.

```
root:lo,+ex:no
www:fc,+ex:no
```

17.4. Audit-Trails

Weil Audit-Trails werden im binären BSM-Format gespeichert werden, gibt es verschiedene Werkzeuge, um derartige Dateien zu ändern oder sie in Textdateien zu konvertieren. Der Befehl `praudit` wandelt alle Pfad-Dateien in ein einfaches Textformat um. Der Befehl `auditreduce` kann genutzt werden, um die Pfad-Dateien für Analyse, Ausdruck, Archivierung oder andere Zwecke zu reduzieren. Eine Reihe von Auswahl-Parametern werden von `auditreduce(1)` unterstützt, einschliesslich Ereignistyp, Ereignisklasse, Benutzer, Datum oder Uhrzeit des Ereignisses und den Dateipfad oder das Objekt, mit dem gearbeitet wurde.

Der folgende Befehl schreibt den gesamten Inhalt einer angegebenen Audit-Protokolldatei in eine Textdatei:

```
# praudit /var/audit/ AUDITFILE
```

`AUDITFILE` ist hier die zu schreibende Protokolldatei.

Audit-Pfade bestehen aus einer Reihe von Datensätzen, die wiederum aus Kürzeln (token) gebildet werden, die von `praudit(1)` fortlaufend zeilenweise ausgegeben werden. Jedes Kürzel ist von einem bestimmten Typ, z.B. enthält `header` einen audit-Datensatz-Header oder `path` enthält einen Dateipfad von einer Suche. Hier ein Beispiel eines `execve`-Ereignisses:

```
header,133,10,execve(2),0,Mon Sep 25 15:58:03 2006, + 384 msec
exec_arg,finger,doug
path,/usr/bin/finger
attribute,555,root,wheel,90,24918,104944
subject,robert,root,wheel,root,wheel,38439,38032,42086,128.232.9.100
return,success,0
trailer,133
```

Dieser Audit stellt einen erfolgreichen `execve`-Aufruf dar, in welchem der Befehl `finger` `doug` ausgeführt wurde. `exec_arg` enthält die Befehlszeile, welche die Shell an den Kernel weiterleitet. Das Kürzel `path` enthält den Pfad zur ausführbaren Datei (wie vom Kernel wahrgenommen). Das Kürzel `attribute` beschreibt die Binärdatei und enthält den Datei-Modus, der genutzt werden kann, um zu bestimmen, ob `setuid` auf die Applikation angewendet wurde. Das Kürzel `subject` speichert die Audit-Benutzer-ID, effektive Benutzer-ID und Gruppen-ID, wirkliche Benutzer-ID und Gruppen-ID, Process-ID, Session-ID, Port-ID und Anmelde-Adresse. Beachten Sie, dass Audit-Benutzer-ID und wirkliche Benutzer-ID abweichen, da der Benutzer `robert` zum Benutzer `root` wurde, bevor er diesen Befehl ausführte, aber er wird auditiert mit dem ursprünglich authentifizierten Benutzer. Das Kürzel `return` zeigt die erfolgreiche Ausführung an und `trailer` schließt den Datensatz ab.

Die Ausgabe im XML-Format wird ebenfalls unterstützt und kann über die Option `-x` ausgewählt werden.

Da Audit-Protokolldateien sehr groß sein können, kann mit Hilfe von `auditreduce` auch nur eine Teilmenge der Datensätze ausgewählt werden. Dieses Beispiel selektiert alle Datensätze des Benutzers `trhodes` aus der Datei `AUDITFILE`:

```
# auditreduce -u trhodes /var/audit/ AUDITFILE | praudit
```

Mitglieder der Gruppe `audit` sind berechtigt, Audit-Pfade in `/var/audit` zu lesen. In der Voreinstellung ist diese Gruppe leer, daher kann nur der Benutzer `root` die Audit-Pfade lesen. Benutzer können der Gruppe `audit` hinzugefügt werden, um Rechte für Audit-Reviews zu gewähren. Da die Fähigkeit, Inhalte von Audit-Protokolldateien zu verfolgen, tiefgreifende Einblicke in das Verhalten von Benutzern und Prozessen erlaubt, wird empfohlen, dass die Gewährung von Rechten für Audit-Reviews mit Bedacht erfolgt.

17.4.1. Aktive Überwachung mittels Audit-Pipes

Audit-Pipes sind nachgebildete (geklonte) Pseudo-Geräte, welche es Applikationen erlauben, die laufenden Audit-Datensätze anzuzapfen. Dies ist vorrangig für Autoren von Intrusion Detection Software und Systemüberwachungsprogrammen von Bedeutung. Allerdings ist das Audit-Pipe-Gerät ein angenehmer Weg für den Administrator, aktive Überwachung zu gestatten, ohne Gefahr von Problemen durch Besitzerrechte der Audit-Pfad-Datei oder Unterbrechung des Stroms von Ereignissen durch Log-Rotation. Um den laufenden Audit-Ereignisstrom zu verfolgen, geben Sie folgendes ein:

```
# praudit /dev/auditpipe
```

In der Voreinstellung kann nur der Benutzer `root` auf die Audit-Pipe-Geräte-Knotenpunkte zugreifen. Um sie allen Mitgliedern der Gruppe `audit` zugänglich zu machen, fügen Sie eine `devfs`-Regel in `/etc/devfs.rules` hinzu:

```
add path 'auditpipe*' mode 0440 group audit
```

Lesen Sie [devfs.rules\(5\)](#) für weitere Informationen, wie das `devfs`-Dateisystem konfiguriert wird.



Warnung

Es ist sehr leicht, Rückmeldungszyklen von Audit-Ereignissen hervorzurufen, in welcher das Betrachten des Resultates eines Audit-Ereignisses in die Erzeugung von mehr Audit-Ereignissen mündet. Wenn zum Beispiel der gesamte Netzwerk-I/O auditiert wird, während `praudit` in einer SSH-Sitzung gestartet wurde, dann wird ein kontinuierlicher, mächtiger Strom von Audit-Ereignissen erzeugt, da jedes ausgegebene Ereignis wiederum neue Ereignisse erzeugt. Daher ist anzuraten, `praudit` an einem Audit-Pipe-Gerät nur von Sitzungen anzuwenden (ohne feingranuliertes I/O-Auditing), um dies zu vermeiden.

17.4.2. Rotation und Komprimierung von Audit-Pfad-Dateien

Audit-Pfade werden vom Kernel geschrieben und vom Audit-Daemon `auditd(8)` verwaltet. Administratoren sollten nicht versuchen, `newsyslog.conf(5)` oder andere Werkzeuge zu benutzen, um Audit-Protokolldateien direkt zu rotieren. Stattdessen sollte `audit` benutzt werden, um die Auditierung zu beenden, das Audit-System neu zu konfigurieren und eine Log-Rotation durchzuführen. Der folgende Befehl veranlasst den Audit-Daemon, eine neue Protokolldatei anzulegen und dem Kernel zu signalisieren, die neue Datei zu nutzen. Die alte Datei wird beendet und umbenannt. Ab diesem Zeitpunkt kann sie vom Administrator bearbeitet werden:

```
# audit -n
```

Falls der `auditd(8)`-Daemon gegenwärtig nicht läuft, wird dieser Befehl scheitern und eine Fehlermeldung wird ausgegeben.

Das Hinzufügen der folgenden Zeile in `/etc/crontab` wird die Log-Rotation alle zwölf Stunden durchgeführt:

```
0 */12 * * * root /usr/sbin/audit -n
```

Die Änderung wird wirksam, sobald `/etc/crontab` gespeichert wird.

Die automatische Rotation der Audit-Pfad-Datei in Abhängigkeit von der Dateigröße ist möglich durch die Angabe der Option `filesz` in `audit.control`. Dieser Vorgang ist in [Abschnitt 17.3, „Audit Konfiguration“](#) beschrieben.

Da Audit-Pfad-Dateien sehr groß werden können, ist es oft wünschenswert, Pfade zu komprimieren oder anderweitig zu archivieren, sobald sie vom Audit-Daemon geschlossen wurden. Das Skript `audit_warn` kann genutzt werden, um angepasste Aktionen für eine Vielzahl von audit-bezogenen Ereignissen auszuführen, einschliesslich der sauberen Beendigung von Audit-Pfaden, wenn diese geschlossen werden. Zum Beispiel kann man die folgenden Zeilen in `/etc/security/audit_warn` aufnehmen, um Audit-Pfade beim Beenden zu komprimieren:

```
#  
# Compress audit trail files on close.  
#  
if [ "$1" = closefile - ]; then  
    gzip -9 $2  
fi
```

Andere Archivierungsaktivitäten können das Kopieren zu einem zentralen Server, die Löschung der alten Pfad-Dateien oder die Reduzierung des alten Audit-Pfades durch Entfernung nicht benötigter Datensätze einschließen. Dieses Skript wird nur dann ausgeführt, wenn die Audit-Pfad-Dateien sauber beendet wurden, daher wird es nicht auf Pfaden laufen, welche durch ein unsauberes Herunterfahren des Systems nicht beendet wurden.

Kapitel 18. Speichermedien

Übersetzt von Bernd Warken und Martin Heinen.

18.1. Übersicht

Dieses Kapitel behandelt die Benutzung von Laufwerken unter FreeBSD. Hierzu zählen SCSI- und IDE-Geräte, CD- und DVD-Medien, speicherbasierte Laufwerke und USB-Geräte.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie Folgendes wissen:

- Wie Sie zusätzliche Laufwerke zu einem FreeBSD-System hinzufügen.
- Wie Sie unter FreeBSD die Partition einer Festplatte vergrößern.
- Wie Sie FreeBSD zur Verwendung von USB-Speichermedien konfigurieren.
- Wie Sie CD- und DVD-Medien unter FreeBSD benutzen.
- Wie Sie die unter FreeBSD erhältlichen Backup-Programme benutzen.
- Wie Sie RAM-Disks einrichten.
- Was Dateisystem-Schnappschüsse sind und wie sie effizient eingesetzt werden.
- Wie Sie mit Quotas die Benutzung von Laufwerken einschränken können.
- Wie Sie Festplatten und Swap verschlüsseln, um Daten vor Angreifern zu schützen.
- Wie Sie ein hochverfügbares Speichernetzwerk konfigurieren.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen,

- sollten Sie wissen, wie Sie einen [neuen FreeBSD-Kernel konfigurieren und installieren](#) können.

18.2. Hinzufügen von Laufwerken

Im Original von David O'Brian.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie ein neues SATA-Laufwerk zu einer Maschine hinzufügen, die momentan nur ein Laufwerk hat. Dazu schalten Sie zuerst den Rechner aus und installieren das Laufwerk entsprechend der Anleitungen Ihres Rechners, Ihres Controllers und des Laufwerkherstellers. Starten Sie das System neu und melden Sie sich als Benutzer `root` an.

Kontrollieren Sie `/var/run/dmesg.boot`, um sicherzustellen, dass das neue Laufwerk gefunden wurde. In diesem Beispiel erscheint das neu hinzugefügte SATA-Laufwerk als `ada1`.

In diesem Beispiel wird eine einzige große Partition auf der Festplatte erstellt. Verwendet wird das [GPT-Partitionschema](#), welches gegenüber dem älteren und weniger vielseitigen MBR-Schema bevorzugt wird.



Anmerkung

Wenn die hinzugefügte Festplatte nicht leer ist, können alte Partitionsinformationen mit `gpart delete` entfernt werden. Details finden Sie in [gpart\(8\)](#).

Zuerst wird das Partitionsschema erstellt und dann eine einzelne Partition angefügt. Zur Verbesserung der Leistung auf neueren Festplatten mit größeren Blockgrößen, wird die Partition an einer Megabyte-Grenze ausgerichtet:

```
# gpart create -s GPT ada1
# gpart add -t freebsd-ufs -a 1M ada1
```

Je nach Anwendung kann es wünschenswert sein, mehrere kleinere Partitionen zu haben. In [gpart\(8\)](#) finden Sie Optionen zum Erstellen von kleineren Partitionen.

Informationen über die Partitionen der Festplatte werden mit `gpart show` angezeigt:

```
% gpart show ada1
=>      34  1465146988  ada1  GPT  (699G)
        34          2014    - free -  (1.0M)
        2048  1465143296    1  freebsd-ufs (699G)
        1465145344    1678    - free -  (839K)
```

Ein Dateisystem wird in der neuen Partition erstellt:

```
# newfs -U /dev/ada1p1
```

Ein leeres Verzeichnis wird als Mountpunkt erstellt, also ein Speicherort für die Montage der neuen Festplatte im originalen Dateisystem:

```
# mkdir /newdisk
```

Abschließend wird ein Eintrag in `/etc/fstab` hinzugefügt, damit die neue Festplatte automatisch beim Start eingehängt wird:

```
/dev/ada1p1 /newdisk      ufs  rw      2      2
```

Die neue Festplatte kann manuell montiert werden, ohne das System neu zu starten:

```
# mount /newdisk
```

18.3. Partitionen vergrößern

Beigetragen von Allan Jude.

Übersetzt von Björn Heidotting.

Die Kapazität einer Festplatte kann sich ohne Änderungen an bereits vorhandenen Daten erhöhen. Dies geschieht üblicherweise mit virtuellen Maschinen, wenn sich herausstellt, dass die virtuelle Festplatte zu klein ist und vergrößert werden soll. Zuweilen wird auch ein Abbild einer Platte auf einen USB-Stick geschrieben, ohne dabei die volle Kapazität zu nutzen. Dieser Abschnitt beschreibt, wie man Platten vergrößert, bzw. *erweitert*, um die Vorteile der erhöhten Kapazität zu nutzen.

Überprüfen Sie `/var/run/dmesg.boot`, um den Gerätenamen der Festplatte zu bestimmen, die vergrößert werden soll. In diesem Beispiel gibt es nur eine SATA-Festplatte im System, so dass die Platte als `ada0` angezeigt wird.

Um die aktuelle Konfiguration der Partitionen auf der Festplatte anzuzeigen:

```
# gpart show ada0
=>      34  83886013  ada0  GPT  (48G) [CORRUPT]
        34      128    1  freebsd-boot  (64k)
        162  79691648    2  freebsd-ufs  (38G)
        79691810  4194236    3  freebsd-swap (2G)
        83886046      1    - free -  (512B)
```




Anmerkung

Wenn die Festplatte mit dem [GPT](#)-Partitionsschema formatiert wurde kann es vorkommen, dass sie als „corrupted“ angezeigt wird, weil sich die Sicherung der GPT-Partitionstabellen nicht mehr am Ende des Laufwerks befinden. Reparieren Sie in so einem Fall die Partitions-tabelle mit `gpart`:

```
# gpart recover ada0
ada0 recovered
```

Nun steht der zusätzliche Speicherplatz zur Verfügung und kann verwendet werden, um eine neue Partition anzulegen oder eine bestehende Partition zu erweitern:

```
# gpart show ada0
=>      34  102399933  ada0  GPT  (48G)
        34          128    1  freebsd-boot  (64k)
       162   79691648    2  freebsd-ufs   (38G)
      79691810   4194236    3  freebsd-swap (2G)
      83886046   18513921  - free -   (8.8G)
```

Partitionen können nur auf zusammenhängenden, freien Speicherplatz vergrößert werden. In diesem Beispiel wird die letzte Partition der Platte als Swap-Speicher genutzt, aber die zweite Partition ist die, dessen Größe verändert werden soll. Weil der Swap-Speicher nur temporäre Daten enthält, kann er gefahrlos ausgehen, gelöscht und nachdem die Partition vergrößert wurde, neu erstellt werden.

```
# swapoff /dev/ada0p3
# gpart delete -i 3 ada0
ada0p3 deleted
# gpart show ada0
=>      34  102399933  ada0  GPT  (48G)
        34          128    1  freebsd-boot  (64k)
       162   79691648    2  freebsd-ufs   (38G)
      79691810   22708157  - free -   (10G)
```



Warnung

Es besteht die Gefahr von Datenverlust, wenn die Partitionstabelle eines eingehangenen Dateisystems verändert wird. Es empfiehlt sich daher, die folgenden Schritte auf einem ausgehangenen Dateisystem durchzuführen, während die Umsetzung über eine Live-CD-ROM oder von einem USB-Gerät erfolgt. Wenn es jedoch absolut notwendig ist, kann ein eingehangenes Dateisystem auch vergrößert werden, nachdem die Sicherheitsfunktionen von GEOM deaktiviert wurden:

```
# sysctl kern.geom.debugflags=16
```

Vergrößern Sie die Partition und lassen Sie Platz, um die Swap-Partition in der gewünschten Größe neu erstellen zu können. Dies ändert nur die Größe der Partition. Das Dateisystem innerhalb der Partition wird in einem separaten Schritt erweitert.

```
# gpart resize -i 2 -a 4k -s 47G ada0
ada0p2 resized
# gpart show ada0
=>      34  102399933  ada0  GPT  (48G)
        34          128    1  freebsd-boot  (64k)
       162   98566144    2  freebsd-ufs   (47G)
```

```
98566306    3833661    - free -    (1.8G)
```

Erstellen Sie die Swap-Partition neu:

```
# gpart add -t freebsd-swap -a 4k ada0
ada0p3 added
# gpart show ada0
=>      34  102399933  ada0  GPT  (48G)
        34         128    1  freebsd-boot  (64k)
       162   98566144    2  freebsd-ufs  (47G)
   98566306   3833661    3  freebsd-swap  (1.8G)
# swapon /dev/ada0p3
```

Erweitern Sie das UFS-Dateisystem, um die Kapazität der vergrößerten Partition zu nutzen:



Anmerkung

Ab FreeBSD 10.0-RELEASE ist es möglich, ein eingehangenes Dateisystem zu erweitern. Bei älteren Versionen muss das Dateisystem zuvor ausgehangen werden.

```
# growfs /dev/ada0p2
Device is mounted read-write; resizing will result in temporary write suspension for /.
It's strongly recommended to make a backup before growing the file system.
OK to grow file system on /dev/ada0p2, mounted on /, from 38GB to 47GB? [Yes/No] Yes
super-block backups (for fsck -b #) at:
 80781312, 82063552, 83345792, 84628032, 85910272, 87192512, 88474752,
 89756992, 91039232, 92321472, 93603712, 94885952, 96168192, 97450432
```

Sowohl die Partition als auch das Dateisystem wurden jetzt vergrößert, um den neu zur Verfügung stehenden Speicherplatz zu nutzen.

18.4. USB Speichermedien

Beigetragen von Marc Fonvieille.

Der Universal Serial Bus (USB) wird von vielen externen Speichern benutzt: Festplatten, USB-Thumbdrives sowie von CD- und DVD-Brennern. FreeBSD bietet Unterstützung für Geräte mit USB 1.x, 2.0 und 3.0.



Anmerkung

Die Unterstützung für USB 3.0 ist mit einiger Hardware, einschließlich Haswell (Lynx Point) Chipsätzen, nicht kompatibel. Wenn FreeBSD beim Booten mit dem Fehler failed with error 19 abbricht, müssen Sie xHCI/USB3 im BIOS deaktivieren.

Unterstützung für USB-Massenspeicher ist im GENERIC-Kernel enthalten. Für einen angepassten Kernel müssen die nachstehenden Zeilen in der Kernelkonfigurationsdatei enthalten sein:

```
device scbus # SCSI bus (required for ATA/SCSI)
device da # Direct Access (disks)
device pass # Passthrough device (direct ATA/SCSI access)
device uhci # provides USB 1.x support
device ohci # provides USB 1.x support
device ehci # provides USB 2.0 support
device xhci # provides USB 3.0 support
device usb # USB Bus (required)
```

```
device umass # Disks/Mass storage - Requires scbus and da
device cd # needed for CD and DVD burners
```

FreeBSD benutzt den [umass\(4\)](#)-Treiber, der das SCSI-Subsystem verwendet um auf USB-Geräte zuzugreifen. Da alle USB-Geräte vom System als SCSI-Geräte erkannt werden, dürfen Sie *nicht* `device atapicam` in die Kernelkonfigurationsdatei aufnehmen, wenn es sich bei dem Gerät um einen CD- oder DVD-Brenner handelt.

Der übrige Abschnitt beschreibt, wie Sie überprüfen können ob ein USB-Gerät von FreeBSD erkannt wird und wie Sie das Gerät so konfigurieren, dass es verwendet werden kann.

18.4.1. Konfiguration von Geräten

Um die USB-Konfiguration zu testen, schließen Sie das USB-Gerät an. Verwenden Sie `dmesg` um zu überprüfen, ob das Gerät in den Systemmeldungen erscheint. Dies sollte in etwa so aussehen:

```
umass0: <STECH Simple Drive, class 0/0, rev 2.00/1.04, addr 3> on usb0
umass0: SCSI over Bulk-Only; quirks = 0x0100
umass0:4:0:-1: Attached to scbus4
da0 at umass-sim0 bus 0 scbus4 target 0 lun 0
da0: <STECH Simple Drive 1.04> Fixed Direct Access SCSI-4 device
da0: Serial Number WD-WXE508CAN263
da0: 40.000MB/s transfers
da0: 152627MB (312581808 512 byte sectors: 255H 63S/T 19457C)
da0: quirks=0x2<NO_6_BYTE>
```

Fabrikat, Gerätedatei (`da0`), Geschwindigkeit und Kapazität werden je nach Gerät unterschiedlich sein.

Da ein USB-Gerät als SCSI-Gerät erkannt wird, kann `camcontrol` benutzt werden, um die mit dem System verbundenen USB-Massenspeicher anzuzeigen:

```
# camcontrol devlist
<STECH Simple Drive 1.04>          at scbus4 target 0 lun 0 (pass3,da0)
```

Alternativ kann `usbconfig` benutzt werden, um die Geräte aufzulisten. Weitere Informationen zu diesem Kommando finden Sie in [usbconfig\(8\)](#).

```
# usbconfig
ugen0.3: <Simple Drive STECH> at usb0, cfg=0 md=HOST spd=HIGH (480Mbps) pwr=ON (2mA)
```

Wenn das Gerät noch nicht formatiert ist, finden Sie in [Abschnitt 18.2, „Hinzufügen von Laufwerken“](#) Informationen, wie Sie USB-Laufwerke formatieren und Partitionen einrichten. Wenn das Laufwerk bereits ein Dateisystem enthält, kann es von `root` nach den Anweisungen in [Abschnitt 4.7, „Anhängen und Abhängen von Dateisystemen“](#) eingehängt werden.



Warnung

Aus Sicherheitsgründen sollten Sie Benutzern, denen Sie nicht vertrauen, das Einhängen (z.B. durch die unten beschriebene Aktivierung von `vfs.usermount`) beliebiger Medien verbieten. Die meisten Dateisysteme wurden nicht entwickelt, um sich vor böswilligen Geräten zu schützen.

Um auch normalen Anwendern das Einhängen des Laufwerks zu gestatten, könnten Sie beispielsweise mit [pw\(8\)](#) alle potentiellen Benutzer dieser Gerätedateien in die Gruppe `operator` aufnehmen. Außerdem muss sichergestellt werden, dass `operator` Schreib- und Lesezugriff auf diese Gerätedateien haben. Hierfür werden die folgenden Zeilen in `/etc/devfs.rules` hinzugefügt:

```
[localrules=5]
add path 'da*' mode 0660 group operator
```



Anmerkung

Verfügt das System über interne SCSI-Laufwerke, so verändern Sie die zweite Zeile wie folgt:

```
add path 'da[3-9]*' mode 0660 group operator
```

Dies wird die ersten drei SCSI-Laufwerke (da0 bis da2) davon ausschließen, in die Gruppe operator aufgenommen zu werden. Ersetzen Sie 3 durch die Anzahl der SCSI-Laufwerke. Weitere Informationen zu dieser Datei finden Sie in [devfs.rules\(5\)](#).

Aktivieren Sie nun die Regeln in `/etc/rc.conf` :

```
devfs_system_ruleset="localrules"
```

Als nächstes müssen Sie das System anweisen, auch normalen Benutzern das mounten von Dateisystemen zu erlauben, indem Sie die folgende Zeile in `/etc/sysctl.conf` hinzufügen:

```
vfs.usermount=1
```

Da diese Einstellung erst nach einem Neustart wirksam wird, können Sie diese Variable mit `sysctl` auch direkt setzen:

```
# sysctl vfs.usermount=1
vfs.usermount: 0 -> 1
```

Zuletzt müssen Sie noch ein Verzeichnis anlegen, in das das USB-Laufwerk eingehängt werden soll. Dieses Verzeichnis muss dem Benutzer gehören, der das USB-Laufwerk in den Verzeichnisbaum einhängen will. Dazu legen Sie als root ein Unterverzeichnis `/mnt/username` an, wobei Sie `username` durch den Login des jeweiligen Benutzers sowie `usergroup` durch die primäre Gruppe des Benutzers ersetzen:

```
# mkdir /mnt/username
# chown username:usergroup /mnt/username
```

Wenn Sie nun beispielsweise einen USB-Stick anschließen, wird automatisch die Gerätedatei `/dev/da0s1` erzeugt. Ist das Gerät mit einem FAT-Dateisystem formatiert, kann es der Benutzer mit dem folgenden Befehl in den Verzeichnisbaum einhängen:

```
% mount -t msdosfs -o -m=644,-M=755 /dev/da0s1 /mnt/username
```

Bevor das Gerät entfernt werden kann, muss es abgehängt werden:

```
# umount /mnt/username
```

Nach Entfernen des Geräts stehen in den Systemmeldungen Einträge, ähnlich der folgenden:

```
umass0: at uhub3, port 2, addr 3 (disconnected)
da0 at umass-sim0 bus 0 scbus4 target 0 lun 0
da0: <STECH Simple Drive 1.04> s/n WD-WXE508CAN263 detached
(da0:umass-sim0:0:0:0): Periph destroyed
```

18.4.2. Automatisches Einhängen von Wechselmedien



Anmerkung

autofs(5) unterstützt das automatische Einhängen von Wechselmedien beginnend mit FreeBSD 10.2-RELEASE.

Damit USB-Geräte automatisch eingehängt werden, muss der Kommentar für folgende Zeile in `/etc/auto_master` entfernt werden:

```
/media -media -nosuid
```

Anschließend fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/devd.conf` hinzu:

```
notify 100 {
    match "system" "GEOM";
    match "subsystem" "DEV";
    action "/usr/sbin/automount -c";
};
```

Falls **autofs(5)** und **devd(8)** bereits ausgeführt werden, müssen Sie die Konfiguration neu einlesen:

```
# service automount reload
# service devd restart
```

autofs(5) wird beim Booten automatisch gestartet, wenn Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzufügen:

```
autofs_enable="YES"
```

Damit **autofs(5)** funktioniert, muss **devd(8)** aktiviert sein, was aber in der Voreinstellung der Fall ist.

Starten Sie jetzt die Dienste:

```
# service automount start
# service automountd start
# service autounmountd start
# service devd start
```

Jedes Dateisystem, das automatisch eingehängt werden kann, erscheint als ein Verzeichnis unterhalb von `media`. Das Verzeichnis wird nach dem Dateisystemlabel benannt, bzw. nach dem Gerätenamen, falls kein Label existiert.

Das Dateisystem wird transparent beim ersten Zugriff in den Verzeichnisbaum eingehängt und auch nach gewisser Zeit der Inaktivität wieder ausgehängt. Laufwerke können auch manuell ausgehängt werden:

```
# automount -fu
```

Diese Methode wird in der Regel bei Speicherkarten und USB-Sticks verwendet. Sie funktioniert aber mit allen Blockgeräten, einschließlich optischen Laufwerken und iSCSI-LUNs.

18.5. Erstellen und Verwenden von CDs

Beigesteuert von Mike Meyer.

CDs besitzen einige Eigenschaften, die sie von konventionellen Laufwerken unterscheiden. Sie wurden so entworfen, dass sie ununterbrochen, ohne Verzögerungen durch Kopfbewegungen zwischen den Spuren, gelesen werden können. CDs besitzen Spuren, aber damit ist der Teil Daten gemeint, der ununterbrochen gelesen wird, und nicht eine physikalische Eigenschaft der CD. Das ISO 9660-Dateisystem wurde entworfen, um mit diesen Unterschieden umzugehen.

Die FreeBSD Ports-Sammlung bietet einige Werkzeuge zum Brennen und Kopieren von Audio- und Daten-CDs. Dieses Kapitel beschreibt die Verwendung von mehreren Kommandozeilen-Werkzeugen. Wenn Sie eine graphische Oberfläche zum Brennen von CDs benutzen, können Sie [sysutils/xcdroast](#) oder [sysutils/k3b](#) installieren.

18.5.1. Unterstützte Geräte

Beigetragen von Marc Fonvielle.

Der GENERIC -Kernel enthält Unterstützung für SCSI, USB und ATAPI CD Lesegeräte und Brenner. Wird ein angepasster Kernel erstellt, unterscheiden sich die Optionen für die Kernelkonfigurationsdatei je nach Art des Geräts.

Für einen SCSI-Brenner müssen folgende Optionen vorhanden sein:

```
device scbus    # SCSI bus (required for ATA/SCSI)
device da       # Direct Access (disks)
device pass     # Passthrough device (direct ATA/SCSI access)
device cd       # needed for CD and DVD burners
```

Für einen USB-Brenner müssen folgende Optionen vorhanden sein:

```
device scbus    # SCSI bus (required for ATA/SCSI)
device da       # Direct Access (disks)
device pass     # Passthrough device (direct ATA/SCSI access)
device cd>      # needed for CD and DVD burners
device uhci     # provides USB 1.x support
device ohci     # provides USB 1.x support
device ehci     # provides USB 2.0 support
device xhci     # provides USB 3.0 support
device usb      # USB Bus (required)
device umass    # Disks/Mass storage - Requires scbus and da
```

Für einen ATAPI-Brenner müssen folgende Optionen vorhanden sein:

```
device ata      # Legacy ATA/SATA controllers
device scbus    # SCSI bus (required for ATA/SCSI)
device pass     # Passthrough device (direct ATA/SCSI access)
device cd       # needed for CD and DVD burners
```



Anmerkung

Unter FreeBSD Versionen kleiner 10.x wird auch diese Option in der Kernelkonfigurationsdatei benötigt, falls der Brenner ein ATAPI-Gerät ist:

```
device atapicam
```

Alternativ kann folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzugefügt werden, um den Treiber beim Booten automatisch zu laden:

```
atapicam_load="YES"
```

Hierzu ist ein Neustart des Systems erforderlich, da dieser Treiber nur beim Booten geladen werden kann.

Mit `dmesg` können Sie prüfen, ob das Gerät von FreeBSD erkannt wurde. Unter FreeBSD Versionen kleiner 10.x lautet der Gerätenamen `acd0` anstelle von `cd0`.

```
% dmesg | grep cd
cd0 at ahcich1 bus 0 scbus1 target 0 lun 0
cd0: <HL-DT-ST DVDROM GU70N LT20> Removable CD-ROM SCSI-0 device
```

```
cd0: Serial Number M30D3S34152
cd0: 150.000MB/s transfers (SATA 1.x, UDMA6, ATAPI 12bytes, PIO 8192bytes)
cd0: Attempt to query device size failed: NOT READY, Medium not present - tray closed
```

18.5.2. Eine CD brennen

Unter FreeBSD kann `cdrecord` zum Brennen von CDs benutzt werden. Dieses Programm wird aus dem Port oder Paket [sysutils/cdrecord](#) installiert.

Obwohl `cdrecord` viele Optionen besitzt, ist die grundlegende Benutzung sehr einfach. Geben Sie den Namen der zu brennenden ISO-Datei an. Wenn das System über mehrere Brenner verfügt, müssen Sie auch den Namen des Gerätes angeben:

```
# cdrecord dev=device imagefile.iso
```

Benutzen Sie `-scanbus` um den Gerätenamen des Brenners zu bestimmen. Die Ausgabe könnte wie folgt aussehen:

```
# cdrecord -scanbus
ProDVD-ProBD-Clone 3.00 (amd64-unknown-freebsd10.0) Copyright (C) 1995-2010 Jörg S
Schilling
Using libscg version 'schily-0.9'
scsibus0:
  0,0,0   0) 'SEAGATE ' 'ST39236LW      ' '0004' Disk
  0,1,0   1) 'SEAGATE ' 'ST39173W      ' '5958' Disk
  0,2,0   2) *
  0,3,0   3) 'iomega   ' 'jaz 1GB       ' 'J.86' Removable Disk
  0,4,0   4) 'NEC      ' 'CD-ROM DRIVE:466' '1.26' Removable CD-ROM
  0,5,0   5) *
  0,6,0   6) *
  0,7,0   7) *
scsibus1:
  1,0,0  100) *
  1,1,0  101) *
  1,2,0  102) *
  1,3,0  103) *
  1,4,0  104) *
  1,5,0  105) 'YAMAHA   ' 'CRW4260      ' '1.0q' Removable CD-ROM
  1,6,0  106) 'ARTEC    ' 'AM12S        ' '1.06' Scanner
  1,7,0  107) *
```

Benutzen Sie die drei durch Kommas separierten Zahlen, die für den CD-Brenner angegeben sind, als Argument für `dev`. Im Beispiel ist das Yamaha-Gerät 1,5,0, so dass die passende Eingabe `dev=1,5,0` ist. Einfachere Wege das Argument anzugeben, sowie Informationen über Audiospuren und das Einstellen der Geschwindigkeit, sind in der Manualpage von `cdrecord` beschrieben.

Alternativ können Sie den folgenden Befehl ausführen, um die Geräteadresse des Brenners zu ermitteln:

```
# camcontrol devlist
<MATSHITA CDRW/DVD UJDA740 1.00> at scbus1 target 0 lun 0 (cd0,pass0)
```

Verwenden Sie die numerischen Werte für `scbus`, `target` und `lun`. Für dieses Beispiel wäre 1,0,0 als Gerätenamen zu verwenden.

18.5.3. Daten auf ISO-Dateisystem schreiben

Die Datendateien müssen vorbereitet sein, bevor sie auf eine CD gebrannt werden. In FreeBSD wird `mkisofs` vom Paket oder Port [sysutils/cdrtools](#) installiert. Dieses Programm kann aus einem UNIX® Verzeichnisbaum ein ISO 9660-Dateisystem erzeugen. Im einfachsten Fall müssen Sie lediglich den Namen der zu erzeugenden ISO-Datei und den Pfad zu den Dateien angeben, die auf dem ISO 9660-Dateisystem platziert werden:

```
# mkisofs -o imagefile.iso /path/to/tree
```

Bei diesem Kommando werden die Dateinamen auf Namen abgebildet, die den Restriktionen des ISO 9660-Dateisystems entsprechen. Dateien, die diesem Standard nicht entsprechen bleiben unberücksichtigt.

Es gibt einige Optionen, um die Beschränkungen dieses Standards zu überwinden. Die unter UNIX® Systemen üblichen Rock-Ridge-Erweiterungen werden durch `-R` aktiviert und `-J` aktiviert die von Microsoft® Systemen benutzten Joliet-Erweiterungen.

Für CDs, die nur auf FreeBSD-Systemen verwendet werden sollen, kann `-U` genutzt werden, um alle Beschränkungen für Dateinamen aufzuheben. Zusammen mit `-R` wird ein Abbild des Dateisystems, identisch zu angegebenen FreeBSD-Dateibaum erstellt, selbst wenn dies den ISO 9660 Standard verletzt.

Die letzte übliche Option ist `-b`. Sie wird benutzt, um den Ort eines Bootimages einer „El Torito“ bootbaren CD anzugeben. Das Argument zu dieser Option ist der Pfad zu einem Bootimage ausgehend von der Wurzel des Baumes, der auf die CD geschrieben werden soll. In der Voreinstellung erzeugt `mkisofs` ein ISO-Image im „Diskettenemulations“-Modus. Dabei muss das Image genau 1200, 1440 oder 2880 KB groß sein. Einige Bootloader, darunter der auf den FreeBSD Installationsmedien verwendete, kennen keinen Emulationsmodus. Daher sollte in diesen Fällen `-no-emul-boot` verwendet werden. Wenn `/tmp/myboot` ein bootbares FreeBSD-System enthält, dessen Bootimage sich in `/tmp/myboot/boot/cdboot` befindet, dann würde folgendes Kommando `/tmp/bootable.iso` erstellen:

```
# mkisofs -R -no-emul-boot -b boot/cdboot -o /tmp/bootable.iso /tmp/myboot
```

Das resultierende ISO-Abbild kann als speicherbasiertes Laufwerk eingehängt werden:

```
# mdconfig -a -t vnode -f /tmp/bootable.iso -u 0
# mount -t cd9660 /dev/md0 /mnt
```

Jetzt können Sie überprüfen, dass `/mnt` und `/tmp/myboot` identisch sind.

Sie können das Verhalten von `mkisofs` mit einer Vielzahl von Optionen beeinflussen. Details dazu entnehmen Sie bitte [mkisofs\(8\)](#).



Anmerkung

Es ist möglich eine Daten-CD in eine Datei zu kopieren, die einem Image entspricht, das mit `mkisofs` erstellt wurde. Verwenden Sie dazu `dd` mit dem Gerätenamen als Eingabedatei und den Namen der ISO als Ausgabedatei:

```
# dd if=/dev/cd0 of=file.iso bs=2048
```

Das resultierende Abbild kann auf eine CD gebrannt werden, wie in [Abschnitt 18.5.2, „Eine CD brennen“](#) beschrieben.

18.5.4. Einhängen von Daten-CDs

Sobald ein Abbild auf eine CD gebrannt wurde, kann es durch Angabe des Dateisystemtyp, des CD-Laufwerks und des Mountpunktes eingehangen werden:

```
# mount -t cd9660 /dev/cd0 /mnt
```

Da `mount` davon ausgeht, dass ein Dateisystem vom Typ `ufs` ist, würde die Fehlermeldung `Incorrect super block` erscheinen, wenn Sie beim Einhängen einer Daten-CD auf die Angabe `-t cd9660` verzichten.

Auf diese Weise können Daten-CDs von jedem Hersteller verwendet werden. Es kann allerdings zu Problemen mit CDs kommen, die verschiedene ISO 9660-Erweiterungen benutzen. So speichern Joliet-CDs alle Dateinamen unter Verwendung von zwei Byte langen Unicode-Zeichen. Tauchen statt bestimmter Zeichen nur Fragezeichen auf, so muss über die Option `-C` der benötigte Zeichensatz angegeben werden. Weitere Informationen zu diesem Problem finden Sie in [mount_cd9660\(8\)](#).



Anmerkung

Damit der Kernel diese Zeichenkonvertierung (festgelegt durch die Option -C) erkennt, müssen Sie das Kernelmodul `cd9660_conv.ko` laden. Dazu fügen Sie folgende Zeile in `loader.conf` ein:

```
cd9660_conv_load="YES"
```

Danach müssen Sie allerdings Ihr System neu starten. Alternativ können Sie das Kernelmodul auch direkt über `kldload` laden.

Manchmal werden Sie die Meldung `Device not configured` erhalten, wenn Sie versuchen, eine Daten-CD einzuhängen. Für gewöhnlich liegt das daran, dass das Laufwerk keine CD erkannt hat, oder dass das Laufwerk auf dem Bus nicht erkannt wird. Es kann einige Sekunden dauern, bevor das Laufwerk die CD erkennt. Seien Sie also geduldig.

Manchmal wird ein SCSI-CD nicht erkannt, weil es keine Zeit hatte, auf das Zurücksetzen des Busses zu antworten. Um dieses Problem zu lösen, fügen Sie die folgende Zeile in die Kernelkonfiguration ein und erstellen Sie einen angepassten Kernel nach den Anweisungen in [Abschnitt 9.5, „Einen angepassten Kernel bauen und installieren“](#):

```
options SCSI_DELAY=15000
```

Die Zeile bewirkt, dass nach dem Zurücksetzen des SCSI-Busses beim Booten 15 Sekunden gewartet wird, um dem CD-Laufwerk genügend Zeit zu geben, darauf zu antworten.



Anmerkung

Es ist möglich eine Datei auch direkt auf eine CD zu brennen, ohne vorher auf ihr ein ISO 9660-Dateisystem einzurichten. Man sagt auch, Daten werden roh auf die CD gebrannt. Einige Leute nutzen dies, um Datensicherungen durchzuführen.

Eine auf diese Weise gefertigte Daten-CD kann nicht in das Dateisystem eingehangen werden. Um auf die Daten einer solchen CD zuzugreifen, müssen die Daten vom rohen Gerät gelesen werden. Beispielsweise würde dieser Befehl eine komprimierte tar-Datei auf dem zweiten CD-Laufwerk in das aktuelle Verzeichnis extrahieren:

```
# tar xzvf /dev/cd1
```

Um eine Daten-CD in das System einzuhängen, müssen die Daten mit `mkisofs` geschrieben werden.

18.5.5. Kopieren von Audio-CDs

Um eine Kopie einer Audio-CD zu erstellen, kopieren Sie die Stücke der CD in einzelne Dateien und brennen diese Dateien dann auf eine leere CD.

[Prozedur 18.1, „Eine Audio-CD kopieren“](#) beschreibt, wie eine Audio-CD kopiert und gebrannt wird. Wenn die Version älter als FreeBSD 10.0 ist und ein ATAPI-Gerät verwendet wird, muss zunächst das Modul `atapicam` nach den Anweisungen in [Abschnitt 18.5.1, „Unterstützte Geräte“](#) geladen werden.

Prozedur 18.1. Eine Audio-CD kopieren

1. Der Port oder das Paket `sysutils/cdrtools` installiert `cdda2wav`. Mit diesem Kommando können Audiodaten in das aktuelle Verzeichnis extrahiert werden, wobei jede Datei in eine separate WAV-Datei geschrieben wird:

```
% cdda2wav -vall -B -Owav
```

Wenn das System nur über ein CD-Laufwerk verfügt, muss der Gerätenamen nicht angegeben werden. Lesen Sie die Manualpage von `cdda2wav` für Anweisungen, wie ein Gerät spezifiziert wird und weitere verfügbare Optionen für dieses Kommando.

- Die erzeugten `.wav` Dateien schreiben Sie mit `cdrecord` auf eine leere CD:

```
% cdrecord -v dev= 2,0 -dao -useinfo *.wav
```

Das Argument von `dev` gibt das verwendete Gerät an, das wie in [Abschnitt 18.5.2, „Eine CD brennen“](#) ermittelt werden kann.

18.6. DVDs benutzen

Beigetragen von Marc Fonvieille.

Mit Beiträgen von Andy Polyakov.

Nach der CD ist die DVD die nächste Generation optischer Speichermedien. Auf einer DVD können mehr Daten als auf einer CD gespeichert werden. DVDs werden als Standardmedium für Videos verwendet.

Für beschreibbare DVDs existieren fünf Medienformate:

- DVD-R: Dies war das erste verfügbare Format. Das Format wurde vom [DVD-Forum](#) festgelegt. Die Medien sind nur einmal beschreibbar.
- DVD-RW: Dies ist die wiederbeschreibbare Version des DVD-R Standards. Eine DVD-RW kann ungefähr 1000 Mal beschrieben werden.
- DVD-RAM: Dies ist ein wiederbeschreibbares Format, das wie ein Wechsellaufwerk betrachtet werden kann. Allerdings sind die Medien nicht kompatibel zu den meisten DVD-ROM-Laufwerken und DVD-Video-Spielern, da das DVD-RAM-Format nur von wenigen Brennern unterstützt wird. Informationen zur Nutzung von DVD-RAM finden Sie in [Abschnitt 18.6.8, „DVD-RAM“](#).
- DVD+RW: Ist ein wiederbeschreibbares Format, das von der [DVD+RW Alliance](#) festgelegt wurde. Eine DVD+RW kann ungefähr 1000 Mal beschrieben werden.
- DVD+R: Dieses Format ist die nur einmal beschreibbare Variante des DVD+RW Formats.

Auf einer einfach beschichteten DVD können 4.700.000.000 Bytes gespeichert werden. Das sind 4,38 GB oder 4485 MB (1 Kilobyte sind 1024 Bytes).



Anmerkung

Die physischen Medien sind unabhängig von der Anwendung. Ein DVD-Video ist eine spezielle Anordnung von Dateien, die auf irgendein Medium, beispielsweise DVD-R, DVD+R oder DVD-RW geschrieben werden kann. Bevor Sie ein Medium auswählen, müssen Sie sicherstellen, dass der Brenner und der DVD-Spieler mit dem Medium umgehen können.

18.6.1. Konfiguration

Benutzen Sie [growisofs\(1\)](#), um DVDs zu beschreiben. Das Kommando ist Bestandteil von `sysutils/dvd+rw-tools`, und kann mit allen DVD-Medien umgehen.

Diese Werkzeuge verwenden das SCSI-Subsystem, um auf die Geräte zuzugreifen. Daher muss [ATAPI/CAM-Unterstützung](#) geladen, oder statisch in den Kernel kompiliert werden. Sollte der Brenner jedoch die USB-Schnittstelle nutzen, wird diese Unterstützung nicht benötigt. Weitere Informationen zur Konfiguration von USB-Geräten finden Sie in [Abschnitt 18.4, „USB Speichermedien“](#).

Für ATAPI-Geräte müssen ebenfalls DMA-Zugriffe aktiviert werden. Dazu wird die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` eingefügt:

```
hw.ata.atapi_dma="1"
```

Bevor Sie `dvd+rw-tools` benutzen, lesen Sie bitte die Hardware-Informationen auf der Seite [Hardware Compatibility Notes](#).



Anmerkung

Für eine grafische Oberfläche sollten Sie sich [sysutils/k3b](#) ansehen, das eine benutzerfreundliche Schnittstelle zu [growisofs\(1\)](#) und vielen anderen Werkzeugen bietet.

18.6.2. Daten-DVDs brennen

[growisofs\(1\)](#) erstellt mit dem Programm [mkisofs](#) das Dateisystem und brennt anschließend die DVD. Vor dem Brennen braucht daher kein Abbild der Daten erstellt zu werden.

Wenn Sie von den Daten im Verzeichnis `/path/to/data` eine DVD+R oder eine DVD-R brennen wollen, benutzen Sie das nachstehende Kommando:

```
# growisofs -dvd-compat -Z /dev/cd0 -J -R /path/to/data
```

In diesem Beispiel wird `-J -R` an [mkisofs\(8\)](#) durchgereicht und dient zum Erstellen des Dateisystems (hier: ein ISO-9660-Dateisystem mit Joliet- und Rock-Ridge-Erweiterungen). Weiteres entnehmen Sie bitte der Hilfeseite [mkisofs\(8\)](#).

Die Option `-Z` wird für die erste Aufnahme einer Single- oder Multisession benötigt. Ersetzen Sie `/dev/cd0` mit dem Gerätenamen des DVD-Gerätes. Die Nutzung von `-dvd-compat` schließt das Medium, weitere Daten können danach nicht mehr angehängt werden. Dies sollte auch eine bessere Kompatibilität mit anderen DVD-ROM-Laufwerken bieten.

Um ein vorher erstelltes Abbild der Daten zu brennen, beispielsweise `imagefile.iso`, verwenden Sie:

```
# growisofs -dvd-compat -Z /dev/cd0=imagefile.iso
```

Die Schreibgeschwindigkeit hängt von den verwendeten Medium sowie dem verwendeten Gerät ab und sollte automatisch gesetzt werden. Um die Schreibgeschwindigkeit vorzugeben, verwenden Sie `-speed=`. Beispiele finden Sie in [growisofs\(1\)](#).



Anmerkung

Um größere Dateien als 4.38GB zu unterstützen, ist es notwendig ein UDF/ISO-9660 Hybrid-Dateisystem zu erstellen. Dieses Dateisystem muss mit zusätzlichen Parametern `-udf -iso-level 3` bei [mkisofs\(8\)](#) und allen relevanten Programmen, wie beispielsweise [growisofs\(1\)](#) erzeugt werden. Dies ist nur notwendig, wenn Sie ein ISO-Image erstellen oder direkt auf eine DVD schreiben wollen. DVDs, die in dieser Weise hergestellt worden sind, müssen als UDF-Dateisystem mit [mount_udf\(8\)](#) eingehangen werden. Sie sind nur auf Betriebssystemen, die UDF unterstützen brauchbar, ansonsten sieht es so aus, als ob sie kaputte Dateien enthalten würden.

Um diese Art von ISO-Datei zu erstellen:

```
% mkisofs -R -J -udf -iso-level 3 -o imagefile.iso /path/to/data
```

Um Daten direkt auf eine DVD zu brennen, geben Sie den folgenden Befehl ein:

```
# growisofs -dvd-compat -udf -iso-level 3 -Z /dev/cd0 -J -R /path/to/data
```

Wenn ein ISO-Abbild bereits große Dateien enthält, sind keine weiteren Optionen für [growisofs\(1\)](#) notwendig, um das Abbild auf die DVD zu brennen.

Achten Sie darauf, eine aktuelle Version von [sysutils/cdrtools](#) zu verwenden, welche [mkisofs\(8\)](#) enthält, da ältere Versionen keinen Support für große Dateien enthalten. Falls die neueste Version nicht funktioniert, installieren Sie [sysutils/cdrtools-devel](#) und lesen Sie [mkisofs\(8\)](#).

18.6.3. DVD-Videos brennen

Ein DVD-Video ist eine spezielle Anordnung von Dateien, die auf den ISO-9660 und den micro-UDF (M-UDF) Spezifikationen beruht. Da DVD-Video auf eine bestimmte Datei-Hierarchie angewiesen ist, müssen DVDs mit speziellen Programmen wie [multimedia/dvdauthor](#) erstellt werden.

Ist bereits ein Abbild des Dateisystems eines DVD-Videos vorhanden, kann es auf die gleiche Weise wie jedes andere Abbild gebrannt werden. Wenn [dvdauthor](#) verwendet wurde, um die DVD zu erstellen und die Resultate in `/path/to/video` liegen, kann das folgende Kommando verwendet werden, um ein DVD-Video zu brennen:

```
# growisofs -Z /dev/cd0 -dvd-video /path/to/video
```

`-dvd-video` wird an [mkisofs\(8\)](#) weitergereicht, um die Datei-Hierarchie für ein DVD-Video zu erstellen. Weiterhin bewirkt diese Option, dass [growisofs\(1\)](#) mit `-dvd-compat` aufgerufen wird.

18.6.4. DVD+RW-Medien benutzen

Im Gegensatz zu CD-RW-Medien müssen DVD+RW-Medien erst formatiert werden, bevor sie benutzt werden können. Es wird *empfohlen* [growisofs\(1\)](#) einzusetzen, da das Programm Medien automatisch formatiert, wenn es erforderlich ist. Es ist jedoch möglich, auch `dvd+rw-format` zu nutzen, um die DVD+RW zu formatieren:

```
# dvd+rw-format /dev/cd0
```

Dieser Vorgang muss nur einmal durchgeführt werden. Denken Sie daran, dass nur neue DVD+RWs formatiert werden müssen. Anschließend können DVD+RWs, wie gewohnt gebrannt werden.

Wenn Sie auf einer DVD+RW ein neues Dateisystem erstellen wollen, brauchen Sie die DVD+RW vorher nicht zu löschen. Überschreiben Sie einfach das vorige Dateisystem indem Sie eine neue Session anlegen:

```
# growisofs -Z /dev/cd0 -J -R /path/to/newdata
```

Das DVD+RW-Format erlaubt es, Daten an eine vorherige Aufnahme anzuhängen. Dazu wird eine neue Session mit der schon bestehenden zusammengeführt. Es wird keine Multi-Session geschrieben, sondern [growisofs\(1\)](#) *vergrößert* das ISO-9660-Dateisystem auf dem Medium.

Das folgende Kommando fügt weitere Daten zu einer vorher erstellten DVD+RW hinzu:

```
# growisofs -M /dev/cd0 -J -R /path/to/nextdata
```

Wenn Sie eine DVD+RW erweitern, verwenden Sie dieselben [mkisofs\(8\)](#)-Optionen wie beim Erstellen der DVD+RW.



Anmerkung

Verwenden Sie `-dvd-compat`, um bessere Kompatibilität mit DVD-ROM-Laufwerken zu gewährleisten. Zu einem DVD+RW-Medium können Sie mit dieser Option auch weiterhin Daten hinzufügen.

Um das Medium zu löschen, verwenden Sie:

```
# growisofs -Z /dev/cd0 =/dev/zero
```

18.6.5. DVD-RW-Medien benutzen

Eine DVD-RW kann mit zwei Methoden beschrieben werden: *Sequential-Recording* oder *Restricted-Overwrite*. Voreingestellt ist Sequential-Recording.

Eine neue DVD-RW kann direkt beschrieben werden; sie muss nicht vorher formatiert werden. Allerdings muss eine DVD-RW, die mit Sequential-Recording aufgenommen wurde, zuerst gelöscht werden, bevor eine neue Session aufgenommen werden kann.

Der folgende Befehl löscht eine DVD-RW im Sequential-Recording-Modus:

```
# dvd+rw-format -blank=full /dev/cd0
```



Anmerkung

Das vollständige Löschen mit `-blank=full` dauert mit einem 1x Medium ungefähr eine Stunde. Wenn die DVD-RW im Disk-At-Once-Modus (DAO) aufgenommen wurde, kann sie mit `-blank` schneller gelöscht werden. Um eine DVD-RW im DAO-Modus zu brennen, benutzen Sie das folgende Kommando:

```
# growisofs -use-the-force-luke=dao -Z /dev/cd0 =imagefile.iso
```

Die Option `-use-the-force-luke=dao` sollte nicht erforderlich sein, da `growisofs(1)` den DAO-Modus automatisch erkennt.

Der Restricted-Overwrite-Modus sollte mit jeder DVD-RW verwendet werden, da er flexibler als der voreingestellte Sequential-Recording-Modus ist.

Um Daten auf eine DVD-RW im Sequential-Recording-Modus zu schreiben, benutzen Sie dasselbe Kommando wie für die anderen DVD-Formate:

```
# growisofs -Z /dev/cd0 -J -R /path/to/data
```

Um weitere Daten zu einer Aufnahme hinzuzufügen, benutzen Sie `-M` mit `growisofs(1)`. Werden die Daten im Sequential-Recording-Modus hinzugefügt, wird eine neue Session erstellt. Das Ergebnis ist ein Multi-Session-Medium.

Eine DVD-RW im Restricted-Overwrite-Modus muss nicht gelöscht werden, um eine neue Session aufzunehmen. Das Medium kann einfach mit `-Z` überschrieben werden. Mit `-M` kann das ISO-9660-Dateisystem, wie mit einer DVD+RW, vergrößert werden. Die DVD enthält danach eine Session.

Benutzen sie das nachstehende Kommando, um den Restricted-Overwrite-Modus einzustellen:

```
# dvd+rw-format /dev/cd0
```

Das folgende Kommando stellt den Modus wieder auf Sequential-Recording zurück:

```
# dvd+rw-format -blank=full /dev/cd0
```

18.6.6. Multi-Session

Nur wenige DVD-ROM-Laufwerke unterstützen Multi-Session-DVDs und lesen meist nur die erste Session. Mehrere Sessions werden von DVD+R, DVD-R und DVD-RW im Sequential-Recording-Modus unterstützt. Im Modus Restricted-Overwrite gibt es nur eine Session.

Wenn das Medium noch nicht geschlossen ist, erstellt das nachstehende Kommando eine neue Session auf einer DVD+R, DVD-R oder DVD-RW im Sequential-Recording-Modus:

```
# growisofs -M /dev/cd0 -J -R /path/to/nextdata
```

Wird dieses Kommando mit DVD+RW- oder DVD-RW-Medien im Restricted-Overwrite-Modus benutzt, werden die neuen Daten mit den Daten der bestehenden Session zusammengeführt. Das Medium enthält danach eine Session. Nutzen Sie diese Methode, um neue Daten zu einer bestehenden Session hinzuzufügen.



Anmerkung

Für den Anfang und das Ende einer Session wird auf dem Medium zusätzlicher Platz verbraucht. Um den Speicherplatz auf dem Medium optimal auszunutzen, sollten Sie daher Sessions mit vielen Daten hinzufügen. Auf ein DVD+R-Medium passen maximal 154 Sessions, 2000 Sessions auf ein DVD-R-Medium und 127 Sessions auf eine DVD+R Double Layer.

18.6.7. Weiterführendes

`dvd+rw-mediainfo /dev/cd0` zeigt Informationen über eine im Laufwerk liegende DVD an.

Weiteres zu `dvd+rw-tools` finden Sie in [growisofs\(1\)](#), auf der [dvd+rw-tools Web-Seite](#) und in den Archiven der [cdwrite-Mailingliste](#).



Anmerkung

Wenn Sie einen Problembericht zur Nutzung der `dvd+rw-tools` erstellen, fügen Sie immer die Ausgabe von `dvd+rw-mediainfo` hinzu.

18.6.8. DVD-RAM

DVD-RAM-fähige Brenner nutzen die SCSI- oder ATAPI-Schnittstelle. Für ATAPI-Geräte muss der DMA-Modus aktiviert werden, indem die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzugefügt wird:

```
hw.ata.atapi_dma="1"
```

Eine DVD-RAM kann mit einer Wechselplatte verglichen werden. Wie diese, muss auch eine DVD-RAM vor dem ersten Einsatz formatiert werden. In diesem Beispiel wird das gesamte Medium mit dem Standard-UFS2-Dateisystem formatiert:

```
# dd if=/dev/zero of= /dev/acd0 bs=2k count=1
# bsdlabel -Bw acd0
# newfs /dev/acd0
```

Denken Sie dabei daran, dass Sie gegebenenfalls die Gerätedatei (hier `acd0`) an Ihre Konfiguration anpassen müssen.

Nachdem die DVD-RAM formatiert ist, kann sie wie eine normale Festplatte gemountet werden:

```
# mount /dev/acd0 /mnt
```

Danach kann schreibend und lesend auf das DVD-RAM Medium zugegriffen werden.

18.7. Disketten benutzen

Dieser Abschnitt beschreibt die Formatierung von 3,5 Zoll Disketten in FreeBSD.

Prozedur 18.2. Disketten formatieren

Bevor eine Diskette benutzt werden kann, muss sie (low-level) formatiert werden, was normalerweise der Hersteller schon gemacht hat. Sie können die Diskette allerdings noch einmal formatieren, um das Medium zu überprüfen. Benutzen Sie [fdformat\(1\)](#), um Disketten unter FreeBSD zu formatieren. Achten Sie dabei auf Fehlermeldungen, die schlechte Speichermedien anzeigen.

1. Um eine Diskette zu formatieren, legen Sie eine 3,5 Zoll Diskette in das erste Diskettenlaufwerk ein und führen das folgende Kommando aus:

```
# /usr/sbin/fdformat -f 1440 /dev/fd0
```

2. Nach dem Formatieren muss auf der Diskette ein Disklabel erstellt werden, um die Größe und Geometrie der Diskette zu erkennen. Eine Liste der unterstützten Geometrien finden Sie in `/etc/disktab`.

Erstellen Sie nun das Label mit [bsdlable\(8\)](#):

```
# /sbin/bsdlable -B -w /dev/fd0 fd1440
```

3. Auf der Diskette kann nun ein Dateisystem erstellt werden (high-level Formatierung). Das Dateisystem der Diskette kann entweder UFS oder FAT sein, wobei FAT für Disketten in der Regel die bessere Wahl ist.

Um die Diskette mit FAT zu formatieren, geben Sie folgendes Kommando ein:

```
# /sbin/newfs_msdos /dev/fd0
```

Die Diskette kann nun benutzt werden. Um die Diskette zu verwenden, kann sie mit [mount_msdofs\(8\)](#) eingehängt werden. Man kann auch [emulators/mttools](#) aus der Ports-Sammlung installieren, um mit der Diskette zu arbeiten.

18.8. Datensicherung

Die Planung und Umsetzung einer Backup-Strategie ist unerlässlich, um Daten in bestimmten Situationen wiederherstellen zu können, zum Beispiel bei Plattendefekten, versehentlichem Löschen von Dateien, willkürlicher Korrumpierung von Dateien oder der vollständigen Zerstörung des Systems und der Backups, die am gleichen Ort aufbewahrt werden.

Die Art und der Zeitplan des Backups kann variieren, abhängig von der Wichtigkeit der Daten, der benötigten Granularität zur Wiederherstellung von Dateien und der Dauer einer akzeptablen Ausfallzeit. Zu den möglichen Backup-Strategien gehören unter anderem:

- Die Archivierung des kompletten Systems auf externen Datenträgern. Dieser Ansatz schützt zwar vor allen oben aufgeführten Problemen, ist aber zeitaufwändig und unbequem bei der Wiederherstellung, insbesondere für nicht privilegierte Benutzer.
- Dateisystem-Snapshots sind nützlich bei der Wiederherstellung von gelöschten Dateien, bzw. früheren Versionen von Dateien.

- Kopien ganzer Dateisysteme oder Festplatten, die mit einem anderen System im Netzwerk mittels [net/rsync](#) synchronisiert werden.
- Hardware oder Software RAID, was im Falle von Plattendefekten die Ausfallzeit minimiert oder vermeidet.

Üblicherweise wird eine Mischung aus verschiedenen Strategien verwendet. Es kann zum Beispiel ein Sicherungsplan erstellt und automatisiert werden, um eine wöchentliche, vollständige Systemsicherung, ergänzt mit stündlichen ZFS-Snapshots, zu erstellen. Darüber hinaus könnte man eine manuelle Sicherung einzelner Verzeichnisse oder Dateien machen, bevor diese bearbeitet oder gelöscht werden.

Dieser Abschnitt beschreibt einige Programme, die zur Erstellung und Verwaltung von Sicherungen unter FreeBSD verwendet werden können.

18.8.1. Sicherung von Dateisystemen

Die traditionellen UNIX®-Programme zum Sichern und Wiederherstellen von Dateisystemen sind [dump\(8\)](#) und [restore\(8\)](#). Diese Programme arbeiten auf der Block-Ebene der Festplatte, also unterhalb des Abstraktionslevels von Dateien, Links und Verzeichnissen, die die Grundlage des Dateisystemkonzepts bilden. Im Gegensatz zu anderen Backup-Programmen sichert `dump` ein ganzes Dateisystem und nicht nur einen Teil des Dateisystems, oder einen Verzeichnisbaum, der mehr als ein Dateisystem umfasst. Anstatt Dateien oder Verzeichnisse zu schreiben, schreibt `dump` die Blöcke, aus denen die Dateien und Verzeichnisse bestehen.



Anmerkung

Wird `dump` benutzt, um das Root-Verzeichnis zu sichern, werden `/home`, `/usr` und viele andere Verzeichnisse nicht gesichert, da dies normalerweise Mountpunkte für andere Dateisysteme oder symbolische Links zu diesen Dateisystemen sind.

Wenn `restore` zum Extrahieren von Daten verwendet wird, werden temporäre Dateien standardmäßig in `/tmp` abgelegt. Wenn Sie von einer Platte mit einem kleinen `/tmp`-Verzeichnis zurücksichern, setzen Sie die Umgebungsvariable `TMPDIR` auf ein Verzeichnis mit mehr freiem Speicherplatz, damit die Wiederherstellung gelingt.

Beachten Sie bei der Verwendung von `dump`, dass es einige Eigenarten aus den frühen Tagen der Version 6 von AT&T UNIX® (ca. 1975) beibehalten hat. Die Standardparameter gehen davon aus, dass auf einem 9-Spur-Band gesichert wird, und nicht auf ein anderes Medium oder auf Sicherungsbänder mit hoher Dichte. Diese Standardwerte müssen auf der Kommandozeile überschrieben werden.

Es ist möglich, das Dateisystem über das Netzwerk auf einem anderen Rechner zu sichern, oder auf einem Bandlaufwerk eines anderen Rechners. Obwohl die Programme [rdump\(8\)](#) und [rrestore\(8\)](#) für diese Zwecke benutzt werden können, gelten sie als nicht sicher.

Verwenden Sie stattdessen `dump` und `restore` in einer sichereren Weise über eine SSH-Verbindung. In diesem Beispiel wird eine vollständige, komprimierte Sicherung von `/usr` erstellt, das anschließend an einen bestimmten Host über eine SSH-Verbindung gesendet wird.

Beispiel 18.1. `dump` mit `ssh` benutzen

```
# /sbin/dump -0uan -f - /usr | gzip -2 | ssh -c blowfish \
targetuser@targetmachine.example.com dd of=/mybigfiles/dump-usr-l0.gz
```


In diesem Beispiel wird RSH gesetzt, um über eine SSH-Verbindung eine Sicherung auf ein Bandlaufwerk eines entfernten Systems zu schreiben:

Beispiel 18.2. `dump` über ssh mit gesetzter `RSH` benutzen

```
# env RSH=/usr/bin/ssh /sbin/dump -0uan -f tatargetuser@targetmachine.example.com:/dev/sa0 /usr
```

18.8.2. Sicherung von Verzeichnissen

Einige integrierte Werkzeuge stehen zur Sicherung und Wiederherstellung von bestimmten Dateien und Verzeichnissen bei Bedarf zur Verfügung.

Wenn es um die Sicherung von Dateien in einem Verzeichnis geht, ist `tar(1)` eine gute Wahl. Dieses Werkzeug stammt aus Version 6 von AT&T UNIX® und erwartet standardmäßig eine rekursive Sicherung auf ein lokales Band. Es können jedoch Optionen angegeben werden, um den Namen einer Sicherungsdatei zu bestimmen.

In diesem Beispiel wird eine komprimierte Sicherung des aktuellen Verzeichnisses nach `/tmp/mybackup.tgz` gespeichert. Achten Sie bei der Sicherungsdatei darauf, dass sie nicht in dem Verzeichnis gespeichert wird, welches gesichert werden soll.

Beispiel 18.3. Das aktuelle Verzeichnis mit `tar` sichern

```
# tar czvf /tmp/mybackup.tgz .
```

Um eine komplette Sicherung wiederherzustellen, wechseln Sie mit `cd` in das Verzeichnis, in dem Sie die Daten wiederherstellen möchten und geben Sie den Namen der Sicherungsdatei an. Beachten Sie, dass dabei alle Dateien in dem Verzeichnis überschrieben werden. Im Zweifel sichern Sie besser in einem temporären Verzeichnis, oder geben Sie den Verzeichnisnamen bei der Wiederherstellung an.

Beispiel 18.4. Wiederherstellung mit `tar` in das aktuelle Verzeichnis

```
# tar xzvf /tmp/mybackup.tgz
```

Es gibt dutzende Optionen, die in `tar(1)` beschrieben werden. Das Programm unterstützt auch die Verwendung von Ausschlußmustern, um bestimmte Dateien von der Sicherung oder Wiederherstellung von Verzeichnissen auszuschließen.

Um bestimmte, aufgelistete Dateien und Verzeichnisse zu sichern, ist `cpio(1)` eine gute Wahl. Im Gegensatz zu `tar` weiß `cpio` nicht wie ein Verzeichnisbaum durchlaufen wird. Daher ist es auf eine Liste von zu sichernden Dateien angewiesen.

So kann beispielsweise eine Liste von Dateien mit `ls` oder `find` erzeugt werden. Dieses Beispiel erstellt eine rekursive Liste des aktuellen Verzeichnisses, die dann über eine Pipe an `cpio` übergeben wird, um eine Sicherung namens `/tmp/mybackup.cpio` zu erstellen.

Beispiel 18.5. Rekursive Sicherung des aktuellen Verzeichnisses mit `ls` und `cpio`

```
# ls -R | cpio -ovF /tmp/mybackup.cpio
```

`pax(1)` ist ein Programm, welches versucht die Funktionen von `tar` und `cpio` zu kombinieren. Über die Jahre hinweg sind die verschiedenen Versionen von `tar` und `cpio` leicht inkompatibel geworden. Daher hat POSIX® `pax` geschaffen, welches versucht viele der unterschiedlichen `cpio`- und `tar`-Formate zu lesen und zu schreiben, außerdem einige neue, eigene Formate.

Für die vorangegangenen Beispiele wäre ein äquivalenter Aufruf von `pax`:

Beispiel 18.6. Das aktuelle Verzeichnis mit `pax` sichern

```
# pax -wf /tmp/mybackup.pax .
```

18.8.3. Bandmedien benutzen

Obwohl sich Bandmedien mit der Zeit weiterentwickelt haben, verwenden moderne Backup-Systeme in der Regel *Offsite-Backups* in Verbindung mit lokalen Wechseldatenträgern. FreeBSD unterstützt alle SCSI-Bandlaufwerke, wie etwa LTO und DAT. Zusätzlich gibt es begrenzte Unterstützung für SATA- und USB-Bandlaufwerke.

Für SCSI-Bandlaufwerke nutzt FreeBSD den `sa(4)` Treiber, der die Schnittstellen `/dev/sa0`, `/dev/nsa0` und `/dev/esa0` bereitstellt. Der Name des physikalischen Geräts ist `/dev/sa0`. Wird `/dev/nsa0` benutzt, dann wird die Backup-Anwendung nach dem Schreibvorgang das Band nicht zurückspulen, was es ermöglicht, mehr als eine Datei auf das Band zu schreiben. Die Verwendung von `/dev/esa0` wirft das Band aus, nachdem das Gerät geschlossen wurde.

FreeBSD nutzt `mt` für die Steuerung der Operationen des Bandlaufwerks, wie die Suche nach Dateien auf einem Band, oder um Kontrollmarkierungen auf ein Band zu schreiben. Beispielsweise können die ersten drei Dateien auf einem Band erhalten bleiben, indem sie übersprungen werden, bevor eine neue Datei auf das Band geschrieben wird.

```
# mt -f /dev/nsa0 fsf 3
```

Dieses Werkzeug unterstützt viele Operationen. Weitere Einzelheiten finden Sie in `mt(1)`.

Um eine Datei mit `tar` auf ein Band zu schreiben, geben Sie den Namen des Bandlaufwerks und den Dateinamen an:

```
# tar cvf /dev/sa0 file
```

Wiederherstellung von Dateien aus dem `tar`-Archiv von Band in das aktuelle Verzeichnis:

```
# tar xvf /dev/sa0
```

Benutzen Sie `dump`, um ein UFS-Dateisystem zu sichern. Dieses Beispiel sichert `/usr`, ohne danach das Band zurückzuspulen:

```
# dump -0aL -b64 -f /dev/nsa0 /usr
```

Interaktive Wiederherstellung von Dateien aus einer `dump(8)`-Datei von Band in das aktuelle Verzeichnis:

```
# restore -i -f /dev/nsa0
```

18.8.4. Backup-Software von Drittanbietern

Die FreeBSD Ports-Sammlung enthält viele Programme von Drittanbietern, die verwendet werden können um die zeitliche Erstellung von Sicherungen zu planen, zu vereinfachen und bequemer zu machen. Viele dieser Programme basieren auf dem Client-Server-Modell und können benutzt werden, um die Sicherung von einzelnen Systemen oder allen Rechnern in einem Netzwerk zu automatisieren.

Zu den bekannten Programmen gehören Amanda, Bacula, rsync und duplicity.

18.8.5. Die Wiederherstellung in einem Notfall

Zusätzlich zu den regelmäßigen Sicherungen empfiehlt es sich, die folgenden Schritte im Rahmen eines Notfallplans durchzuführen.

Erstellen Sie einen Ausdruck der Ausgabe der folgenden Kommandos:

- `gpart show`
- `more /etc/fstab`
- `dmesg`

Bewahren Sie diesen Ausdruck und eine Kopie des Installationsmediums an einem sicheren Ort auf. Im Falle einer Wiederherstellung im Notfall, starten Sie von dem Installationsmedium und wählen Sie Live CD, um eine Rettungs-Shell zu starten. Dieser Rettungsmodus kann verwendet werden, um den aktuellen Stand des Systems anzuzeigen, und wenn nötig, Festplatten zu formatieren und Daten aus den Sicherungen wiederherzustellen.



Anmerkung

Das Installationsmedium für FreeBSD/i386 9.3-RELEASE enthält keine Rettungs-Shell. Laden Sie für diese Version ein Abbild der Livefs CD von <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/releases/i386/ISO-IMAGES/9.3/FreeBSD-9.3-RELEASE-i386-livefs.iso>.

Als nächstes testen Sie die Rettungs-Shell und die Sicherungen. Dokumentieren Sie diesen Ablauf. Bewahren Sie diese Notizen zusammen mit den Medien, den Ausdrucken und den Sicherungen auf. Diese Notizen können Ihnen im Notfall helfen eine versehentliche Zerstörung der Sicherungen zu verhindern, während Sie unter Stress eine Wiederherstellung durchführen.

Als zusätzliche Sicherheitsvorkehrung kann jeweils die letzte Sicherung an einem entfernten Standort aufbewahrt werden. Dieser Standort sollte räumlich von den Computern und Festplatten durch eine erhebliche Entfernung getrennt sein.

18.9. Speicherbasierte Laufwerke

Verbessert und neu strukturiert von Marc Fonvieille.

Neben physikalischen Laufwerken unterstützt FreeBSD auch speicherbasierte Laufwerke. Eine mögliche Verwendung für ein speicherbasiertes Laufwerk ist der Zugriff auf ein ISO-Dateisystem, jedoch ohne vorher die Daten auf eine CD oder DVD zu brennen und dann das Medium einzuhängen.

FreeBSD verwendet den [md\(4\)](#) Treiber um Unterstützung für speicherbasierte Laufwerke bereitzustellen. Dieser Treiber ist bereits im GENERIC-Kernel enthalten. Wenn Sie eine angepasste Kernelkonfigurationsdatei verwenden, stellen Sie sicher, dass folgende Zeile enthalten ist:

```
device md
```

18.9.1. Ein- und Aushängen von bestehenden Abbildern

Um ein bestehendes Abbild eines Dateisystems einzuhängen, verwenden Sie `mdconfig` zusammen mit dem Namen der ISO-Datei und einer freien Gerätenummer. Benutzen Sie dann diese Gerätenummer, um das Abbild in einen existierenden Mountpunkt einzuhängen. Sobald dies erledigt ist, erscheinen die Dateien des Abbildes unterhalb des Mountpunktes. Dieses Beispiel wird `diskimage.iso` an das speicherbasierte Laufwerk `/dev/md0` binden und dann in `/mnt` einhängen:

```
# mdconfig -f diskimage.iso -u 0
# mount /dev/md 0 /mnt
```

Wenn keine Gerätenummer mit `-u` angegeben ist, wird von `md(4)` automatisch eine ungenutzte Gerätenummer zugewiesen. Das zugewiesene Gerät wird auf der Standardausgabe ausgegeben (zum Beispiel `md4`). Weitere Informationen zu diesem Kommando und dessen Optionen finden Sie in `mdconfig(8)`.

Wenn ein speicherbasiertes Laufwerk nicht mehr in Gebrauch ist, sollten seine belegten Ressourcen wieder an das System zurückgegeben werden. Hängen Sie zuerst das Dateisystem aus, dann verwenden Sie `mdconfig`, um die Platte vom System zu trennen und die Ressourcen freizugeben.

```
# umount /mnt
# mdconfig -d -u 0
```

Um festzustellen, ob noch irgendwelche speicherbasierten Laufwerke am System angeschlossen sind, benutzen Sie `mdconfig -l`.

18.9.2. Ein datei- oder speicherbasiertes Laufwerk erzeugen

FreeBSD unterstützt auch speicherbasierte Laufwerke, bei denen der verwendete Speicher entweder einer Festplatte, oder einem Bereich im Arbeitsspeicher zugewiesen wird. Die erste Methode ist gemeinhin als dateibasiertes Dateisystem, die zweite als speicherbasiertes Dateisystem bekannt. Beide Typen können mit `mdconfig` erzeugt werden.

Um ein speicherbasiertes Dateisystem zu erstellen, geben Sie den Typ `swap` sowie die gewünschte Größe des Laufwerks an. Dieses Beispiel erzeugt ein 5 MB großes Laufwerk an der Gerätenummer 1. Das Laufwerk wird mit dem UFS-Dateisystem formatiert, bevor es eingehängt wird:

```
# mdconfig -a -t swap -s 5m -u 1
# newfs -U md1
/dev/md1: 5.0MB (10240 sectors) block size 16384, fragment size 2048
        using 4 cylinder groups of 1.27MB, 81 blks, 192 inodes.
        with soft updates
super-block backups (for fsck -b #) at:
 160, 2752, 5344, 7936
# mount /dev/md 1 /mnt
# df /mnt
Filesystem 1K-blocks Used Avail Capacity Mounted on
/dev/md1    4718      4 4338      0% /mnt
```

Um ein dateibasiertes Dateisystem zu erstellen, muss zunächst ein Stück Speicher auf der Festplatte reserviert werden. Dieses Beispiel erzeugt eine 5 KB große Datei namens `newimage`:

```
# dd if=/dev/zero of= newimage bs=1k count=5k
5120+0 records in
5120+0 records out
```

Als nächstes muss diese Datei an ein speicherbasiertes Laufwerk gebunden, gelabelt und mit dem UFS-Dateisystem formatiert werden. Danach können Sie das Laufwerk einhängen und die Größe überprüfen:

```
# mdconfig -f newimage -u 0
# bsdlabel -w md 0 auto
# newfs md0a
/dev/md0a: 5.0MB (10224 sectors) block size 16384, fragment size 2048
```

```

        using 4 cylinder groups of 1.25MB, 80 blks, 192 inodes.
super-block backups (for fsck -b #) at:
 160, 2720, 5280, 7840
# mount /dev/md 0a /mnt
# df /mnt
Filesystem 1K-blocks Used Avail Capacity  Mounted on
/dev/md0a      4710    4  4330      0%    /mnt

```

Es benötigt mehrere Befehle, um ein datei- oder speicherbasiertes Dateisystem mit `mdconfig` zu erstellen. FreeBSD enthält auch `mdmfs`, das ein speicherbasiertes Laufwerk automatisch konfigurieren, formatieren und einhängen kann. Nachdem beispielsweise `newimage` mit `dd` erstellt wurde, hätte auch der folgende Befehl benutzt werden können, anstelle der oben verwendeten Kommandos `bsdlabel`, `newfs` und `mount`:

```
# mdmfs -F newimage -s 5m md0 /mnt
```

Um hingegen ein speicherbasiertes Laufwerk mit `mdmfs` zu erstellen, wird dieser Befehl benutzt:

```
# mdmfs -s 5m md1 /mnt
```

Wenn die Gerätenummer nicht angegeben wird, wählt `mdmfs` automatisch ein ungenutztes Gerät aus. Weitere Einzelheiten über `mdmfs` finden Sie in [mdmfs\(8\)](#).

18.10. Schnappschüsse von Dateisystemen

Beigetragen von Tom Rhodes.

Zusammen mit [Soft Updates](#) bietet FreeBSD eine weitere Funktion: Schnappschüsse von Dateisystemen.

UFS-Schnappschüsse sind Dateien, die ein Abbild eines Dateisystems enthalten und müssen auf dem jeweiligen Dateisystem erstellt werden. Pro Dateisystem darf es maximal 20 Schnappschüsse, die im Superblock vermerkt werden, geben. Schnappschüsse bleiben erhalten, wenn das Dateisystem abgehängt, neu eingehängt oder das System neu gestartet wird. Wenn ein Schnappschuss nicht mehr benötigt wird, kann er mit [rm\(1\)](#) gelöscht werden. Es ist egal, in welcher Reihenfolge Schnappschüsse gelöscht werden. Es kann allerdings vorkommen, dass nicht der gesamte Speicherplatz wieder freigegeben wird, da ein anderer Schnappschuss einen Teil der entfernten Blöcke für sich beanspruchen kann.

Das unveränderliche `Snapshot`-Dateiflag wird nach der Erstellung des Snapshots von [mksnap_ffs\(8\)](#) gesetzt. Durch die Verwendung von [unlink\(1\)](#) ist es allerdings möglich, einen Schnappschuss zu löschen.

Schnappschüsse werden mit [mount\(8\)](#) erstellt. Das folgende Kommando legt einen Schnappschuss von `/var` in `/var/snapshot/snap` ab:

```
# mount -u -o snapshot /var/snapshot/snap /var
```

Alternativ kann der Schnappschuss auch mit [mksnap_ffs\(8\)](#) erstellt werden.

```
# mksnap_ffs /var /var/snapshot/snap
```

Um Schnappschüsse auf einem Dateisystem, beispielsweise `/var` zu finden, kann man [find\(1\)](#) verwenden:

```
# find /var -flags snapshot
```

Nachdem ein Schnappschuss erstellt wurde, können Sie ihn für verschiedene Zwecke benutzen:

- Sie können den Schnappschuss für die Datensicherung benutzen und ihn auf eine CD oder ein Band schreiben.
- Die Integrität des Schnappschusses kann mit [fsck\(8\)](#) geprüft werden. Wenn das Dateisystem zum Zeitpunkt der Erstellung des Schnappschusses in Ordnung war, sollte [fsck\(8\)](#) immer erfolgreich durchlaufen.
- Sie können den Schnappschuss mit [dump\(8\)](#) sichern. Sie erhalten dann eine konsistente Sicherung des Dateisystems zu dem Zeitpunkt, der durch den Zeitstempel des Schnappschusses gegeben ist. Der Schalter `-L` von [dump\(8\)](#) erstellt für die Sicherung einen Schnappschuss und entfernt diesen am Ende der Sicherung wieder.

- Sie können einen Schnappschuss in den Verzeichnisbaum einhängen und sich dann den Zustand des Dateisystems zu dem Zeitpunkt ansehen, an dem der Schnappschuss erstellt wurde. Der folgende Befehl hängt den Schnappschuss `/var/snapshot/snap` ein:

```
# mdconfig -a -t vnode -o readonly -f /var/snapshot/snap -u 4
# mount -r /dev/md4 /mnt
```

Der eingefrorene Stand des `/var`-Dateisystems ist nun unterhalb von `/mnt` verfügbar. Mit Ausnahme der früheren Schnappschüsse, die als leere Dateien auftauchen, wird zu Beginn alles so aussehen, wie zum Zeitpunkt der Erstellung des Schnappschusses. Der Schnappschuss kann wie folgt abgehängt werden:

```
# umount /mnt
# mdconfig -d -u 4
```

Weitere Informationen über Soft Updates und Schnappschüsse von Dateisystemen sowie technische Artikel finden Sie auf der [Webseite von Marshall Kirk McKusick](#).

18.11. Disk Quotas

Disk Quotas erlauben dem Administrator, den Plattenplatz und/oder die Anzahl der Dateien eines Benutzers oder der Mitglieder einer Gruppe, auf Dateisystemebene zu beschränken. Dadurch wird verhindert, dass ein Benutzer oder eine Gruppe von Benutzern den ganzen verfügbaren Plattenplatz belegt.

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfiguration von Disk Quotas für UFS-Dateisysteme. Lesen Sie [Abschnitt 20.4.8](#), „Dataset-, Benutzer- und Gruppenquotas“, wenn Sie Disk Quotas auf einem ZFS-Dateisystem einrichten möchten.

18.11.1. Disk Quotas aktivieren

Prüfen Sie zunächst, ob der FreeBSD-Kernel Disk Quotas unterstützt:

```
% sysctl kern.features.ufs_quota
kern.features.ufs_quota: 1
```

In diesem Beispiel zeigt die 1 an, dass Quotas unterstützt werden. Falls 0 ausgegeben wird, fügen Sie folgende Zeile in die Kernelkonfigurationsdatei ein, und folgen Sie den Anweisungen in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) um den Kernel zu aktualisieren:

```
options QUOTA
```

Als nächstes aktivieren Sie Disk Quotas in `/etc/rc.conf` :

```
quota_enable="YES"
```

Normalerweise wird beim Booten die Integrität der Quotas auf allen Dateisystemen mit [quotacheck\(8\)](#) überprüft. Dieses Programm stellt sicher, dass die Quota-Datenbank mit den Daten auf einem Dateisystem übereinstimmt. Dies ist allerdings ein zeitraubender Prozess, der die Zeit, die das System zum Booten braucht, signifikant beeinflusst. Eine Variable in `/etc/rc.config` erlaubt es, diesen Schritt zu überspringen:

```
check_quotas="NO"
```

Zuletzt muss noch `/etc/fstab` bearbeitet werden, um die Plattenquotas auf Dateisystemebene zu aktivieren. Um Quotas pro Benutzer für ein Dateisystem zu aktivieren, geben Sie für dieses Dateisystem `userquota` im Feld Optionen von `/etc/fstab` an. Zum Beispiel:

```
/dev/dals2g /home ufs rw,userquota 1 2
```

Um Quotas für Gruppen einzurichten, verwenden Sie `groupquota`. Um Quotas für Benutzer und Gruppen einzurichten, trennen Sie die Optionen durch Kommata:

```
/dev/das2g    /home    ufs rw,userquota,groupquota 1 2
```

Quota-Dateien werden standardmäßig im Rootverzeichnis des Dateisystems unter `quota.user` und `quota.group` abgelegt. Weitere Informationen finden Sie in [fstab\(5\)](#). Es wird nicht empfohlen, Quota-Dateien an anderen Stellen zu speichern.

Sobald die Konfiguration abgeschlossen ist, starten Sie das System neu. `/etc/rc` wird dann automatisch die richtigen Kommandos aufrufen, um die Quota-Dateien für alle in `/etc/rc.conf` definierten Quotas anzulegen.

Normalerweise brauchen die Kommandos [quotacheck\(8\)](#), [quotaon\(8\)](#) oder [quotaoff\(8\)](#) nicht händisch aufgerufen werden, obwohl man die entsprechenden Seiten im Manual lesen sollte, um sich mit ihnen vertraut zu machen.

18.11.2. Setzen von Quota-Limits

Stellen Sie sicher, dass Quotas auch tatsächlich aktiviert sind:

```
# quota -v
```

Für jedes Dateisystem, auf dem Quotas aktiviert sind, sollte eine Zeile mit der Plattenauslastung und den aktuellen Quota-Limits zu sehen sein.

Mit `edquota` können nun Quota-Limits zugewiesen werden.

Mehrere Möglichkeiten stehen zur Verfügung, um Limits für den Plattenplatz, den ein Benutzer oder eine Gruppe verbrauchen kann, oder die Anzahl der Dateien, die angelegt werden dürfen, festzulegen. Die Limits können auf dem Plattenplatz (Block-Quotas), der Anzahl der Dateien (Inode-Quotas) oder einer Kombination von beiden basieren. Jedes Limit wird weiterhin in zwei Kategorien geteilt: Hardlimits und Softlimits.

Ein Hardlimit kann nicht überschritten werden. Hat der Benutzer einmal ein Hardlimit erreicht, so kann er auf dem betreffenden Dateisystem keinen weiteren Platz mehr beanspruchen. Hat ein Benutzer beispielsweise ein Hardlimit von 500 Kilobytes auf einem Dateisystem und benutzt davon 490 Kilobyte, so kann er nur noch 10 weitere Kilobytes beanspruchen. Der Versuch, weitere 11 Kilobytes zu beanspruchen, wird fehlschlagen.

Softlimits können für eine befristete Zeit überschritten werden. Diese Frist beträgt in der Grundeinstellung eine Woche. Hat der Benutzer das Softlimit über die Frist hinaus überschritten, so wird das Softlimit in ein Hardlimit umgewandelt und der Benutzer kann keinen weiteren Platz mehr beanspruchen. Wenn er einmal das Softlimit unterschreitet, wird die Frist wieder zurückgesetzt.

Im folgenden Beispiel wird das Quota des Benutzerkonto `test` bearbeitet. Wenn `edquota` aufgerufen wird, wird der in `EDITOR` definierte Editor aufgerufen, um die Quota-Limits zu konfigurieren. Der Standard-Editor ist `vi`.

```
# edquota -u test
```

```
Quotas for user test:
```

```
/usr:  kbytes in use: 65, limits (soft = 50, hard = 75)
       inodes in use: 7, limits (soft = 50, hard = 60)
/usr/var: kbytes in use: 0, limits (soft = 50, hard = 75)
        inodes in use: 0, limits (soft = 50, hard = 60)
```

Für jedes Dateisystem, auf dem Quotas aktiv sind, sind zwei Zeilen zu sehen. Eine repräsentiert die Block-Quotas und die andere die Inode-Quotas. Um ein Limit zu modifizieren, ändern Sie einfach den angezeigten Wert. Um beispielsweise das Blocklimit von `/usr` auf ein Softlimit von 500 und ein Hardlimit von 600 zu erhöhen, ändern Sie die Zeile wie folgt:

```
/usr:  kbytes in use: 65, limits (soft = 500, hard = 600)
```

Die neuen Limits sind wirksam, sobald der Editor verlassen wird.

Manchmal ist es wünschenswert, die Limits für eine Reihe von Benutzern zu setzen. Dazu weisen Sie zunächst einem Benutzer das gewünschte Quota-Limit zu. Anschließend benutzen Sie `-p`, um das Quota auf einen bestimm-

ten Bereich von Benutzer-IDs (UID) zu duplizieren. Der folgende Befehl dupliziert die Quota-Limits auf die UIDs 10000 bis 19999:

```
# edquota -p test 10000-19999
```

Weitere Informationen finden Sie in [edquota\(8\)](#).

18.11.3. Überprüfen von Quota-Limits und Plattennutzung

Um die Limits oder die Plattennutzung individueller Benutzer und Gruppen zu überprüfen, kann [quota\(1\)](#) benutzt werden. Ein Benutzer kann nur die eigenen Quotas und die Quotas der Gruppe, der er angehört untersuchen. Nur der Superuser darf sich alle Limits ansehen. Mit [repquota\(8\)](#) erhalten Sie eine Zusammenfassung von allen Limits und der Plattenausnutzung für alle Dateisysteme, auf denen Quotas aktiv sind.

In der Ausgabe von [quota\(1\)](#) werden Dateisysteme, auf denen ein Benutzer keinen Platz verbraucht, nicht angezeigt, auch wenn diesem Quotas zugewiesen wurden. Benutzen Sie `-v` um solche Dateisysteme ebenfalls anzuzeigen. Das folgende Beispiel zeigt die Ausgabe von `quota -v` für einen Benutzer, der Quota-Limits auf zwei Dateisystemen besitzt:

```
Disk quotas for user test (uid 1002):
  Filesystem  usage  quota  limit  grace  files  quota  limit  grace
    /usr      65*    50     75    5days    7     50     60
  /usr/var    0      50     75         0     50     60
```

Im Dateisystem `/usr` liegt der Benutzer momentan 15 Kilobytes über dem Softlimit von 50 Kilobytes und hat noch 5 Tage seiner Frist übrig. Der Stern `*` zeigt an, dass der Benutzer sein Limit überschritten hat.

18.11.4. Quotas über NFS

Quotas werden von dem Quota-Subsystem auf dem NFS-Server erzwungen. Der [rpc.rquotad\(8\)](#) Daemon stellt quota die Quota Informationen auf dem NFS-Client zur Verfügung, so dass Benutzer auf diesen Systemen ihre Quotas abfragen können.

Sie aktivieren `rpc.rquotad` auf dem NFS-Server, indem Sie das Zeichen `#` auf folgender Zeile in `/etc/inetd.conf` entfernen:

```
rquotad/1      dgram rpc/udp wait root /usr/libexec/rpc.rquotad rpc.rquotad
```

Anschließend starten Sie `inetd` neu:

```
# service inetd restart
```

18.12. Partitionen verschlüsseln

Beigetragen von Lucky Green.

FreeBSD bietet ausgezeichnete Möglichkeiten, Daten vor unberechtigten Zugriffen zu schützen. Wenn das Betriebssystem läuft, schützen Zugriffsrechte und vorgeschriebene Zugriffskontrollen (MAC) (siehe [Kapitel 16, Verbindliche Zugriffskontrolle](#)) die Daten. Die Zugriffskontrollen des Betriebssystems schützen allerdings nicht vor einem Angreifer, der Zugriff auf den Rechner hat. Der Angreifer kann eine Festplatte in ein anderes System einbauen und dort die Daten analysieren.

Die für FreeBSD verfügbaren kryptografischen Subsysteme, GEOM Based Disk Encryption (`gbde`) und `geli` sind in der Lage, Daten auf Dateisystemen auch vor hoch motivierten Angreifern zu schützen, die über erhebliche Mittel verfügen. Dieser Schutz ist unabhängig von der Art und Weise, durch die ein Angreifer Zugang zu einer Festplatte oder zu einem Rechner erlangt hat. Im Gegensatz zu anderen Verschlüsselungsmethoden, bei denen einzelne Dateien verschlüsselt werden, verschlüsseln `gbde` und `geli` transparent ganze Dateisysteme. Auf der Festplatte werden dabei keine Daten im Klartext gespeichert.

Dieses Kapitel zeigt, wie ein verschlüsseltes Dateisystem unter FreeBSD erstellt wird. Zunächst wird der Ablauf für gbde beschrieben und anschließend das gleiche Beispiel für geli.

18.12.1. Plattenverschlüsselung mit gbde

Das Ziel von [gbde\(4\)](#) ist es, einen Angreifer vor eine große Herausforderung zu stellen, um an die Daten einer Festplatte zu gelangen. Falls jedoch der Rechner kompromittiert wurde, während er im Betrieb war und das Speichergerät aktiv verbunden war, oder wenn der Angreifer eine gültige Passphrase kennt, bietet dieses System keinen Schutz für die Daten der Festplatte. Daher ist es wichtig, für die physische Sicherheit zu sorgen, während das System im Betrieb ist. Außerdem muss die Passphrase für den Verschlüsselungsmechanismus geschützt werden.

[gbde\(4\)](#) besitzt einige Funktionen um die Daten, die in einem Sektor gespeichert sind, zu schützen. Es benutzt 128-Bit AES im CBC-Modus, um die Daten eines Sektors zu verschlüsseln. Jeder Sektor einer Festplatte wird mit einem anderen AES-Schlüssel verschlüsselt. Weitere Informationen zum kryptographischen Design und wie die Schlüssel für einen Sektor aus der gegebenen Passphrase ermittelt werden, finden Sie in [gbde\(4\)](#).

FreeBSD enthält ein Kernelmodul für gbde, das wie folgt geladen werden kann:

```
# kldload geom_bde
```

Wenn Sie einen angepassten Kernel verwenden, stellen Sie sicher, dass folgende Zeile in der Kernelkonfigurationsdatei enthalten ist:

```
options GEOM_BDE
```

Das folgende Beispiel beschreibt, wie eine Partition auf einer neuen Festplatte verschlüsselt wird. Die Partition wird in `/private` eingehangen.

Prozedur 18.3. Eine Partition mit gbde verschlüsseln

1. Installieren der Festplatte

Installieren Sie die Festplatte wie in [Abschnitt 18.2, „Hinzufügen von Laufwerken“](#) beschrieben. Im Beispiel wird die Partition `/dev/ad4s1c` verwendet. Die Gerätedateien `/dev/ad0s1 *` sind Standard-Partitionen des FreeBSD-Systems.

```
# ls /dev/ad*
/dev/ad0      /dev/ad0s1b  /dev/ad0s1e  /dev/ad4s1
/dev/ad0s1    /dev/ad0s1c  /dev/ad0s1f  /dev/ad4s1c
/dev/ad0s1a   /dev/ad0s1d  /dev/ad4
```

2. Verzeichnis für gbde-Lock-Dateien anlegen

```
# mkdir /etc/gbde
```

Die Lock-Dateien sind für den Zugriff von gbde auf verschlüsselte Partitionen notwendig. Ohne die Lock-Dateien können die Daten nur mit erheblichem manuellem Aufwand wieder entschlüsselt werden (dies wird auch von der Software nicht unterstützt). Jede verschlüsselte Partition benötigt eine gesonderte Lock-Datei.

3. Vorbereiten der gbde-Partition

Eine von gbde benutzte Partition muss einmalig initialisiert werden, bevor sie benutzt werden kann. Das Programm öffnet eine Vorlage im Standard-Editor, um verschiedene Optionen zu konfigurieren. Setzen Sie `sector_size` auf 2048, wenn Sie UFS benutzen:

```
# gbde init /dev/ad4s1c -i -L /etc/gbde/ad4s1c.lock # $FreeBSD: src/sbin/gbde/
template.txt,v 1.1.36.1 2009/08/03 08:13:06 kensmith Exp $
#
# Sector size is the smallest unit of data which can be read or written.
# Making it too small decreases performance and decreases available space.
# Making it too large may prevent filesystems from working. 512 is the
```

```
# minimum and always safe. For UFS, use the fragment size
#
sector_size      =      2048
[...-]
```

Sobald die Änderungen gespeichert werden, wird der Benutzer zweimal aufgefordert, die zum Schutz der Daten verwendete Passphrase einzugeben. Die Passphrase muss beide Mal gleich eingegeben werden. Die Sicherheit der Daten hängt allein von der Qualität der gewählten Passphrase ab. Die Auswahl einer sicheren und leicht zu merkenden Passphrase wird auf der Webseite <http://world.std.com/~reinhold/diceware.html> beschrieben.

Bei der Initialisierung wird eine Lock-Datei für die gbde-Partition erstellt. In diesem Beispiel `/etc/gbde/ad4s1c.lock`. Lock-Dateien müssen die Dateiendung „lock“ aufweisen, damit sie von `/etc/rc.d/gbde`, dem Startskript von gbde, erkannt werden.



Achtung

Lock-Dateien müssen immer zusammen mit den verschlüsselten Dateisystemen gesichert werden. Ohne die Lock-Datei können Sie allerdings nicht auf die verschlüsselten Daten zugreifen.

4. Einbinden der verschlüsselten Partition in den Kernel

```
# gbde attach /dev/ad4s1c -l /etc/gbde/ad4s1c.lock
```

Dieses Kommando fragt die Passphrase ab, die bei der Initialisierung der verschlüsselten Partition eingegeben wurde. Das neue verschlüsselte Gerät erscheint danach in `/dev` als `/dev/device_name.bde`:

```
# ls /dev/ad*
/dev/ad0      /dev/ad0s1b  /dev/ad0s1e  /dev/ad4s1
/dev/ad0s1    /dev/ad0s1c  /dev/ad0s1f  /dev/ad4s1c
/dev/ad0s1a   /dev/ad0s1d  /dev/ad4     /dev/ad4s1c.bde
```

5. Dateisystem auf dem verschlüsselten Gerät anlegen

Nachdem die verschlüsselte Partition im Kernel eingebunden ist, kann ein Dateisystem erstellt werden. Dieses Beispiel erstellt ein UFS-Dateisystem mit aktivierten Soft Updates. Achten Sie darauf, die Partition mit der Erweiterung `*.bde` zu benutzen:

```
# newfs -U -02 /dev/ad4s1c.bde
```

6. Einhängen der verschlüsselten Partition

Legen Sie einen Mountpunkt für das verschlüsselte Dateisystem an. Hängen Sie anschließend das Dateisystem ein:

```
# mkdir /private
# mount /dev/ad4s1c.bde /private
```

7. Überprüfen des verschlüsselten Dateisystems

Das verschlüsselte Dateisystem sollte jetzt erkannt und benutzt werden können:

```
% df -H
Filesystem      Size  Used Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a     1037M   72M   883M     8%      /
/devfs           1.0K    1.0K    0B    100%    /dev
/dev/ad0s1f      8.1G   55K   7.5G     0%     /home
```

/dev/ad0s1e	1037M	1.1M	953M	0%	/tmp
/dev/ad0s1d	6.1G	1.9G	3.7G	35%	/usr
/dev/ad4s1c.bde	150G	4.1K	138G	0%	/private

Nach jedem Neustart müssen verschlüsselte Dateisysteme dem Kernel wieder bekannt gemacht werden, auf Fehler überprüft werden und eingehangen werden. Für die dazu nötigen Schritte fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
gbde_autoattach_all="YES"
gbde_devices="ad4s1c"
gbde_lockdir="/etc/gbde"
```

Durch diese Argumente muss beim Systemstart auf der Konsole die Passphrase eingegeben werden. Erst nach Eingabe der korrekten Passphrase wird die verschlüsselte Partition automatisch in den Verzeichnisbaum eingehängt. Weitere Bootoptionen von gbde finden Sie in [rc.conf\(5\)](#).



Anmerkung

sysinstall ist nicht kompatibel mit gbde-verschlüsselten Geräten. Bevor sysinstall gestartet wird, müssen alle *.bde Geräte vom Kernel getrennt werden, da sonst der Kernel bei der ersten Suche nach Geräten abstürzt. Um das verschlüsselte Gerät aus dem Beispiel zu trennen, benutzen Sie das folgende Kommando:

```
# gbde detach /dev/ ad4s1c
```

18.12.2. Plattenverschlüsselung mit geli

Beigetragen von Daniel Gerzo.

Mit geli steht eine alternative kryptografische GEOM-Klasse zur Verfügung. Dieses Werkzeug unterstützt unterschiedliche Fähigkeiten und verfolgt einen anderen Ansatz für die Verschlüsselung. geli bietet die folgenden Funktionen:

- Die Nutzung des [crypto\(9\)](#)-Frameworks. Wenn das System über kryptografische Hardware verfügt, wird diese von geli automatisch verwendet.
- Die Unterstützung verschiedener kryptografischer Algorithmen, wie AES, Blowfish, und 3DES.
- Die Möglichkeit, die root-Partition zu verschlüsseln. Um auf die verschlüsselte root-Partition zugreifen zu können, muss beim Systemstart die Passphrase eingegeben werden.
- Erlaubt den Einsatz von zwei voneinander unabhängigen Schlüsseln.
- Es ist durch einfache Sektor-zu-Sektor-Verschlüsselung sehr schnell.
- Die Möglichkeit, Master-Keys zu sichern und wiederherzustellen. Wenn ein Benutzer seinen Schlüssel zerstört, kann er über seinen zuvor gesicherten Schlüssel wieder auf seine Daten zugreifen.
- geli erlaubt es, Platten mit einem zufälligen Einmal-Schlüssel einzusetzen, was für Swap-Partitionen und temporäre Dateisysteme interessant ist.

Weitere Funktionen und Anwendungsbeispiele finden Sie in [geli\(8\)](#).

Das folgende Beispiel beschreibt, wie eine Schlüsseldatei erzeugt wird, die als Teil des Master-Keys für den Verschlüsselungs-Provider verwendet wird, der unter `/private` in den Verzeichnisbaum eingehängt wird. Die Schlüsseldatei liefert zufällige Daten, die für die Verschlüsselung des Master-Keys benutzt werden. Zusätzlich wird der Master-Key durch eine Passphrase geschützt. Die Sektorgröße des Providers beträgt 4 KB. Das Beispiel beschreibt, wie Sie einen geli-Provider aktivieren, ein vom ihm verwaltetes Dateisystem erzeugen, es mounten, mit ihm arbeiten und wie Sie es schließlich wieder unmounten und den Provider deaktivieren.

Prozedur 18.4. Eine Partition mit geli verschlüsseln

1. Laden der geli-Unterstützung

Die Unterstützung für geli wird über ein ladbares Kernelmodul zur Verfügung gestellt. Damit das Modul automatisch beim Booten geladen wird, fügen Sie folgende Zeile in `/boot/loader.conf` ein:

```
geom_eli_load="YES"
```

Um das Modul direkt zu laden:

```
# kldload geom_eli
```

Stellen Sie bei einer angepassten Kernelkonfigurationsdatei sicher, dass diese Zeilen enthalten sind:

```
options GEOM_ELI
device crypto
```

2. Erzeugen des Master-Keys

Die folgenden Befehle erzeugen einen Master-Key (`/root/da2.key`), der durch eine Passphrase geschützt ist. Die Datenquelle für die Schlüsseldatei ist `/dev/random`. Um eine bessere Leistung zu erzielen beträgt die Sektorgröße des Providers (`/dev/da2.eli`) 4 KB:

```
# dd if=/dev/random of=/root/da2.key bs=64 count=1
# geli init -s 4096 -K /root/da2.key /dev/da2
Enter new passphrase:
Reenter new passphrase:
```

Es ist nicht zwingend nötig, sowohl eine Passphrase als auch eine Schlüsseldatei zu verwenden. Die einzelnen Methoden können auch unabhängig voneinander eingesetzt werden.

Wird für die Schlüsseldatei „-“ angegeben, wird dafür die Standardeingabe verwendet. Das folgende Kommando erzeugt beispielsweise drei Schlüsseldateien:

```
# cat keyfile1 keyfile2 keyfile3 | geli init -K - /dev/da2
```

3. Aktivieren des Providers mit dem erzeugten Schlüssel

Um den Provider zu aktivieren, geben Sie die Schlüsseldatei, den Namen des Laufwerks und die Passphrase an:

```
# geli attach -k /root/da2.key /dev/da2
Enter passphrase:
```

Dadurch wird ein neues Gerät mit der Erweiterung `.eli` angelegt:

```
# ls /dev/da2*
/dev/da2 /dev/da2.eli
```

4. Das neue Dateisystem erzeugen

Als nächstes muss das Gerät mit dem UFS-Dateisystem formatiert und an einen vorhandenen Mountpunkt eingehängt werden:

```
# dd if=/dev/random of=/dev/da2.eli bs=1m
# newfs /dev/da2.eli
# mount /dev/da2.eli /private
```

Das verschlüsselte Dateisystem sollte jetzt erkannt und benutzt werden können:

```
# df -H
Filesystem      Size  Used Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a    248M   89M  139M    38%      /
```

/devfs	1.0K	1.0K	0B	100%	/dev
/dev/ada0s1f	7.7G	2.3G	4.9G	32%	/usr
/dev/ada0s1d	989M	1.5M	909M	0%	/tmp
/dev/ada0s1e	3.9G	1.3G	2.3G	35%	/var
/dev/da2.eli	150G	4.1K	138G	0%	/private

Wenn Sie nicht mehr mit dem verschlüsselten Dateisystem arbeiten und die unter `/private` eingehängte Partition daher nicht mehr benötigen, sollten Sie diese unmounten und den `geli`-Verschlüsselungs-Provider wieder deaktivieren:

```
# umount /private
# geli detach da2.eli
```

FreeBSD verfügt über ein `rc.d`-Skript, das das Einhängen von verschlüsselten Geräten beim Booten deutlich vereinfacht. Für dieses Beispiel, fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
geli_devices="da2"
geli_da2_flags="-p -k /root/da2.key "
```

Dies konfiguriert `/dev/da2` als `geli`-Provider mit dem Master-Key `/root/da2.key`. Das System wird den Provider automatisch deaktivieren, bevor es heruntergefahren wird. Während des Startvorgangs fordert das Skript die Passphrase an, bevor der Provider aktiviert wird. Vor und nach der Eingabeaufforderung für die Passphrase werden noch weitere Kernelmeldungen angezeigt. Achten Sie sorgfältig auf die Eingabeaufforderung zwischen den anderen Meldungen, falls es zu Problemen beim Startvorgang kommt. Sobald die richtige Passphrase eingegeben wurde, wird der Provider aktiviert. Anschließend werden die Dateisysteme gemäß `/etc/fstab` eingehängt. Lesen Sie [Abschnitt 4.7, „Anhängen und Abhängen von Dateisystemen“](#) wenn Sie wissen möchten, wie Sie ein Dateisystem konfigurieren, sodass es beim Booten automatisch gestartet wird.

18.13. Den Auslagerungsspeicher verschlüsseln

Geschrieben von Christian Brueffer.

Wie die Verschlüsselung von Partitionen, wird auch der Auslagerungsspeicher verschlüsselt, um sensible Informationen zu schützen. Stellen Sie sich eine Anwendung vor, die mit Passwörtern umgeht. Solange sich diese Passwörter im Arbeitsspeicher befinden, werden sie nicht auf die Festplatte geschrieben und nach einem Neustart gelöscht. Falls FreeBSD jedoch damit beginnt Speicher auszulagern, um Platz für andere Anwendungen zu schaffen, können die Passwörter unverschlüsselt auf die Festplatte geschrieben werden. Die Verschlüsselung des Auslagerungsspeichers kann in solchen Situationen Abhilfe schaffen.

Dieser Abschnitt zeigt die Konfiguration eines verschlüsselten Auslagerungsspeichers mittels [gbde\(8\)](#) oder [geli\(8\)](#). In den Beispielen repräsentiert `/dev/ada0s1b` die Swap-Partition.

18.13.1. Konfiguration eines verschlüsselten Auslagerungsspeichers

Swap-Partitionen werden standardmäßig nicht verschlüsselt. Sie sollten daher alle sensiblen Daten im Auslagerungsspeicher löschen, bevor Sie fortfahren. Führen Sie folgenden Befehl aus, um die Swap-Partition mit Zufallsdaten zu überschreiben:

```
# dd if=/dev/random of=/dev/ada0s1b bs=1m
```

Um den Auslagerungsspeicher mit [gbde\(8\)](#) zu verschlüsseln, fügen Sie in `/etc/fstab` das Suffix `.bde` an den Gerätenamen der Swap-Partition hinzu:

# Device	Mountpoint	FStype	Options	Dump	Pass#
/dev/ada0s1b.bde	none	swap	sw	0	0

Wenn Sie [geli\(8\)](#) benutzen, verwenden Sie stattdessen das Suffix `.eli`, um den Auslagerungsspeicher zu verschlüsseln:

# Device	Mountpoint	FStype	Options	Dump	Pass#
/dev/ada0s1b.eli	none	swap	sw	0	0

In der Voreinstellung verschlüsselt [geli\(8\)](#) mit dem AES-Algorithmus und einer Schlüssellänge von 128 Bit. Diese Voreinstellungen sind in der Regel ausreichend, können jedoch im Options-Feld in `/etc/fstab` angepasst werden. Mögliche Optionen sind:

aalgo

Der Algorithmus für die Prüfung der Datenintegrität. Dieser wird benutzt um sicherzustellen, dass die verschlüsselten Daten nicht manipuliert wurden. Eine Liste der unterstützten Algorithmen finden Sie in [geli\(8\)](#).

ealgo

Der Verschlüsselungsalgorithmus, der verwendet wird um die Daten zu schützen. Eine Liste der unterstützten Algorithmen finden Sie in [geli\(8\)](#).

keylen

Die Länge des Schlüssels für den Verschlüsselungsalgorithmus. In [geli\(8\)](#) können Sie lesen, welche Schlüssellängen von welchem Algorithmus unterstützt werden.

sectorsize

Die Größe, in der die Datenblöcke aufgeteilt werden, bevor sie verschlüsselt werden. Größere Blöcke erhöhen die Leistung auf Kosten des Speicherverbrauchs. Die empfohlene Größe beträgt 4096 Byte.

Dieses Beispiel konfiguriert eine verschlüsselte Swap-Partition mit dem Blowfish-Algorithmus, einer Schlüssellänge von 128 Bit und einer Sektorgröße von 4 KB:

```
# Device Mountpoint FStype Options Dump Pass#
/dev/ada0s1b.eli none swap sw,ealgo=blowfish,keylen=128,sectorsize=4096 0 0
```

18.13.2. Überprüfung des verschlüsselten Auslagerungsspeichers

Nachdem das System neu gestartet wurde, kann die korrekte Funktion des verschlüsselten Auslagerungsspeichers mit `swapinfo` geprüft werden.

Wenn Sie [gbde\(8\)](#) einsetzen, erhalten Sie eine Meldung ähnlich der folgenden:

```
% swapinfo
Device      1K-blocks      Used      Avail Capacity
/dev/ada0s1b.bde    542720           0    542720      0%
```

Wenn Sie [geli\(8\)](#) einsetzen, erhalten Sie hingegen eine Ausgabe ähnlich der folgenden:

```
% swapinfo
Device      1K-blocks      Used      Avail Capacity
/dev/ada0s1b.eli    542720           0    542720      0%
```

18.14. Highly Available Storage (HAST)

Beigetragen von Daniel Gerzo.

Mit Beiträgen von Freddie Cash, Pawel Jakub Dawidek, Michael W. Lucas und Viktor Petersson.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Hochverfügbarkeit ist eine der Hauptanforderungen von ernsthaften Geschäftsanwendungen und hochverfügbarer Speicher ist eine Schlüsselkomponente in solchen Umgebungen. Highly Available STorage (HAST) ist ein Framework in FreeBSD, welches die transparente Speicherung der gleichen Daten über mehrere physikalisch getrennte Maschinen ermöglicht, die über ein TCP/IP-Netzwerk verbunden sind. HAST kann als ein netzbasiertes RAID1 (Spiegel) verstanden werden und ist dem DRBD®-Speichersystem der GNU/Linux®-Plattform ähnlich. In Kombination mit anderen Hochverfügbarkeitseigenschaften von FreeBSD wie CARP, ermöglicht es HAST, hochverfügbare Speichercluster zu bauen, die in der Lage sind, Hardwareausfällen zu widerstehen.

Die Hauptmerkmale von HAST sind:

- Es kann zur Maskierung von I/O-Fehlern auf lokalen Festplatten eingesetzt werden.

- Dateisystem-unabhängig, was es erlaubt, jedes von FreeBSD unterstützte Dateisystem zu verwenden.
- Effiziente und schnelle Resynchronisation: es werden nur die Blöcke synchronisiert, die während der Ausfallzeit eines Knotens geändert wurden.
- Es kann in einer bereits bestehenden Umgebung eingesetzt werden, um zusätzliche Redundanz zu erreichen.
- Zusammen mit CARP, Heartbeat, oder anderen Werkzeugen, ist es möglich, ein robustes und dauerhaftes Speichersystem zu bauen.

Nachdem Sie diesen Abschnitt gelesen haben, werden Sie folgendes wissen:

- Was HAST ist, wie es funktioniert und welche Eigenschaften es besitzt.
- Wie man HAST unter FreeBSD aufsetzt und verwendet.
- Wie man CARP und [devd\(8\)](#) kombiniert, um ein robustes Speichersystem zu bauen.

Bevor Sie diesen Abschnitt lesen, sollten Sie:

- die Grundlagen von UNIX® und FreeBSD verstanden haben ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)).
- wissen, wie man Netzwerkschnittstellen und andere Kernsysteme von FreeBSD konfiguriert ([Kapitel 12, Konfiguration und Tuning](#)).
- ein gutes Verständnis der FreeBSD-Netzwerkfunktionalität besitzen ([Teil IV, „Netzwerke“](#)).

Das HAST-Projekt wurde von der FreeBSD Foundation mit Unterstützung der [OMCnet Internet Service GmbH](#) und [TransIP BV](#) gesponsert.

18.14.1. HAST im Einsatz

HAST bietet eine synchrone Replikation auf Blockebene zwischen zwei Maschinen: einem `primary`, auch bekannt als `master` Knoten, sowie dem `secondary`, oder `slave` Knoten. Diese beiden Maschinen zusammen werden als Cluster bezeichnet.

Da HAST in einer primär-sekundär-Konfiguration funktioniert, ist immer nur ein Knoten des Clusters zu jeder Zeit aktiv. Der primäre Knoten, auch `active` genannt, ist derjenige, der alle I/O-Anfragen verarbeitet, die an die HAST-Schnittstelle gesendet werden. Der sekundäre Knoten wird automatisch vom primären Knoten aus synchronisiert.

Die physischen Komponenten des HAST-Systems sind die lokale Platte am Primärknoten und die entfernte Platte am Sekundärknoten.

HAST arbeitet synchron auf Blockebene, was es für Dateisysteme und Anwendungen transparent macht. HAST stellt gewöhnliche GEOM-Provider in `/dev/hast/` für die Verwendung durch andere Werkzeuge oder Anwendungen zur Verfügung. Es gibt keinen Unterschied zwischen dem Einsatz von HAST bereitgestellten Geräten und herkömmlichen Platten oder Partitionen.

Jede Schreib-, Lösch- oder Entleerungsoperation wird an die lokale und über TCP/IP zu der entfernt liegenden Platte gesendet. Jede Leseoperation wird von der lokalen Platte durchgeführt, es sei denn, die lokale Platte ist nicht aktuell oder es tritt ein I/O-Fehler auf. In solchen Fällen wird die Leseoperation an den Sekundärknoten geschickt.

HAST versucht, eine schnelle Fehlerbereinigung zu gewährleisten. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Synchronisationszeit nach dem Ausfall eines Knotens zu reduzieren. Um eine schnelle Synchronisation zu ermöglichen, verwaltet HAST eine Bitmap von unsauberen Bereichen auf der Platte und synchronisiert nur diese während einer regulären Synchronisation (mit Ausnahme der initialen Synchronisation).

Es gibt viele Wege, diese Synchronisation zu behandeln. HAST implementiert mehrere Replikationsarten, um unterschiedliche Methoden der Synchronisation zu realisieren:

- `memsync`: Dieser Modus meldet Schreiboperationen als vollständig, wenn die lokale Schreiboperation beendet ist und der entfernt liegende Knoten die Ankunft der Daten bestätigt hat, jedoch bevor die Daten wirklich gespei-

chert wurden. Die Daten werden auf dem entfernt liegenden Knoten direkt nach dem Senden der Bestätigung gespeichert. Dieser Modus ist dafür gedacht, Latenzen zu verringern und zusätzlich eine gute Verlässlichkeit zu bieten. In der Voreinstellung wird dieser Modus benutzt.

- **fullsync**: Dieser Modus meldet Schreiboperationen als vollständig, wenn sowohl die lokale, als auch die entfernte Schreiboperation abgeschlossen wurde. Dies ist der sicherste und zugleich der langsamste Replikationsmodus.
- **async**: Dieser Modus meldet Schreiboperationen als vollständig, wenn lokale Schreibvorgänge abgeschlossen wurden. Dies ist der schnellste und gefährlichste Replikationsmodus. Er sollte nur verwendet werden, wenn die Latenz zu einem entfernten Knoten bei einer Replikation zu hoch ist für andere Modi.

18.14.2. HAST-Konfiguration

Das HAST-Framework besteht aus mehreren Komponenten:

- Dem **hastd(8)**-Daemon, welcher für Datensynchronisation verantwortlich ist. Wenn dieser Daemon gestartet wird, wird automatisch `geom_gate.ko` geladen.
- Dem **hastctl(8)** Management-Werkzeug.
- Der Konfigurationsdatei **hast.conf(5)**. Diese Datei muss vorhanden sein, bevor **hastd** gestartet wird.

Alternativ lässt sich die `GEOM_GATE`-Unterstützung in den Kernel statisch einbauen, indem folgende Zeile zur Kernelkonfigurationsdatei hinzugefügt wird. Anschließend muss der Kernel, wie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben, neu gebaut werden:

```
options GEOM_GATE
```

Das folgende Beispiel beschreibt, wie man zwei Knoten als master-slave / primary-secondary mittels HAST konfiguriert, um Daten zwischen diesen beiden auszutauschen. Die Knoten werden als **hast** mit der IP-Adresse `172.16.0.1` und **hastb** mit der IP-Adresse `172.16.0.2` bezeichnet. Beide Knoten besitzen eine dedizierte Festplatte `/dev/ad6` mit der gleichen Größe für den HAST-Betrieb. Der HAST-Pool, manchmal auch Ressource genannt, oder der GEOM-Provider in `/dev/hast/` wird als **test** bezeichnet.

Die Konfiguration von HAST wird in `/etc/hast.conf` vorgenommen. Diese Datei sollte auf beiden Knoten gleich sein. Die einfachste Konfiguration ist folgende:

```
resource test {
  on hast {
    local /dev/ad6
    remote 172.16.0.2
  }
  on hastb {
    local /dev/ad6
    remote 172.16.0.1
  }
}
```

Fortgeschrittene Konfigurationsmöglichkeiten finden Sie in [hast.conf\(5\)](#).



Tipp

Es ist ebenfalls möglich, den Hostnamen in den `remote`-Anweisungen zu verwenden, falls die Rechner aufgelöst werden können und in `/etc/hosts`, oder im lokalen DNS definiert sind.

Sobald die Konfiguration auf beiden Rechnern vorhanden ist, kann ein HAST-Pool erstellt werden. Lassen Sie diese Kommandos auf beiden Knoten ablaufen, um die initialen Metadaten auf die lokale Platte zu schreiben und starten Sie anschließend **hastd(8)**:


```
# hastctl create test
# service hasted onestart
```



Anmerkung

Es ist *nicht* möglich, GEOM-Provider mit einem bereits bestehenden Dateisystem zu verwenden, um beispielsweise einen bestehenden Speicher in einen von HAST verwalteten Pool zu konvertieren. Dieses Verfahren muss einige Metadaten auf den Provider schreiben und dafür würde nicht genug freier Platz zur Verfügung stehen.

Die Rolle eines HAST Knotens, *primary* oder *secondary*, wird vom einem Administrator, oder einer Software wie Heartbeat, mittels [hastctl\(8\)](#) festgelegt. Auf dem primären Knoten *hastb* geben Sie diesen Befehl ein:

```
# hastctl role primary test
```

Geben Sie folgendes Kommando auf dem sekundären Knoten *hastb* ein:

```
# hastctl role secondary test
```

Überprüfen Sie das Ergebnis mit *hastctl* auf beiden Knoten:

```
# hastctl status test
```

Überprüfen Sie die *status*-Zeile. Wird hier *degraded* angezeigt, dann ist etwas mit der Konfigurationsdatei nicht in Ordnung. Auf jedem Knoten sollte *complete* angezeigt werden, was bedeutet, dass die Synchronisation zwischen den beiden Knoten gestartet wurde. Die Synchronisierung ist abgeschlossen, wenn *hastctl status* meldet, dass die *dirty*-Bereiche 0 Bytes betragen.

Der nächste Schritt ist, ein Dateisystem auf dem GEOM-Provider anzulegen und dieses ins System einzuhängen. Dies muss auf dem *primary*-Knoten durchgeführt werden. Die Erstellung des Dateisystems kann ein paar Minuten dauern, abhängig von der Größe der Festplatte. Dieses Beispiel erstellt ein UFS-Dateisystem auf */dev/hast/test* :

```
# newfs -U /dev/hast/ test
# mkdir /hast/ test
# mount /dev/hast/ test /hast/test
```

Sobald das HAST-Framework richtig konfiguriert wurde, besteht der letzte Schritt nun darin, sicherzustellen, dass HAST während des Systemstarts automatisch gestartet wird. Fügen Sie diese Zeile in */etc/rc.conf* hinzu:

```
hasted_enable="YES"
```

18.14.2.1. Failover-Konfiguration

Das Ziel dieses Beispiels ist, ein robustes Speichersystem zu bauen, welches Fehlern auf einem beliebigen Knoten widerstehen kann. Wenn der *primary*-Knoten ausfällt, ist der *secondary*-Knoten da, um nahtlos einzuspringen, das Dateisystem zu prüfen, einzuhängen und mit der Arbeit fortzufahren, ohne dass auch nur ein einzelnes Bit an Daten verloren geht.

Um diese Aufgabe zu bewerkstelligen, wird das *Common Address Redundancy Protocol* (CARP) benutzt, welches ein automatisches Failover auf der IP-Schicht ermöglicht. CARP erlaubt es mehreren Rechnern im gleichen Netzsegment, die gleiche IP-Adresse zu verwenden. Setzen Sie CARP auf beiden Knoten des Clusters anhand der Dokumentation in [Abschnitt 31.10, „Common Address Redundancy Protocol \(CARP\)“](#) auf. In diesem Beispiel hat jeder Knoten seine eigene Management IP-Adresse und die geteilte IP-Adresse *172.16.0.254* . Der primäre HAST-Knoten des Clusters muss der CARP-Masterknoten sein.

Der HAST-Pool, welcher im vorherigen Abschnitt erstellt wurde, ist nun bereit für den Export über das Netzwerk auf den anderen Rechner. Dies kann durch den Export über NFS oder Samba erreicht werden, indem die geteilte IP-Adresse *172.16.0.254* verwendet wird. Das einzige ungelöste Problem ist der automatische Failover, sollte der primäre Knoten einmal ausfallen.

Falls die CARP-Schnittstelle aktiviert oder deaktiviert wird, generiert das FreeBSD-Betriebssystem ein [devd\(8\)](#)-Ereignis, was es ermöglicht, Zustandsänderungen auf den CARP-Schnittstellen zu überwachen. Eine Zustandsänderung auf der CARP-Schnittstelle ist ein Indiz dafür, dass einer der Knoten gerade ausgefallen oder wieder verfügbar ist. Diese Zustandsänderungen machen es möglich, ein Skript zu starten, welches automatisch den HAST-Failover durchführt.

Um Zustandsänderungen auf der CARP-Schnittstelle abzufangen, müssen diese Zeilen in `/etc/devd.conf` auf jedem Knoten hinzugefügt werden:

```
notify 30 {
    match "system" "IFNET";
    match "subsystem" "carp0";
    match "type" "LINK_UP";
    action "/usr/local/sbin/carp-hast-switch master";
};

notify 30 {
    match "system" "IFNET";
    match "subsystem" "carp0";
    match "type" "LINK_DOWN";
    action "/usr/local/sbin/carp-hast-switch slave";
};
```



Anmerkung

Wenn auf dem System FreeBSD 10 oder höher eingesetzt wird, ersetzen Sie `carp0` durch den Namen der konfigurierten Schnittstelle für CARP.

Starten Sie [devd\(8\)](#) auf beiden Knoten neu, um die neue Konfiguration wirksam werden zu lassen:

```
# service devd restart
```

Wenn die Schnittstelle aktiviert oder deaktiviert wird, erzeugt das System eine Meldung, was es dem [devd\(8\)](#)-Subsystem ermöglicht, ein automatisches Failover-Skript zu starten, `/usr/local/sbin/carp-hast-switch`. Weitere Informationen zu dieser Konfiguration finden Sie in [devd.conf\(5\)](#).

Es folgt ein Beispiel für ein automatisches Failover-Skript:

```
#!/bin/sh

# Original script by Freddie Cash <fjwcash@gmail.com>
# Modified by Michael W. Lucas <mwllucas@BlackHelicopters.org>
# and Viktor Petersson <vpetersson@wireload.net>

# The names of the HAST resources, as listed in /etc/hast.conf
resources="test"

# delay in mounting HAST resource after becoming master
# make your best guess
delay=3

# logging
log="local0.debug"
name="carp-hast"

# end of user configurable stuff

case "$1" in
    master)
        logger -p $log -t $name "Switching to primary provider for ${resources}."
        sleep ${delay}
```

```

# Wait for any "hastd secondary" processes to stop
for disk in ${resources}; do
  while $( pgrep -lf "hastd: ${disk} \ (secondary\)" > /dev/null 2>&1 ); do
    sleep 1
  done

  # Switch role for each disk
  hastctl role primary ${disk}
  if [ $? -ne 0 -]; then
    logger -p $log -t $name "Unable to change role to primary for resource ${disk}."
    exit 1
  fi
done

# Wait for the /dev/hast/* devices to appear
for disk in ${resources}; do
  for I in $( jot 60 ); do
    [ -c "/dev/hast/${disk}" -] && break
    sleep 0.5
  done

  if [ ! -c "/dev/hast/${disk}" -]; then
    logger -p $log -t $name "GEOM provider /dev/hast/${disk} did not appear."
    exit 1
  fi
done

logger -p $log -t $name "Role for HAST resources ${resources} switched to primary."

logger -p $log -t $name "Mounting disks."
for disk in ${resources}; do
  mkdir -p /hast/${disk}
  fsck -p -y -t ufs /dev/hast/${disk}
  mount /dev/hast/${disk} /hast/${disk}
done

;;

slave)
  logger -p $log -t $name "Switching to secondary provider for ${resources}."

  # Switch roles for the HAST resources
  for disk in ${resources}; do
    if ! mount | grep -q "^/dev/hast/${disk} on "
    then
    else
      umount -f /hast/${disk}
    fi
    sleep $delay
    hastctl role secondary ${disk} 2>&1
    if [ $? -ne 0 -]; then
      logger -p $log -t $name "Unable to switch role to secondary for resource ${disk}."
      exit 1
    fi
    logger -p $log -t $name "Role switched to secondary for resource ${disk}."
  done
done
;;
esac

```

Im Kern führt das Skript die folgenden Aktionen durch, sobald ein Knoten zum Master wird:

- Es ernannt den HAST-Pool als den primären für einen gegebenen Knoten.
- Es prüft das Dateisystem, dass auf dem HAST-Pool erstellt wurde.

- Es hängt den Pool ins System ein.

Wenn ein Knoten zum Sekundären ernannt wird:

- Hängt es den HAST-Pool aus dem Dateisystem aus.
- Degradiert es den HAST-Pool zum sekundären.



Achtung

Dieses Skript ist nur ein Beispiel für eine mögliche Lösung. Es behandelt nicht alle möglichen Szenarien, die auftreten können und sollte erweitert bzw. abgeändert werden, so dass z.B. benötigte Dienste gestartet oder gestoppt werden.



Tipp

Für dieses Beispiel wurde ein UFS-Dateisystem verwendet. Um die Zeit für die Wiederherstellung zu verringern, kann ein UFS mit Journal oder ein ZFS-Dateisystem benutzt werden.

Weitere detaillierte Informationen mit zusätzlichen Beispielen können unter <http://wiki.FreeBSD.org/HAST> abgerufen werden.

18.14.3. Fehlerbehebung

HAST sollte generell ohne Probleme funktionieren. Jedoch kann es, wie bei jeder anderen Software auch, zu gewissen Zeiten sein, dass sie sich nicht so verhält wie angegeben. Die Quelle dieser Probleme kann unterschiedlich sein, jedoch sollte als Faustregel gewährleistet werden, dass die Zeit für alle Knoten im Cluster synchron läuft.

Für die Fehlersuche bei HAST sollte die Anzahl an Debugging-Meldungen von `hastd(8)` erhöht werden. Dies kann durch das Starten von `hastd` mit `-d` erreicht werden. Diese Option kann mehrfach angegeben werden, um die Anzahl an Meldungen weiter zu erhöhen. Sie sollten ebenfalls die Verwendung von `-F` in Erwägung ziehen, was `hastd` im Vordergrund startet.

18.14.3.1. Auflösung des Split-brain-Zustands

`split-brain` bezeichnet eine Situation, in der beide Knoten des Clusters nicht in der Lage sind, miteinander zu kommunizieren und dadurch beide als primäre Knoten fungieren. Dies ist ein gefährlicher Zustand, weil es beiden Knoten erlaubt ist, Änderungen an den Daten vorzunehmen, die miteinander nicht in Einklang gebracht werden können. Diese Situation muss vom Systemadministrator händisch bereinigt werden.

Der Administrator muss entscheiden, welcher Knoten die wichtigeren Änderungen besitzt, oder die Zusammenführung manuell durchführen. Anschließend kann HAST die volle Synchronisation mit dem Knoten durchführen, der die beschädigten Daten enthält. Um dies zu tun, geben Sie folgende Befehle auf dem Knoten ein, der neu synchronisiert werden muss:

```
# hastctl role init test
# hastctl create test
# hastctl role secondary test
```

Kapitel 19. GEOM: Modulares Framework zur Plattentransformation

Geschrieben von Tom Rhodes.

Übersetzt von Daniel Seuffert und Johann Kois.

19.1. Übersicht

GEOM erlaubt den Zugriff und die Kontrolle von Klassen, wie beispielsweise Master Boot Records und BSD-Label, durch die Nutzung von Datenträgern (Providern) oder den besonderen Dateien in `/dev`. Verschiedene Software RAID-Konfigurationen unterstützend, gewährt GEOM transparenten Zugriff auf das Betriebssystem und die System-Dienstprogramme.

Dieses Kapitel behandelt den Einsatz von Laufwerken mit dem GEOM-Framework in FreeBSD. Dies beinhaltet auch die wichtigen RAID-Überwachungswerkzeuge, welche das Framework zur Konfiguration nutzen. Dieses Kapitel ist kein ausführlicher Leitfaden für RAID-Konfigurationen. Nur die von GEOM unterstützten RAID-Klassen werden erörtert.

Nach Lesen dieses Kapitels werden Sie folgendes wissen:

- Welche Art von RAID-Unterstützung durch GEOM verfügbar ist.
- Wie man die Basis-Dienstprogramme nutzt, um verschiedene RAID-Stufen zu konfigurieren, zu manipulieren und zu warten.
- Wie man mittels GEOM spiegelt, striped, verschlüsselt und entfernte Laufwerke verbindet.
- Wie man an Laufwerken, welche an das GEOM-Framework angeschlossen sind, Fehler behebt.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

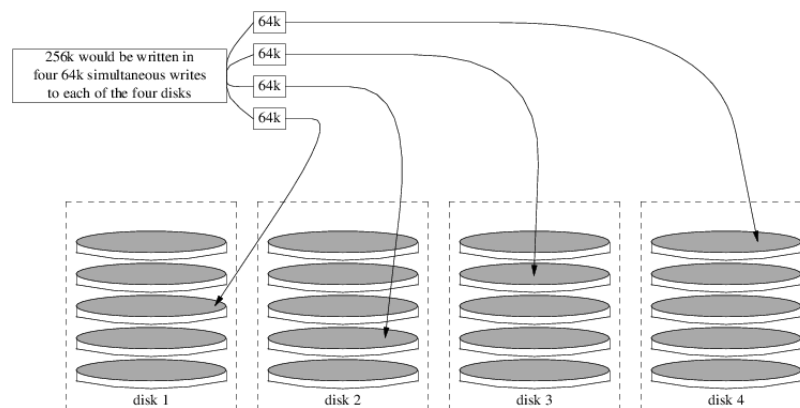
- Verstehen, wie FreeBSD Laufwerke behandelt ([Kapitel 18, Speichermedien](#)).
- Wissen wie man einen neuen FreeBSD-Kernel konfiguriert und installiert ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).

19.2. RAID0 - Striping

Geschrieben von Tom Rhodes und Murray Stokely.

Striping (stripe = Streifen) fasst verschiedene Laufwerke in einem einzigen Datenträger zusammen. Dies wird durch die Nutzung von Hardware-Controllern bewerkstelligt. Das GEOM-Subsystem unterstützt Software-RAID0, welches auch als Striping bekannt ist. Bei dieser Technik wird kein RAID-Controller benötigt.

In einem RAID0-System werden die Daten in einzelne Blöcke aufgeteilt, welche über alle angeschlossenen Laufwerke in einem Datenfeld (Array) geschrieben werden. Anstatt darauf warten zu müssen, dass 256K auf ein einzelnes Laufwerk geschrieben werden, kann ein RAID0-System gleichzeitig 64K auf jedes von vier Laufwerken schreiben mit entsprechend besserer I/O-Leistung. Dieser Durchsatz kann durch die Verwendung mehrerer Controller noch zusätzlich gesteigert werden.



Jedes Laufwerk in einem RAID0-Stripe muss die gleiche Größe haben, da I/O-Anforderungen für das Lesen und Schreiben abwechselnd auf mehrere Laufwerke parallel erfolgen.



Anmerkung

RAID0 bietet keine Redundanz. Das bedeutet, dass wenn eine Platte im Array ausfällt, die gesamten Daten auf den Platten verloren gehen. Wenn es sich um wichtige Daten handelt, sollten Sie eine Backup-Strategie entwickeln, die regelmäßig Sicherungen auf einem entfernten System speichert.

Die Erstellung eines GEOM-basierten RAID0 auf einem FreeBSD-System wird im folgenden beschrieben. Nachdem das Stripe erzeugt wurde, finden Sie in [gstripe\(8\)](#) weitere Informationen zur Verwaltung der vorhandenen Stripes.

Prozedur 19.1. Ein Stripe aus unformatierten ATA-Platten erzeugen

1. Laden Sie das `geom_stripe.ko`-Modul:

```
# kldload geom_stripe
```

2. Stellen Sie sicher, dass ein geeigneter Mountpunkt existiert. Falls dieser Datenträger eine Root-Partition werden soll, dann nutzen Sie zeitweise einen anderen Mountpunkt, beispielsweise `/mnt`.
3. Bestimmen Sie die Gerätenamen derjenigen Platten, welche gestriped werden sollen, und erzeugen Sie ein neues Stripe-Gerät. Das folgende Beispiel verwendet zwei unbenutzte und unpartitionierte ATA-Platten, die gestriped werden sollen. Die Gerätenamen lauten `/dev/ad2` und `/dev/ad3`:

```
# gstripe label -v st0 /dev/ad2 /dev/ad3
Metadata value stored on /dev/ad2.
Metadata value stored on /dev/ad3.
Done.
```

4. Schreiben Sie einen Standard-Label (auch als Partitions-Tabelle bekannt) auf den neuen Datenträger und installieren Sie den normalen Bootstrap-Code:

```
# bsdlabel -wB /dev/stripe/st0
```

5. Dieser Prozess sollte zwei weitere Geräte im Verzeichnis `/dev/stripe` (zusätzlich zum Gerät `st0`) erzeugt haben. Diese schliessen `st0a` und `st0c` ein. Nun kann mit `newfs` ein UFS-Dateisystem auf dem Gerät `st0a` erzeugt werden:

```
# newfs -U /dev/stripe/st0a
```

Viele Zahlen rauschen nun über den Bildschirm und nach ein paar Sekunden wird der Prozess abgeschlossen sein. Der Datenträger wurde erzeugt und kann in den Verzeichnisbaum eingehängt werden.

6. Um das erzeugte Stripe manuell zu mounten:

```
# mount /dev/stripe/st0a /mnt
```

7. Um das erzeugte Dateisystem automatisch während des Startvorgangs zu mounten, muss die Datenträgerinformation in `/etc/fstab` eingetragen werden. In diesem Beispiel wird ein permanenter Mountpunkt namens `stripe` erstellt:

```
# mkdir /stripe  
# echo "/dev/stripe/st0a /stripe ufs rw 2 2" \  
>> /etc/fstab
```

8. Das `geom_stripe.ko`-Modul muss ebenfalls automatisch beim Systemstart geladen werden (durch die Aufnahme der folgenden Zeile in die Datei `/boot/loader.conf`):

```
# echo 'geom_stripe_load="YES"' >> /boot/loader.conf
```

19.3. RAID1 - Spiegelung

Spiegelung (RAID1 / *Mirroring*) ist eine Technik, bei der identische Daten auf mehr als ein Laufwerk geschrieben werden. Spiegel werden in der Regel zum Schutz vor Datenverlust aufgrund von Festplattenausfällen verwendet. Jedes Laufwerk in einem Spiegel enthält eine identische Kopie der Daten. Wenn ein einzelnes Laufwerk ausfällt, funktioniert der Spiegel weiterhin und die Daten werden von den restlichen Festplatten bereit gestellt. Der Rechner läuft einfach weiter und der Administrator hat die Gelegenheit, das defekte Laufwerk auszutauschen.

Zwei häufige Situationen werden in diesem Beispiel erläutert. Im ersten Beispiel wird ein Spiegel aus zwei neuen Laufwerken erstellt, der die existierende Platte ersetzt. Das zweite Beispiel erzeugt ein Spiegel mit einem einzigen Laufwerk, kopiert dann die Daten von der alten Platte und fügt die alte Platte zum Spiegel hinzu. Obwohl dieses Verfahren etwas komplizierter ist, wird nur ein neues Laufwerk benötigt.

Traditionell sind die Laufwerke in einem Spiegel vom gleichen Modell und besitzen die gleiche Kapazität. Dies ist jedoch keine Voraussetzung für [gmirror\(8\)](#). Hier können Spiegel mit unterschiedlichen Kapazitäten verwendet werden. Die Kapazität richtet sich dann nach dem kleinsten Laufwerk im Spiegel. Zusätzlicher Speicherplatz auf größeren Laufwerken bleibt dann ungenutzt. Werden später weitere Laufwerke zum Spiegel hinzugefügt, müssen diese mindestens so viel Kapazität haben wie das kleinste Laufwerk im Spiegel.



Warnung

Die hier gezeigten Verfahren löschen keine Daten. Dennoch sollte, wie bei jeder größeren Operation, zuerst eine vollständige Sicherung erstellt werden.



Warnung

Obwohl in diesem Abschnitt [dump\(8\)](#) zum Kopieren der Dateisysteme verwendet wird, funktioniert es nicht auf Dateisystemen mit aktiviertem Soft-Updates Journaling. In [tunefs\(8\)](#) finden Sie Informationen, wie Sie Soft-Updates Journaling erkennen und deaktivieren.

19.3.1. Probleme mit Metadaten

Viele Plattensysteme speichern Metadaten am Ende der Platte. Alte Metadaten sollten vor der Wiederverwendung in einem Spiegel gelöscht werden, da die meisten Probleme aus zwei Arten von übrig gebliebenen Metadaten resultieren: GPT-Partitionstabellen und alte Metadaten aus einem vorherigen Spiegel.

GPT-Metadaten können mit `gpart(8)` gelöscht werden. Dieses Beispiel löscht sowohl die primären, als auch die GPT-Partitionstabelle von der Festplatte `ada8`:

```
# gpart destroy -F ada8
```

Mit `gmirror(8)` kann eine Platte aus einem aktiven Spiegel entfernt und gleichzeitig die Metadaten gelöscht werden. In diesem Beispiel wird die Platte `ada8` aus dem aktiven Spiegel `gm4` entfernt:

```
# gmirror remove gm4 ada8
```

Wenn der Spiegel nicht aktiv ist, sich jedoch noch alte Metadaten auf der Festplatte befinden, benutzen Sie `gmirror clear`, um die Metadaten zu entfernen:

```
# gmirror clear ada8
```

`gmirror(8)` speichert einen Datenblock an Metadaten am Ende der Festplatte. Da das GPT-Partitionschema die Metadaten auch am Ende der Platte speichert, wird es nicht empfohlen, mit `gmirror(8)` einen Spiegel aus einem gesamten GPT-Datenträger zu erstellen. In diesen Fällen sollte eine MBR-Partitionierung benutzt werden, weil hier nur eine Partitionstabelle am Anfang der Platte gespeichert wird und somit nicht mit den Metadaten des Spiegels im Konflikt steht.

19.3.2. Einen Spiegel mit zwei neuen Festplatten erstellen

In diesem Beispiel wurde FreeBSD bereits auf der vorhandenen Festplatte `ada0` installiert. Zwei neue Platten, `ada1` und `ada2`, wurden bereits mit dem System verbunden. Ein neuer Spiegel soll mit diesen beiden Platten erzeugt und verwendet werden, um die alte vorhandene Platte zu ersetzen.

Das Kernelmodul `geom_mirror.ko` muss entweder in den Kernel eingebaut, oder zur Laufzeit geladen werden. Sie können das Modul manuell laden:

```
# gmirror load
```

Erstellen Sie den Spiegel mit den beiden neuen Festplatten:

```
# gmirror label -v gm0 /dev/ada1 /dev/ada2
```

`gm0` ist ein vom Benutzer gewählter Name, der dem neuen Spiegel zugeordnet wird. Nachdem der Spiegel gestartet wurde, erscheint dieser Gerätenamen in `/dev/mirror/`.

MBR- und `bsdlablel`-Partitionstabellen können jetzt auf dem neuen Spiegel erzeugt werden. Dieses Beispiel verwendet das herkömmliche Dateisystem-Layout für `/`, `swap`, `/var`, `/tmp` und `/usr`. Eine einzelne Root- und Swap-Partition würde ebenfalls funktionieren.

Die Partitionen auf dem Spiegel müssen nicht zwingend die gleiche Größe wie die auf der Festplatte haben, aber sie müssen groß genug sein, um alle Daten aufnehmen zu können, die bereits auf `ada0` gespeichert sind.

```
# gpart create -s MBR mirror/gm0
# gpart add -t freebsd -a 4k mirror/gm0
# gpart show mirror/gm0
=>      63  156301423  mirror/gm0  MBR   (74G)
        63           63           - free -   (31k)
        126  156301299           1  freebsd (74G)
        156301425        61           - free -   (30k)
```

```
# gpart create -s BSD mirror/gm0s1
```



```
# gpart add -t freebsd-ufs -a 4k -s 2g mirror/gm0s1
# gpart add -t freebsd-swap -a 4k -s 4g mirror/gm0s1
# gpart add -t freebsd-ufs -a 4k -s 2g mirror/gm0s1
# gpart add -t freebsd-ufs -a 4k -s 1g mirror/gm0s1
# gpart add -t freebsd-ufs -a 4k mirror/gm0s1
# gpart show mirror/gm0s1
=>      0 156301299 mirror/gm0s1 BSD (74G)
      0      2      - free - (1.0k)
      2 4194304      1 freebsd-ufs (2.0G)
 4194306 8388608      2 freebsd-swap (4.0G)
12582914 4194304      4 freebsd-ufs (2.0G)
16777218 2097152      5 freebsd-ufs (1.0G)
18874370 137426928    6 freebsd-ufs (65G)
156301298      1      - free - (512B)
```

Damit von dem Spiegel gebootet werden kann, muss der Bootcode in den MBR installiert, ein bsdlable erstellt und die aktive Partition gesetzt werden:

```
# gpart bootcode -b /boot/mbr mirror/gm0
# gpart set -a active -i 1 mirror/gm0
# gpart bootcode -b /boot/boot mirror/gm0s1
```

Erstellen Sie die Dateisysteme auf dem neuen Spiegel und aktivieren Sie Soft-Updates:

```
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1a
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1d
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1e
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1f
```

Die Dateisysteme der vorhandenen Platte `ada0` können jetzt mit [dump\(8\)](#) und [restore\(8\)](#) auf den Spiegel kopiert werden.

```
# mount /dev/mirror/gm0s1a /mnt
# dump -C16 -b64 -0aL -f - / | (cd /mnt && restore -rf -)
# mount /dev/mirror/gm0s1d /mnt/var
# mount /dev/mirror/gm0s1e /mnt/tmp
# mount /dev/mirror/gm0s1f /mnt/usr
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /var | (cd /mnt/var && restore -rf -)
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /tmp | (cd /mnt/tmp && restore -rf -)
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /usr | (cd /mnt/usr && restore -rf -)
```

Fügen Sie die Dateisysteme für den Spiegel in `/etc/rc.conf` hinzu:

# Device	Mountpoint	FStype	Options	Dump	Pass#
/dev/mirror/gm0s1a	/	ufs	rw	1	1
/dev/mirror/gm0s1b	none	swap	sw	0	0
/dev/mirror/gm0s1d	/var	ufs	rw	2	2
/dev/mirror/gm0s1e	/tmp	ufs	rw	2	2
/dev/mirror/gm0s1f	/usr	ufs	rw	2	2

Wenn das Modul `geom_mirror.ko` nicht im Kernel enthalten ist, können Sie `/mnt/boot/loader.conf` bearbeiten, damit das Modul beim Systemstart geladen wird:

```
geom_mirror_load="YES"
```

Starten Sie das System neu und überprüfen Sie, ob alle Daten erfolgreich kopiert wurden. Das BIOS wird den Spiegel vermutlich als zwei einzelne Laufwerke erkennen. Da beide Laufwerke jedoch identisch sind, spielt es keine Rolle, welches Laufwerk zum Booten ausgewählt wird.

Falls es Probleme beim Booten gibt, lesen Sie den [Abschnitt 19.3.4, „Fehlerbehebung“](#). Die alte Festplatte `ada0` kann vom System getrennt und als Offline-Sicherung aufbewahrt werden.

Im laufenden Betrieb verhält sich der Spiegel genau wie ein einzelnes Laufwerk.

19.3.3. Einen Spiegel mit einem vorhandenen Laufwerk erstellen

In diesem Beispiel wurde FreeBSD bereits auf der Festplatte `ada0` installiert und eine weitere Platte, `ada1`, wurde an das System angeschlossen. Zunächst wird ein Spiegel mit einer Festplatte erstellt, dann das vorhandene System auf den Spiegel kopiert. Zuletzt wird die alte Festplatte in den Spiegel eingefügt. Diese etwas komplexere Vorgehensweise ist erforderlich, da `gmirror` 512 Byte an Metadaten am Ende der Festplatte speichert, und die bestehende Platte, `ada0`, in der Regel den Platz bereits belegt hat.

Laden Sie das Kernelmodul `geom_mirror.ko`:

```
# gmirror load
```

Prüfen Sie mit `diskinfo` die Mediengröße der vorhandenen Festplatte:

```
# diskinfo -v ada0 | head -n3
/dev/ada0
  512                # sectorsize
1000204821504        # mediasize in bytes (931G)
```

Jetzt können Sie den Spiegel auf der neuen Festplatte erzeugen. Um sicherzustellen, dass die Kapazität nicht größer ist, als die Kapazität der vorhandenen Platte `ada0`, benutzen Sie `gnop(8)` um eine Platte mit der exakt gleichen Größe zu imitieren. Diese Platte speichert keine Daten und wird nur verwendet, um die Größe des Spiegels zu begrenzen. `gmirror(8)` wird die Kapazität des Spiegels auf die Größe von `gzero.nop` beschränken, auch wenn die neue Festplatte `ada1` mehr Platz zur Verfügung hätte. Beachten Sie, dass `1000204821504` in der zweiten Zeile der ermittelten Mediengröße von `diskinfo` entspricht.

```
# geom zero load
# gnop create -s 1000204821504 gzero
# gmirror label -v gm0 gzero.nop ada1
# gmirror forget gm0
```

Da `gzero.nop` keine Daten speichert, sieht der Spiegel sie als nicht verbunden an. Der Spiegel ist so konfiguriert, dass er nicht verbundene Komponenten einfach „vergisst“. Das Ergebnis ist ein Spiegel mit nur einer einzigen Platte, `ada1`.

Sehen Sie sich nach der Erstellung von `gm0` die Partitionstabelle von `ada0` an. Diese Ausgabe stammt von einer 1 TB Festplatte. Falls am Ende der Platte noch freier Speicherplatz ist, kann der Inhalt von `ada0` direkt auf den Spiegel kopiert werden.

Falls jedoch der gesamte Speicherplatz auf der Platte zugeordnet ist, dann gibt es keinen Platz mehr für die 512 Byte Metadaten für den Spiegel am Ende der Platte, wie in dieser Auflistung zu sehen.

```
# gpart show ada0
=>      63 1953525105      ada0 MBR (931G)
        63 1953525105          1 freebsd [active] (931G)
```

In diesem Fall muss die Partitionstabelle bearbeitet werden, um die Kapazität von `mirror/gm0` um einen Sektor zu reduzieren. Dieses Verfahren wird später erläutert.

In beiden Fällen sollte die Partitionstabelle der primären Platte mit `gpart backup` gesichert werden.

```
# gpart backup ada0 > table.ada0
# gpart backup ada0s1 > table.ada0s1
```

Diese Kommandos erstellen zwei Dateien, `table.ada0` und `table.ada0s1`. Das Beispiel verwendet eine 1 TB Festplatte:

```
# cat table.ada0
MBR 4
1 freebsd      63 1953525105  [active]
```

```
# cat table.ada0s1
BSD 8
```

```
1  freebsd-ufs      0      4194304
2  freebsd-swap    4194304  33554432
4  freebsd-ufs     37748736  50331648
5  freebsd-ufs     88080384  41943040
6  freebsd-ufs    130023424  838860800
7  freebsd-ufs    968884224  984640881
```

Wenn am Ende der Platte kein Platz vorhanden ist, muss die Größe des Slice und der letzten Partition verringert werden. Bearbeiten Sie die beiden Dateien, und verringern Sie die Größe der Slice und der Partition jeweils um eins. Dies bezieht sich auf die letzten Zahlen in der Liste.

```
# cat table.ada0
MBR 4
1 freebsd      63 1953525104  [active]
```

```
# cat table.ada0s1
BSD 8
1  freebsd-ufs      0      4194304
2  freebsd-swap    4194304  33554432
4  freebsd-ufs     37748736  50331648
5  freebsd-ufs     88080384  41943040
6  freebsd-ufs    130023424  838860800
7  freebsd-ufs    968884224  984640880
```

Wenn mindestens ein Sektor der Platte nicht zugewiesen wurde, kann die Platte ohne Modifikation verwendet werden.

Jetzt kann die Partitionstabelle auf `mirror/gm0` wiederhergestellt werden:

```
# gpart restore mirror/gm0 < table.ada0
# gpart restore mirror/gm0s1 < table.ada0s1
```

Prüfen Sie die Partitionstabellen mit `gpart show`. Dieses Beispiel nutzt `gm0s1a` für `/`, `gm0s1d` für `/var`, `gm0s1e` für `/usr`, `gm0s1f` für `/data1` und `gm0s1g` für `/data2`.

```
# gpart show mirror/gm0
=>      63 1953525104  mirror/gm0  MBR  (931G)
      63 1953525042      1 freebsd [active] (931G)
1953525105      62      - free -  (31k)

# gpart show mirror/gm0s1
=>      0 1953525042  mirror/gm0s1  BSD  (931G)
      0 2097152      1 freebsd-ufs (1.0G)
2097152 16777216      2 freebsd-swap (8.0G)
18874368 41943040      4 freebsd-ufs (20G)
60817408 20971520      5 freebsd-ufs (10G)
81788928 629145600      6 freebsd-ufs (300G)
710934528 1242590514      7 freebsd-ufs (592G)
1953525042      63      - free -  (31k)
```

Sowohl die Slice, als auch die letzte Partition, muss mindestens einen freien Block am Ende der Platte haben.

Erstellen Sie Dateisysteme auf diesen neuen Partitionen:

```
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1a
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1d
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1e
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1f
# newfs -U /dev/mirror/gm0s1g
```

Damit Sie von dem Spiegel booten können, müssen Sie den Bootcode in den MBR installieren, ein `bsdlable` anlegen und das aktive Slice setzen:

```
# gpart bootcode -b /boot/mbr mirror/gm0
# gpart set -a active -i 1 mirror/gm0
```

Einen Spiegel mit einem vorhandenen Laufwerk erstellen

```
# gpart bootcode -b /boot/boot mirror/gm0s1
```

Bearbeiten Sie `/etc/fstab`, um die neuen Partitionen auf dem Spiegel nutzen zu können. Speichern Sie zunächst eine Kopie der Datei unter `/etc/fstab.orig`:

```
# cp /etc/fstab /etc/fstab.orig
```

Ersetzen Sie in `/etc/fstab` `/dev/ada0` durch `mirror/gm0`.

```
# Device Mountpoint FStype Options Dump Pass#
/dev/mirror/gm0s1a / ufs rw 1 1
/dev/mirror/gm0s1b none swap sw 0 0
/dev/mirror/gm0s1d /var ufs rw 2 2
/dev/mirror/gm0s1e /usr ufs rw 2 2
/dev/mirror/gm0s1f /data1 ufs rw 2 2
/dev/mirror/gm0s1g /data2 ufs rw 2 2
```

Wenn das Modul `geom_mirror.ko` nicht im Kernel enthalten ist, können Sie `/boot/loader.conf` bearbeiten, damit das Modul beim Systemstart geladen wird:

```
geom_mirror_load="YES"
```

Die Dateisysteme der ursprünglichen Platte können jetzt mit [dump\(8\)](#) und [restore\(8\)](#) auf den Spiegel kopiert werden. Wenn Sie das Dateisystem mit `dump -L` sichern, wird zunächst ein Snapshot des Dateisystems erstellt, was einige Zeit dauern kann.

```
# mount /dev/mirror/gm0s1a /mnt
# dump -C16 -b64 -0aL -f - / | (cd /mnt && restore -rf -)
# mount /dev/mirror/gm0s1d /mnt/var
# mount /dev/mirror/gm0s1e /mnt/usr
# mount /dev/mirror/gm0s1f /mnt/data1
# mount /dev/mirror/gm0s1g /mnt/data2
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /usr | (cd /mnt/usr && restore -rf -)
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /var | (cd /mnt/var && restore -rf -)
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /data1 | (cd /mnt/data1 && restore -rf -)
# dump -C16 -b64 -0aL -f - /data2 | (cd /mnt/data2 && restore -rf -)
```

Starten Sie das System neu und booten Sie von `ada1`. Wenn alles funktioniert, wird das System von `mirror/gm0` booten, welches jetzt die gleichen Daten enthält wie `ada0`. Lesen Sie [Abschnitt 19.3.4, „Fehlerbehebung“](#), falls es Probleme beim Booten gibt.

An dieser Stelle besteht der Spiegel immer noch aus der einzelnen Platte `ada1`.

Nachdem erfolgreich von `mirror/gm0` gebootet wurde, besteht der letzte Schritt darin, `ada0` in den Spiegel einzufügen.



Wichtig

Wenn Sie `ada0` in den Spiegel einfügen, wird der Inhalt der Platte mit den Daten aus dem Spiegel überschrieben. Sie müssen sicherstellen, dass `mirror/gm0` den gleichen Inhalt wie `ada0` hat, bevor Sie `ada0` zum Spiegel hinzufügen. Falls der zuvor mit [dump\(8\)](#) und [restore\(8\)](#) kopierte Inhalt nicht mit dem von `ada0` identisch ist, machen Sie die Änderungen an `/etc/fstab` rückgängig, starten Sie das System neu und beginnen Sie die Prozedur von vorn.

```
# gmirror insert gm0 ada0
GEOM_MIRROR: Device gm0: rebuilding provider ada0
```

Die Synchronisation zwischen den beiden Platten wird direkt gestartet. Verwenden Sie `gmirror status` um den Fortschritt zu beobachten.

```
# gmirror status
      Name      Status  Components
girror/gm0  DEGRADED  ada1 (ACTIVE)
              ada0 (SYNCHRONIZING, 64%)
```

Nach einer Weile wird die Wiederherstellung abgeschlossen sein.

```
GEOM_MIRROR: Device gm0: rebuilding provider ada0 finished.
# gmirror status
      Name      Status  Components
mirror/gm0  COMPLETE  ada1 (ACTIVE)
              ada0 (ACTIVE)
```

mirror/gm0 besteht nun aus den beiden Platten ada0 und ada1. Der Inhalt der beiden Platten wird automatisch miteinander synchronisiert. Im laufenden Betrieb verhält sich mirror/gm0 wie eine einzelne Festplatte.

19.3.4. Fehlerbehebung

Falls das System nicht mehr startet, müssen möglicherweise die BIOS-Einstellungen geändert werden, um von dem neuen gespiegelten Laufwerk zu booten. Beide Platten des Spiegels können zum Booten verwendet werden, da sie als Komponenten des Spiegels identische Daten enthalten.

Wenn der Bootvorgang mit der folgenden Meldung abbricht, ist irgendwas mit dem Spiegel nicht in Ordnung:

```
Mounting from ufs:/dev/mirror/gm0s1a failed with error 19.

Loader variables:
  vfs.root.mountfrom=ufs:/dev/mirror/gm0s1a
  vfs.root.mountfrom.options=rw

Manual root filesystem specification:
  <fstype>:<device> [options]
    Mount <device> using filesystem <fstype>
    and with the specified (optional) option list.

    eg. ufs:/dev/da0s1a
        zfs:tank
        cd9660:/dev/acd0 ro
        (which is equivalent to: mount -t cd9660 -o ro /dev/acd0 /)

  ?           List valid disk boot devices
  .           Yield 1 second (for background tasks)
  <empty line> Abort manual input

mountroot>
```

Dieses Problem kann durch ein nicht geladenes Kernelmodul `geom_mirror.ko` in `/boot/loader.conf` verursacht werden. Um das Problem zu beheben, booten Sie von einem FreeBSD-Installationsmedium und wählen Sie Shell an der Eingabeaufforderung. Laden Sie dann das Modul und hängen Sie den Spiegel ein:

```
# gmirror load
# mount /dev/mirror/gm0s1a /mnt
```

Bearbeiten Sie dann `/mnt/boot/loader.conf` und fügen Sie eine Zeile für das Kernelmodul hinzu:

```
geom_mirror_load="YES"
```

Speichern Sie die Datei und starten Sie das System neu.

Andere Probleme, die error 19 verursachen können, sind nur mit mehr Aufwand zu beheben. Obwohl das System von ada0 booten sollte, wird ein weiterer Prompt erscheinen, wenn `/etc/fstab` fehlerhaft ist. Geben Sie am Loader-Prompt `ufs:/dev/ada0s1a` ein und drücken Sie Enter. Machen Sie die Änderungen an `/etc/fstab` rückgän-

gig und hängen Sie anstelle des Spiegels die originale Festplatte (ada0) ein. Starten Sie dann das System neu und versuchen Sie den Vorgang erneut.

```
Enter full pathname of shell or RETURN for /bin/sh:
# cp /etc/fstab.orig /etc/fstab
# reboot
```

19.3.5. Wiederherstellung des Systems nach einem Plattenausfall

Der Vorteil der Plattenspiegelung ist, dass eine Platte ausfallen kann, ohne dass Sie dabei Daten verlieren. Falls ada0 aus dem obigen Beispiel ausfällt, steht der Spiegel weiterhin zur Verfügung und bietet die Daten von der verbleibenden Platte ada1 an.

Um das ausgefallene Laufwerk zu ersetzen, muss das System heruntergefahren werden und das ausgefallene Laufwerk durch ein neues Laufwerk von gleicher oder größerer Kapazität ersetzt werden. Hersteller verwenden oft etwas willkürliche Werte für die Kapazität. Der einzige Weg, um wirklich sicher zu sein, ist die Gesamtzahl der Sektoren von `diskinfo -V` zu vergleichen. Ein Laufwerk mit größerer Kapazität wird funktionieren, allerdings wird der zusätzliche Platz ungenutzt bleiben.

Nachdem der Rechner wieder eingeschaltet ist, wird der Spiegel im „degraded“ Modus ausgeführt werden. Der Spiegel wird angewiesen, Laufwerke zu vergessen, die noch nicht verbunden sind:

```
# gmirror forget gm0
```

Alte Metadaten sollten von der Ersatzfestplatte nach den Anweisungen in [Abschnitt 19.3.1, „Probleme mit Metadaten“](#) gelöscht werden. Anschließend kann die Ersatzfestplatte, in diesem Beispiel ada4, in den Spiegel eingefügt werden:

```
# gmirror insert gm0 /dev/ada4
```

Die Wiederherstellung beginnt, sobald das neue Laufwerk in den Spiegel eingesetzt wird. Das Kopieren der Daten vom Spiegel auf das neue Laufwerk kann eine Weile dauern. Die Leistung des Spiegels ist während dieser Zeit stark reduziert, deswegen sollten neue Laufwerke idealerweise dann eingefügt werden, wenn der Rechner nicht benötigt wird.

Der Fortschritt der Wiederherstellung kann mit `gmirror status` überwacht werden. Während der Wiederherstellung ist der Status `DEGRADED`. Wenn der Vorgang abgeschlossen ist, wechselt der Status zu `COMPLETE`.

19.4. RAID3 - Byte-Level Striping mit dedizierter Parität

Geschrieben von Mark Gladman und Daniel Gerzo.

Basierend auf Dokumentation von Tom Rhodes und Murray Stokely.

Übersetzt von Björn Heidotting.

RAID3 ist eine Methode, die mehrere Festplatten zu einem einzigen Volume mit einer dedizierten Paritätsfestplatte kombiniert. In einem RAID3-System werden die Daten in einzelne Bytes aufgeteilt und dann über alle Laufwerke, mit Ausnahme der Paritätsfestplatte, geschrieben. Beim Lesen von Daten in einer RAID3 Implementierung werden alle Festplatten im Array parallel genutzt. Die Leistung kann durch den Einsatz von mehreren Controllern weiter erhöht werden. Ein RAID3-Array hat eine Fehlertoleranz von 1 Laufwerk und bietet dabei eine Kapazität von $1 - 1/n$ der Gesamtkapazität der Laufwerke im Array, wobei n die Anzahl der Festplatten im Array darstellt. So eine Konfiguration ist meistens für die Speicherung von größeren Dateien geeignet, wie beispielsweise Multimediadateien.

Mindestens 3 Festplatten sind erforderlich, um ein RAID3 zu erstellen. Jede Festplatte muss von der gleichen Größe sein, da die I/O-Anfragen für Lesen oder Schreiben auf mehreren Festplatten parallel stattfinden. Aufgrund der Beschaffenheit von RAID3, muss die Anzahl der Laufwerke $3, 5, 9, 17$ bzw. $2^n + 1$ sein.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie ein Software RAID3 auf einem FreeBSD-System erstellt wird.



Anmerkung

Obwohl es theoretisch möglich ist FreeBSD von einem RAID3-Array zu booten, wird von solch einer ungewöhnlichen Konfiguration dringend abgeraten.

19.4.1. Ein dediziertes RAID3-Array erstellen

In FreeBSD wird die Unterstützung für RAID3 über die GEOM-Klasse `graid3(8)` implementiert. Zum Erstellen eines dedizierten RAID3-Arrays sind folgende Schritte erforderlich.

1. Laden Sie zunächst das Modul `geom_raid3.ko` mit einem der folgenden Befehle:

```
# graid3 load
```

oder:

```
# kldload geom_raid3
```

2. Stellen Sie sicher, dass ein geeigneter Mountpunkt existiert. Dieser Befehl erstellt ein neues Verzeichnis, welches als Mountpunkt verwendet werden kann:

```
# mkdir /multimedia
```

3. Bestimmen Sie die Gerätenamen der Festplatten, die dem Array hinzugefügt werden und erstellen Sie ein neues RAID3 Gerät. Das letzte aufgeführte Gerät wird als dediziertes Paritätslaufwerk verwendet. Dieses Beispiel verwendet drei unpartitionierte ATA-Platten: `ada1` und `ada2` für die Daten, sowie `ada3` für die Parität.

```
# graid3 label -v gr0 /dev/ada1 /dev/ada2 /dev/ada3
Metadata value stored on /dev/ada1.
Metadata value stored on /dev/ada2.
Metadata value stored on /dev/ada3.
Done.
```

4. Partitionieren Sie das neu erstellte Gerät `gr0` und erstellen Sie darauf ein UFS-Dateisystem:

```
# gpart create -s GPT /dev/raid3/gr0
# gpart add -t freebsd-ufs /dev/raid3/gr0
# newfs -j /dev/raid3/gr0p1
```

Viele Zahlen rauschen nun über den Bildschirm und nach einer gewissen Zeit ist der Vorgang abgeschlossen. Das Volume wurde erstellt und kann jetzt in den Verzeichnisbaum eingehangen werden:

```
# mount /dev/raid3/gr0p1 /multimedia/
```

Das RAID3-Array ist nun einsatzbereit.

Weitere Konfigurationsschritte sind erforderlich, um die Einstellungen nach einem Systemneustart zu erhalten.

1. Das Modul `geom_raid3.ko` muss geladen werden, bevor das Array eingehangen werden kann. Damit das Kernelmodul automatisch beim Systemstart geladen wird, muss die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzugefügt werden:

```
geom_raid3_load="YES"
```

2. Die folgenden Informationen über das Volume müssen in `/etc/fstab` hinzugefügt werden, um das Dateisystem des Arrays automatisch beim Systemstart zu aktivieren:

```
/dev/raid3/gr0p1 /multimedia ufs rw 2 2
```

19.5. Software RAID

Beigetragen von Warren Block.

Übersetzt von Björn Heidotting.

Einige Motherboards und Erweiterungskarten besitzen ein ROM, das dem Rechner erlaubt von einem RAID-Array zu booten. Nach dem Booten wird der Zugriff auf das RAID-Array durch die Software auf dem Prozessor des Rechners abgewickelt. Dieses „Hardware-unterstützte Software-RAID“ ist nicht abhängig von einem bestimmten Betriebssystem. Sie funktionieren bereits, noch bevor das Betriebssystem geladen wird.

Abhängig von der verwendeten Hardware werden mehrere Arten von RAID unterstützt. Eine vollständige Liste finden Sie in [graid\(8\)](#).

[graid\(8\)](#) benötigt das `geom_raid.ko` Kernelmodul, welches beginnend mit FreeBSD 9.1 im GENERIC-Kernel enthalten ist. Bei Bedarf kann es manuell mit `graid load` geladen werden.

19.5.1. Ein Array erstellen

Geräte mit Software-RAID haben oft ein Menü, das über eine bestimmte Tastenkombination beim Booten aufgerufen werden kann. Das Menü kann verwendet werden, um RAID-Arrays zu erstellen und zu löschen. Mit [graid\(8\)](#) können Arrays auch direkt von der Kommandozeile erstellt werden.

`graid label` wird verwendet, um ein neues Array zu erstellen. Das Motherboard in diesem Beispiel besitzt einen Intel® Software-RAID Chipsatz, so dass das Metadatenformat von Intel® angegeben wird. Das neue Array bekommt den Namen (Label) `gm0`, verhält sich als Spiegel (RAID1) und verwendet die Laufwerke `ada0` und `ada1`.



Achtung

Bei der Erstellung des Arrays wird etwas Platz auf den Laufwerken überschrieben. Sichern Sie zuvor alle vorhandenen Daten!

```
# graid label Intel gm0 RAID1 ada0 ada1
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Array Intel-a29ea104 created.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Disk ada0 state changed from NONE to ACTIVE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:0-ada0 state changed from NONE to ACTIVE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Disk ada1 state changed from NONE to ACTIVE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:1-ada1 state changed from NONE to ACTIVE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Array started.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Volume gm0 state changed from STARTING to OPTIMAL.
Intel-a29ea104 created$
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Provider raid/r0 for volume gm0 created.
```

Eine Statusabfrage zeigt, dass der neue Spiegel einsatzbereit ist:

```
# graid status
  Name    Status  Components
raid/r0  OPTIMAL  ada0 (ACTIVE (ACTIVE))
          ada1 (ACTIVE (ACTIVE))
```

Das Array-Gerät erscheint in `/dev/raid/`. Das erste Gerät heißt `r0`. Falls weitere Geräte vorhanden sind heißen diese `r1`, `r2` und so weiter.

Das BIOS-Menü einiger Geräte erstellt Arrays mit Sonderzeichen im Namen. Um Probleme mit diesen Sonderzeichen zu vermeiden, werden einfache numerische Namen wie `r0` vergeben. Um das tatsächliche Label anzuzeigen, wie `gm0` im obigen Beispiel, benutzen Sie [sysctl\(8\)](#):

```
# sysctl kern.geom.raid.name_format=1
```


19.5.2. Mehrere Volumes

Einige Software-RAID Geräte unterstützen mehr als ein *Volume* pro Array. Volumes funktionieren wie Festplatten, dass heißt der Platz auf den Laufwerken kann auf unterschiedliche Weise geteilt und genutzt werden. Intels Software-RAID Geräte unterstützen beispielsweise zwei Volumes. In diesem Beispiel wird ein 40 GB Spiegel verwendet um das Betriebssystem zu speichern, gefolgt von einem 20 GB RAID0 (Stripe) Volume für die schnelle Speicherung von temporären Daten.

```
# graid label -S 40G Intel gm0 RAID1 ada0 ada1
# graid add -S 20G gm0 RAID0
```

Volumes erscheinen unter `/dev/raid/` als zusätzliche Einträge `rX`. Ein Array mit Volumes wird als `r0` und `r1`.

Lesen Sie `graid(8)` um die Anzahl der Volumes zu ermitteln, die von den verschiedenen Software-RAID Geräten unterstützt wird.

19.5.3. Ein einzelnes Laufwerk zu einem Spiegel konvertieren

Unter bestimmten Umständen ist es möglich, ein bestehendes Laufwerk ohne Neuformatierung zu einem `graid(8)` Array zu konvertieren. Um Datenverlust bei der Konvertierung zu vermeiden, müssen die vorhandenen Laufwerke folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Das Laufwerk muss mit MBR partitioniert werden. GPT oder andere Partitionierungsschemata funktionieren nicht, da durch `graid(8)` die Metadaten am Ende des Laufwerks überschieben und beschädigt werden.
- Am Ende des Laufwerks muss genügend freier Platz zur Verfügung stehen, um die `graid(8)` Metadaten zu speichern. Die Metadaten variieren in der Größe, es werden jedoch mindestens 64 MB freier Speicherplatz empfohlen.

Wenn das Laufwerk diese Anforderungen erfüllt, erstellen Sie zuerst eine vollständige Sicherung. Erzeugen Sie dann einen Spiegel mit diesem einen Laufwerk:

```
# graid label Intel gm0 RAID1 ada0 NONE
```

Die Metadaten von `graid(8)` werden in den ungenutzten Raum am Ende des Laufwerks geschrieben. Ein zweites Laufwerk kann nun in den Spiegel eingefügt werden:

```
# graid insert raid/r0 ada1
```

Die Daten von dem ersten Laufwerk werden direkt auf das zweite Laufwerk kopiert. Der Spiegel wird im eingeschränkten Zustand laufen, bis der Kopiervorgang abgeschlossen ist.

19.5.4. Neue Laufwerke zum Array hinzufügen

Laufwerke in einem Array können für ausgefallene oder fehlende Laufwerke eingesetzt werden. Falls es keine ausgefallenen oder fehlenden Laufwerke gibt, wird das neue Laufwerk als Ersatz (*Spare*) verwendet.

Das Array in diesem Beispiel beginnt sofort damit, die Daten auf das neu hinzugefügte Laufwerk zu kopieren. Alle vorhandenen Daten auf dem neuen Laufwerk werden überschrieben.

```
# graid insert raid/r0 ada1
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Disk ada1 state changed from NONE to ACTIVE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:1-ada1 state changed from NONE to NEW.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:1-ada1 state changed from NEW to REBUILD.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:1-ada1 rebuild start at 0.
```

19.5.5. Laufwerke aus dem Array entfernen

Einzelne Laufwerke können permanent aus dem Array entfernt werden. Die Metadaten werden dabei gelöscht:

```
# graid remove raid/r0 ada1
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Disk ada1 state changed from ACTIVE to OFFLINE.
```

```
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Subdisk gm0:1-[unknown] state changed from ACTIVE to NONE.
GEOM_RAID: Intel-a29ea104: Volume gm0 state changed from OPTIMAL to DEGRADED.
```

19.5.6. Das Array anhalten

Ein Array kann angehalten werden, ohne die Metadaten von den Laufwerken zu löschen. Das Array wird wieder anlaufen, wenn das System neu gestartet wird.

```
# graid stop raid/r0
```

19.5.7. Den Status des Arrays überprüfen

Der Status des Arrays kann jederzeit überprüft werden. Nachdem ein Laufwerk zum Array hinzugefügt wurde, werden die Daten vom ursprünglichen Laufwerk auf das neue Laufwerk kopiert:

```
# graid status
  Name      Status  Components
raid/r0    DEGRADED  ada0 (ACTIVE (ACTIVE))
              ada1 (ACTIVE (REBUILD 28%))
```

Andere Arten von Arrays, wie RAID0 oder CONCAT, werden den Status eines fehlgeschlagenen Laufwerks vielleicht nicht anzeigen. Um diese teilweise ausgefallenen Arrays anzuzeigen, fügen Sie `-ga` hinzu:

```
# graid status -ga
  Name      Status  Components
Intel-e2d07d9a  BROKEN  ada6 (ACTIVE (ACTIVE))
```

19.5.8. Arrays löschen

Arrays werden zerstört, indem alle Volumes gelöscht werden. Wenn das letzte Volume gelöscht wird, wird das Array gestoppt und die Metadaten von den Laufwerken entfernt:

```
# graid delete raid/r0
```

19.5.9. Unerwartete Arrays löschen

Laufwerke können unerwartete `graid(8)` Metadaten enthalten, entweder aus früherer Nutzung oder aus Tests des Herstellers. `graid(8)` würde diese Metadaten erkennen und daraus ein Array erstellen, was den Zugriff auf die einzelnen Laufwerke beeinträchtigen würde. Um die unerwünschten Metadaten zu entfernen:

1. Booten Sie das System. Im Boot-Menü wählen Sie 2 für den Loader-Prompt. Geben Sie dann folgendes ein:

```
OK set kern.geom.raid.enable=0
OK boot
```

Das System wird nun mit deaktiviertem `graid(8)` starten.

2. Sichern Sie alle Daten auf dem betroffenen Laufwerk.
3. Zur Abhilfe kann auch die Array-Erkennung von `graid(8)` deaktiviert werden, indem

```
kern.geom.raid.enable=0
```

in `/boot/loader.conf` hinzugefügt wird.

Um die `graid(8)` Metadaten von dem entsprechenden Laufwerk zu entfernen, booten Sie vom FreeBSD Installationsmedium und wählen Sie Shell aus. Benutzen Sie `status`, um den Namen des Arrays zu bestimmen, typischerweise `raid/r0`:

```
# graid status
  Name      Status  Components
raid/r0    OPTIMAL  ada0 (ACTIVE (ACTIVE))
```

```
ada1 (ACTIVE (ACTIVE))
```

Löschen Sie das Volume:

```
# graid delete raid/r0
```

Wiederholen Sie den Vorgang für jedes Volume. Nachdem das letzte Volume gelöscht wurde, wird das Volume zerstört.

Starten Sie das System neu und prüfen die Vollständigkeit der Daten. Falls erforderlich, müssen die Daten aus der Sicherung wiederhergestellt werden. Nachdem die Metadaten entfernt wurden, kann auch der Eintrag `kern.geom.raid.enable=0` aus `/boot/loader.conf` entfernt werden.

19.6. GEOM Gate Netzwerk

GEOM unterstützt einen einfachen Mechanismus für den Zugriff auf entfernte Geräte wie Festplatten, CDs und Dateien, durch die Verwendung des GEOM Gate Netzwerk Daemons, `ggated`. Der Server-Daemon läuft auf dem System, welches ein Gerät anbietet und bearbeitet die `ggatec`-Anfragen der Clients. Die Geräte sollten keine sensiblen Daten enthalten, da die Verbindung zwischen Client und Server nicht verschlüsselt ist.

Ähnlich wie bei NFS, das in [Abschnitt 29.3, „Network File System \(NFS\)“](#) beschrieben ist, wird für die Konfiguration von `ggated` eine Exportdatei verwendet. Diese Datei legt fest, welche Systeme auf die exportierten Ressourcen zugreifen können und in welchem Umfang der Zugriff gestattet wird. Um dem Client `192.168.1.5` Lese- und Schreibzugriff auf die vierte Slice der ersten SCSI-Platte zu geben, erstellen Sie `/etc/gg.exports` mit folgender Zeile:

```
192.168.1.5 RW /dev/da0s4d
```

Bevor das Gerät exportiert werden kann, müssen Sie sicherstellen, dass es nicht bereits gemountet ist. Anschließend starten Sie `ggated`.

```
# ggated
```

Es stehen mehrere Optionen bereit, mit denen zum Beispiel ein alternativer Port oder eine alternative Exportdatei festgelegt werden kann. Weitere Einzelheiten finden Sie in [ggated\(8\)](#).

Damit ein Client auf das exportierte Gerät zugreifen kann, benutzen Sie `ggatec` zusammen mit der IP-Adresse des Servers und dem entsprechenden Gerätenamen. Wenn dies erfolgreich ist, zeigt dieser Befehl einen `ggate`-Gerätenamen. Hängen Sie dieses Gerät in einen freien Mountpunkt ein. Dieses Beispiel verbindet sich mit der Partition `/dev/da0s4d` auf `192.168.1.1` und hängt `/dev/ggate0` in `/mnt` ein:

```
# ggatec create -o rw 192.168.1.1 /dev/da0s4d
ggate0
# mount /dev/ggate0 /mnt
```

Auf das Gerät des Servers kann jetzt über den Mountpunkt `/mnt` des Clients zugegriffen werden. Weitere Informationen über `ggatec` und einige Anwendungsbeispiele finden Sie in [ggatec\(8\)](#).



Anmerkung

Das Einhängen des Gerätes wird scheitern, falls das Gerät momentan entweder auf dem Server oder einem Client im Netzwerk gemountet ist. Wenn ein gleichzeitiger Zugriff auf die Netzwerkressourcen benötigt wird, verwenden Sie stattdessen NFS.

Wenn das Gerät nicht länger gebraucht wird, kann es mit [umount\(8\)](#) ausgehängt werden, so dass die Ressourcen für andere Client wieder verfügbar sind.

19.7. Das Labeln von Laufwerken

Während der Initialisierung des Systems legt der FreeBSD-Kernel für jedes gefundene Gerät Knotenpunkte an. Diese Methode für die Überprüfung auf vorhandene Geräte wirft einige Fragen auf. Was passiert beispielsweise, wenn ein neues USB-Laufwerk hinzugefügt wird? Es ist sehr wahrscheinlich, dass ein Flash-Speicher-Gerät den Gerätenamen `da0` erhält, während gleichzeitig das bisherige `da0` zu `da1` wird. Dies verursacht Probleme beim Einhängen von Dateisystemen, wenn diese in `/etc/fstab` aufgeführt sind und kann dazu führen, dass das System nicht mehr startet.

Eine Lösung für dieses Problem ist das Aneinanderketten der SCSI-Geräte, damit ein neues Gerät, welches der SCSI-Karte hinzugefügt wird, unbenutzte Gerätenummern erhält. Aber was geschieht, wenn ein USB-Gerät möglicherweise die primäre SCSI-Platte ersetzt? Dies kann passieren, weil USB-Geräte normalerweise vor der SCSI-Karte geprüft werden. Eine Lösung ist das Hinzufügen dieser Geräte, nachdem das System gestartet ist. Eine andere Lösung könnte sein, nur ein einzelnes ATA-Laufwerk zu nutzen und die SCSI-Geräte niemals in der `/etc/fstab` aufzuführen.

Eine bessere Lösung ist die Verwendung von `glabel`, um die Laufwerke zu mit Labeln zu versehen und diese in `/etc/fstab` zu nutzen. Da `glabel` seine Label im letzten Sektor jedes vorhandenen Datenträgers speichert, wird das Label persistent bleiben (auch über Neustarts hinweg). Durch Nutzung dieses Labels als Gerät kann das Dateisystem immer gemountet sein, unabhängig davon, durch welchen Geräte-Knotenpunkt auf ihn zugegriffen wird.



Anmerkung

`glabel` kann permanente (dauerhaft) und vorübergehende Label erstellen. Aber nur dauerhafte Label bleiben konsistent über Neustarts hinweg. Lesen Sie die [glabel\(8\)](#) für weitere Unterschiede zwischen den Label-Typen.

19.7.1. Label-Typen und Beispiele

Permanente Label können generische Label oder Dateisystem-Label sein. Permanente Dateisystem-Label können mit [tunefs\(8\)](#) oder [newfs\(8\)](#) erzeugt werden. Dieser Typ von Label wird in einem Unterverzeichnis von `/dev` angelegt und wird dem Dateisystem entsprechend benannt. UFS2-Dateisystem-Label werden zum Beispiel in `/dev/ufs` angelegt. Permanente Label können außerdem durch den Befehl `glabel label` erzeugt werden. Diese Label sind nicht dateisystemspezifisch und werden im Unterverzeichnis `/dev/label` erzeugt.

Temporäre Label werden beim nächsten Systemstart zerstört. Diese Label werden im Verzeichnis `/dev/label` erzeugt und sind ideal für Testzwecke. Ein temporäres Label kann mit `glabel create` erzeugt werden.

Um ein permanentes Label auf einem UFS2-Dateisystem ohne Löschung von Daten zu erzeugen, kann man folgenden Befehl verwenden:

```
# tunefs -L home /dev/da3
```

In `/dev/ufs` sollte nun ein Label vorhanden sein, welches zu `/etc/fstab` hinzugefügt werden kann:

<code>/dev/ufs/home</code>	<code>/home</code>	<code>ufs</code>	<code>rw</code>	<code>2</code>	<code>2</code>
----------------------------	--------------------	------------------	-----------------	----------------	----------------



Anmerkung

Das Dateisystem darf nicht gemountet sein beim Versuch, `tunefs` auszuführen.

Nun kann das Dateisystem eingehängt werden:

```
# mount /home
```

Von nun an kann der Geräte-Knotenpunkt sich ohne negative Effekte auf das System ändern, solange das Kernelmodul `geom_label.ko` beim Systemstart mittels `/boot/loader.conf` geladen wird oder die `GEOM_LABEL`-Kernel-Option aktiv ist.

Dateisysteme können auch mit einem Standard-Label erzeugt werden (mittels des Flags `-L` in `newfs`). Lesen Sie [newfs\(8\)](#) für weitere Informationen.

Der folgende Befehl kann genutzt werden, um das Label zu beseitigen:

```
# glabel destroy home
```

Das folgende Beispiel zeigt Ihnen, wie Sie Label für die Partitionen einer Bootplatte erzeugen.

Beispiel 19.1. Die Partitionen einer Bootplatte labeln

Durch das Erstellen von permanenten Labeln für die Partitionen einer Bootplatte sollte das System selbst dann noch normal starten können, wenn Sie die Platte an einen anderen Controller anschließen oder in ein anderes System installieren. In diesem Beispiel nehmen wir an, dass nur eine einzige ATA-Platte verwendet wird, die das System derzeit als `ad0` erkennt. Weiters nehmen wir an, dass Sie das Standard-Partitionierungsschema von FreeBSD verwendet haben und die Platte daher die Dateisysteme `/`, `/var`, `/usr` sowie `/tmp` aufweist. Zusätzlich wurde eine Swap-Partition angelegt.

Starten Sie das System neu. Am [loader\(8\)](#)-Prompt drücken Sie die Taste 4, um in den Single-User-Modus zu gelangen. Dort führen Sie die folgenden Befehle aus:

```
# glabel label rootfs /dev/ad0s1a
GEOM_LABEL: Label for provider /dev/ad0s1a is label/rootfs
# glabel label var /dev/ad0s1d
GEOM_LABEL: Label for provider /dev/ad0s1d is label/var
# glabel label usr /dev/ad0s1f
GEOM_LABEL: Label for provider /dev/ad0s1f is label/usr
# glabel label tmp /dev/ad0s1e
GEOM_LABEL: Label for provider /dev/ad0s1e is label/tmp
# glabel label swap /dev/ad0s1b
GEOM_LABEL: Label for provider /dev/ad0s1b is label/swap
# exit
```

Das System startet daraufhin in den Multi-User-Modus. Nachdem der Startvorgang abgeschlossen ist, editieren Sie `/etc/fstab` und ersetzen die konventionellen Gerätedateien durch die entsprechenden Label. Die modifizierte `/etc/fstab` sollte wie folgt aussehen:

# Device	Mountpoint	FStype	Options	Dump	Pass#
/dev/label/swap	none	swap	sw	0	0
/dev/label/rootfs	/	ufs	rw	1	1
/dev/label/tmp	/tmp	ufs	rw	2	2
/dev/label/usr	/usr	ufs	rw	2	2
/dev/label/var	/var	ufs	rw	2	2

Starten Sie das System neu. Treten keine Probleme auf, wird das System normal hochfahren und Sie erhalten die folgende Ausgabe, wenn Sie den Befehl `mount` ausführen:

```
# mount
/dev/label/rootfs on / (ufs, local)
devfs on /dev (devfs, local)
/dev/label/tmp on /tmp (ufs, local, soft-updates)
/dev/label/usr on /usr (ufs, local, soft-updates)
```

```
/dev/label/var on /var (ufs, local, soft-updates)
```

`glabel(8)` unterstützt einen Labeltyp für UFS-Dateisysteme. Dieser basiert auf der eindeutigen Dateisystem-ID `ufsid`. Derartige Label finden sich in `/dev/ufsid` und werden während des Systemstarts automatisch erzeugt. Es ist möglich, diese `ufsid`-Label zum automatischen Einhängen von Partitionen in `/etc/fstab` einzusetzen. Verwenden Sie `glabel status`, um eine Liste aller Dateisysteme und ihrer `ufsid`-Label zu erhalten:

```
% glabel status
      Name      Status  Components
ufsid/486b6fc38d330916  N/A    ad4s1d
ufsid/486b6fc16926168e  N/A    ad4s1f
```

In diesem Beispiel repräsentiert `ad4s1d` das `/var`-Dateisystem, während `ad4s1f` dem `/usr`-Dateisystem entspricht. Wenn Sie die angegebenen `ufsid`-Werte verwenden, können diese Dateisysteme durch die folgenden Einträge in der Datei `/etc/fstab` gemountet werden:

```
/dev/ufsid/486b6fc38d330916    /var      ufs      rw      2      2
/dev/ufsid/486b6fc16926168e    /usr      ufs      rw      2      2
```

Jede Partition, die ein `ufsid`-Label aufweist, kann auf diese Art gemountet werden. Dies hat den Vorteil, dass Sie die permanenten Label nicht manuell anlegen müssen, wobei sich die Platten nach wie vor über geräteunabhängige Namen ansprechen und einhängen lassen.

19.8. UFS Journaling in GEOM

FreeBSD unterstützt Journaling für UFS-Dateisysteme. Diese Funktion wird über das GEOM-Subsystem realisiert und kann über das Werkzeug `gjournal(8)` eingerichtet werden. Im Gegensatz zu anderen Journaling-Dateisystemen arbeitet `gjournal` blockbasiert und wurde nicht als Teil des Dateisystems implementiert, sondern als GEOM-Erweiterung.

Bei Journaling wird ein Protokoll über alle Dateisystemtransaktionen angelegt, inklusive aller Veränderungen, aus denen ein kompletter Schreibvorgang besteht, bevor diese Änderungen (Metadaten sowie tatsächliche Schreibvorgänge) physisch auf der Festplatte ausgeführt werden. Dieses Protokoll kann später erneut aufgerufen werden, um diese Vorgänge zu wiederholen, damit Systeminkonsistenzen vermieden werden.

Diese Technik bietet eine weitere Möglichkeit, sich vor Datenverlust und Dateisystem-Inkonsistenzen zu schützen. Im Gegensatz zu Soft Updates (die Metadaten-Aktualisierungen verfolgen und erzwingen) und Snapshots (die ein Image eines Dateisystems darstellen) wird bei Journaling ein tatsächliches Protokoll in einem speziell dafür bereitgestellten Bereich der Festplatte gespeichert. Um die Leistung zu optimieren, kann das Journal auf eine externe Platte ausgelagert werden. In einem solchen Fall geben Sie die Gerätedatei der Platte nach dem Gerät an, für das Sie Journaling aktivieren wollen.

Der GENERIC-Kernel bietet Unterstützung für `gjournal`. Damit das Kernelmodul `geom_journal.ko` beim Booten automatisch geladen wird, fügen Sie folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzu:

```
geom_journal_load="YES"
```

Wenn ein angepasster Kernel benutzt wird, stellen Sie sicher, dass folgende Zeile in der Kernelkonfigurationsdatei enthalten ist:

```
options      GEOM_JOURNAL
```

Sobald das Modul geladen ist, kann ein Journal auf einem neuen Dateisystem erstellt werden. In diesem Beispiel ist `da4` die neue SCSI-Platte:

```
# gjournal load
```

```
# gjournal label /dev/ da4
```

Diese Befehle laden das Modul und erstellen die Gerätedatei `/dev/da4.journal` auf `/dev/da4`.

Nun kann auf dem neuen Gerät ein UFS-Dateisystem erstellt werden, welches dann in den Verzeichnisbaum eingehängt wird:

```
# newfs -0 2 -J /dev/ da4.journal  
# mount /dev/ da4.journal /mnt
```



Anmerkung

Falls auf dem System mehrere Slices angelegt sind (beispielsweise `ad4s1` sowie `ad4s2`), wird `gjournal` für jedes Slice ein Journal anlegen (also `ad4s1.journal` sowie `ad4s2.journal`).

Mit `tunefs` ist es auch möglich, Journaling auf bereits existierenden Dateisystemen zu aktivieren. Machen Sie aber *immer* eine Sicherung der Daten, bevor Sie versuchen, ein existierendes Dateisystem zu ändern. `gjournal` wird zwar den Vorgang abbrechen, wenn es das Journal nicht erzeugen kann, allerdings schützt dies nicht vor Datenverlust durch einen fehlerhaften Einsatz von `tunefs`. Weitere Informationen über diese beiden Werkzeuge finden Sie in [gjournal\(8\)](#) und [tunefs\(8\)](#).

Es ist möglich, Journale auch für die Bootplatte eines FreeBSD-Systems zu verwenden. Der Artikel [Implementing UFS Journaling on a Desktop PC](#) enthält eine ausführliche Anleitung zu diesem Thema.

Kapitel 20. Das Z-Dateisystem (ZFS)

Geschrieben von Tom Rhodes, Allan Jude, Benedict Reuschling und Warren Block.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Das Z-Dateisystem, oder kurz ZFS, ist ein fortgeschrittenes Dateisystem, das entwickelt wurde, um viele der großen Probleme in vorherigen Entwicklungen zu überwinden.

Ursprünglich von Sun™ entworfen, wird die weitere Entwicklung von ZFS heutzutage als Open Source vom [OpenZFS Projekt](#) vorangetrieben.

ZFS hat drei große Entwurfsziele:

- **Datenintegrität:** Alle Daten enthalten eine Prüfsumme ([checksum](#)) der Daten. Wenn Daten geschrieben werden, wird die Prüfsumme berechnet und zusammen mit den Daten gespeichert. Wenn diese Daten später wieder eingelesen werden, wird diese Prüfsumme erneut berechnet. Falls die Prüfsummen nicht übereinstimmen, wurde ein Datenfehler festgestellt. ZFS wird versuchen, diesen Fehler automatisch zu korrigieren, falls genug Datenredundanz vorhanden ist.
- **Gepoolter Speicher:** physikalische Speichermedien werden zu einem Pool zusammengefasst und der Speicherplatz wird von diesem gemeinsam genutzten Pool allokiert. Der Speicherplatz steht allen Dateisystemen zur Verfügung und kann durch das Hinzufügen von neuen Speichermedien vergrößert werden.
- **Geschwindigkeit:** mehrere Zwischenspeichermechanismen sorgen für erhöhte Geschwindigkeit. Der [ARC](#) ist ein weiterentwickelter, hauptspeicherbasierter Zwischenspeicher für Leseanfragen. Auf einer zweiten Stufe kann ein plattenbasierter [L2ARC](#)-Lesezwischenspeicher hinzugefügt werden. Zusätzlich ist auch noch ein plattenbasierter, synchroner Schreibzwischenspeicher verfügbar, der sog. [ZIL](#).

Eine vollständige Liste aller Eigenschaften und der dazugehörigen Terminologie ist in [Abschnitt 20.8, „ZFS-Eigenschaften und Terminologie“](#) zu sehen.

20.1. Was ZFS anders macht

ZFS ist signifikant unterschiedlich zu allen bisherigen Dateisystemen, weil es mehr als nur ein Dateisystem ist. Durch die Kombination von traditionell getrennten Rollen von Volumenmanager und Dateisystem ist ZFS mit einzigartigen Vorteilen ausgestattet. Das Dateisystem besitzt jetzt Kenntnis von der zugrundeliegenden Struktur der Speichermedien. Traditionelle Dateisysteme konnten nur auf einer einzigen Platte gleichzeitig angelegt werden. Falls es zwei Festplatten gab, mussten auch zwei getrennte Dateisysteme erstellt werden. In einer traditionellen Hardware-RAID-Konfiguration wurde dieses Problem umgangen, indem dem Betriebssystem nur eine einzige logische Platte angezeigt wurde, die sich aus dem Speicherplatz von der Anzahl an physischen Platten zusammensetzte, auf dem dann das Betriebssystem ein Dateisystem erstellte. Sogar im Fall von Software-RAID-Lösungen, wie die, die von GEOM bereitgestellt werden, war das UFS-Dateisystem der Ansicht, dass es auf nur einem einzigen Gerät angelegt wurde. ZFS's Kombination eines Volumenmanagers und eines Dateisystems löst dies und erlaubt das Erstellen von vielen Dateisystemen, die sich alle den darunterliegenden Pool aus verfügbarem Speicher teilen. Einer der größten Vorteile von ZFS's Kenntnis des physikalischen Layouts der Platten ist, dass existierende Dateisysteme automatisch wachsen können, wenn zusätzliche Platten zum Pool hinzugefügt werden. Dieser neue Speicherplatz wird dann allen Dateisystemen zur Verfügung gestellt. ZFS besitzt ebenfalls eine Menge an unterschiedlichen Eigenschaften, die für jedes Dateisystem angepasst werden können, was viele Vorteile bringt, wenn man unterschiedliche Dateisysteme und Datasets anlegt, anstatt ein einziges, monolithisches Dateisystem zu erzeugen.

20.2. Schnellstartanleitung

Es existiert ein Startmechanismus, der es FreeBSD erlaubt, ZFS-Pools während der Systeminitialisierung einzubinden. Um diesen zu aktivieren, fügen Sie diese Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
zfs_enable="YES"
```

Starten Sie dann den Dienst:

```
# service zfs start
```

Die Beispiele in diesem Abschnitt gehen von drei SCSI-Platten mit den Gerätenamen *da0*, *da1* und *da2* aus. Nutzer von SATA-Hardware sollten stattdessen die Bezeichnung *ada* als Gerätenamen verwenden.

20.2.1. Pools mit einer Platte

Um einen einfachen, nicht-redundanten Pool mit einem einzigen Gerät anzulegen, geben Sie folgendes ein:

```
# zpool create example /dev/da0
```

Um den neuen Pool anzuzeigen, prüfen Sie die Ausgabe von `df`:

```
# df
Filesystem 1K-blocks    Used   Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a 2026030 235230 1628718    13%      /
devfs        1          1         0   100%    /dev
/dev/ad0s1d 54098308 1032846 48737598     2%    /usr
example     17547136         0 17547136     0%    /example
```

Diese Ausgabe zeigt, dass der `example`-Pool erstellt und eingehängt wurde. Er ist nun als Dateisystem verfügbar. Dateien können darauf angelegt werden und Anwender können sich den Inhalt ansehen:

```
# cd /example
# ls
# touch testfile
# ls -al
total 4
drwxr-xr-x  2 root  wheel   3 Aug 29 23:15 .
drwxr-xr-x 21 root  wheel 512 Aug 29 23:12 ..
-rw-r--r--  1 root  wheel   0 Aug 29 23:15 testfile
```

Allerdings nutzt dieser Pool noch keine der Vorteile von ZFS. Um ein Dataset auf diesem Pool mit aktivierter Komprimierung zu erzeugen, geben Sie ein:

```
# zfs create example/compressed
# zfs set compression=gzip example/compressed
```

Das `example/compressed`-Dataset ist nun ein komprimiertes ZFS-Dateisystem. Versuchen Sie, ein paar große Dateien auf `/example/compressed` zu kopieren.

Deaktivieren lässt sich die Komprimierung durch:

```
# zfs set compression=off example/compressed
```

Um ein Dateisystem abzuhängen, verwenden Sie `zfs umount` und überprüfen Sie dies anschließend mit `df`:

```
# zfs umount example/compressed
# df
Filesystem 1K-blocks    Used   Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a 2026030 235232 1628716    13%      /
devfs        1          1         0   100%    /dev
/dev/ad0s1d 54098308 1032864 48737580     2%    /usr
example     17547008         0 17547008     0%    /example
```

Um das Dateisystem wieder einzubinden und erneut verfügbar zu machen, verwenden Sie `zfs mount` und prüfen Sie erneut mit `df`:

```
# zfs mount example/compressed
# df
Filesystem 1K-blocks    Used   Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a 2026030 235234 1628714    13%      /
```

```
devfs          1          1          0 100% /dev
/dev/ad0s1d    54098308 1032864 48737580 2% /usr
example        17547008          0 17547008 0% /example
example/compressed 17547008          0 17547008 0% /example/compressed
```

Den Pool und die Dateisysteme können Sie auch über die Ausgabe von `mount` prüfen:

```
# mount
/dev/ad0s1a on / (ufs, local)
devfs on /dev (devfs, local)
/dev/ad0s1d on /usr (ufs, local, soft-updates)
example on /example (zfs, local)
example/compressed on /example/compressed (zfs, local)
```

Nach der Erstellung können ZFS-Datasets wie jedes andere Dateisystem verwendet werden. Jedoch sind jede Menge andere Besonderheiten verfügbar, die individuell auf Dataset-Basis eingestellt sein können. Im Beispiel unten wird ein neues Dateisystem namens `data` angelegt. Wichtige Dateien werden dort abgespeichert, deshalb wird es so konfiguriert, dass zwei Kopien jedes Datenblocks vorgehalten werden.

```
# zfs create example/data
# zfs set copies=2 example/data
```

Es ist jetzt möglich, den Speicherplatzverbrauch der Daten durch die Eingabe von `df` zu sehen:

```
# df
Filesystem      1K-blocks    Used   Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a      2026030    235234  1628714    13% /
devfs            1          1          0   100% /dev
/dev/ad0s1d     54098308 1032864 48737580     2% /usr
example          17547008          0 17547008     0% /example
example/compressed 17547008          0 17547008     0% /example/compressed
example/data     17547008          0 17547008     0% /example/data
```

Sie haben vermutlich bemerkt, dass jedes Dateisystem auf dem Pool die gleiche Menge an verfügbarem Speicherplatz besitzt. Das ist der Grund dafür, dass in diesen Beispielen `df` verwendet wird, um zu zeigen, dass die Dateisysteme nur die Menge an Speicher verbrauchen, den sie benötigen und alle den gleichen Pool verwenden. ZFS eliminiert Konzepte wie Volumen und Partitionen und erlaubt es mehreren Dateisystemen den gleichen Pool zu belegen.

Um das Dateisystem und anschließend den Pool zu zerstören, wenn dieser nicht mehr benötigt wird, geben Sie ein:

```
# zfs destroy example/compressed
# zfs destroy example/data
# zpool destroy example
```

20.2.2. RAID-Z

Platten fallen aus. Eine Methode, um Datenverlust durch Festplattenausfall zu vermeiden, ist die Verwendung von RAID. ZFS unterstützt dies in seiner Poolgestaltung. Pools mit RAID-Z benötigen drei oder mehr Platten, bieten aber auch mehr nutzbaren Speicher als gespiegelte Pools.

Dieses Beispiel erstellt einen RAID-Z-Pool, indem es die Platten angibt, die dem Pool hinzugefügt werden sollen:

```
# zpool create storage raidz da0 da1 da2
```



Anmerkung

Sun™ empfiehlt, dass die Anzahl der Geräte in einer RAID-Z Konfiguration zwischen drei und neun beträgt. Für Umgebungen, die einen einzelnen Pool benötigen, der aus 10 oder mehr Platten besteht, sollten Sie in Erwägung ziehen, diesen in kleinere RAID-Z-Gruppen aufzuteilen. Falls nur zwei Platten verfügbar sind und Redundanz benötigt wird, ziehen Sie

die Verwendung eines ZFS-Spiegels (mirror) in Betracht. Lesen Sie dazu [zpool\(8\)](#), um weitere Details zu erhalten.

Das vorherige Beispiel erstellte einen ZPool namens `storage`. Dieses Beispiel erzeugt ein neues Dateisystem, genannt `home`, in diesem Pool:

```
# zfs create storage/home
```

Komprimierung und das Vorhalten von mehreren Kopien von Dateien und Verzeichnissen kann aktiviert werden:

```
# zfs set copies=2 storage/home
# zfs set compression=gzip storage/home
```

Um dies als das neue Heimatverzeichnis für Anwender zu setzen, kopieren Sie die Benutzerdaten in dieses Verzeichnis und erstellen passende symbolische Verknüpfungen:

```
# cp -rp /home/* /storage/home
# rm -rf /home /usr/home
# ln -s /storage/home /home
# ln -s /storage/home /usr/home
```

Daten von Anwendern werden nun auf dem frisch erstellten `/storage/home` abgelegt. Überprüfen Sie dies durch das Anlegen eines neuen Benutzers und das anschließende Anmelden als dieser Benutzer.

Versuchen Sie, einen Dateisystemschnappschuss anzulegen, den Sie später wieder zurückrollen können:

```
# zfs snapshot storage/home@08-30-08
```

Schnappschüsse können nur auf einem Dateisystem angelegt werden, nicht auf einem einzelnen Verzeichnis oder einer Datei.

Das Zeichen `@` ist der Trenner zwischen dem Dateisystem- oder dem Volumennamen. Wenn ein wichtiges Verzeichnis aus Versehen gelöscht wurde, kann das Dateisystem gesichert und dann zu einem früheren Schnappschuss zurückgerollt werden, in welchem das Verzeichnis noch existiert:

```
# zfs rollback storage/home@08-30-08
```

Um all verfügbaren Schnappschüsse aufzulisten, geben Sie `ls` im Verzeichnis `.zfs/snapshot` dieses Dateisystems ein. Beispielsweise lässt sich der zuvor angelegte Schnappschuss wie folgt anzeigen:

```
# ls /storage/home/.zfs/snapshot
```

Es ist möglich, ein Skript zu schreiben, um regelmäßig Schnappschüsse von Benutzerdaten anzufertigen. Allerdings verbrauchen Schnappschüsse über lange Zeit eine große Menge an Speicherplatz. Der zuvor angelegte Schnappschuss kann durch folgendes Kommando wieder entfernt werden:

```
# zfs destroy storage/home@08-30-08
```

Nach erfolgreichen Tests kann `/storage/home` zum echten `/home`-Verzeichnis werden, mittels:

```
# zfs set mountpoint=/home storage/home
```

Prüfen Sie mit `df` und `mount`, um zu bestätigen, dass das System das Dateisystem nun als `/home` verwendet:

```
# mount
/dev/ad0s1a on / (ufs, local)
devfs on /dev (devfs, local)
/dev/ad0s1d on /usr (ufs, local, soft-updates)
storage on /storage (zfs, local)
storage/home on /home (zfs, local)
# df
Filesystem    1K-blocks    Used    Avail Capacity  Mounted on
/dev/ad0s1a    2026030    235240    1628708     13%      /
```

```
devfs          1          1          0    100%    /dev
/dev/ad0s1d    54098308 1032826 48737618    2%    /usr
storage       26320512          0 26320512    0%    /storage
storage/home   26320512          0 26320512    0%    /home
```

Damit ist die RAID-Z Konfiguration abgeschlossen. Tägliche Informationen über den Status der erstellten Dateisysteme können als Teil des nächtlichen [periodic\(8\)](#)-Berichts generiert werden. Fügen Sie dazu die folgende Zeile in `/etc/periodic.conf` ein:

```
daily_status_zfs_enable="YES"
```

20.2.3. RAID-Z wiederherstellen

Jedes Software-RAID besitzt eine Methode, um den Zustand (`state`) zu überprüfen. Der Status von RAID-Z Geräten wird mit diesem Befehl angezeigt:

```
# zpool status -x
```

Wenn alle Pools [Online](#) sind und alles normal ist, zeigt die Meldung folgendes an:

```
all pools are healthy
```

Wenn es ein Problem gibt, womöglich ist eine Platte im Zustand [Offline](#), dann wird der Poolzustand ähnlich wie dieser aussehen:

```
pool: storage
state: DEGRADED
status: One or more devices has been taken offline by the administrator.
Sufficient replicas exist for the pool to continue functioning in a
degraded state.
action: Online the device using 'zpool online' or replace the device with
'zpool replace'.
scrub: none requested
config:

NAME        STATE      READ WRITE CKSUM
storage     DEGRADED   0      0      0
  raidz1    DEGRADED   0      0      0
    da0     ONLINE    0      0      0
    da1     OFFLINE    0      0      0
    da2     ONLINE    0      0      0

errors: No known data errors
```

Dies zeigt an, dass das Gerät zuvor vom Administrator mit diesem Befehl abgeschaltet wurde:

```
# zpool offline storage da1
```

Jetzt kann das System heruntergefahren werden, um `da1` zu ersetzen. Wenn das System wieder eingeschaltet wird, kann die fehlerhafte Platte im Pool ersetzt werden:

```
# zpool replace storage da1
```

Von diesem Punkt an kann der Status erneut geprüft werden. Dieses Mal ohne die Option `-x`, damit alle Pools angezeigt werden:

```
# zpool status storage
pool: storage
state: ONLINE
scrub: resilver completed with 0 errors on Sat Aug 30 19:44:11 2008
config:

NAME        STATE      READ WRITE CKSUM
storage     ONLINE    0      0      0
  raidz1    ONLINE    0      0      0
```

```

da0    ONLINE    0    0    0
da1    ONLINE    0    0    0
da2    ONLINE    0    0    0

errors: No known data errors

```

In diesem Beispiel ist alles normal.

20.2.4. Daten verifizieren

ZFS verwendet Prüfsummen, um die Integrität der gespeicherten Daten zu gewährleisten. Dies wird automatisch beim Erstellen von Dateisystemen aktiviert.



Warnung

Prüfsummen können deaktiviert werden, dies wird jedoch *nicht* empfohlen! Prüfsummen verbrauchen nur sehr wenig Speicherplatz und sichern die Integrität der Daten. Viele Eigenschaften vom ZFS werden nicht richtig funktionieren, wenn Prüfsummen deaktiviert sind. Es gibt keinen merklichen Geschwindigkeitsunterschied durch das Deaktivieren dieser Prüfsummen.

Prüfsummenverifikation ist unter der Bezeichnung *scrubbing* bekannt. Verifizieren Sie die Integrität der Daten des storage-Pools mit diesem Befehl:

```
# zpool scrub storage
```

Die Laufzeit einer Überprüfung hängt ab von der Menge an Daten, die gespeichert sind. Größere Mengen an Daten benötigen proportional mehr Zeit zum überprüfen. Diese Überprüfungen sind sehr I/O-intensiv und es kann auch nur eine Überprüfung zur gleichen Zeit durchgeführt werden. Nachdem eine Prüfung beendet ist, kann der Status mit dem Unterkommando `status` angezeigt werden:

```

# zpool status storage
pool: storage
state: ONLINE
scrub: scrub completed with 0 errors on Sat Jan 26 19:57:37 2013
config:

NAME        STATE      READ WRITE CKSUM
storage     ONLINE     0     0   0
  raidz1    ONLINE     0     0   0
    da0     ONLINE     0     0   0
    da1     ONLINE     0     0   0
    da2     ONLINE     0     0   0

errors: No known data errors

```

Das Datum der letzten Prüfoperation wird angezeigt, um zu verfolgen, wann die nächste Prüfung benötigt wird. Routinemässige Überprüfungen helfen dabei, Daten vor stiller Korruption zu schützen und die Integrität des Pools sicher zu stellen.

Lesen Sie [zfs\(8\)](#) und [zpool\(8\)](#), um über weitere ZFS-Optionen zu erfahren.

20.3. zpool Administration

Administration von ZFS ist unterteilt zwischen zwei Hauptkommandos. Das `zpool`-Werkzeug steuert die Operationen des Pools und kümmert sich um das Hinzufügen, entfernen, ersetzen und verwalten von Platten. Mit dem `zfs`-Befehl können Datasets erstellt, zerstört und verwaltet werden, sowohl [Dateisysteme](#) als auch [Volumes](#).

20.3.1. Pools anlegen und zerstören

Einen ZFS-Pool (*zpool*) anzulegen beinhaltet das Treffen von einer Reihe von Entscheidungen, die relativ dauerhaft sind, weil die Struktur des Pools nachdem er angelegt wurde, nicht mehr geändert werden kann. Die wichtigste Entscheidung ist, welche Arten von vdevs als physische Platten zusammengefasst werden soll. Sehen Sie sich dazu die Liste von [vdev-Arten](#) an, um Details zu möglichen Optionen zu bekommen. Nachdem der Pool angelegt wurde, erlauben die meisten vdev-Arten es nicht mehr, weitere Geräte zu diesem vdev hinzuzufügen. Die Ausnahme sind Spiegel, die das Hinzufügen von weiteren Platten zum vdev gestatten, sowie stripes, die zu Spiegeln umgewandelt werden können, indem man zusätzliche Platten zum vdev anhängt. Obwohl weitere vdevs eingefügt werden können, um einen Pool zu vergrößern, kann das Layout des Pools nach dem Anlegen nicht mehr verändert werden. Stattdessen müssen die Daten gesichert, der Pool zerstört und danach neu erstellt werden.

Erstellen eines einfachen gespiegelten Pools:

```
# zpool create mypool mirror /dev/ada1 /dev/ada2
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
scan: none requested
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE         0     0     0
      mirror-0  ONLINE         0     0     0
        ada1    ONLINE         0     0     0
        ada2    ONLINE         0     0     0

errors: No known data errors
```

Mehrere vdevs können gleichzeitig angelegt werden. Geben Sie zusätzliche Gruppen von Platten, getrennt durch das vdev-Typ Schlüsselwort, in diesem Beispiel *mirror*, an:

```
# zpool create mypool mirror /dev/ada1 /dev/ada2 mirror /dev/ada3 /dev/ada4
pool: mypool
state: ONLINE
scan: none requested
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE         0     0     0
      mirror-0  ONLINE         0     0     0
        ada1    ONLINE         0     0     0
        ada2    ONLINE         0     0     0
      mirror-1  ONLINE         0     0     0
        ada3    ONLINE         0     0     0
        ada4    ONLINE         0     0     0

errors: No known data errors
```

Pools lassen sich auch durch die Angabe von Partitionen anstatt von ganzen Platten erzeugen. Durch die Verwendung von ZFS in einer separaten Partition ist es möglich, dass die gleiche Platte andere Partitionen für andere Zwecke besitzen kann. Dies ist besonders von Interesse, wenn Partitionen mit Bootcode und Dateisysteme, die zum starten benötigt werden, hinzugefügt werden können. Das erlaubt es, von Platten zu booten, die auch Teil eines Pools sind. Es gibt keinen Geschwindigkeitsnachteil unter FreeBSD wenn eine Partition anstatt einer ganzen Platte verwendet wird. Durch den Einsatz von Partitionen kann der Administrator die Platten *unter provisionieren*, indem weniger als die volle Kapazität Verwendung findet. Wenn in Zukunft eine Ersatzfestplatte mit der gleichen Größe als die Originalplatte eine kleinere Kapazität aufweist, passt die kleinere Partition immer noch und die Ersatzplatte kann immer noch verwendet werden.

Erstellen eines [RAID-Z2 \[495\]](#)-Pools mit Partitionen:

```
# zpool create mypool raidz2 /dev/ada0p3 /dev/ada1p3 /dev/ada2p3 /dev/ada3p3 /dev/ada4p3 /dev/ada5p3
```

```
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
scan: none requested
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE        0     0     0
      raidz2-0  ONLINE        0     0     0
        ada0p3  ONLINE        0     0     0
        ada1p3  ONLINE        0     0     0
        ada2p3  ONLINE        0     0     0
        ada3p3  ONLINE        0     0     0
        ada4p3  ONLINE        0     0     0
        ada5p3  ONLINE        0     0     0

errors: No known data errors
```

Ein Pool, der nicht länger benötigt wird, kann zerstört werden, so dass die Platten für einen anderen Einsatzzweck Verwendung finden können. Um einen Pool zu zerstören, müssen zuerst alle Datasets in diesem Pool abgehängt werden. Wenn die Datasets verwendet werden, wird das Abhängen fehlschlagen und der Pool nicht zerstört. Die Zerstörung des Pools kann erzwungen werden durch die Angabe der Option `-f`, jedoch kann dies undefiniertes Verhalten in den Anwendungen auslösen, die noch offene Dateien auf diesen Datasets hatten.

20.3.2. Hinzufügen und Löschen von Geräten

Es gibt zwei Fälle für das Hinzufügen von Platten zu einem Pool: einhängen einer Platte zu einem existierenden vdev mit `zpool attach` oder einbinden von vdevs zum Pool mit `zpool add`. Nur manche [vdev-Arten](#) gestatten es, Platten zum vdev hinzuzufügen, nachdem diese angelegt wurden.

Ein Pool mit nur einer einzigen Platte besitzt keine Redundanz. Datenverfälschung kann erkannt, aber nicht repariert werden, weil es keine weiteren Kopien der Daten gibt. Die Eigenschaft [copies](#) kann genutzt werden, um einen geringen Fehler wie einen beschädigten Sektor auszumerzen, enthält aber nicht die gleiche Art von Schutz, die Spiegelung oder RAID-Z bieten. Wenn man mit einem Pool startet, der nur aus einer einzigen vdev-Platte besteht, kann mit dem Kommando `zpool attach` eine zusätzliche Platte dem vdev hinzugefügt werden, um einen Spiegel zu erzeugen. Mit `zpool attach` können auch zusätzliche Platten zu einer Spiegelgruppe eingefügt werden, was die Redundanz und Lesegeschwindigkeit steigert. Wenn die Platten, aus denen der Pool besteht, partitioniert sind, replizieren Sie das Layout der ersten Platte auf die Zweite. Verwenden Sie dazu `gpart backup` und `gpart restore`, um diesen Vorgang einfacher zu gestalten.

Umwandeln eines (stripe) vdevs namens `ada0p3` mit einer einzelnen Platte zu einem Spiegel durch das Einhängen von `ada1p3`:

```
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
scan: none requested
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE        0     0     0
      ada0p3    ONLINE        0     0     0

errors: No known data errors
# zpool attach mypool ada0p3 ada1p3
Make sure to wait until resilver is done before rebooting.

If you boot from pool 'mypool', you may need to update
boot code on newly attached disk 'ada1p3'.

Assuming you use GPT partitioning und 'da0' is your new boot disk
you may use the following command:
```



```

gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1 da0
# gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1  ada1
bootcode written to ada1
# zpool status
  pool: mypool
  state: ONLINE
status: One or more devices is currently being resilvered.  The pool will
        continue to function, possibly in a degraded state.
action: Wait for the resilver to complete.
  scan: resilver in progress since Fri May 30 08:19:19 2014
        527M scanned out of 781M at 47.9M/s, 0h0m to go
        527M resilvered, 67.53% done
config:

          NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool      ONLINE      0     0     0
    mirror-0    ONLINE      0     0     0
      ada0p3    ONLINE      0     0     0
      ada1p3    ONLINE      0     0     0   (resilvering)

errors: No known data errors
# zpool status
  pool: mypool
  state: ONLINE
  scan: resilvered 781M in 0h0m with 0 errors on Fri May 30 08:15:58 2014
config:

          NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool      ONLINE      0     0     0
    mirror-0    ONLINE      0     0     0
      ada0p3    ONLINE      0     0     0
      ada1p3    ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors

```

Wenn das Hinzufügen von Platten zu einem vdev keine Option wie für RAID-Z ist, gibt es eine Alternative, nämlich einen anderen vdev zum Pool hinzuzufügen. Zusätzliche vdevs bieten höhere Geschwindigkeit, indem Schreibvorgänge über die vdevs verteilt werden. Jedes vdev ist dafür verantwortlich, seine eigene Redundanz sicherzustellen. Es ist möglich, aber nicht empfehlenswert, vdev-Arten zu mischen, wie zum Beispiel `mirror` und `RAID-Z`. Durch das Einfügen eines nicht-redundanten vdev zu einem gespiegelten Pool oder einem RAID-Z vdev riskiert man die Daten des gesamten Pools. Schreibvorgänge werden verteilt, deshalb ist der Ausfall einer nicht-redundanten Platte mit dem Verlust eines Teils von jedem Block verbunden, der auf den Pool geschrieben wird.

Daten werden über jedes vdev gestriped. Beispielsweise sind zwei Spiegel-vdevs effektiv ein RAID 10, dass über zwei Sets von Spiegeln die Daten schreibt. Speicherplatz wird so allokiert, dass jedes vdev zur gleichen Zeit vollgeschrieben wird. Es gibt einen Geschwindigkeitsnachteil wenn die vdevs unterschiedliche Menge von freiem Speicher aufweisen, wenn eine unproportionale Menge an Daten auf das weniger volle vdev geschrieben wird.

Wenn zusätzliche Geräte zu einem Pool, von dem gebootet wird, hinzugefügt werden, muss der Bootcode aktualisiert werden.

Einbinden einer zweiten Spiegelgruppe (`ada2p3` und `ada3p3`) zu einem bestehenden Spiegel:

```

# zpool status
  pool: mypool
  state: ONLINE
  scan: resilvered 781M in 0h0m with 0 errors on Fri May 30 08:19:35 2014
config:

          NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool      ONLINE      0     0     0
    mirror-0    ONLINE      0     0     0
      ada0p3    ONLINE      0     0     0
      ada1p3    ONLINE      0     0     0

```

```

errors: No known data errors
# zpool add mypool mirror ada2p3 ada3p3
# gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1  ada2
bootcode written to ada2
# gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1  ada3
bootcode written to ada3
# zpool status
  pool: mypool
 state: ONLINE
  scan: scrub repaired 0 in 0h0m with 0 errors on Fri May 30 08:29:51 2014
config:

    NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool     ONLINE      0     0     0
    mirror-0  ONLINE      0     0     0
      ada0p3  ONLINE      0     0     0
      ada1p3  ONLINE      0     0     0
    mirror-1  ONLINE      0     0     0
      ada2p3  ONLINE      0     0     0
      ada3p3  ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors

```

Momentan können vdevs nicht von einem Pool entfernt und Platten nur von einem Spiegel ausgehängt werden, wenn genug Redundanz übrig bleibt. Wenn auch nur eine Platte in einer Spiegelgruppe bestehen bleibt, hört der Spiegel auf zu existieren und wird zu einem stripe, was den gesamten Pool riskiert, falls diese letzte Platte ausfällt.

Entfernen einer Platte aus einem Spiegel mit drei Platten:

```

# zpool status
  pool: mypool
 state: ONLINE
  scan: scrub repaired 0 in 0h0m with 0 errors on Fri May 30 08:29:51 2014
config:

    NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool     ONLINE      0     0     0
    mirror-0  ONLINE      0     0     0
      ada0p3  ONLINE      0     0     0
      ada1p3  ONLINE      0     0     0
      ada2p3  ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors
# zpool detach mypool ada2p3
# zpool status
  pool: mypool
 state: ONLINE
  scan: scrub repaired 0 in 0h0m with 0 errors on Fri May 30 08:29:51 2014
config:

    NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
  mypool     ONLINE      0     0     0
    mirror-0  ONLINE      0     0     0
      ada0p3  ONLINE      0     0     0
      ada1p3  ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors

```

20.3.3. Den Status eines Pools überprüfen

Der Status eines Pools ist wichtig. Wenn ein Gerät sich abschaltet oder ein Lese-, Schreib- oder Prüfsummenfehler festgestellt wird, wird der dazugehörige Fehlerzähler erhöht. Die `status`-Ausgabe zeigt die Konfiguration und den Status von jedem Gerät im Pool und den Gesamtstatus des Pools. Aktionen, die durchgeführt werden sollten und Details zum letzten `scrub` werden ebenfalls angezeigt.

```
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
scan: scrub repaired 0 in 2h25m with 0 errors on Sat Sep 14 04:25:50 2013
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE         0     0     0
      raidz2-0  ONLINE         0     0     0
        ada0p3  ONLINE         0     0     0
        ada1p3  ONLINE         0     0     0
        ada2p3  ONLINE         0     0     0
        ada3p3  ONLINE         0     0     0
        ada4p3  ONLINE         0     0     0
        ada5p3  ONLINE         0     0     0

errors: No known data errors
```

20.3.4. Fehler beseitigen

Wenn ein Fehler erkannt wurde, werden die Lese-, Schreib- oder Prüfsummenzähler erhöht. Die Fehlermeldung kann beseitigt und der Zähler mit `zpool clear mypool` zurückgesetzt werden. Den Fehlerzustand zurückzusetzen kann wichtig sein, wenn automatisierte Skripte ablaufen, die den Administrator informieren, sobald der Pool Fehler anzeigt. Weitere Fehler werden nicht gemeldet, wenn der alte Fehlerbericht nicht entfernt wurde.

20.3.5. Ein funktionierendes Gerät ersetzen

Es gibt eine Reihe von Situationen, in denen es nötig ist, eine Platte mit einer anderen auszutauschen. Wenn eine funktionierende Platte ersetzt wird, hält der Prozess die alte Platte während des Ersetzungsvorganges noch aktiv. Der Pool wird nie den Zustand [degraded](#) erhalten, was das Risiko eines Datenverlustes minimiert. Alle Daten der alten Platte werden durch das Kommando `zpool replace` auf die Neue übertragen. Nachdem die Operation abgeschlossen ist, wird die alte Platte vom `vdev` getrennt. Falls die neue Platte grösser ist als die alte Platte, ist es möglich den Pool zu vergrößern, um den neuen Platz zu nutzen. Lesen Sie dazu [Einen Pool vergrößern](#).

Ersetzen eines funktionierenden Geräts in einem Pool:

```
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
scan: none requested
config:

    NAME        STATE        READ WRITE CKSUM
    mypool      ONLINE         0     0     0
      mirror-0  ONLINE         0     0     0
        ada0p3  ONLINE         0     0     0
        ada1p3  ONLINE         0     0     0

errors: No known data errors
# zpool replace mypool ada1p3 ada2p3
Make sure to wait until resilver is done before rebooting.

If you boot from pool 'zroot', you may need to update
boot code on newly attached disk 'ada2p3'.

Assuming you use GPT partitioning und 'da0' is your new boot disk
you may use the following command:

    gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1 da0
# gpart bootcode -b /boot/pmbr -p /boot/gptzfsboot -i 1 ada2
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
status: One or more devices is currently being resilvered. The pool will
```

```

        continue to function, possibly in a degraded state.
action: Wait for the resilver to complete.
  scan: resilver in progress since Mon Jun  2 14:21:35 2014
        604M scanned out of 781M at 46.5M/s, 0h0m to go
        604M resilvered, 77.39% done
config:

      NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
mypool          ONLINE          0     0     0
  mirror-0      ONLINE          0     0     0
    ada0p3      ONLINE          0     0     0
      replacing-1  ONLINE          0     0     0
        ada1p3    ONLINE          0     0     0
        ada2p3    ONLINE          0     0     0 (resilvering)

errors: No known data errors
# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
  scan: resilvered 781M in 0h0m with 0 errors on Mon Jun  2 14:21:52 2014
config:

      NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
mypool          ONLINE          0     0     0
  mirror-0      ONLINE          0     0     0
    ada0p3      ONLINE          0     0     0
    ada2p3      ONLINE          0     0     0

errors: No known data errors

```

20.3.6. Behandlung von fehlerhaften Geräten

Wenn eine Platte in einem Pool ausfällt, wird das vdev zu dem diese Platte gehört, den Zustand **degraded** erhalten. Alle Daten sind immer noch verfügbar, jedoch wird die Geschwindigkeit möglicherweise reduziert, weil die fehlenden Daten aus der verfügbaren Redundanz heraus berechnet werden müssen. Um das vdev in einen funktionierenden Zustand zurück zu versetzen, muss das physikalische Gerät ersetzt werden. ZFS wird dann angewiesen, den **resilver**-Vorgang zu beginnen. Daten, die sich auf dem defekten Gerät befanden, werden neu aus der vorhandenen Prüfsumme berechnet und auf das Ersatzgerät geschrieben. Nach Beendigung dieses Prozesses kehrt das vdev zum Status **online** zurück.

Falls das vdev keine Redundanz besitzt oder wenn mehrere Geräte ausgefallen sind und es nicht genug Redundanz gibt, um dies zu kompensieren, geht der Pool in den Zustand **faulted** über. Wenn keine ausreichende Anzahl von Geräten wieder an den Pool angeschlossen wird, fällt der Pool aus und die Daten müssen von Sicherungen wieder eingespielt werden.

Wenn eine defekte Platte ausgewechselt wird, wird der Name dieser defekten Platte mit der GUID des Geräts ersetzt. Ein neuer Gerätenamen als Parameter für `zpool replace` wird nicht benötigt, falls das Ersatzgerät den gleichen Gerätenamen besitzt.

Ersetzen einer defekten Platte durch `zpool replace` :

```

# zpool status
pool: mypool
state: DEGRADED
status: One or more devices could not be opened.  Sufficient replicas exist for
        the pool to continue functioning in a degraded state.
action: Attach the missing device und online it using 'zpool online'.
       see: http://illumos.org/msg/ZFS-8000-2Q
  scan: none requested
config:

      NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
mypool          DEGRADED          0     0     0
  mirror-0      DEGRADED          0     0     0

```

```

    ada0p3          ONLINE      0      0      0
    316502962686821739 UNAVAIL    0      0      0 was /dev/ada1p3

errors: No known data errors
# zpool replace mypool 316502962686821739 ada2p3
# zpool status
  pool: mypool
  state: DEGRADED
status: One or more devices is currently being resilvered.  The pool will
        continue to function, possibly in a degraded state.
action: Wait for the resilver to complete.
       scan: resilver in progress since Mon Jun  2 14:52:21 2014
            641M scanned out of 781M at 49.3M/s, 0h0m to go
            640M resilvered, 82.04% done
config:

    NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
    mypool         DEGRADED    0      0      0
      mirror-0     DEGRADED    0      0      0
        ada0p3     ONLINE      0      0      0
        replacing-1 UNAVAIL    0      0      0
          15732067398082357289 UNAVAIL    0      0      0 was /dev/ada1p3/old
          ada2p3    ONLINE      0      0      0 (resilvering)

errors: No known data errors
# zpool status
  pool: mypool
  state: ONLINE
       scan: resilvered 781M in 0h0m with 0 errors on Mon Jun  2 14:52:38 2014
config:

    NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
    mypool         ONLINE      0      0      0
      mirror-0     ONLINE      0      0      0
        ada0p3     ONLINE      0      0      0
        ada2p3     ONLINE      0      0      0

errors: No known data errors

```

20.3.7. Einen Pool überprüfen

Es wird empfohlen, dass Pools regelmäßig geprüft ([scrubbed](#)) werden, idealerweise mindestens einmal pro Monat. Der scrub-Vorgang ist beansprucht die Platte sehr und reduziert die Geschwindigkeit während er läuft. Vermeiden Sie Zeiten, in denen großer Bedarf besteht, wenn Sie scrub starten oder benutzen Sie [vfs.zfs.scrub_delay](#) [492], um die relative Priorität vom scrub einzustellen, um zu verhindern, dass es mit anderen Aufgaben kollidiert.

```

# zpool scrub mypool
# zpool status
  pool: mypool
  state: ONLINE
       scan: scrub in progress since Wed Feb 19 20:52:54 2014
            116G scanned out of 8.60T at 649M/s, 3h48m to go
            0 repaired, 1.32% done
config:

    NAME          STATE      READ WRITE CKSUM
    mypool         ONLINE      0      0      0
      raidz2-0     ONLINE      0      0      0
        ada0p3     ONLINE      0      0      0
        ada1p3     ONLINE      0      0      0
        ada2p3     ONLINE      0      0      0
        ada3p3     ONLINE      0      0      0
        ada4p3     ONLINE      0      0      0
        ada5p3     ONLINE      0      0      0

```

```
errors: No known data errors
```

Falls eine Überprüfungsfunktion abgebrochen werden muss, geben Sie `zpool scrub -s mypool` ein.

20.3.8. Selbstheilung

Die Prüfsummen, welche zusammen mit den Datenblöcken gespeichert werden, ermöglichen dem Dateisystem, sich *selbst zu heilen*. Diese Eigenschaft wird automatisch Daten korrigieren, deren Prüfsumme nicht mit der Gespeicherten übereinstimmt, die auf einem anderen Gerät, das Teil des Pools ist, vorhanden ist. Beispielsweise bei einem Spiegel aus zwei Platten, von denen eine anfängt, Fehler zu produzieren und nicht mehr länger Daten speichern kann. Dieser Fall ist sogar noch schlimmer, wenn auf die Daten seit einiger Zeit nicht mehr zugegriffen wurde, zum Beispiel bei einem Langzeit-Archivspeicher. Traditionelle Dateisysteme müssen dann Algorithmen wie `fsck(8)` ablaufen lassen, welche die Daten überprüfen und reparieren. Diese Kommandos benötigen einige Zeit und in gravierenden Fällen muss ein Administrator manuelle Entscheidungen treffen, welche Reparaturoperation vorgenommen werden soll. Wenn ZFS einen defekten Datenblock mit einer Prüfsumme erkennt, die nicht übereinstimmt, versucht es die Daten von der gespiegelten Platte zu lesen. Wenn diese Platte die korrekten Daten liefern kann, wird nicht nur dieser Datenblock an die anfordernde Applikation geschickt, sondern auch die falschen Daten auf der Disk reparieren, welche die falsche Prüfsumme erzeugt hat. Dies passiert während des normalen Betriebs des Pools, ohne dass eine Interaktion vom Systemadministrator notwendig wäre.

Das nächste Beispiel demonstriert dieses Verhalten zur Selbstheilung. Ein gespiegelter Pool mit den beiden Platten `/dev/ada0` und `/dev/ada1` wird angelegt.

```
# zpool create healer mirror /dev/ada0 /dev/ada1
# zpool status healer
pool: healer
state: ONLINE
scan: none requested
config:

   NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
   healer    ONLINE      0     0     0
     mirror-0 ONLINE      0     0     0
       ada0   ONLINE      0     0     0
       ada1   ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors
# zpool list
NAME      SIZE  ALLOC   FREE    CAP  DEDUP  HEALTH  ALTROOT
healer    960M  92.5K   960M     0%  1.00x  ONLINE  -
```

Ein paar wichtige Daten, die es vor Datenfehlern mittels der Selbstheilungsfunktion zu schützen gilt, werden auf den Pool kopiert. Eine Prüfsumme wird zum späteren Vergleich berechnet.

```
# cp /some/important/data /healer
# zfs list
NAME      SIZE  ALLOC   FREE    CAP  DEDUP  HEALTH  ALTROOT
healer    960M  67.7M   892M     7%  1.00x  ONLINE  -
# sha1 /healer > checksum.txt
# cat checksum.txt
SHA1 (/healer) = 2753eff56d77d9a536ece6694bf0a82740344d1f
```

Datenfehler werden durch das Schreiben von zufälligen Daten an den Anfang einer Platte des Spiegels simuliert. Um ZFS daran zu hindern, die Daten so schnell zu reparieren, wie es diese entdeckt, wird der Pool vor der Veränderung exportiert und anschließend wieder importiert.



Warnung

Dies ist eine gefährliche Operation, die wichtige Daten zerstören kann. Es wird hier nur zu Demonstrationszwecken gezeigt und sollte nicht während des normalen Betriebs des Pools

versucht werden. Dieses vorsätzliche Korruptierungsbeispiel sollte auf gar keinen Fall auf einer Platte mit einem anderen Dateisystem durchgeführt werden. Verwenden Sie keine anderen Gerätenamen als diejenigen, die hier gezeigt werden, die Teil des Pools sind. Stellen Sie sicher, dass die passende Sicherungen angefertigt haben, bevor Sie dieses Kommando ausführen!

```
# zpool export healer
# dd if=/dev/random of=/dev/ada1 bs=1m count=200
200+0 records in
200+0 records out
209715200 bytes transferred in 62.992162 secs (3329227 bytes/sec)
# zpool import healer
```

Der Status des Pools zeigt an, dass bei einem Gerät ein Fehler aufgetreten ist. Wichtig zu wissen ist, dass Anwendungen, die Daten vom Pool lesen keine ungültigen Daten erhalten haben. ZFS lieferte Daten vom ada0-Gerät mit der korrekten Prüfsumme aus. Das Gerät mit der fehlerhaften Prüfsumme kann sehr einfach gefunden werden, da die Spalte CKSUM einen Wert ungleich Null enthält.

```
# zpool status healer
pool: healer
state: ONLINE
status: One or more devices has experienced an unrecoverable error. An
attempt was made to correct the error. Applications are unaffected.
action: Determine if the device needs to be replaced, and clear the errors
using 'zpool clear' or replace the device with 'zpool replace'.
see: http://www.sun.com/msg/ZFS-8000-9P
scan: none requested
config:

    NAME      STATE    READ WRITE CKSUM
    healer    ONLINE      0     0     0
      mirror-0 ONLINE      0     0     0
        ada0   ONLINE      0     0     0
        ada1   ONLINE      0     0     1

errors: No known data errors
```

Der Fehler wurde erkannt und korrigiert durch die vorhandene Redundanz, welche aus der nicht betroffenen Platte ada0 des Spiegels gewonnen wurde. Ein Vergleich der Prüfsumme mit dem Original wird zeigen, ob sich der Pool wieder in einem konsistenten Zustand befindet.

```
# sha1 /healer >> checksum.txt
# cat checksum.txt
SHA1 (/healer) = 2753eff56d77d9a536ece6694bf0a82740344d1f
SHA1 (/healer) = 2753eff56d77d9a536ece6694bf0a82740344d1f
```

Die beiden Prüfsummen, die vor und nach der vorsätzlichen Korruptierung der Daten des Pools angelegt wurden, stimmen immer noch überein. Dies zeigt wie ZFS in der Lage ist, Fehler automatisch zu erkennen und zu korrigieren, wenn die Prüfsummen nicht übereinstimmen. Beachten Sie, dass dies nur möglich ist, wenn genug Redundanz im Pool vorhanden ist. Ein Pool, der nur aus einer einzigen Platte besteht besitzt keine Selbstheilungsfunktion. Dies ist auch der Grund warum Prüfsummen bei ZFS so wichtig sind und deshalb aus keinem Grund deaktiviert werden sollten. Kein `fsck(8)` ist nötig, um diese Fehler zu erkennen und zu korrigieren und der Pool war während der gesamten Zeit, in der das Problem bestand, verfügbar. Eine scrub-Aktion ist nun nötig, um die fehlerhaften Daten auf ada1 zu beheben.

```
# zpool scrub healer
# zpool status healer
pool: healer
state: ONLINE
status: One or more devices has experienced an unrecoverable error. An
attempt was made to correct the error. Applications are unaffected.
```

```

action: Determine if the device needs to be replaced, and clear the errors
        using 'zpool clear' or replace the device with 'zpool replace'.
see: http://www.sun.com/msg/ZFS-8000-9P
scan: scrub in progress since Mon Dec 10 12:23:30 2012
      10.4M scanned out of 67.0M at 267K/s, 0h3m to go
      9.63M repaired, 15.56% done
config:

NAME      STATE      READ WRITE CKSUM
healer    ONLINE      0     0     0
mirror-0  ONLINE      0     0     0
ada0      ONLINE      0     0     0
ada1      ONLINE      0     0    627  (repairing)

errors: No known data errors

```

Durch das scrub werden die Daten von `ada0` gelesen und alle Daten mit einer falschen durch diejenigen mit der richtigen Prüfsumme auf `ada1` ersetzt. Dies wird durch die Ausgabe (`repairing`) des Kommandos `zpool status` angezeigt. Nachdem die Operation abgeschlossen ist, ändert sich der Poolstatus zu:

```

# zpool status healer
pool: healer
state: ONLINE
status: One or more devices has experienced an unrecoverable error. An
       attempt was made to correct the error. Applications are unaffected.
action: Determine if the device needs to be replaced, and clear the errors
       using 'zpool clear' or replace the device with 'zpool replace'.
see: http://www.sun.com/msg/ZFS-8000-9P
scan: scrub repaired 66.5M in 0h2m with 0 errors on Mon Dec 10 12:26:25 2012
config:

NAME      STATE      READ WRITE CKSUM
healer    ONLINE      0     0     0
mirror-0  ONLINE      0     0     0
ada0      ONLINE      0     0     0
ada1      ONLINE      0     0  2.72K

errors: No known data errors

```

Nach der scrub-Operation und der anschließenden Synchronisation der Daten von `ada0` nach `ada1`, kann die Fehlermeldung vom Poolstatus durch die Eingabe von `zpool clear` [bereinigt](#) werden.

```

# zpool clear healer
# zpool status healer
pool: healer
state: ONLINE
scan: scrub repaired 66.5M in 0h2m with 0 errors on Mon Dec 10 12:26:25 2012
config:

NAME      STATE      READ WRITE CKSUM
healer    ONLINE      0     0     0
mirror-0  ONLINE      0     0     0
ada0      ONLINE      0     0     0
ada1      ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors

```

Der Pool ist jetzt wieder in einem voll funktionsfähigen Zustand versetzt worden und alle Fehler wurden beseitigt.

20.3.9. Einen Pool vergrößern

Die verwendbare Größe eines redundant ausgelegten Pools ist durch die Kapazität des kleinsten Geräts in jedem vdev begrenzt. Das kleinste Gerät kann durch ein größeres Gerät ersetzt werden. Nachdem eine [replace](#) oder [resilver](#)-Operation abgeschlossen wurde, kann der Pool anwachsen, um die Kapazität des neuen Geräts zu nutzen. Nehmen wir als Beispiel einen Spiegel mit einer 1 TB und einer 2 TB Platte. Der verwendbare Plattenplatz beträgt 1 TB.

Wenn die 1 TB Platte mit einer anderen 2 TB Platte ersetzt wird, kopiert der resilver-Prozess die existierenden Daten auf die neue Platte. Da beide Geräte nun 2 TB Kapazität besitzen, kann auch der verfügbare Plattenplatz auf die Größe von 2 TB anwachsen.

Die Erweiterung wird durch das Kommando `zpool online -e` auf jedem Gerät ausgelöst. Nachdem alle Geräte expandiert wurden, wird der Speicher im Pool zur Verfügung gestellt.

20.3.10. Importieren und Exportieren von Pools

Pools werden *exportiert* bevor diese an ein anderes System angeschlossen werden. Alle Datasets werden abgehängt und jedes Gerät wird als exportiert markiert, ist jedoch immer noch gesperrt, so dass es nicht von anderen Festplattensubsystemen verwendet werden kann. Dadurch können Pools auf anderen Maschinen *importiert* werden, die ZFS und sogar andere Hardwarearchitekturen (bis auf ein paar Ausnahmen, siehe [zpool\(8\)](#)) unterstützen. Besitzt ein Dataset offene Dateien, kann `zpool export -f` den Export des Pools erzwingen. Verwenden Sie dies mit Vorsicht. Die Datasets werden dadurch gewaltsam abgehängt, was bei Anwendungen, die noch offene Dateien auf diesem Dataset hatten, möglicherweise zu unerwartetem Verhalten führen kann.

Einen nichtverwendeten Pool exportieren:

```
# zpool export mypool
```

Beim Importieren eines Pool werden auch automatisch alle Datasets eingehängt. Dies ist möglicherweise nicht das bevorzugte Verhalten und wird durch `zpool import -N` verhindert. Durch `zpool import -o` temporäre Eigenschaften nur für diesen Import gesetzt. Mit dem Befehl `zpool import altroot=` ist es möglich, einen Pool mit einem anderen Basiseinhängepunkt anstatt der Wurzel des Dateisystems einzubinden. Wenn der Pool zuletzt auf einem anderen System verwendet und nicht korrekt exportiert wurde, muss unter Umständen ein Import erzwungen werden durch `zpool import -f`. Alle Pools, die momentan nicht durch ein anderes System verwendet werden, lassen sich mit `zpool import -a` importieren.

Alle zum Import verfügbaren Pools auflisten:

```
# zpool import
pool: mypool
id: 9930174748043525076
state: ONLINE
action: The pool can be imported using its name or numeric identifier.
config:

    mypool      ONLINE
    ada2p3      ONLINE
```

Den Pool mit einem anderen Wurzelverzeichnis importieren:

```
# zpool import -o altroot= /mnt mypool
# zfs list
zfs list
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool                             110K  47.0G   31K    /mnt/mypool
```

20.3.11. Einen Pool aktualisieren

Nachdem FreeBSD aktualisiert wurde oder wenn der Pool von einem anderen System, das eine ältere Version von ZFS einsetzt, lässt sich der Pool manuell auf den aktuellen Stand von ZFS bringen, um die neuesten Eigenschaften zu unterstützen. Bedenken Sie, ob der Pool jemals wieder von einem älteren System eingebunden werden muss, bevor Sie die Aktualisierung durchführen. Das aktualisieren eines Pools ist ein nicht umkehrbarer Prozess. ältere Pools lassen sich aktualisieren, jedoch lassen sich Pools mit neueren Eigenschaften nicht wieder auf eine ältere Version bringen.

Aktualisierung eines v28-Pools, um Feature Flags zu unterstützen:

```
# zpool status
pool: mypool
```

```

state: ONLINE
status: The pool is formatted using a legacy on-disk format. The pool can
       still be used, but some features are unavailable.
action: Upgrade the pool using 'zpool upgrade'. Once this is done, the
       pool will no longer be accessible on software that does not support feat
       flags.
       scan: none requested
config:

        NAME      STATE      READ WRITE CKSUM
        mypool     ONLINE      0     0     0
            mirror-0 ONLINE      0     0     0
        ada0      ONLINE      0     0     0
        ada1      ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors
# zpool upgrade
This system supports ZFS pool feature flags.

The following pools are formatted with legacy version numbers und can
be upgraded to use feature flags. After being upgraded, these pools
will no longer be accessible by software that does not support feature
flags.

VER  POOL
---  -----
28   mypool

Use 'zpool upgrade -v' for a list of available legacy versions.
Every feature flags pool has all supported features enabled.
# zpool upgrade mypool
This system supports ZFS pool feature flags.

Successfully upgraded 'mypool' from version 28 to feature flags.
Enabled the following features on 'mypool':
  async_destroy
  empty_bpobj
  lz4_compress
  multi_vdev_crash_dump

```

Die neueren Eigenschaften von ZFS werden nicht verfügbar sein, bis `zpool upgrade` abgeschlossen ist. `zpool upgrade -v` kann verwendet werden, um zu sehen, welche neuen Eigenschaften durch die Aktualisierung bereitgestellt werden, genauso wie diejenigen, die momentan schon verfügbar sind.

Einen Pool um zusätzliche Feature Flags erweitern:

```

# zpool status
pool: mypool
state: ONLINE
status: Some supported features are not enabled on the pool. The pool can
       still be used, but some features are unavailable.
action: Enable all features using 'zpool upgrade'. Once this is done,
       the pool may no longer be accessible by software that does not support
       the features. See zpool-features(7) for details.
       scan: none requested
config:

        NAME      STATE      READ WRITE CKSUM
        mypool     ONLINE      0     0     0
            mirror-0 ONLINE      0     0     0
        ada0      ONLINE      0     0     0
        ada1      ONLINE      0     0     0

errors: No known data errors
# zpool upgrade
This system supports ZFS pool feature flags.

```

All pools are formatted using feature flags.

Some supported features are not enabled on the following pools. Once a feature is enabled the pool may become incompatible with software that does not support the feature. See `zpool-features(7)` for details.

```
POOL  FEATURE
-----
zstore
    multi_vdev_crash_dump
    spacemap_histogram
    enabled_txg
    hole_birth
    extensible_dataset
    bookmarks
    filesystem_limits
# zpool upgrade mypool
This system supports ZFS pool feature flags.

Enabled the following features on 'mypool':
    spacemap_histogram
    enabled_txg
    hole_birth
    extensible_dataset
    bookmarks
    filesystem_limits
```



Warnung

Der Bootcode muss auf Systemen, die von dem Pool starten, aktualisiert werden, um diese neue Version zu unterstützen. Verwenden Sie `gpart bootcode` auf der Partition, die den Bootcode enthält. Lesen Sie für weitere Informationen [gpart\(8\)](#).

20.3.12. Aufgezeichnete Historie des Pools anzeigen

Befehle, die den Pool in irgendeiner Form verändern, werden aufgezeichnet. Diese Befehle beinhalten das Erstellen von Datasets, verändern von Eigenschaften oder das Ersetzen einer Platte. Diese Historie ist nützlich um nachzuvollziehen, wie ein Pool aufgebaut ist und welcher Benutzer eine bestimmte Aktion wann und wie getätigt hat. Die aufgezeichnete Historie wird nicht in einer Logdatei festgehalten, sondern ist Teil des Pools selbst. Das Kommando zum darstellen dieser Historie lautet passenderweise `zpool history`:

```
# zpool history
History for 'tank':
2013-02-26.23:02:35 zpool create tank mirror /dev/ada0 /dev/ada1
2013-02-27.18:50:58 zfs set atime=off tank
2013-02-27.18:51:09 zfs set checksum=fletcher4 tank
2013-02-27.18:51:18 zfs create tank/backup
```

Die Ausgabe zeigt `zpool` und `zfs`-Befehle, die ausgeführt wurden zusammen mit einem Zeitstempel. Nur Befehle, die den Pool verändern werden aufgezeichnet. Befehle wie `zfs list` sind dabei nicht enthalten. Wenn kein Name angegeben wird, erscheint die gesamte Historie aller Pools.

Der Befehl `zpool history` kann sogar noch mehr Informationen ausgeben, wenn die Optionen `-i` oder `-l` angegeben werden. Durch `-i` zeigt ZFS vom Benutzer eingegebene, als auch interne Ereignisse an.

```
# zpool history -i
History for 'tank':
2013-02-26.23:02:35 [internal pool create txg:5] pool spa 28; zfs spa 28; zpl 5;uts 9.1-
RELEASE 901000 amd64
```

```

2013-02-27.18:50:53 [internal property set txg:50] atime=0 dataset = 21
2013-02-27.18:50:58 zfs set atime=off tank
2013-02-27.18:51:04 [internal property set txg:53] checksum=7 dataset = 21
2013-02-27.18:51:09 zfs set checksum=fletcher4 tank
2013-02-27.18:51:13 [internal create txg:55] dataset = 39
2013-02-27.18:51:18 zfs create tank/backup

```

Weitere Details lassen sich durch die Angabe von `-l` entlocken. Historische Einträge werden in einem langen Format ausgegeben, einschließlich Informationen wie der Name des Benutzers, welcher das Kommando eingegeben hat und der Hostname, auf dem die Änderung erfolgte.

```

# zpool history -l
History for 'tank':
2013-02-26.23:02:35 zpool create tank mirror /dev/ada0 /dev/ada1 [user 0 (root) ↵
on :global]
2013-02-27.18:50:58 zfs set atime=off tank [user 0 (root) on myzfsbox:global]
2013-02-27.18:51:09 zfs set checksum=fletcher4 tank [user 0 (root) on myzfsbox:global]
2013-02-27.18:51:18 zfs create tank/backup [user 0 (root) on myzfsbox:global]

```

Die Ausgabe zeigt, dass der Benutzer `root` den gespiegelten Pool mit den beiden Platten `/dev/ada0` und `/dev/ada1` angelegt hat. Der Hostname `myzfsbox` wird ebenfalls in den Kommandos angezeigt, nachdem der Pool erzeugt wurde. Die Anzeige des Hostnamens wird wichtig, sobald der Pool von einem System exportiert und auf einem anderen importiert wird. Die Befehle, welche auf dem anderen System verwendet werden, können klar durch den Hostnamen, der bei jedem Kommando mit verzeichnet wird, unterschieden werden.

Beide Optionen für `zpool history` lassen sich auch kombinieren, um die meisten Details zur Historie eines Pools auszugeben. Die Pool Historie liefert wertvolle Informationen, wenn Aktionen nachverfolgt werden müssen oder zur Fehlerbeseitigung mehr Informationen gebraucht werden.

20.3.13. Geschwindigkeitsüberwachung

Ein eingebautes Überwachungssystem kann I/O-Statistiken in Echtzeit liefern. Es zeigt die Menge von freiem und belegtem Speicherplatz auf dem Pool an, wieviele Lese- und Schreiboperationen pro Sekunde durchgeführt werden und die aktuell verwendete I/O-Bandbreite. Standardmäßig werden alle Pools in einem System überwacht und angezeigt. Ein Poolname kann angegeben werden, um die Anzeige auf diesen Pool zu beschränken. Ein einfaches Beispiel:

```

# zpool iostat

```

pool	capacity		operations		bandwidth	
	alloc	free	read	write	read	write
data	288G	1.53T	2	11	11.3K	57.1K

Um kontinuierlich die I/O-Aktivität zu überprüfen, kann eine Zahl als letzter Parameter angegeben werden, die ein Intervall in Sekunden angibt, die zwischen den Aktualisierungen vergehen soll. Die nächste Zeile mit Statistikinformationen wird dann nach jedem Intervall ausgegeben. Drücken Sie `Ctrl+C`, um diese kontinuierliche Überwachung zu stoppen. Alternativ lässt sich auch eine zweite Zahl nach dem Intervall auf der Kommandozeile angeben, welche die Obergrenze von Statistikausgaben darstellt, die angezeigt werden sollen.

Noch mehr Informationen zu I/O-Statistiken können durch Angabe der Option `-v` angezeigt werden. Jedes Gerät im Pool wird dann mit einer eigenen Statistikzeile aufgeführt. Dies ist hilfreich um zu sehen, wieviele Lese- und Schreiboperationen von jedem Gerät durchgeführt werden und kann bei der Diagnose eines langsamen Geräts, das den Pool ausbremst, hilfreich sein. Dieses Beispiel zeigt einen gespiegelten Pool mit zwei Geräten:

```

# zpool iostat -v

```

pool	capacity		operations		bandwidth	
	alloc	free	read	write	read	write
data	288G	1.53T	2	12	9.23K	61.5K
mirror	288G	1.53T	2	12	9.23K	61.5K
ada1	-	-	0	4	5.61K	61.7K

ada2	-	-	1	4	5.04K	61.7K
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

20.3.14. Einen Pool aufteilen

Ein Pool, der aus einem oder mehreren gespiegelten vdevs besteht, kann in zwei Pools aufgespalten werden. Falls nicht anders angegeben, wird das letzte Mitglied eines Spiegels abgehängt und dazu verwendet, einen neuen Pool mit den gleichen Daten zu erstellen. Die Operation sollte zuerst mit der Option `-n` versucht werden. Die Details der vorgeschlagenen Option werden dargestellt, ohne die Aktion in Wirklichkeit durchzuführen. Das hilft dabei zu bestätigen, ob die Aktion das tut, was der Benutzer damit vor hatte.

20.4. zfs Administration

Das `zfs`-Werkzeug ist dafür verantwortlich, alle ZFS Datasets innerhalb eines Pools zu erstellen, zerstören und zu verwalten. Der Pool selbst wird durch `zpool` verwaltet.

20.4.1. Datasets erstellen und zerstören

Anders als in traditionellen Festplatten- und Volumenmanagern wird der Plattenplatz in ZFS *nicht* vorher allokiert. Bei traditionellen Dateisystemen gibt es, nachdem der Plattenplatz partitioniert und zugeteilt wurde, keine Möglichkeit, ein zusätzliches Dateisystem hinzuzufügen, ohne eine neue Platte anzuschließen. Mit ZFS lassen sich neue Dateisysteme zu jeder Zeit anlegen. Jedes *Dataset* besitzt Eigenschaften wie Komprimierung, Deduplizierung, Zwischenspeicher (caching), Quotas, genauso wie andere nützliche Einstellungen wie Schreibschutz, Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinschreibung, Netzwerkfreigaben und einen Einhängpunkt. Datasets können ineinander verschachtelt werden und Kind-Datasets erben die Eigenschaften ihrer Eltern. Jedes Dataset kann als eine Einheit verwaltet, delegiert, repliziert, mit Schnappschüssen versehen, in Jails gesteckt und zerstört werden. Es gibt viele Vorteile, ein separates Dataset für jede Art von Dateien anzulegen. Der einzige Nachteil einer großen Menge an Datasets ist, dass manche Befehle wie `zfs list` langsamer sind und dass das Einhängen von hunderten oder hundertausenden von Datasets de FreeBSD-Bootvorgang verzögert.

Erstellen eines neuen Datasets und aktivieren von **LZ4 Komprimierung**:

```
# zfs list
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool                             781M  93.2G  144K   none
mypool/R00T                        777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default                777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp                         176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr                         616K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home                    184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/ports                   144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src                     144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var                         1.20M  93.2G  608K   /var
mypool/var/crash                   148K  93.2G  148K   /var/crash
mypool/var/log                     178K  93.2G  178K   /var/log
mypool/var/mail                    144K  93.2G  144K   /var/mail
mypool/var/tmp                     152K  93.2G  152K   /var/tmp
# zfs create -o compress=lz4 mypool/usr/mydataset
# zfs list
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool                             781M  93.2G  144K   none
mypool/R00T                        777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default                777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp                         176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr                         704K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home                    184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/mydataset               87.5K  93.2G  87.5K   /usr/mydataset
mypool/usr/ports                   144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src                     144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var                         1.20M  93.2G  610K   /var
mypool/var/crash                   148K  93.2G  148K   /var/crash
```

mypool/var/log	178K	93.2G	178K	/var/log
mypool/var/mail	144K	93.2G	144K	/var/mail
mypool/var/tmp	152K	93.2G	152K	/var/tmp

Ein Dataset zu zerstören ist viel schneller, als alle Dateien zu löschen, die sich in dem Dataset befinden, da es keinen Scan aller Dateien und aktualisieren der dazugehörigen Metadaten erfordert.

Zerstören des zuvor angelegten Datasets:

```
# zfs list
NAME                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool               880M  93.1G  144K   none
mypool/R00T          777M  93.1G  144K   none
mypool/R00T/default  777M  93.1G  777M   /
mypool/tmp           176K  93.1G  176K   /tmp
mypool/usr            101M  93.1G  144K   /usr
mypool/usr/home      184K  93.1G  184K   /usr/home
mypool/usr/mydataset  100M  93.1G  100M   /usr/mydataset
mypool/usr/ports     144K  93.1G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src        144K  93.1G  144K   /usr/src
mypool/var            1.20M 93.1G  610K   /var
mypool/var/crash     148K  93.1G  148K   /var/crash
mypool/var/log        178K  93.1G  178K   /var/log
mypool/var/mail       144K  93.1G  144K   /var/mail
mypool/var/tmp        152K  93.1G  152K   /var/tmp
# zfs destroy mypool/usr/mydataset
# zfs list
NAME                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool               781M  93.2G  144K   none
mypool/R00T          777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default  777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp           176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr            616K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home      184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/ports     144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src        144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var            1.21M 93.2G  612K   /var
mypool/var/crash     148K  93.2G  148K   /var/crash
mypool/var/log        178K  93.2G  178K   /var/log
mypool/var/mail       144K  93.2G  144K   /var/mail
mypool/var/tmp        152K  93.2G  152K   /var/tmp
```

In modernen Versionen von ZFS ist `zfs destroy` asynchron und der freie Speicherplatz kann erst nach ein paar Minuten im Pool auftauchen. Verwenden Sie `zpool get freeing poolname`, um die Eigenschaft `freeing` aufzulisten, die angibt, bei wievielen Datasets die Blöcke im Hintergrund freigegeben werden. Sollte es Kind-Datasets geben, [Schnappschüsse](#) oder andere Datasets, dann lässt sich der Elternknoten nicht zerstören. Um ein Dataset und all seine Kinder zu zerstören, verwenden Sie die Option `-r`, um das Dataset und all seine Kinder rekursiv zu entfernen. Benutzen Sie die Option `-n` und `-v`, um Datasets und Snapshots anzuzeigen, die durch diese Aktion zerstört werden würden, dies jedoch nur zu simulieren und nicht wirklich durchzuführen. Speicherplatz, der dadurch freigegeben würde, wird ebenfalls angezeigt.

20.4.2. Volumes erstellen und zerstören

Ein Volume ist ein spezieller Typ von Dataset. Anstatt dass es als Dateisystem eingehängt wird, stellt es ein Block-Gerät unter `/dev/zvol/ poolname/dataset` dar. Dies erlaubt es, das Volume für andere Dateisysteme zu verwenden, die Festplatten einer virtuellen Maschine bereitzustellen oder über Protokolle wie iSCSI oder HAST exportiert zu werden.

Ein Volume kann mit einem beliebigen Dateisystem formatiert werden oder auch ohne ein Dateisystem als reiner Datenspeicher fungieren. Für den Benutzer erscheint ein Volume als eine gewöhnliche Platte. Indem gewöhnliche Dateisysteme auf diesen zvols angelegt werden, ist es möglich, diese mit Eigenschaften auszustatten, welche diese normalerweise nicht besitzen. Beispielsweise wird durch Verwendung der Komprimierungseigenschaft auf einem 250 MB Volume das Erstellen eines komprimierten FAT Dateisystems möglich.

```
# zfs create -V 250m -o compression=on tank/fat32
# zfs list tank
NAME USED AVAIL REFER MOUNTPOINT
tank 258M 670M 31K /tank
# newfs_msdos -F32 /dev/zvol/tank/fat32
# mount -t msdosfs /dev/zvol/tank/fat32 /mnt
# df -h /mnt | grep fat32
Filesystem                Size Used Avail Capacity Mounted on
/dev/zvol/tank/fat32 249M 24k 249M    0% /mnt
# mount | grep fat32
/dev/zvol/tank/fat32 on /mnt (msdosfs, local)
```

Ein Volume zu zerstören ist sehr ähnlich wie ein herkömmliches Dataset zu entfernen. Die Operation wird beinahe sofort durchgeführt, jedoch kann es mehrere Minuten dauern, bis der freie Speicherplatz im Hintergrund wieder freigegeben ist.

20.4.3. Umbenennen eines Datasets

Der Name eines Datasets lässt sich durch `zfs rename` ändern. Das Eltern-Dataset kann ebenfalls mit diesem Kommando umbenannt werden. Ein Dataset unter einem anderen Elternteil umzubenennen wird den Wert dieser Eigenschaft verändern, die vom Elternteil vererbt wurden. Wird ein Dataset umbenannt, wird es abgehängt und dann erneut unter der neuen Stelle eingehängt (welche vom neuen Elternteil geerbt wird). Dieses Verhalten kann durch die Option `-u` verhindert werden.

Ein Dataset umbenennen und unter einem anderen Elterndataset verschieben:

```
# zfs list
NAME                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool              780M  93.2G  144K   none
mypool/R00T         777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default 777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp           176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr           704K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home      184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/mydataset 87.5K  93.2G  87.5K   /usr/mydataset
mypool/usr/ports     144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src        144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var           1.21M  93.2G  614K   /var
mypool/var/crash     148K  93.2G  148K   /var/crash
mypool/var/log        178K  93.2G  178K   /var/log
mypool/var/mail       144K  93.2G  144K   /var/mail
mypool/var/tmp        152K  93.2G  152K   /var/tmp
# zfs rename mypool/usr/mydataset mypool/var/newname
# zfs list
NAME                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool              780M  93.2G  144K   none
mypool/R00T         777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default 777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp           176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr           616K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home      184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/ports     144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src        144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var           1.29M  93.2G  614K   /var
mypool/var/crash     148K  93.2G  148K   /var/crash
mypool/var/log        178K  93.2G  178K   /var/log
mypool/var/mail       144K  93.2G  144K   /var/mail
mypool/var/newname    87.5K  93.2G  87.5K   /var/newname
mypool/var/tmp        152K  93.2G  152K   /var/tmp
```

Schnappschüsse können auf diese Weise ebenfalls umbenannt werden. Aufgrund der Art von Schnappschüssen können diese nicht unter einem anderen Elterndataset eingehängt werden. Um einen rekursiven Schnappschuss umzubenennen, geben Sie die Option `-r` an, um alle Schnappschüsse mit dem gleichen Namen im Kind-Dataset ebenfalls umzubenennen.

```
# zfs list -t snapshot
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/var/newname@first_snapshot    0      -   87.5K  -
# zfs rename mypool/var/newname@first_snapshot new_snapshot_name
# zfs list -t snapshot
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/var/newname@new_snapshot_name 0      -   87.5K  -
```

20.4.4. Festlegen von Dataset-Eigenschaften

Jedes ZFS-Dataset besitzt eine Menge von Eigenschaften, die sein Verhalten beeinflussen. Die meisten Eigenschaften werden automatisch vom Eltern-Dataset vererbt, können jedoch lokal überschrieben werden. Sie legen eine Eigenschaft durch `zfs set property=value dataset` fest. Die meisten Eigenschaften haben eine begrenzte Menge von gültigen Werten. `zfs get` stellt diese dar und zeigt jede mögliche Eigenschaft und gültige Werte an. Die meisten Eigenschaften können über `zfs inherit` wieder auf ihren Ausgangswert zurückgesetzt werden.

Benutzerdefinierte Eigenschaften lassen sich ebenfalls setzen. Diese werden Teil der Konfiguration des Datasets und können dazu verwendet werden, zusätzliche Informationen über das Dataset oder seine Bestandteile zu speichern. Um diese benutzerdefinierten Eigenschaften von den ZFS-eigenen zu unterscheiden, wird ein Doppelpunkt (:) verwendet, um einen eigenen Namensraum für diese Eigenschaft zu erstellen.

```
# zfs set custom:costcenter=1234 tank
# zfs get custom:costcenter tank
NAME PROPERTY          VALUE SOURCE
tank custom:costcenter 1234 local
```

Um eine selbstdefinierte Eigenschaft umzubenennen, verwenden Sie `zfs inherit` mit der Option `-r`. Wenn die benutzerdefinierte Eigenschaft nicht in einem der Eltern-Datasets definiert ist, wird diese komplett entfernt (obwohl diese Änderungen natürlich in der Historie des Pools noch aufgezeichnet sind).

```
# zfs inherit -r custom:costcenter tank
# zfs get custom:costcenter tank
NAME PROPERTY          VALUE SOURCE
tank custom:costcenter -        -
# zfs get all tank | grep custom:costcenter
#
```

20.4.5. Verwalten von Schnappschüssen

[Schnappschüsse](#) sind eine der mächtigen Eigenschaften von ZFS. Ein Schnappschuss bietet einen nur-Lese Zustand eines Datasets zu einem bestimmten Zeitpunkt. Mit Kopieren-beim-Schreiben (Copy-On-Write COW), können Schnappschüsse schnell erstellt werden durch das Aufheben der älteren Version der Daten auf der Platte. Falls kein Snapshot existiert, wird der Speicherplatz wieder für zukünftige Verwendung freigegeben wenn Daten geschrieben oder gelöscht werden. Schnappschüsse sparen Speicherplatz, indem diese nur die Unterschiede zwischen dem momentanen Dataset und der vorherigen Version aufzeichnen. Schnappschüsse sind nur auf ganzen Datasets erlaubt, nicht auf individuellen Dateien oder Verzeichnissen. Wenn ein Schnappschuss eines Datasets erstellt wird, wird alles was darin enthalten ist, dupliziert. Das beinhaltet Dateisystemeigenschaften, Dateien, Verzeichnisse, Rechte und so weiter. Schnappschüsse benötigen keinen zusätzlichen Speicherplatz wenn diese erstmals angelegt werden, nur wenn Blöcke, die diese referenzieren, geändert werden. Rekursive Schnappschüsse, die mit der Option `-r` erstellt, erzeugen einen mit dem gleichen Namen des Datasets und all seinen Kindern, was eine konsistente Momentaufnahme aller Dateisysteme darstellt. Dies kann wichtig sein, wenn eine Anwendung Dateien auf mehreren Datasets ablegt, die miteinander in Verbindung stehen oder voneinander abhängig sind. Ohne Schnappschüsse würde ein Backup Kopien dieser Dateien zu unterschiedlichen Zeitpunkten enthalten.

Schnappschüsse in ZFS bieten eine Vielzahl von Eigenschaften, die selbst in anderen Dateisystemen mit Schnappschussfunktion nicht vorhanden sind. Ein typisches Beispiel zur Verwendung von Schnappschüssen ist, den momentanen Stand des Dateisystems zu sichern, wenn eine riskante Aktion wie das Installieren von Software oder eine Systemaktualisierung durchgeführt wird. Wenn diese Aktion fehlschlägt, so kann der Schnappschuss zurückgerollt werden und das System befindet sich wieder in dem gleichen Zustand, wie zu dem, als der Schnappschuss erstellt wurde. Wenn die Aktualisierung jedoch erfolgreich war, kann der Schnappschuss gelöscht werden, um

Speicherplatz frei zu geben. Ohne Schnappschüsse, wird durch ein fehlgeschlagenes Update eine Wiederherstellung der Sicherung fällig, was oft mühsam und zeitaufwändig ist, außerdem ist währenddessen das System nicht verwendbar. Schnappschüsse lassen sich schnell und mit wenig bis gar keiner Ausfallzeit zurückrollen, selbst wenn das System im normalen Betrieb läuft. Die Zeitersparnis ist enorm, wenn mehrere Terabyte große Speichersysteme eingesetzt werden und viel Zeit für das Kopieren der Daten vom Sicherungssystem benötigt wird. Schnappschüsse sind jedoch keine Ersatz für eine Vollsicherung des Pools, können jedoch als eine schnelle und einfache Sicherungsmethode verwendet werden, um eine Kopie eines Datasets zu einem bestimmten Zeitpunkt zu sichern.

20.4.5.1. Schnappschüsse erstellen

Schnappschüsse werden durch das Kommando `zfs snapshot dataset@snapshotname` angelegt. Durch Angabe der Option `-r` werden Schnappschüsse rekursive angelegt, mit dem gleichen Namen auf allen Datasets.

Einen rekursiven Schnappschuss des gesamten Pools erzeugen:

```
# zfs list -t all
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool                              780M  93.2G  144K   none
mypool/R00T                        777M  93.2G  144K   none
mypool/R00T/default                777M  93.2G  777M   /
mypool/tmp                         176K  93.2G  176K   /tmp
mypool/usr                         616K  93.2G  144K   /usr
mypool/usr/home                   184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/ports                  144K  93.2G  144K   /usr/ports
mypool/usr/src                    144K  93.2G  144K   /usr/src
mypool/var                        1.29M  93.2G  616K   /var
mypool/var/crash                  148K  93.2G  148K   /var/crash
mypool/var/log                    178K  93.2G  178K   /var/log
mypool/var/mail                   144K  93.2G  144K   /var/mail
mypool/var/newname                87.5K  93.2G  87.5K   /var/newname
mypool/var/newname@new_snapshot_name  0      -    87.5K   -
mypool/var/tmp                    152K  93.2G  152K   /var/tmp
# zfs snapshot -r mypool@my_recursive_snapshot
# zfs list -t snapshot
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool@my_recursive_snapshot        0      -    144K   -
mypool/R00T@my_recursive_snapshot    0      -    144K   -
mypool/R00T/default@my_recursive_snapshot  0      -    777M   -
mypool/tmp@my_recursive_snapshot     0      -    176K   -
mypool/usr@my_recursive_snapshot     0      -    144K   -
mypool/usr/home@my_recursive_snapshot  0      -    184K   -
mypool/usr/ports@my_recursive_snapshot  0      -    144K   -
mypool/usr/src@my_recursive_snapshot  0      -    144K   -
mypool/var@my_recursive_snapshot     0      -    616K   -
mypool/var/crash@my_recursive_snapshot  0      -    148K   -
mypool/var/log@my_recursive_snapshot  0      -    178K   -
mypool/var/mail@my_recursive_snapshot  0      -    144K   -
mypool/var/newname@new_snapshot_name  0      -    87.5K   -
mypool/var/newname@my_recursive_snapshot  0      -    87.5K   -
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot  0      -    152K   -
```

Schnappschüsse werden nicht durch einen `zfs list`-Befehl angezeigt. Um Schnappschüsse mit aufzulisten, muss `-t snapshot` an das Kommando `zfs list` angehängt werden. Durch `-t all` werden sowohl Dateisysteme als auch Schnappschüsse nebeneinander angezeigt.

Schnappschüsse werden nicht direkt eingehängt, deshalb wird auch kein Pfad in der Spalte `MOUNTPOINT` angezeigt. Ebenso wird kein freier Speicherplatz in der Spalte `AVAIL` aufgelistet, da Schnappschüsse nicht mehr geschrieben werden können, nachdem diese angelegt wurden. Vergleichen Sie den Schnappschuss mit dem ursprünglichen Dataset von dem es abstammt:

```
# zfs list -rt all mypool/usr/home
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/usr/home                   184K  93.2G  184K   /usr/home
mypool/usr/home@my_recursive_snapshot  0      -    184K   -
```

Durch das Darstellen des Datasets und des Schnappschusses nebeneinander zeigt deutlich, wie Schnappschüsse in **COW** Manier funktionieren. Sie zeichnen nur die Änderungen (*delta*) auf, die währenddessen entstanden sind und nicht noch einmal den gesamten Inhalt des Dateisystems. Das bedeutet, dass Schnappschüsse nur wenig Speicherplatz benötigen, wenn nur kleine Änderungen vorgenommen werden. Der Speicherverbrauch kann sogar noch deutlicher gemacht werden, wenn eine Datei auf das Dataset kopiert wird und anschließend ein zweiter Schnappschuss angelegt wird:

```
# cp /etc/passwd /var/tmp
# zfs snapshot mypool/var/tmp @after_cp
# zfs list -rt all mypool/var/tmp
```

NAME	USED	AVAIL	REFER	MOUNTPOINT
mypool/var/tmp	206K	93.2G	118K	/var/tmp
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot	88K	-	152K	-
mypool/var/tmp@after_cp	0	-	118K	-

Der zweite Schnappschuss enthält nur die Änderungen am Dataset, die nach der Kopieraktion gemacht wurden. Dies bedeutet enorme Einsparungen von Speicherplatz. Beachten Sie, dass sich die Größe des Schnappschusses *mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot* in der Spalte **USED** ebenfalls geändert hat, um die Änderungen von sich selbst und dem Schnappschuss, der im Anschluss angelegt wurde, anzuzeigen.

20.4.5.2. Schnappschüsse vergleichen

ZFS enthält ein eingebautes Kommando, um die Unterschiede zwischen zwei Schnappschüssen miteinander zu vergleichen. Das ist hilfreich, wenn viele Schnappschüsse über längere Zeit angelegt wurden und der Benutzer sehen will, wie sich das Dateisystem über diesen Zeitraum verändert hat. Beispielsweise kann **zfs diff** den letzten Schnappschuss finden, der noch eine Datei enthält, die aus Versehen gelöscht wurde. Wenn dies für die letzten beiden Schnappschüsse aus dem vorherigen Abschnitt durchgeführt wird, ergibt sich folgende Ausgabe:

```
# zfs list -rt all mypool/var/tmp
```

NAME	USED	AVAIL	REFER	MOUNTPOINT
mypool/var/tmp	206K	93.2G	118K	/var/tmp
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot	88K	-	152K	-
mypool/var/tmp@after_cp	0	-	118K	-

```
# zfs diff mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot
```

M	/var/tmp/
+	/var/tmp/passwd

Das Kommando zeigt alle Änderungen zwischen dem angegebenen Schnappschuss (in diesem Fall *mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot*) und dem momentan aktuellen Dateisystem. Die erste Spalte zeigt die Art der Änderung an:

+	Das Verzeichnis oder die Datei wurde hinzugefügt.
-	Das Verzeichnis oder die Datei wurde gelöscht.
M	Das Verzeichnis oder die Datei wurde geändert.
R	Das Verzeichnis oder die Datei wurde umbenannt.

Vergleicht man die Ausgabe mit der Tabelle, wird klar, dass *passwd* hinzugefügt wurde, nachdem der Schnappschuss *mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot* erstellt wurde. Das resultierte ebenfalls in einer Änderung am darüberliegenden Verzeichnis, das unter */var/tmp* eingehängt ist.

Zwei Schnappschüsse zu vergleichen ist hilfreich, wenn die Replikationseigenschaft von ZFS verwendet wird, um ein Dataset auf einen anderen Host zu Sicherungszwecken übertragen.

Zwei Schnappschüsse durch die Angabe des kompletten Namens des Datasets und dem Namen des Schnappschusses beider Datasets vergleichen:

```
# cp /var/tmp/passwd /var/tmp/passwd.copy
# zfs snapshot mypool/var/tmp@diff_snapshot
# zfs diff mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot mypool/var/tmp@diff_snapshot
```

M	/var/tmp/
+	/var/tmp/passwd

```
+      /var/tmp/passwd.copy
# zfs diff mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot  mypool/var/tmp@after_cp
M      /var/tmp/
+      /var/tmp/passwd
```

Ein Administrator, der für die Sicherung zuständig ist, kann zwei Schnappschüsse miteinander vergleichen, die vom sendenden Host empfangen wurden, um festzustellen, welche Änderungen am Dataset vorgenommen wurden. Lesen Sie dazu den Abschnitt [Replication](#) um weitere Informationen zu erhalten.

20.4.5.3. Schnappschüsse zurückrollen

Wenn zumindest ein Schnappschuss vorhanden ist, kann dieser zu einem beliebigen Zeitpunkt zurückgerollt werden. In den meisten Fällen passiert dies, wenn der aktuelle Zustand des Datasets nicht mehr benötigt wird und eine ältere Version bevorzugt wird. Szenarien wie lokale Entwicklungstests, die fehlgeschlagen sind, defekte Systemaktualisierungen, welche die Funktionalität des Gesamtsystems einschränken oder die Anforderung, versehentlich gelöschte Dateien oder Verzeichnisse wiederherzustellen, sind allgegenwärtig. Glücklicherweise ist das zurückrollen eines Schnappschusses so leicht wie die Eingabe von `zfs rollback snapshotname`. Abhängig davon, wie viele Änderungen betroffen sind, wird diese Operation innerhalb einer gewissen Zeit abgeschlossen sein. Während dieser Zeit bleibt das Dataset in einem konsistenten Zustand, sehr ähnlich den ACID-Prinzipien, die eine Datenbank beim Zurückrollen entspricht. Während all dies passiert, ist das Dataset immer noch aktiv und erreichbar ohne dass eine Ausfallzeit nötig wäre. Sobald der Schnappschuss zurückgerollt wurde, besitzt das Dataset den gleichen Zustand, den es besaß, als der Schnappschuss angelegt wurde. Alle anderen Daten in diesem Dataset, die nicht Teil des Schnappschusses sind, werden verworfen. Einen Schnappschuss des aktuellen Zustandes des Datasets vor dem Zurückrollen anzulegen ist eine gute Idee, wenn hinterher noch Daten benötigt werden. Auf diese Weise kann der Benutzer vor und zurück zwischen den Schnappschüssen springen, ohne wertvolle Daten zu verlieren.

Im ersten Beispiel wird ein Schnappschuss aufgrund eines unvorsichtigen `rm`-Befehls zurückgerollt, der mehr Daten gelöscht hat, als vorgesehen.

```
# zfs list -rt all mypool/var/tmp
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/var/tmp                     262K  93.2G  120K   /var/tmp
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot  88K   -     152K   -
mypool/var/tmp@after_cp            53.5K  -     118K   -
mypool/var/tmp@diff_snapshot        0      -     120K   -
% ls /var/tmp
passwd          passwd.copy
% rm /var/tmp/passwd*
% ls /var/tmp
vi.recover
%
```

Zu diesem Zeitpunkt bemerkt der Benutzer, dass zuviele Dateien gelöscht wurden und möchte diese zurück haben. ZFS bietet eine einfache Möglichkeit, diese durch zurückrollen zurück zu bekommen, allerdings nur, wenn Schnappschüsse von wichtigen Daten regelmäßig angelegt werden. Um die Dateien zurückzuerhalten und vom letzten Schnappschuss wieder zu beginnen, geben Sie ein:

```
# zfs rollback mypool/var/tmp@diff_snapshot
% ls /var/tmp
passwd          passwd.copy    vi.recover
```

Die Operation zum Zurückrollen versetzt das Dataset in den Zustand des letzten Schnappschusses zurück. Es ist ebenfalls möglich, zu einem Schnappschuss zurückzurollen, der viel früher angelegt wurde und es noch Schnappschüsse nach diesem gibt. Wenn Sie dies versuchen, gibt ZFS die folgende Warnung aus:

```
# zfs list -rt snapshot mypool/var/tmp
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot  88K   -     152K   -
mypool/var/tmp@after_cp            53.5K  -     118K   -
mypool/var/tmp@diff_snapshot        0      -     120K   -
# zfs rollback mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot
cannot rollback to 'mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot': more recent snapshots exist
use '-r' to force deletion of the following snapshots:
```

```
mypool/var/tmp@after_cp
mypool/var/tmp@diff_snapshot
```

Diese Warnung bedeutet, dass noch Schnappschüsse zwischen dem momentanen Stand des Datasets und dem Schnappschuss, zu dem der Benutzer zurückrollen möchte, existieren. Um das Zurückrollen durchzuführen, müssen die Schnappschüsse gelöscht werden. ZFS kann nicht alle Änderungen zwischen verschiedenen Zuständen eines Datasets verfolgen, da Schnappschüsse nur gelesen werden können. ZFS wird nicht die betroffenen Schnappschüsse löschen, es sei denn, der Benutzer verwendet die Option `-r`, um anzugeben, dass dies die gewünschte Aktion ist. Falls dies der Fall ist und die Konsequenzen alle dazwischenliegenden Schnappschüsse zu verlieren verstanden wurden, kann der Befehl abgesetzt werden:

```
# zfs rollback -r mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot
# zfs list -rt snapshot mypool/var/tmp
NAME                                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
mypool/var/tmp@my_recursive_snapshot  8K    -    152K   -
% ls /var/tmp
vi.recover
```

Die Ausgabe von `zfs list -t snapshot` bestätigt, dass die dazwischenliegenden Schnappschüsse als Ergebnis von `zfs rollback -r` entfernt wurden.

20.4.5.4. Individuelle Dateien aus Schnappschüssen wiederherstellen

Schnappschüsse sind unter einem versteckten Verzeichnis unter dem Eltern-Dataset eingehängt: `.zfs/snapshots/snapshotname`. Standardmäßig werden diese Verzeichnisse nicht von einem gewöhnlichen `ls -a` angezeigt. Obwohl diese Verzeichnisse nicht angezeigt werden, sind diese trotzdem vorhanden und der Zugriff darauf erfolgt wie auf jedes andere Verzeichnis. Die Eigenschaft `snapdir` steuert, ob diese Verzeichnisse beim Auflisten eines Verzeichnisses angezeigt werden oder nicht. Das Einstellen der Eigenschaft auf den Wert `visible` erlaubt es, diese in der Ausgabe von `ls` und anderen Kommandos, die mit Verzeichnisinhalten umgehen können, anzuzeigen.

```
# zfs get snapdir mypool/var/tmp
NAME      PROPERTY  VALUE    SOURCE
mypool/var/tmp snapdir  hidden   default
% ls -a /var/tmp
.      ..      passwd      vi.recover
# zfs set snapdir=visible mypool/var/tmp
% ls -a /var/tmp
.      ..      .zfs        passwd      vi.recover
```

Einzelne Dateien lassen sich einfach auf einen vorherigen Stand wiederherstellen, indem diese aus dem Schnappschuss zurück in das Eltern-Dataset kopiert werden. Die Verzeichnisstruktur unterhalb von `.zfs/snapshot` enthält ein Verzeichnis, das exakt wie der Schnappschuss benannt ist, der zuvor angelegt wurde, um es einfacher zu machen, diese zu identifizieren. Im nächsten Beispiel wird angenommen, dass eine Datei aus dem versteckten `.zfs` Verzeichnis durch kopieren aus dem Schnappschuss, der die letzte Version dieser Datei enthielt, wiederhergestellt wird:

```
# rm /var/tmp/passwd
% ls -a /var/tmp
.      ..      .zfs        vi.recover
# ls /var/tmp/.zfs/snapshot
after_cp      my_recursive_snapshot
# ls /var/tmp/.zfs/snapshot/ after_cp
passwd        vi.recover
# cp /var/tmp/.zfs/snapshot/ after_cp/passwd /var/tmp
```

Als `ls .zfs/snapshot` ausgeführt wurde, war die `snapdir`-Eigenschaft möglicherweise nicht auf `hidden` gesetzt, trotzdem ist es immer noch möglich, den Inhalt dieses Verzeichnisses aufzulisten. Es liegt am Administrator zu entscheiden, ob diese Verzeichnisse angezeigt werden soll. Es ist möglich, diese für bestimmte Datasets anzuzeigen und für andere zu verstecken. Das Kopieren von Dateien oder Verzeichnissen aus diesem versteckten `.zfs/snapshot` Verzeichnis ist einfach genug. Jedoch führt der umgekehrte Weg zu einem Fehler:

```
# cp /etc/rc.conf /var/tmp/.zfs/snapshot/ after_cp/
cp: /var/tmp/.zfs/snapshot/after_cp/rc.conf: Read-only file system
```

Der Fehler erinnert den Benutzer daran, dass Schnappschüsse nur gelesen aber nicht mehr geändert werden können, nachdem diese angelegt wurden. Es können keine Dateien in diese Schnappschuss-Verzeichnisse kopiert oder daraus gelöscht werden, da dies sonst den Zustand des Datasets verändern würde, den sie repräsentieren.

Schnappschüsse verbrauchen Speicherplatz basierend auf der Menge an Änderungen, die am Eltern-Dataset durchgeführt wurden, seit der Zeit als der Schnappschuss erstellt wurde. Die Eigenschaft `written` eines Schnappschusses verfolgt, wieviel Speicherplatz vom Schnappschuss belegt wird.

Schnappschüsse werden zerstört und der belegte Platz wieder freigegeben durch den Befehl `zfs destroy dataset@snapshot`. Durch hinzufügen von `-r` werden alle Schnappschüsse rekursiv gelöscht, die den gleichen Namen wie das Eltern-Dataset besitzen. Mit der Option `-n -v` wird eine Liste von Schnappschüssen, die gelöscht werden würden, zusammen mit einer geschätzten Menge an zurückgewonnenem Speicherplatz angezeigt, ohne die eigentliche Zerstöroperation wirklich durchzuführen.

20.4.6. Klon verwalten

Ein Klon ist eine Kopie eines Schnappschusses, der mehr wie ein reguläres Dataset behandelt wird. Im Gegensatz zu Schnappschüssen kann man von einem Klon nicht nur lesen, er ist eingehängt und kann seine eigenen Eigenschaften haben. Sobald ein Klon mittels `zfs clone` erstellt wurde, lässt sich der zugrundeliegende Schnappschuss nicht mehr zerstören. Die Eltern-/Kindbeziehung zwischen dem Klon und dem Schnappschuss kann über `zfs promote` aufgelöst werden. Nachdem ein Klon auf diese Weise befördert wurde, wird der Schnappschuss zum Kind des Klons, anstatt des ursprünglichen Datasets. Dies wird die Art und Weise, wie der Speicherplatz berechnet wird, verändern, jedoch nicht den bereits belegten Speicher anpassen. Der Klon kann an einem beliebigen Punkt innerhalb der ZFS-Dateisystemhierarchie eingehängt werden, nur nicht unterhalb der ursprünglichen Stelle des Schnappschusses.

Um diese Klon-Funktionalität zu demonstrieren, wird dieses Beispiel-Dataset verwendet:

```
# zfs list -rt all camino/home/joe
NAME                USED  AVAIL  REFER  MOUNTPOINT
camino/home/joe      108K  1.3G   87K    /usr/home/joe
camino/home/joe@plans 21K   -     85.5K  -
camino/home/joe@backup 0K    -     87K    -
```

Ein typischer Einsatzzweck für Klone ist das experimentieren mit einem bestimmten Dataset, während der Schnappschuss beibehalten wird für den Fall, dass etwas schiefgeht. Da Schnappschüsse nicht verändert werden können, wird ein Lese-/Schreibklon des Schnappschusses angelegt. Nachdem das gewünschte Ergebnis im Klon erreicht wurde, kann der Klon zu einem Dataset ernannt und das alte Dateisystem entfernt werden. Streng genommen ist das nicht nötig, da der Klon und das Dataset ohne Probleme miteinander koexistieren können.

```
# zfs clone camino/home/joe @backup camino/home/joeneu
# ls /usr/home/joe*
/usr/home/joe:
backup.txz  plans.txt

/usr/home/joeneu:
backup.txz  plans.txt
# df -h /usr/home
Filesystem      Size    Used    Avail Capacity  Mounted on
usr/home/joe    1.3G    31k    1.3G    0%    /usr/home/joe
usr/home/joeneu 1.3G    31k    1.3G    0%    /usr/home/joeneu
```

Nachdem ein Klon erstellt wurde, stellt er eine exakte Kopie des Datasets zu dem Zeitpunkt dar, als der Schnappschuss angelegt wurde. Der Klon kann nun unabhängig vom ursprünglichen Dataset geändert werden. Die einzige Verbindung zwischen den beiden ist der Schnappschuss. ZFS zeichnet diese Verbindung in der Eigenschaft `namens origin` auf. Sobald die Abhängigkeit zwischen dem Schnappschuss und dem Klon durch das Befördern des Klons mittels `zfs promote` entfernt wurde, wird auch die `origin`-Eigenschaft des Klons entfernt, da es sich nun um ein eigenständiges Dataset handelt. Dieses Beispiel demonstriert dies:

```
# zfs get origin camino/home/joeneu
NAME                PROPERTY  VALUE                                SOURCE
camino/home/joeneu  origin    camino/home/joe@backup              -
```

```
# zfs promote camino/home/joenew
# zfs get origin camino/home/joenew
NAME                PROPERTY  VALUE    SOURCE
camino/home/joenew  origin   -        -
```

Nachdem ein paar Änderungen, wie beispielsweise das Kopieren von `loader.conf` auf den beförderten Klon vorgenommen wurden, wird das alte Verzeichnis in diesem Fall überflüssig. Stattdessen kann der beförderte Klon diesen ersetzen. Dies kann durch zwei aufeinanderfolgende Befehl geschehen: `zfs destroy` auf dem alten Dataset und `zfs rename` auf dem Klon, um diesen genauso wie das alte Dataset zu benennen (es kann auch einen ganz anderen Namen erhalten).

```
# cp /boot/defaults/loader.conf /usr/home/joenew
# zfs destroy -f camino/home/joe
# zfs rename camino/home/joenew camino/home/joe
# ls /usr/home/joe
backup.txz      loader.conf    plans.txt
# df -h /usr/home
Filesystem      Size    Used    Avail Capacity  Mounted on
usr/home/joe    1.3G    128k    1.3G      0%      /usr/home/joe
```

Der geklonte Schnappschuss wird jetzt wie ein gewöhnliches Dataset behandelt. Es enthält alle Daten aus dem ursprünglichen Schnappschuss inklusive der Dateien, die anschließend hinzugefügt wurden, wie `loader.conf`. Klone können in unterschiedlichen Szenarien eingesetzt werden, um nützliche Eigenschaften für ZFS-Anwender zur Verfügung zu stellen. Zum Beispiel können Jails als Schnappschüsse bereitgestellt werden, die verschiedene Arten von installierten Anwendungen anbieten. Anwender können diese Schnappschüsse klonen und ihre eigenen Anwendungen nach Belieben hinzufügen. Sobald sie mit den Änderungen zufrieden sind, können die Klone zu vollständigen Datasets ernannt werden und dem Anwender zur Verfügung gestellt werden, als würde es sich um echte Datasets handeln. Das spart Zeit und Administrationsaufwand, wenn diese Jails auf diese Weise zur Verfügung gestellt werden.

20.4.7. Replikation

Daten auf einem einzigen Pool an einem Platz aufzubewahren, setzt diese dem Risiko aus, gestohlen oder Opfer von Naturgewalten zu werden, sowie menschlichem Versagen auszusetzen. Regelmäßige Sicherungen des gesamten Pools ist daher unerlässlich. ZFS bietet eine Reihe von eingebauten Serialisierungsfunktionen an, die in der Lage ist, eine Repräsentation der Daten als Datenstrom auf die Standardausgabe zu schreiben. Mit dieser Methode ist es nicht nur möglich, die Daten auf einen anderen Pool zu schicken, der an das lokale System angeschlossen ist, sondern ihn auch über ein Netzwerk an ein anderes System zu senden. Schnappschüsse stellen dafür die Replikationsbasis bereit (lesen Sie dazu den Abschnitt zu [ZFS snapshots](#)). Die Befehle, die für die Replikation verwendet werden, sind `zfs send` und `zfs receive`.

Diese Beispiele demonstrieren die Replikation von ZFS anhand dieser beiden Pools:

```
# zpool list
NAME      SIZE  ALLOC   FREE   CAP  DEDUP  HEALTH  ALTROOT
backup    960M   77K    896M   0%   1.00x  ONLINE  -
mypool    984M  43.7M   940M   4%   1.00x  ONLINE  -
```

Der Pool namens `mypool` ist der primäre Pool, auf den regelmäßig Daten geschrieben und auch wieder gelesen werden. Ein zweiter Pool, genannt `backup` wird verwendet, um als Reserve zu dienen im Falle, dass der primäre Pool nicht zur Verfügung steht. Beachten Sie, dass diese Ausfallsicherung nicht automatisch von ZFS durchgeführt wird, sondern manuell von einem Systemadministrator bei Bedarf eingerichtet werden muss. Ein Schnappschuss wird verwendet, um einen konsistenten Zustand des Dateisystems, das repliziert werden soll, zu erzeugen. Sobald ein Schnappschuss von `mypool` angelegt wurde, kann er auf den `backup`-Pool abgelegt werden. Nur Schnappschüsse lassen sich auf diese Weise replizieren. Änderungen, die seit dem letzten Schnappschuss entstanden sind, werden nicht mit repliziert.

```
# zfs snapshot mypool@backup1
# zfs list -t snapshot
NAME                USED    AVAIL    REFER  MOUNTPOINT
mypool@backup1      0        -    43.6M    -
```

Da nun ein Schnappschuss existiert, kann mit `zfs send` ein Datenstrom, der den Inhalt des Schnappschusses repräsentiert, erstellt werden. Dieser Datenstrom kann als Datei gespeichert oder von einem anderen Pool empfangen werden. Der Datenstrom wird auf die Standardausgabe geschrieben, muss jedoch in eine Datei oder in eine Pipe umgeleitet werden, sonst wird ein Fehler produziert:

```
# zfs send mypool@backup1
Error: Stream can not be written to a terminal.
You must redirect standard output.
```

Um ein Dataset mit `zfs send` zu replizieren, leiten Sie dieses in eine Datei auf dem eingehängten Backup-Pool um. Stellen Sie sicher, dass der Pool genug freien Speicherplatz besitzt, um die Größe des gesendeten Schnappschusses aufzunehmen. Das beinhaltet alle Daten im Schnappschuss, nicht nur die Änderungen zum vorherigen Schnappschuss.

```
# zfs send mypool@backup1 > /backup/backup1
# zpool list
```

NAME	SIZE	ALLOC	FREE	CAP	DEDUP	HEALTH	ALTROOT
backup	960M	63.7M	896M	6%	1.00x	ONLINE	-
mypool	984M	43.7M	940M	4%	1.00x	ONLINE	-

Das Kommando `zfs send` transferierte alle Daten im *backup1*-Schnappschuss auf den Pool namens *backup*. Erstellen und senden eines Schnappschusses kann automatisch von [cron\(8\)](#) durchgeführt werden.

Anstatt die Sicherungen als Archivdateien zu speichern, kann ZFS diese auch als aktives Dateisystem empfangen, was es erlaubt, direkt auf die gesicherten Daten zuzugreifen. Um an die eigentlichen Daten in diesem Strom zu gelangen, wird `zfs receive` benutzt, um den Strom wieder in Dateien und Verzeichnisse umzuwandeln. Das Beispiel unten kombiniert `zfs send` und `zfs receive` durch eine Pipe, um die Daten von einem Pool auf den anderen zu kopieren. Die Daten können direkt auf dem empfangenden Pool verwendet werden, nachdem der Transfer abgeschlossen ist. Ein Dataset kann nur auf ein leeres Dataset repliziert werden.

```
# zfs snapshot mypool@replica1
# zfs send -v mypool@replica1 | zfs receive backup/mypool
send from @ to mypool@replica1 estimated size is 50.1M
total estimated size is 50.1M
TIME          SENT      SNAPSHOT
```

```
# zpool list
```

NAME	SIZE	ALLOC	FREE	CAP	DEDUP	HEALTH	ALTROOT
backup	960M	63.7M	896M	6%	1.00x	ONLINE	-
mypool	984M	43.7M	940M	4%	1.00x	ONLINE	-

20.4.7.1. Inkrementelle Sicherungen

Die Unterschiede zwischen zwei Schnappschüssen kann `zfs send` ebenfalls erkennen und nur diese übertragen. Dies spart Speicherplatz und Übertragungszeit. Beispielsweise:

```
# zfs snapshot mypool@replica2
# zfs list -t snapshot
```

NAME	USED	AVAIL	REFER	MOUNTPOINT
mypool@replica1	5.72M	-	43.6M	-
mypool@replica2	0	-	44.1M	-

```
# zpool list
```

NAME	SIZE	ALLOC	FREE	CAP	DEDUP	HEALTH	ALTROOT
backup	960M	61.7M	898M	6%	1.00x	ONLINE	-
mypool	960M	50.2M	910M	5%	1.00x	ONLINE	-

Ein zweiter Schnappschuss genannt *replica2* wurde angelegt. Dieser zweite Schnappschuss enthält nur die Änderungen, die zwischen dem jetzigen Stand des Dateisystems und dem vorherigen Schnappschuss, *replica1*, vorgenommen wurden. Durch `zfs send -i` und die Angabe des Schnappschusspaares wird ein inkrementeller Replikationsstrom erzeugt, welcher nur die Daten enthält, die sich geändert haben. Das kann nur erfolgreich sein, wenn der initiale Schnappschuss bereits auf der Empfängerseite vorhanden ist.

```
# zfs send -v -i mypool@replica1 mypool@replica2 | zfs receive /backup/mypool
```

```
send from @replica1 to mypool@replica2 estimated size is 5.02M
total estimated size is 5.02M
TIME          SENT    SNAPSHOT
```

zpool list

NAME	SIZE	ALLOC	FREE	CAP	DEDUP	HEALTH	ALTROOT
backup	960M	80.8M	879M	8%	1.00x	ONLINE	-
mypool	960M	50.2M	910M	5%	1.00x	ONLINE	-

zfs list

NAME	USED	AVAIL	REFER	MOUNTPOINT
backup	55.4M	240G	152K	/backup
backup/mypool	55.3M	240G	55.2M	/backup/mypool
mypool	55.6M	11.6G	55.0M	/mypool

zfs list -t snapshot

NAME	USED	AVAIL	REFER	MOUNTPOINT
backup/mypool@replica1	104K	-	50.2M	-
backup/mypool@replica2	0	-	55.2M	-
mypool@replica1	29.9K	-	50.0M	-
mypool@replica2	0	-	55.0M	-

Der inkrementelle Datenstrom wurde erfolgreich übertragen. Nur die Daten, die verändert wurden, sind übertragen worden, anstatt das komplette *replica1*. Nur die Unterschiede wurden gesendet, was weniger Zeit und Speicherplatz in Anspruch genommen hat, statt jedesmal den gesamten Pool zu kopieren. Das ist hilfreich wenn langsame Netzwerke oder Kosten für die übertragene Menge Bytes in Erwägung gezogen werden müssen.

Ein neues Dateisystem, *backup/mypool*, ist mit allen Dateien und Daten vom Pool *mypool* verfügbar. Wenn die Option *-P* angegeben wird, werden die Eigenschaften des Datasets kopiert, einschließlich der Komprimierungseinstellungen, Quotas und Einhängpunkte. Wird die Option *-R* verwendet, so werden alle Kind-Datasets des angegebenen Datasets kopiert, zusammen mit ihren Eigenschaften. Senden und Empfangen kann automatisiert werden, so dass regelmäßig Sicherungen auf dem zweiten Pool angelegt werden.

20.4.7.2. Verschlüsselte Sicherungen über SSH senden

Datenströme über das Netzwerk zu schicken ist eine gute Methode, um Sicherungen außerhalb des Systems anzulegen. Jedoch ist dies auch mit einem Nachteil verbunden. Daten, die über die Leitung verschickt werden, sind nicht verschlüsselt, was es jedem erlaubt, die Daten abzufangen und die Ströme wieder zurück in Daten umzuwandeln, ohne dass der sendende Benutzer davon etwas merkt. Dies ist eine unerwünschte Situation, besonders wenn die Datenströme über das Internet auf ein entferntes System gesendet werden. SSH kann benutzt werden, um durch Verschlüsselung geschützte Daten über eine Netzwerkverbindung zu übertragen. Da ZFS nur die Anforderung hat, dass der Strom von der Standardausgabe umgeleitet wird, ist es relativ einfach, diesen durch SSH zu leiten. Um den Inhalt des Dateisystems während der Übertragung und auf dem entfernten System weiterhin verschlüsselt zu lassen, denken Sie über den Einsatz von [PEFS](#) nach.

Ein paar Einstellungen und Sicherheitsvorkehrungen müssen zuvor abgeschlossen sein. Es werden hier nur die nötigen Schritte für die `zfs send`-Aktion gezeigt. Weiterführende Informationen zu SSH, gibt es im Kapitel [Abschnitt 14.8, „OpenSSH“](#).

Die folgende Konfiguration wird benötigt:

- Passwortloser SSH-Zugang zwischen dem sendenden und dem empfangenden Host durch den Einsatz von SSH-Schlüsseln.
- Normalerweise werden die Privilegien des `root`-Benutzers gebraucht, um Strom zu senden und zu empfangen. Das beinhaltet das Anmelden auf dem empfangenden System als `root`. Allerdings ist das Anmelden als `root` aus Sicherheitsgründen standardmäßig deaktiviert. Mit [ZFS Delegation](#) lassen sich nicht-`root`-Benutzer auf jedem System einrichten, welche die nötigen Rechte besitzen, um die Send- und Empfangsoperation durchzuführen.
- Auf dem sendenden System:

```
# zfs allow -u someuser send,snapshot mypool
```


- Um den Pool einzuhängen, muss der unprivilegierte Benutzer das Verzeichnis besitzen und gewöhnliche Benutzern muss die Erlaubnis gegeben werden, das Dateisystem einzuhängen. Auf dem empfangenden System nehmen Sie dazu die folgenden Einstellungen vor:

```
# sysctl vfs.usermount=1
vfs.usermount: 0 -> 1
# echo vfs.usermount=1 >> /etc/sysctl.conf
# zfs create recvpool/backup
# zfs allow -u someuser create,mount,receive recvpool/backup
# chown someuser /recvpool/backup
```

Der unprivilegierte Benutzer hat jetzt die Fähigkeit, Datasets zu empfangen und einzuhängen und das *home*-Dataset auf das entfernte System zu replizieren:

```
% zfs snapshot -r mypool/home @monday
% zfs send -R mypool/home @monday | ssh someuser@backuphost zfs recv -dvu recvpool/backup
```

Ein rekursiver Schnappschuss namens *monday* wird aus dem Dataset *home* erstellt, dass auf dem Pool *mypool* liegt. Es wird dann mit `zfs send -R` gesendet, um das Dataset, alle seine Kinder, Schnappschüsse, Klone und Einstellungen in den Strom mit aufzunehmen. Die Ausgabe wird an das wartende System *backuphost* mittels `zfs receive` durch SSH umgeleitet. Die Verwendung des Fully Qualified Domänennamens oder der IP-Adresse wird empfohlen. Die empfangende Maschine schreibt die Daten auf das *backup*-Dataset im *recvpool*-Pool. Hinzufügen der Option `-d` zu `zfs recv` überschreibt den Namen des Pools auf der empfangenden Seite mit dem Namen des Schnappschusses. Durch Angabe von `-u` wird das Dateisystem nicht auf der Empfängerseite eingehängt. Wenn `-v` enthalten ist, werden mehr Details zum Transfer angezeigt werden, einschließlich der vergangenen Zeit und der Menge an übertragenen Daten.

20.4.8. Dataset-, Benutzer- und Gruppenquotas

[Dataset-Quotas](#) werden eingesetzt, um den Speicherplatz einzuschränken, den ein bestimmtes Dataset verbrauchen kann. [Referenz-Quotas](#) funktionieren auf eine ähnliche Weise, jedoch wird dabei der Speicherplatz des Datasets selbst gezählt, wobei Schnappschüsse und Kind-Datasets dabei ausgenommen sind. Ähnlich dazu werden [Benutzer-](#) und [Gruppen-](#)Quotas dazu verwendet, um Benutzer oder Gruppen daran zu hindern, den gesamten Speicherplatz im Pool oder auf dem Dataset zu verbrauchen.

Um ein 10 GB großes Quota auf dem Dataset *storage/home/bob* zu erzwingen, verwenden Sie folgenden Befehl:

```
# zfs set quota=10G storage/home/bob
```

Um ein Referenzquota von 10 GB für *storage/home/bob* festzulegen, geben Sie ein:

```
# zfs set refquota=10G storage/home/bob
```

Um das Quota für *storage/home/bob* wieder zu entfernen:

```
# zfs set quota=none storage/home/bob
```

Das generelle Format ist `userquota@user=size` und der Name des Benutzers muss in einem der folgenden Formate vorliegen:

- POSIX-kompatibler Name wie *joe*.
- POSIX-numerische ID wie *789*.
- SID-Name wie *joe.bloggs@example.com*.
- SID-numerische ID wie *S-1-123-456-789*.

Um beispielsweise ein Benutzerquota von 50 GB für den Benutzer names *joe* zu erzwingen:

```
# zfs set userquota@joe=50G
```

Um jegliche Quotas zu entfernen:

```
# zfs set userquota@joe=none
```



Anmerkung

Benutzerquota-Eigenschaften werden nicht von `zfs get all` dargestellt. Nicht-root-Benutzer können nur ihre eigenen Quotas sehen, ausser ihnen wurde das `userquota`-Privileg erteilt. Benutzer mit diesem Privileg sind in der Lage, jedermanns Quota zu sehen und zu verändern.

Das generelle Format zum Festlegen einer Gruppenquota lautet: `groupquota@group=size`.

Um ein Quota für die Gruppe *firstgroup* von 50 GB zu setzen, geben Sie ein:

```
# zfs set groupquota@firstgroup=50G
```

Um eine Quota für die Gruppe *firstgroup* zu setzen oder sicherzustellen, dass diese nicht gesetzt ist, verwenden Sie stattdessen:

```
# zfs set groupquota@firstgroup=none
```

Genau wie mit der Gruppenquota-Eigenschaft, werden nicht-root-Benutzer nur die Quotas sehen, die den Gruppen zugeordnet ist, in denen Sie Mitglied sind. Allerdings ist root oder ein Benutzer mit dem `groupquota`-Privileg in der Lage, die Quotas aller Gruppen zu sehen und festzusetzen.

Um die Menge an Speicherplatz zusammen mit der Quota anzuzeigen, die von jedem Benutzer auf dem Dateisystem oder Schnappschuss verbraucht wird, verwenden Sie `zfs userspace`. Für Gruppeninformationen, nutzen Sie `zfs groupspace`. Für weitere Informationen zu unterstützten Optionen oder wie sich nur bestimmte Optionen anzeigen lassen, lesen Sie [zfs\(1\)](#).

Benutzer mit ausreichenden Rechten sowie root können das Quota für `storage/home/bob` anzeigen lassen:

```
# zfs get quota storage/home/bob
```

20.4.9. Reservierungen

[Reservierungen](#) garantieren ein Minimum an Speicherplatz, der immer auf dem Dataset verfügbar sein wird. Der reservierte Platz wird nicht für andere Datasets zur Verfügung stehen. Diese Eigenschaft kann besonders nützlich sein, um zu gewährleisten, dass freier Speicherplatz für ein wichtiges Dataset oder für Logdateien bereit steht.

Das generelle Format der `reservation`-Eigenschaft ist `reservation=size`. Um also eine Reservierung von 10 GB auf `storage/home/bob` festzulegen, geben Sie Folgendes ein:

```
# zfs set reservation=10G storage/home/bob
```

Um die Reservierung zu beseitigen:

```
# zfs set reservation=none storage/home/bob
```

Das gleiche Prinzip kann auf die `refreservation`-Eigenschaft angewendet werden, um eine [Referenzreservierung](#) mit dem generellen Format `refreservation=size` festzulegen.

Dieser Befehl zeigt die Reservierungen oder Referenzreservierungen an, die auf `storage/home/bob` existieren:

```
# zfs get reservation storage/home/bob
# zfs get refreservation storage/home/bob
```

20.4.10. Komprimierung

ZFS bietet transparente Komprimierung. Datenkomprimierung auf Blockebene während diese gerade geschrieben werden, spart nicht nur Plattenplatz ein, sondern kann auch den Durchsatz der Platte steigern. Falls Daten zu

25% komprimiert sind, jedoch die komprimierten Daten im gleichen Tempo wie ihre unkomprimierte Version, resultiert das in einer effektiven Schreibgeschwindigkeit von 125%. Komprimierung kann auch eine Alternative zu [Deduplizierung](#) darstellen, da es viel weniger zusätzlichen Hauptspeicher benötigt.

ZFS bietet mehrere verschiedene Kompressionsalgorithmen an, jede mit unterschiedlichen Kompromissen. Mit der Einführung von LZ4-Komprimierung in ZFS v5000, ist es möglich, Komprimierung für den gesamten Pool zu aktivieren, ohne die großen Geschwindigkeitseinbußen der anderen Algorithmen. Der größte Vorteil von LZ4 ist die Eigenschaft *früher Abbruch*. Wenn LZ4 nicht mindestens 12,5% Komprimierung im ersten Teil der Daten erreicht, wird der Block unkomprimiert geschrieben, um die Verschwendung von CPU-Zyklen zu vermeiden, weil die Daten entweder bereits komprimiert sind oder sich nicht komprimieren lassen. Für Details zu den verschiedenen verfügbaren Komprimierungsalgorithmen in ZFS, lesen Sie den Eintrag [Komprimierung](#) im Abschnitt Terminologie

Der Administrator kann die Effektivität der Komprimierung über eine Reihe von Dataset-Eigenschaften überwachen.

#	zfs get	used,compressratio,compression,logicalused	mypool/compressed_dataset
NAME	PROPERTY	VALUE	SOURCE
mypool/compressed_dataset	used	449G	-
mypool/compressed_dataset	compressratio	1.11x	-
mypool/compressed_dataset	compression	lz4	local
mypool/compressed_dataset	logicalused	496G	-

Dieses Dataset verwendet gerade 449 GB Plattenplatz (used-Eigenschaft. Ohne Komprimierung würde es stattdessen 496 GB Plattenplatz belegen (logicalused). Das ergibt eine Kompressionsrate von 1,11:1.

Komprimierung kann einen unerwarteten Nebeneffekt haben, wenn diese mit [Benutzerquotas](#) kombiniert wird. Benutzerquotas beschränken, wieviel Speicherplatz ein Benutzer auf einem Dataset verbrauchen kann. Jedoch basieren die Berechnungen darauf, wieviel Speicherplatz *nach der Komprimierung* belegt ist. Wenn also ein Benutzer eine Quota von 10 GB besitzt und 10 GB von komprimierbaren Daten schreibt, wird dieser immer noch in der Lage sein, zusätzliche Daten zu speichern. Wenn später eine Datei aktualisiert wird, beispielsweise eine Datenbank, mit mehr oder weniger komprimierbaren Daten, wird sich die Menge an verfügbarem Speicherplatz ändern. Das kann in einer merkwürdigen Situation resultieren, in welcher der Benutzer nicht die eigentliche Menge an Daten (die Eigenschaft logicalused) überschreitet, jedoch die Änderung in der Komprimierung dazu führt, dass das Quota-Limit erreicht ist.

Kompression kann ebenso unerwartet mit Sicherungen interagieren. Quotas werden oft verwendet, um einzuschränken, wieviele Daten gespeichert werden können um sicherzustellen, dass ausreichend Speicherplatz für die Sicherung vorhanden ist. Wenn jedoch Quotas Komprimierung nicht berücksichtigen, werden womöglich mehr Daten geschrieben als in der unkomprimierten Sicherung Platz ist.

20.4.11. Deduplizierung

Wenn aktiviert, verwendet [Deduplizierung](#) die Prüfsumme jedes Blocks, um Duplikate dieses Blocks zu ermitteln. Sollte ein neuer Block ein Duplikat eines existierenden Blocks sein, dann schreibt ZFS eine zusätzliche Referenz auf die existierenden Daten anstatt des kompletten duplizierten Blocks. Gewaltige Speicherplatzeinsparungen sind möglich wenn die Daten viele Duplikate von Dateien oder wiederholte Informationen enthalten. Seien Sie gewarnt: Deduplizierung benötigt eine extrem große Menge an Hauptspeicher und die meistens Einsparungen können stattdessen durch das Aktivieren von Komprimierung erreicht werden.

Um Deduplizierung zu aktivieren, setzen Sie die dedup-Eigenschaft auf dem Zielpool:

```
# zfs set dedup=on pool
```

Nur neu auf den Pool geschriebene Daten werden dedupliziert. Daten, die bereits auf den Pool geschrieben wurden, werden nicht durch das Aktivieren dieser Option dedupliziert. Ein Pool mit einer gerade aktivierten Deduplizierung wird wie in diesem Beispiel aussehen:

```
# zpool list
NAME  SIZE ALLOC  FREE CAP DEDUP HEALTH ALROOT
pool 2.84G 2.19M 2.83G 0% 1.00x ONLINE -
```

Die Spalte DEDUP zeigt das aktuelle Verhältnis der Deduplizierung für diesen Pool an. Ein Wert von 1.00x zeigt an, dass die Daten noch nicht dedupliziert wurden. Im nächsten Beispiel wird die Ports-Sammlung dreimal in verschiedene Verzeichnisse auf dem deduplizierten Pool kopiert.

```
# zpool list
for d in dir1 dir2 dir3; do
for> mkdir $d && cp -R /usr/ports $d &
for> done
```

Redundante Daten werden erkannt und dedupliziert:

```
# zpool list
NAME SIZE  ALLOC FREE CAP DEDUP HEALTH ALROOT
pool 2.84G 20.9M 2.82G 0% 3.00x ONLINE -
```

Die DEDUP-Spalte zeigt einen Faktor von 3.00x. Mehrere Kopien der Ports-Sammlung wurden erkannt und dedupliziert, was nur ein Drittel des Speicherplatzes benötigt. Das Potential für Einsparungen beim Speicherplatz ist enorm, wird jedoch damit erkauft, dass genügend Speicher zur Verfügung stehen muss, um die deduplizierten Blöcke zu verwalten.

Deduplizierung ist nicht immer gewinnbringend, besonders wenn die Daten auf dem Pool nicht redundant sind. ZFS kann potentielle Speicherplatzeinsparungen durch Deduplizierung auf einem Pool simulieren:

```
# zdb -S pool
Simulated DDT histogram:
```

bucket		allocated			referenced			
refcnt	blocks	LSIZE	PSIZE	DSIZE	blocks	LSIZE	PSIZE	DSIZE
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1	2.58M	289G	264G	264G	2.58M	289G	264G	264G
2	206K	12.6G	10.4G	10.4G	430K	26.4G	21.6G	21.6G
4	37.6K	692M	276M	276M	170K	3.04G	1.26G	1.26G
8	2.18K	45.2M	19.4M	19.4M	20.0K	425M	176M	176M
16	174	2.83M	1.20M	1.20M	3.33K	48.4M	20.4M	20.4M
32	40	2.17M	222K	222K	1.70K	97.2M	9.91M	9.91M
64	9	56K	10.5K	10.5K	865	4.96M	948K	948K
128	2	9.50K	2K	2K	419	2.11M	438K	438K
256	5	61.5K	12K	12K	1.90K	23.0M	4.47M	4.47M
1K	2	1K	1K	1K	2.98K	1.49M	1.49M	1.49M
Total	2.82M	303G	275G	275G	3.20M	319G	287G	287G

```
dedup = 1.05, compress = 1.11, copies = 1.00, dedup * compress / copies = 1.16
```

Nachdem `zdb -S` die Analyse des Pool abgeschlossen hat, zeigt es die Speicherplatzeinsparungen, die durch aktivierte Deduplizierung erreichbar sind, an. In diesem Fall ist 1.16 ein sehr schlechter Faktor, der größtenteils von Einsparungen durch Komprimierung beeinflusst wird. Aktivierung von Deduplizierung auf diesem Pool würde also keine signifikante Menge an Speicherplatz einsparen und ist daher nicht die Menge an Speicher wert, die nötig sind, um zu deduplizieren. Über die Formel $ratio = dedup * compress / copies$ kann ein Systemadministrator die Speicherplatzbelegung planen und entscheiden, ob es sich lohnt, den zusätzlichen Hauptspeicher für die Deduplizierung anhand des späteren Workloads aufzuwenden. Wenn sich die Daten verhältnismäßig gut komprimieren lassen, sind die Speicherplatzeinsparungen sehr gut. Es wird empfohlen, in dieser Situation zuerst die Komprimierung zu aktivieren, da diese auch erhöhte Geschwindigkeit mit sich bringt. Aktivieren Sie Deduplizierung nur in solchen Fällen, bei denen die Einsparungen beträchtlich sind und genug Hauptspeicher zur Verfügung steht, um die DDT aufzunehmen.

20.4.12. ZFS und Jails

Um ein ZFS-Dataset einem [Jail](#) zuzuweisen, wird der Befehl `zfs jail` und die dazugehörige Eigenschaft `jailed` verwendet. Durch Angabe von `zfs jail jailid` wird ein Dataset dem spezifizierten Jail zugewiesen und kann mit `zfs unjail` wieder abgehängt werden. Damit das Dataset innerhalb der Jail kontrolliert werden kann, muss die

Eigenschaft `jailed` gesetzt sein. Sobald ein Dataset sich im Jail befindet, kann es nicht mehr länger auf dem Hostsystem eingehängt werden, da es Einhängpunkte aufweisen könnte, welche die Sicherheit des Systems gefährden.

20.5. Delegierbare Administration

Ein umfassendes System zur Berechtigungsübertragung erlaubt unprivilegierten Benutzern, ZFS-Administrationsaufgaben durchzuführen. Beispielsweise, wenn jedes Heimatverzeichnis eines Benutzers ein Dataset ist, können Benutzer das Recht darin erhalten, Schnappschüsse zu erstellen und zu zerstören. Einem Benutzer für die Sicherung kann die Erlaubnis eingeräumt werden, die Replikationseigenschaft zu verwenden. Einem Skript zum Sammeln von Speicherplatzverbrauch kann die Berechtigung gegeben werden, nur auf die Verbrauchsdaten aller Benutzer zuzugreifen. Es ist sogar möglich, die Möglichkeit zum Delegieren zu delegieren. Die Berechtigung zur Delegation ist für jedes Unterkommando und die meisten Eigenschaften möglich.

20.5.1. Delegieren, ein Dataset zu erstellen

`zfs allow someuser create mydataset` gibt dem angegebenen Benutzer die Berechtigung, Kind-Datasets unter dem ausgewählten Elterndataset anzulegen. Es gibt einen Haken: ein neues Dataset anzulegen beinhaltet, dass es eingehängt wird. Dies bedeutet, dass FreeBSDs `vfs.usermount sysctl(8)` auf 1 gesetzt wird, um nicht-root Benutzern zu erlauben, Dateisysteme einzubinden. Es gibt eine weitere Einschränkung um Missbrauch zu verhindern: nicht-root Benutzer müssen Besitzer des Einhängpunktes sein, an dem das Dateisystem eingebunden werden soll.

20.5.2. Delegationsberechtigung delegieren

`zfs allow someuser allow mydataset` gibt dem angegebenen Benutzer die Fähigkeit, jede Berechtigung, die er selbst auf dem Dataset oder dessen Kindern besitzt, an andere Benutzer weiterzugeben. Wenn ein Benutzer die `snapshot`- und die `allow`-Berechtigung besitzt, kann dieser dann die `snapshot`-Berechtigung an andere Benutzer delegieren.

20.6. Themen für Fortgeschrittene

20.6.1. Anpassungen

Eine Reihe von Anpassungen können vorgenommen werden, um ZFS unter verschiedenen Belastungen während des Betriebs bestmöglich einzustellen.

- `vfs.zfs.arc_max` - Maximale Größe des `ARC`. Die Voreinstellung ist der gesamte RAM weniger 1 GB oder die Hälfte vom RAM, je nachdem, was mehr ist. Allerdings sollte ein niedriger Wert verwendet werden, wenn das System weitere Dienste oder Prozesse laufen lässt, welche Hauptspeicher benötigen. Dieser Wert kann nur zur Bootzeit eingestellt werden und wird in `/boot/loader.conf` festgelegt.
- `vfs.zfs.arc_meta_limit` - Schränkt die Menge des `ARC` ein, welche für die Speicherung von Metadaten verwendet wird. Die Voreinstellung ist ein Viertel von `vfs.zfs.arc_max`. Diesen Wert zu erhöhen steigert die Geschwindigkeit, wenn die Arbeitslast Operationen auf einer großen Menge an Dateien und Verzeichnissen oder häufigen Metadatenoperationen beinhaltet. Jedoch bedeutet dies auch weniger Dateidaten, die in den `ARC` passen. Dieser Wert kann nur zur Bootzeit angepasst werden und wird in `/boot/loader.conf` gesetzt.
- `vfs.zfs.arc_min` - Minimale Größe des `ARC`. Der Standard beträgt die Hälfte von `vfs.zfs.arc_meta_limit`. Passen Sie diesen Wert an, um zu verhindern, dass andere Anwendungen den gesamten `ARC` verdrängen. Dieser Wert kann nur zur Bootzeit geändert und muss in `/boot/loader.conf` festgelegt werden.
- `vfs.zfs.vdev.cache.size` - Eine vorallokierte Menge von Speicher, die als Cache für jedes Gerät im Pool reserviert wird. Die Gesamtgröße von verwendetem Speicher ist dieser Wert multipliziert mit der Anzahl an Geräten. Nur zur Bootzeit kann dieser Wert angepasst werden und wird in `/boot/loader.conf` eingestellt.
- `vfs.zfs.min_auto_ashift` - Minimaler `ashift`-Wert (Sektorgröße), welche zur Erstellungszeit des Pools automatisch verwendet wird. Der Wert ist ein Vielfaches zur Basis Zwei. Der Standardwert von 9 repräsentiert $2^9 =$

512, eine Sektorgröße von 512 Bytes. Um *write amplification* zu vermeiden und die bestmögliche Geschwindigkeit zu erhalten, setzen Sie diesen Wert auf die größte Sektorgröße, die bei einem Gerät im Pool vorhanden ist.

Viele Geräte besitzen 4 KB große Sektoren. Die Verwendung der Voreinstellung 9 bei `ashift` mit diesen Geräten resultiert in einer *write amplification* auf diesen Geräten. Daten, welche in einem einzelnen 4 KB Schreibvorgang Platz finden würden, müssen stattdessen in acht 512-byte Schreibvorgänge aufgeteilt werden. ZFS versucht, die allen Geräten zugrundeliegende Sektorgröße während der Poolerstellung zu lesen, jedoch melden viele Geräte mit 4 KB Sektoren, dass ihre Sektoren aus Kompatibilitätsgründen 512 Bytes betragen. Durch das Setzen von `vfs.zfs.min_auto_ashift` auf 12 ($2^{12} = 4096$) bevor der Pool erstellt wird, zwingt ZFS dazu, für diese Geräte 4 KB Blöcke für bessere Geschwindigkeit zu nutzen.

Erzwingen von 4 KB Blöcken ist ebenfalls hilfreich auf Pools bei denen Plattenaufrüstungen geplant sind. Zukünftige Platten werden wahrscheinlich 4 KB große Sektoren und der Wert von `ashift` lässt sich nach dem Erstellen des Pools nicht mehr ändern.

In besonderen Fällen ist die kleinere Blockgröße von 512-Byte vorzuziehen. Weniger Daten werden bei kleinen, zufälligen Leseoperationen übertragen, was besonders bei 512-Byte großen Platten für Datenbanken oder Plattenplatz für virtuelle Maschinen der Fall ist. Dies kann bessere Geschwindigkeit bringen, ganz besonders wenn eine kleinere ZFS record size verwendet wird.

- `vfs.zfs.prefetch_disable` - Prefetch deaktivieren. Ein Wert von 0 bedeutet aktiviert und 1 heißt deaktiviert. Die Voreinstellung ist 0, außer, das System besitzt weniger als 4 GB RAM. Prefetch funktioniert durch das Lesen von größeren Blöcken in den ARC als angefordert wurden, in der Hoffnung, dass diese Daten ebenfalls bald benötigt werden. Wenn die I/O-Last viele große Mengen von zufälligen Leseoperationen beinhaltet, ist das Deaktivieren von prefetch eine Geschwindigkeitssteigerung durch die Reduzierung von unnötigen Leseoperationen. Dieser Wert kann zu jeder Zeit über `sysctl(8)` angepasst werden.
- `vfs.zfs.vdev.trim_on_init` - Steuert, ob neue Geräte, die dem Pool hinzugefügt werden, das TRIM-Kommando ausführen sollen. Das beinhaltet die beste Geschwindigkeit und Langlebigkeit für SSDs, benötigt jedoch zusätzliche Zeit. Wenn das Gerät bereits sicher gelöscht wurde, kann durch deaktivieren dieser Option das Hinzufügen neuer Geräte schneller geschehen. Über `sysctl(8)` lässt sich dieser Wert jederzeit einstellen.
- `vfs.zfs.vdev.max_pending` - Begrenzt die Menge von ausstehenden I/O-Anfragen pro Gerät. Ein größerer Wert wird die Gerätewarteschlange für Befehle gefüllt lassen und möglicherweise besseren Durchsatz erzeugen. Ein niedrigerer Wert reduziert die Latenz. Jederzeit kann dieser Wert über `sysctl(8)` angepasst werden.
- `vfs.zfs.top_maxinflight` - Maximale Anzahl von ausstehenden I/Os pro darüberliegendem vdev. Begrenzt die Tiefe Kommandowarteschlange, um hohe Latenzen zu vermeiden. Das Limit ist pro darüberliegendem vdev, was bedeutet, dass das Limit für jeden mirror [495], RAID-Z [495], oder anderes vdev unabhängig gilt. Mit `sysctl(8)` kann dieser Wert jederzeit angepasst werden.
- `vfs.zfs.l2arc_write_max` - Begrenzt die Menge an Daten, die pro Sekunde in den L2ARC geschrieben wird. Durch diese Einstellung lässt sich die Lebensdauer von SSDs erhöhen, indem die Menge an Daten beschränkt wird, die auf das Gerät geschrieben wird. Dieser Wert ist über `sysctl(8)` zu einem beliebigen Zeitpunkt änderbar.
- `vfs.zfs.l2arc_write_boost` - Der Wert dieser Einstellung wird zu `vfs.zfs.l2arc_write_max` [492] addiert und erhöht die Schreibgeschwindigkeit auf die SSD bis der erste Block aus dem L2ARC verdrängt wurde. Diese „Turbo Warmup Phase“ wurde entwickelt, um den Geschwindigkeitsverlust eines leeren L2ARC nach einem Neustart zu reduzieren. Jederzeit kann dieser Wert mit `sysctl(8)` geändert werden.
- `vfs.zfs.scrub_delay` - Anzahl von Ticks an Verzögerung zwischen jedem I/O während eines scrub. Um zu gewährleisten, dass ein scrub nicht mit die normalen Vorgänge eines Pools beeinträchtigt. Wenn währenddessen andere I/Os durchgeführt werden, wird der scrub zwischen jedem Befehl verzögert. Dieser Wert regelt die Gesamtmenge von IOPS (I/Os Per Second), die von scrub generiert werden. Die Granularität der Einstellung ist bestimmt durch den Wert von kern.hz, welcher standardmäßig auf 1000 Ticks pro Sekunde eingestellt ist. Diese Einstellung kann geändert werden, was in einer unterschiedlich effektiven Limitierung der IOPS resultiert. Der Standardwert ist 4, was ein Limit von $1000 \text{ ticks/sec} / 4 = 250 \text{ IOPS}$ ergibt. Ein Wert von 20 würde ein Limit von $1000 \text{ ticks/sec} / 20 = 50 \text{ IOPS}$ ergeben. Die scrub-Geschwindigkeit ist nur begrenzt, wenn es kürzlich Aktivi-

tät auf dem Pool gab, wie der Wert von `vfs.zfs.scan_id[493]` verrät. Zu einem beliebigen Zeitpunkt kann über `sysctl(8)` eine Änderung an diesem Wert erfolgen.

- `vfs.zfs.resilver_delay` - Anzahl an Millisekunden Verzögerung, die zwischen jedem I/O während eines `resilver` eingefügt wird. Um zu versichern, dass ein `resilver` nicht die normalen Vorgänge auf dem Pool stört, wird dieser zwischen jedem Kommando verzögert, wenn andere I/Os auf dem Pool passieren. Dieser Wert steuert das Limit der Gesamt-IOPS (I/Os Pro Sekunde), die vom `resilver` erzeugt werden. Die Granularität der Einstellung wird durch den Wert von `kern.hz` bestimmt, welcher standardmäßig 1000 Ticks pro Sekunde beträgt. Diese Einstellung lässt sich ändern, was in einem unterschiedlich effizienten IOPS-Limit resultiert. Die Voreinstellung ist 2, was ein Limit von $1000 \text{ ticks/sec} / 2 = 500 \text{ IOPS}$ beträgt. Einen Pool wieder in den Zustand `Online` zu versetzen ist möglicherweise wichtiger wenn eine andere Platte den Pool in den `Fault`-Zustand versetzt, was Datenverlust zur Folge hat. Ein Wert von 0 wird der `resilver`-Operation die gleiche Priorität wie anderen Operationen geben, was den Heilungsprozess beschleunigt. Die Geschwindigkeit des `resilver` wird nur begrenzt, wenn es kürzlich andere Aktivitäten auf dem Pool gab, wie von `vfs.zfs.scan_id[493]` festgestellt wird. Dieser Wert kann zu jeder Zeit über `sysctl(8)` eingestellt werden.
- `vfs.zfs.scan_idle` - Anzahl an Millisekunden seit der letzten Operation bevor der Pool als im Leerlauf befindlich deklariert wird. Wenn sich der Pool im Leerlauf befindet, wird die Begrenzung für `scrub` und `resilver` deaktiviert. Dieser Wert kann mittels `sysctl(8)` jederzeit angepasst werden.
- `vfs.zfs.txg.timeout` - Maximale Anzahl von Sekunden zwischen `Transaktionsgruppen` (transaction group). Die momentane Transaktionsgruppe wird auf den Pool geschrieben und eine frische Transaktionsgruppe begonnen, wenn diese Menge an Zeit seit der vorherigen Transaktionsgruppe abgelaufen ist. Eine Transaktionsgruppe kann verfrüht ausgelöst werden, wenn genug Daten geschrieben werden. Der Standardwert beträgt 5 Sekunden. Ein größerer Wert kann die Lesegeschwindigkeit durch verzögern von asynchronen Schreibvorgängen verbessern, allerdings kann dies ungleiche Geschwindigkeiten hervorrufen, wenn eine Transaktionsgruppe geschrieben wird. Dieser Wert kann zu einem beliebigen Zeitpunkt mit `sysctl(8)` geändert werden.

20.6.2. ZFS auf i386

Manche der Eigenschaften, die von ZFS bereitgestellt werden, sind speicherintensiv und benötigen Anpassungen für die maximale Effizienz auf Systemen mit begrenztem RAM.

20.6.2.1. Hauptspeicher

Als absolutes Minimum sollte der gesamte verfügbare Hauptspeicher mindestens ein Gigabyte betragen. Die vorgeschlagene Menge an RAM ist bedingt durch die Poolgröße und welche Eigenschaften von ZFS verwendet werden. Eine Faustregel besagt, dass 1 GB RAM für jedes 1 TB Storage vorgesehen werden sollte. Wenn Deduplizierung zum Einsatz kommt, besagt die Regel, dass 5 GB RAM pro TB an Speicher, der dedupliziert werden soll, bereitgestellt sein muss. Obwohl manche Anwender ZFS mit weniger RAM einsetzen, stürzen Systeme häufiger wegen unzureichendem Hauptspeicher ab. Weitere Anpassungen sind unter Umständen nötig für Systeme mit weniger als die vorgeschlagene Menge an RAM.

20.6.2.2. Kernel-Konfiguration

Wegen des begrenzten Adressraumes der i386™-Plattform müssen ZFS-Anwender auf der i386™-Architektur diese Option der Kernelkonfigurationsdatei hinzufügen, den Kernel erneut bauen und das System neu starten:

```
options          KVA_PAGES=512
```

Dies erweitert den Adressraum des Kernels, was es erlaubt, die Einstellung `vm.kvm_size` hinter die momentan vorgegebene Grenze von 1 GB oder das Limit von 2 GB für PAE zu bringen. Um den passenden Wert für diese Option zu finden, teilen Sie den gewünschten Adressraum in Megabyte durch vier. In diesem Beispiel beträgt sie 512 für 2 GB.

20.6.2.3. Loader-Anpassungen

Der `kmem`-Adressraum kann auf allen FreeBSD-Architekturen erhöht werden. Auf einem Testsystem mit 1 GB physischen Speichers wurden mit diesen Optionen in `/boot/loader.conf` und einem anschließenden Systemneustart Erfolge erzielt:

```
vm.kmem_size="330M"
vm.kmem_size_max="330M"
vfs.zfs.arc_max="40M"
vfs.zfs.vdev.cache.size="5M"
```

Für eine detailliertere Liste an Empfehlungen für ZFS-bezogene Einstellungen, lesen Sie <http://wiki.freebsd.org/ZFSTuningGuide>.

20.7. Zusätzliche Informationen

- [FreeBSD Wiki - ZFS](#)
- [FreeBSD Wiki - ZFS Tuning](#)
- [Illumos Wiki - ZFS](#)
- [Oracle Solaris ZFS Administration Guide](#)
- [ZFS Evil Tuning Guide](#)
- [ZFS Best Practices Guide](#)
- [Calomel Blog - ZFS Raidz Performance, Capacity und Integrity](#)

20.8. ZFS-Eigenschaften und Terminologie

ZFS ist ein fundamental anderes Dateisystem aufgrund der Tatsache, dass es mehr als ein Dateisystem ist. ZFS kombiniert die Rolle eines Dateisystems mit dem Volumemanager, was es ermöglicht, zusätzliche Speichermedien zu einem laufenden System hinzuzufügen und diesen neuen Speicher sofort auf allen auf dem Pool existierenden Dateisystemen zur Verfügung zu haben. Durch die Kombination von traditionell getrennten Rollen ist ZFS in der Lage, Einschränkungen, die zuvor RAID-Gruppen daran gehindert hatten, zu wachsen. Jedes Gerät auf höchster Ebene in einem Pool wird ein *vdev* genannt, was eine einfache Platte oder eine RAID-Transformation wie ein Spiegel oder RAID-Z-Verbund sein kann. ZFS-Dateisysteme (*datasets* genannt), haben jeweils Zugriff auf den gesamten freien Speicherplatz des gesamten Pools. Wenn Blöcke aus diesem Pool allokiert werden, verringert sich auch der freie Speicherplatz für jedes Dateisystem. Dieser Ansatz verhindert die allgegenwärtige Falle von umfangreichen Partitionen, bei denen freier Speicherplatz über alle Partitionen hinweg fragmentiert wird.

zpool

Ein Speicher-Pool ist der grundlegendste Baustein von ZFS. Ein Pool besteht aus einem oder mehreren *vdevs*, was die zugrundeliegenden Geräte repräsentiert, welche die Daten speichern. Ein Pool wird dann verwendet, um ein oder mehrere Dateisysteme (Datasets) oder Blockgeräte (Volumes) zu erstellen. Diese Datasets und Volumes teilen sich den im Pool verfügbaren Speicherplatz. Jeder Pool wird eindeutig durch einen Namen und eine GUID identifiziert. Die verfügbaren Eigenschaften werden durch die ZFS-Versionsnummer des Pools bestimmt.



Anmerkung

FreeBSD 9.0 und 9.1 enthalten Unterstützung für ZFS Version 28. Spätere Versionen setzen ZFS Version 5000 mit Feature Flags ein. Das neue Feature Flag System

	<p>erlaubt eine größere Kompatibilität mit anderen Implementierungen von ZFS.</p>
vdev Arten	<p>Ein Pool besteht aus einem oder mehreren vdevs, die selbst eine einfache Platte oder im Fall von RAID eine Gruppe von Platten darstellt. Wenn mehrere vdevs eingesetzt werden, verteilt ZFS die Daten über die vdevs, um die Geschwindigkeit zu steigern und den verfügbaren Platz zu maximieren.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Festplatte</i> - Der einfachste Typ von vdev ist ein Standard-Blockgerät. Dies kann die komplette Platte (wie <code>/dev/ada0</code> oder <code>/dev/da0</code>) oder auch eine Partition (<code>/dev/ada0p3</code>) sein. Auf FreeBSD gibt es keine Geschwindigkeitseinbußen bei der Verwendung einer Partition anstatt einer kompletten Platte. Dies unterscheidet sich von den Empfehlungen, welche in der Solaris Dokumentation gegeben werden. • <i>File</i> - Zusätzlich zu Festplatten können ZFS-Pools aus regulären Dateien aufgebaut sein, was besonders hilfreich ist, um zu testen und zu experimentieren. Verwenden Sie den kompletten Pfad zu der Datei als Gerätepfad im Befehl <code>zpool create</code>. Alle vdevs müssen mindestens 128 MB groß sein. • <i>Mirror</i> - Wenn ein Spiegel erstellt wird, verwenden Sie das Schlüsselwort <code>mirror</code>, gefolgt von der Liste an Mitgliedsgeräten für den Spiegel. Ein Spiegel besteht aus zwei oder mehr Geräten und sämtliche Daten werden auf alle Geräte, die Mitglied des Spiegels sind, geschrieben. Ein Spiegel-vdev wird nur so viele Daten speichern, wie das kleinste Gerät im Verbund aufnehmen kann. Ein Spiegel-vdev kann den Verlust von allen Mitgliedsgeräten bis auf eines verkraften, ohne irgendwelche Daten zu verlieren. <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <h3>Anmerkung</h3> <p>Ein reguläre einzelne vdev-Platte kann jederzeit zu einem Spiegel-vdev über das Kommando <code>zpool attach</code> aktualisiert werden.</p> </div> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> • <i>RAID-Z</i> - ZFS implementiert RAID-Z, eine Varianten des RAID-5-Standards, der bessere Verteilung der Parität bietet und das „RAID-5 write hole“ eliminiert, bei dem die Daten und Parität nach einem unerwarteten Neustart inkonsistent werden können. ZFS unter-

stützt drei Stufen von RAID-Z, die unterschiedliche Arten von Redundanz im Austausch gegen niedrigere Stufen von verwendbarem Speicher. Diese Typen werden RAID-Z1 bis RAID-Z3 genannt, basierend auf der Anzahl der Paritätsgeräte im Verbund und der Anzahl an Platten, die ausfallen können, während der Pool immer noch normal funktioniert.

In einer RAID-Z1-Konfiguration mit vier Platten, bei der jede 1 TB besitzt, beträgt der verwendbare Plattenplatz 3 TB und der Pool wird immer noch im Modus degraded weiterlaufen, wenn eine Platte davon ausfällt. Wenn eine zusätzliche Platte ausfällt, bevor die defekte Platte ersetzt wird, können alle Daten im Pool verloren gehen.

Eine Konfiguration von acht Platten zu je 1 TB als RAID-Z3 wird 5 TB verwendbaren Speicher bieten und in der Lage sein, weiterhin zu funktionieren, wenn drei Platten ausgefallen sind. Sun™ empfiehlt nicht mehr als neun Platten in einem einzelnen vdev. Wenn die Konfiguration mehr Platten aufweist, wird empfohlen, diese in getrennten vdevs aufzuteilen, so dass die Daten des Pools zwischen diesen aufgeteilt werden.

Eine Konfiguration von zwei RAID-Z2-vdevs, bestehend aus jeweils 8 Platten würde etwa einem RAID-60-Verbund entsprechen. Der Speicherplatz einer RAID-Z-Gruppe ist ungefähr die Größe der kleinsten Platte multipliziert mit der Anzahl von nicht-Paritätsplatten. Vier 1 TB Platten in einem RAID-Z1 besitzt eine effektive Größe von ungefähr 3 TB und ein Verbund von acht 1 TB-Platten als RAID-Z3 enthält 5 TB verfügbarer Plattenplatz.

- *Spare* - ZFS besitzt einen speziellen Pseudo-vdev Typ, um einen Überblick über die verfügbaren hot spares zu behalten. Beachten Sie, dass hot spares nicht automatisch eingesetzt werden. Diese müssen manuell konfiguriert werden, um ein ausgefallenes Gerät über `zfs replace` zu ersetzen.
- *Log* - ZFS Log-Geräte, auch bezeichnet als ein ZFS Intent Log ([ZIL](#)) verschieben das Intent Log von den regulären Geräten im Pool auf ein dediziertes Gerät, typischerweise eine SSD. Ein dediziertes Log-Gerät zu besitzen kann die Geschwindigkeit von Anwendungen mit einer großen Anzahl von synchronen Schreibvorgängen, besonders Datenbanken, signifikant steigern. Log-Geräte können gespiegelt werden, jedoch wird RAID-Z nicht unterstützt. Werden mehrere Log-Geräte verwendet, so werden Schreibvorgänge gleichmäßig unter diesen aufgeteilt.

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cache</i> - Ein Cache-vdev einem Pool hinzuzufügen, erhöht den Speicher des L2ARC Caches. Cache-Geräte lassen sich nicht spiegeln. Da ein Cache-Gerät nur zusätzliche Kopien von existierenden Daten speichert, gibt es kein Risiko, Daten zu verlieren.
Transaktionsgruppe (Transaction Group, TXG)	<p>Transaktionsgruppen sind die Art und Weise, wie geänderte Blöcke zusammen gruppiert und letztendlich auf den Pool geschrieben werden. Transaktionsgruppen sind die atomare Einheit, welche ZFS verwendet, um Konsistenz zu gewährleisten. Jeder Transaktionsgruppe wird eine einzigartige, fortlaufende 64-Bit Identifikationsnummer zugewiesen. Es kann bis zu drei aktive Transaktionsgruppen gleichzeitig geben, wobei sich jede davon in einem der folgenden drei Zustände befinden kann:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Open (Offen)</i> - Wenn eine neue Transaktionsgruppe erstellt wird, befindet diese sich im Zustand offen und akzeptiert neue Schreibvorgänge. Es ist immer eine Transaktionsgruppe in diesem Zustand, jedoch kann die Transaktionsgruppe neue Schreibvorgänge ablehnen, wenn diese ein Limit erreicht hat. Sobald eine offene Transaktionsgruppe an das Limit stößt oder das vfs.zfs.txg.timeout [493] wurde erreicht, geht die Transaktionsgruppe in den nächsten Zustand über. • <i>Quiescing (Stilllegen)</i> - Ein kurzer Zustand, der es noch ausstehenden Operationen erlaubt, zum Abschluss zu kommen, währenddessen das Erstellen einer neuen Transaktionsgruppe jedoch nicht blockiert wird. Sobald alle Transaktionen in der Gruppe abgeschlossen sind, geht die Transaktionsgruppen in den letzten Zustand über. • <i>Syncing (Synchronisieren)</i> - Alle Daten in der Transaktionsgruppe werden auf das Speichermedium geschrieben. Dieser Prozess wird wiederum andere Daten wie Metadaten und space maps verändern, die ebenfalls auf das Speichermedium geschrieben werden müssen. Der Prozess des Synchronisierens beinhaltet mehrere Durchläufe. Der erste Prozess, welches der größte, gefolgt von den Metadaten, ist, beinhaltet alle geänderten Datenblöcke und kann mehrere Durchläufe benötigen, um zum Ende zu gelangen. Da das Allokieren von Speicher für die Datenblöcke neue Metadaten generiert, kann der Synchronisationsprozess nicht beendet werden, bis ein Durchlauf fertig ist, der keinen zusätzlichen Speicher allokiert. Der Synchronisierungszustand ist der Zustand, in dem auch <i>synctasks</i> abgeschlossen werden. Synctasks sind administrative Operationen, wie das Erstellen oder zerstören von Schnappschüssen und Datasets, welche den Überblock verändern, wenn sie abgeschlossen sind. Sobald der Synchronisationszustand abge-

	<p>geschlossen ist, geht die Transaktionsgruppe aus dem Stilllegungszustand über in den Synchronisationszustand.</p> <p>Alle administrativen Funktionen, wie Schnappschüsse werden als Teil einer Transaktionsgruppe geschrieben. Wenn ein synctask erstellt ist, wird dieser der momentan geöffneten Transaktionsgruppe hinzugefügt und diese Gruppe wird so schnell wie möglich in den Synchronisationszustand versetzt, um die Latenz von administrativen Befehlen zu reduzieren.</p>
Adaptive Replacement Cache (ARC)	<p>ZFS verwendet einen Adaptive Replacement Cache (ARC), anstatt eines traditionellen Least Recently Used (LRU) Caches. Ein LRU-Cache ist eine einfache Liste von Elementen im Cache, sortiert nach der letzten Verwendung jedes Elements in der Liste. Neue Elemente werden an den Anfang der Liste eingefügt. Wenn der Cache voll ist, werden Elemente vom Ende der Liste verdrängt, um Platz für aktivere Objekte zu schaffen. Ein ARC besteht aus vier Listen: derjenigen der Most Recently Used (MRU) und Most Frequently Used (MFU) Objekte, plus einer sogenannten ghost list für jede von beiden. Diese Ghost Lists verfolgen die kürzlich verdrängten Objekte, um zu verhindern, dass diese erneut in den Cache aufgenommen werden. Dies erhöht die Trefferrate (hit ratio) des Caches, indem verhindert wird, dass Elemente, die in der Vergangenheit nur ab und zu benutzt wurden, wieder im Cache landen. Ein weiterer Vorteil der Verwendung sowohl einer MRU und einer MFU ist, dass das Scannen eines gesamten Dateisystems normalerweise alle Daten aus einem MRU- oder LRU-Cache verdrängt, um dem gerade frisch zugegriffenem Inhalt den Vorzug zu geben. Mit ZFS gibt es also eine MFU, die nur die am häufigsten verwendeten Elemente beinhaltet und der Cache von am meisten zugegriffenen Blöcken bleibt erhalten.</p>
L2ARC	<p>L2ARC ist die zweite Stufe des Caching-Systems von ZFS. Der Haupt-ARC wird im RAM abgelegt. Da die Menge an verfügbarem RAM meist begrenzt ist, kann ZFS auch cache vdevs [497] verwenden. Solid State Disks (SSDs) werden oft als diese Cache-Geräte eingesetzt, aufgrund ihrer höheren Geschwindigkeit und niedrigeren Latenz im Vergleich zu traditionellen drehenden Speichermedien wie Festplatten. Der Einsatz des L2ARC ist optional, jedoch wird durch die Verwendung eine signifikante Geschwindigkeitssteigerung bei Lesevorgängen bei Dateien erzielt, welche auf der SSD zwischengespeichert sind, anstatt von der regulären Platte gelesen werden zu müssen. L2ARC kann ebenfalls die Deduplizierung beschleunigen, da eine DDT, welche nicht in den RAM passt, jedoch in den L2ARC wesentlich schneller sein wird als eine DDT, die von der Platte gelesen werden muss. Die Häufigkeit, in der Daten zum Cache-Gerät hinzugefügt werden, ist begrenzt, um zu verhindern, dass eine SSD frühzeitig durch zu viele Schreibvorgänge</p>

	<p>ge aufgebraucht ist. Bis der Cache voll ist (also der erste Block verdrängt wurde, um Platz zu schaffen), wird das Schreiben auf den L2ARC begrenzt auf die Summe der Schreibbegrenzung und das Bootlimit, sowie hinterher auf das Schreiblimit. Ein paar <code>sysctl(8)</code>-Werte steuert diese Limits. <code>vfs.zfs.l2arc_write_boost</code> steuert, wie viele Bytes in den Cache pro Sekunde geschrieben werden, während <code>vfs.zfs.bootlimit</code> [492] zu diesem Limit während der „Turbo Warmup Phase“ hinzuaddiert wird (Write Boost).</p>
ZIL	<p>ZIL beschleunigt synchrone Transaktionen durch die Verwendung von Speichermedien wie SSDs, welche schneller sind als diejenigen, welche Teil des Speicherpools sind. Wenn eine Anwendung einen synchronen Schreibvorgang anfordert (eine Garantie, dass die Daten sicher auf den Platten gespeichert wurden anstatt nur zwischengespeichert zu sein, um später geschrieben zu werden), werden die Daten auf den schnelleren ZIL-Speicher geschrieben und dann später auf die regulären Festplatten. Dies reduziert die Latenz sehr und verbessert die Geschwindigkeit. Nur synchrone Vorgänge wie die von Datenbanken werden durch den Einsatz eines ZIL profitieren. Reguläre, asynchrone Schreibvorgänge wie das Kopieren von Dateien wird den ZIL überhaupt nicht verwenden.</p>
Copy-On-Write	<p>Im Gegensatz zu traditionellen Dateisystemen werden beim Überschreiben von Daten bei ZFS die neuen Daten an einen anderen Block geschrieben, anstatt die alten Daten an der gleichen Stelle zu überschreiben. Nur wenn dieser Schreibvorgang beendet wurde, werden die Metadaten aktualisiert, um auf die neue Position zu verweisen. Im Falle eines kurzen Schreibvorgangs (ein Systemabsturz oder Spannungsverlust während eine Datei geschrieben wird) sind die gesamten Inhalte der Originaldatei noch vorhanden und der unvollständige Schreibvorgang wird verworfen. Das bedeutet auch, dass ZFS nach einem unvorhergesehenen Ausfall keinen <code>fsck(8)</code> benötigt.</p>
Dataset	<p><i>Dataset</i> ist der generische Begriff für ein ZFS-Dateisystem, Volume, Schnappschüsse oder Klone. Jedes Dataset besitzt einen eindeutigen Namen in der Form <code>pool-name/path@snapshot</code>. Die Wurzel des Pools ist technisch gesehen auch ein Dataset. Kind-Datasets werden hierarchisch wie Verzeichnisse benannt. Beispielsweise ist <code>mypool/home</code> das Heimatdataset, ein Kind von <code>mypool</code> und erbt die Eigenschaften von diesem. Dies kann sogar noch erweitert werden durch das Erstellen von <code>mypool/home/user</code>. Dieses Enkelkind-Dataset wird alle Eigenschaften von den Eltern und Großeltern erben. Eigenschaften auf einem Kind können die geerbten Standardwerte der Eltern und Großeltern ändern und überschreiben. Die Verwaltung von Datasets und dessen Kindern lässt sich delegieren.</p>

Dateisystem	Ein ZFS-Dataset wird meistens als ein Dateisystem verwendet. Wie jedes andere Dateisystem kann auch ein ZFS-Dateisystem irgendwo in der Verzeichnishierarchie eingehängt werden und enthält seine eigenen Dateien und Verzeichnisse mit Berechtigungen, Flags und anderen Metadaten.
Volume	Zusätzlich zu regulären Dateisystem-Datasets, kann ZFS auch Volumes erstellen, die Blockgeräte sind. Volumes besitzen viele der gleichen Eigenschaften, inklusive copy-on-write, Schnappschüsse, Klone und Prüfsummen. Volumes sind nützlich, um andere Dateisystemformate auf ZFS aufzusetzen, so wie UFS Virtualisierung, oder das Exportieren von iSCSI-Abschnitten.
Snapshot (Schnappschuss)	Das copy-on-write (COW)-Entwicklung von ZFS erlaubt das Erstellen von beinahe sofortigen, konsistenten Schnappschüssen mit beliebigen Namen. Nachdem ein Schnappschuss von einem Dataset angelegt oder ein rekursiver Schnappschuss eines Elterndatasets, welcher alle Kinddatasets enthält, erstellt wurde, werden neue Daten auf neue Blöcke geschrieben, jedoch die alten Blöcke nicht wieder als freier Speicher zurückgewonnen. Der Schnappschuss enthält die Originalversion des Dateisystems und das aktive Dateisystem besitzt alle Änderungen, die seit dem Schnappschuss erstellt wurden. Kein zusätzlicher Platz wird benötigt. Werden neue Daten auf das aktive Dateisystem geschrieben, werden neue Blöcke allokiert, um diese Daten zu speichern. Die scheinbare Größe des Schnappschusses wird wachsen, da die Blöcke nicht mehr länger im aktiven Dateisystem, sondern nur noch im Schnappschuss Verwendung finden. Diese Schnappschüsse können nur lesend eingehängt werden, um vorherige Versionen von Dateien wiederherzustellen. Ein rollback eines aktiven Dateisystems auf einen bestimmten Schnappschuss ist ebenfalls möglich, was alle Änderungen, die seit dem Anlegen des Schnappschusses vorgenommen wurden, wieder rückgängig macht. Jeder Block im Pool besitzt einen Referenzzähler, der verfolgt, wieviele Schnappschüsse, Klone, Datasets oder Volumes diesen Block nutzen. Wenn Dateien und Schnappschüsse gelöscht werden, verringert dies auch den Referenzzähler. Wenn ein Block nicht mehr länger referenziert wird, kann er als freier Speicher wieder genutzt werden. Schnappschüsse können auch mit hold markiert werden. Wenn versucht wird, einen solchen Schnappschuss zu zerstören, wird stattdessen ein EBUSY-Fehler ausgegeben. Jeder Schnappschuss kann mehrere holds besitzen, jeder mit einem eindeutigen Namen. Das Kommando release entfernt diese, damit der Schnappschuss gelöscht werden kann. Schnappschüsse lassen sich auf Volumes ebenfalls anlegen, allerdings können diese nur geklont oder zurückgerollt werden, nicht jedoch unabhängig eingehängt.
Clone (Klone)	Schnappschüsse können auch geklont werden. Ein Klon stellt eine veränderbare Version eines Schnappschusses

	<p>dar, was es ermöglicht, das Dateisystem als neues Dataset aufzuspalten. Genau wie bei einem Schnappschuss verbraucht ein Klon keinen zusätzlichen Platz. Wenn neue Daten auf einen Klon geschrieben und neue Blöcke allokiert werden, wächst auch die Größe des Klons. Wenn Blöcke im geklonten Dateisystem oder Volume überschrieben werden, verringert sich auch der Referenzzähler im vorherigen Block. Der Schnappschuss, auf dem der Klon basiert kann nicht gelöscht werden, weil der Klon darauf eine Abhängigkeit besitzt. Der Schnappschuss stellt den Elternteil dar und der Klon das Kind. Klone lassen sich <i>promoted</i> (befördern), was die Abhängigkeit auflöst und den Klon zum Elternteil macht und den vorherigen Elternteil das Kind. Diese Operation benötigt keinen zusätzlichen Plattenplatz. Da die Menge an verwendetem Speicher vom Elternteil und dem Kind vertauscht wird, betrifft dies eventuell vorhandene Quotas und Reservierungen.</p>
Checksum (Prüfsumme)	<p>Jeder Block, der allokiert wird erhält auch eine Prüfsumme. Der verwendete Prüfsummenalgorithmus ist eine Eigenschaft jedes Datasets, siehe dazu set. Die Prüfsumme jedes Blocks wird transparent validiert wenn er gelesen wird, was es ZFS ermöglicht, stille Verfälschung zu entdecken. Wenn die gelesenen Daten nicht mit der erwarteten Prüfsumme übereinstimmen, wird ZFS versuchen, die Daten aus jeglicher verfügbarer Redundanz (wie Spiegel oder RAID-Z) zu rekonstruieren. Eine Überprüfung aller Prüfsummen kann durch das Kommando scrub ausgelöst werden. Prüfsummenalgorithmen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>fletcher2</code> • <code>fletcher4</code> • <code>sha256</code> <p>Die <code>fletcher</code>-Algorithmen sind schneller, aber dafür ist <code>sha256</code> ein starker kryptographischer Hash und besitzt eine viel niedrigere Chance auf Kollisionen zu stoßen mit dem Nachteil geringerer Geschwindigkeit. Prüfsummen können deaktiviert werden, dies wird aber nicht empfohlen.</p>
Compression	<p>Jedes Dataset besitzt eine <code>compression</code>-Eigenschaft, die standardmäßig ausgeschaltet ist. Diese Eigenschaft kann auf eine Reihe von Kompressionsalgorithmen eingestellt werden. Dadurch werden alle neuen Daten, die auf das Dataset geschrieben werden, komprimiert. Neben einer Reduzierung von verbrauchtem Speicher wird oft der Lese- und Schreibdurchsatz erhöht, weil weniger Blöcke gelesen oder geschrieben werden müssen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <code>LZ4</code> - Wurde in der ZFS Poolversion 5000 (feature flags) hinzugefügt und <code>LZ4</code> ist jetzt der empfohlene Kompressionsalgorithmus. <code>LZ4</code> komprimiert unge-

fähr 50% schneller als LZJB, wenn er auf komprimierbaren Daten angewendet wird und ist über dreimal schneller, wenn unkomprimierbare Daten vorliegen. LZ4 entkomprimiert auch ungefähr 80% schneller als LZJB. Auf modernen CPUs, kann LZ4 oft über 500 MB/s komprimieren und entkomprimiert (pro individuellem CPU-Kern) bei über 1.5 GB/s.




Anmerkung

LZ4-Komprimierung ist nur verfügbar nach FreeBSD 9.2.

- *LZJB* - Der Standardkompressionsalgorithmus wurde von Jeff Bonwick, einem der ursprünglichen Entwickler von ZFS, entworfen. LZJB bietet gute Komprimierung mit weniger CPU-Überhang im Vergleich zu GZIP. In der Zukunft wird der Standardkompressionsalgorithmus wahrscheinlich auf LZ4 gewechselt.
- *GZIP* - Ein populärer Stromkompressionsalgorithmus ist auch in ZFS verfügbar. Einer der Hauptvorteile von der Verwendung von GZIP ist seine konfigurierbare Komprimierungsstufe. Wenn die Eigenschaft `compress` gesetzt wird, kann der Administrator die Stufe der Komprimierung wählen, die von `gzip1`, der kleinsten Komprimierungsstufe, bis zu `gzip9`, der höchsten Komprimierungsstufe, reicht. Dies erlaubt es dem Administrator zu steuern, wieviel CPU-Zeit für eingesparten Plattenplatz eingetauscht werden soll.
- *ZLE* - Zero Length Encoding ist ein besonderer Kompressionsalgorithmus, welcher nur fortlaufende Aneinanderreihungen von Nullen komprimiert. Dieser Komprimierungsalgorithmus ist nur sinnvoll, wenn das Dataset viele große Blöcke von Nullen aufweist.

Copies	Wenn die Eigenschaft <code>copies</code> auf einen Wert grösser als 1 gesetzt wird, weist das ZFS an, mehrere Kopien eines Blocks im Dateisystem oder Volume anzulegen. Diese Eigenschaft auf einem wichtigen Dataset einzustellen sorgt für zusätzliche Redundanz, aus der ein Block wiederhergestellt werden kann, der nicht mehr mit seiner Prüfsumme übereinstimmt. In Pools ohne Redundanz ist die <code>copies</code> -Eigenschaft die einzige Form von Redundanz. Die Eigenschaft kann einen einzelnen schlechten Sektor oder andere Formen von kleineren Verfälschungen wiederherstellen, schützt jedoch nicht den Pool vom Verlust einer gesamten Platte.
Deduplizierung	Prüfsummen ermöglichen es, Duplikate von Blöcken zu erkennen, wenn diese geschrieben werden. Mit Deduplizierung erhöht sich der Referenzzähler eines existie-

	<p>renden, identischen Blocks, was Speicherplatz einspart. Um Blockduplikate zu erkennen, wird im Speicher eine Deduplizierungstabelle (DDT) geführt. Die Tabelle enthält eine Liste von eindeutigen Prüfsummen, die Position dieser Blöcke und einen Referenzzähler. Werden neue Daten geschrieben, wird die Prüfsumme berechnet und mit der Liste verglichen. Wird eine Übereinstimmung gefunden, wird der existierende Block verwendet. Der SHA256-Prüfsummenalgorithmus wird mit Deduplizierung benutzt, um einen sicheren kryptographischen Hash zu bieten. Deduplizierung lässt sich konfigurieren. Wenn <code>dedup</code> auf <code>on</code> steht, wird angenommen, dass eine übereinstimmende Prüfsumme bedeutet, dass die Daten identisch sind. Steht <code>dedup</code> auf <code>verify</code>, werden die Daten in den beiden Blöcken Byte für Byte geprüft, um sicherzustellen, dass diese wirklich identisch sind. Wenn die Daten nicht identisch sind, wird die Kollision im Hash vermerkt und die beiden Blöcke separat gespeichert. Da die DDT den Hash jedes einzigartigen Blocks speichern muss, benötigt sie eine große Menge an Speicher. Eine generelle Faustregel besagt, dass 5-6 GB RAM pro 1 TB deduplizierter Daten benötigt werden. In Situationen, in denen es nicht praktikabel ist, genug RAM vorzuhalten, um die gesamte DDT im Speicher zu belassen, wird die Geschwindigkeit stark darunter leiden, da die DDT von der Platte gelesen werden muss, bevor jeder neue Block geschrieben wird. Deduplizierung kann den L2ARC nutzen, um die DDT zu speichern, was einen guten Mittelweg zwischen schnellem Systemspeicher und langsameren Platten darstellt. Bedenken Sie, dass durch die Verwendung von Komprimierung meistens genauso große Platzersparnis möglich ist, ohne den zusätzlichen Hauptspeicherplatzbedarf.</p>
Scrub (Bereinigung)	<p>Anstatt einer Konsistenzprüfung wie <code>fsck(8)</code> verwendet ZFS <code>scrub</code>. <code>scrub</code> liest alle Datenblöcke, die auf dem Pool gespeichert sind und prüft deren Prüfsumme gegen die als richtig in den Metadaten gespeicherte Prüfsumme. Eine periodische Prüfung aller im Pool gespeicherten Daten versichert, dass verfälschte Blöcke rekonstruiert werden können, bevor dies nötig ist. Ein Scrub wird nicht nach einem unsauberen Herunterfahren benötigt, wird jedoch einmal alle drei Monate angeraten. Die Prüfsumme von jedem Block wird verifiziert, wenn Blöcke während des normalen Betriebs gelesen werden, jedoch stellt ein Scrub sicher, dass sogar weniger häufig verwendete Blöcke auf stille Verfälschungen hin untersucht werden. Datenintegrität wird dadurch erhöht, besonders wenn es sich um Archivspeichersituationen handelt. Die relative Priorität des <code>scrub</code> lässt sich mit <code>vfs.zfs.scrub_delay</code> [492] anpassen, um zu verhindern, dass der <code>scrub</code> die Geschwindigkeit von anderen Anfragen auf dem Pool beeinträchtigt.</p>

Dataset Quotas	<p>ZFS bietet sehr schnelle und akkurate Dataset-, Benutzer- und Gruppenspeicherplatzbuchhaltung, zusätzlich zu Quotas und Speicherplatzreservierungen. Dies gibt dem Administrator feingranulare Kontrolle darüber, wie Speicherplatz allokiert und die Reservierung für kritische Dateisysteme vorgenommen wird</p> <p>ZFS unterstützt verschiedene Arten von Quotas: die Dataset-Quota, die Referenzquota (refquota), die Benutzerquota und die Gruppenquota sind verfügbar.</p> <p>Quotas beschränken die Menge an Speicherplatz, welche ein Dataset, seine Kinder, einschließlich Schnappschüsse des Datasets, deren Kinder und die Schnappschüsse von diesen Datasets, verbrauchen können.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <h3>Anmerkung</h3> <p>Quotas können nicht auf Volumes gesetzt werden, da die Eigenschaft <code>volsize</code> als eine implizite Quota agiert.</p> </div> </div> </div>
Referenzquota	Ein Referenzquota beschränkt die Menge an Speicherplatz, die ein Dataset verbrauchen kann durch das Erzwingen einer harten Grenze. Jedoch beinhaltet diese harte Grenze nur Speicherplatz, die das Dataset referenziert und beinhaltet nicht den Speicher, der von Kindern, wie Dateisystemen oder Schnappschüssen, verbraucht wird.
Benutzerquota	Benutzerquotas sind hilfreich, um die Menge an Speicherplatz, die ein bestimmter Benutzer verbrauchen kann, einzuschränken.
Gruppenquota	Die Gruppenquota beschränkt die Menge an Speicherplatz, die eine bestimmte Gruppe verbrauchen darf.
Dataset-Reservierung	<p>Die Eigenschaft <code>reservation</code> ermöglicht es, ein Minimum an Speicherplatz für ein bestimmtes Dataset und dessen Kinder zu garantieren. Wenn eine Reservierung von 10 GB auf <code>storage/home/bob</code> gesetzt ist und ein anderes Dataset versucht, allen freien Speicherplatz zu verwenden, bleiben zumindest noch 10 GB an Speicher reserviert. Wenn von <code>storage/home/bob</code> ein Schnappschuss angelegt wird, wird dieser von der Reservierung abgezogen und zählt damit dagegen. Die Eigenschaft refreservation funktioniert auf ähnliche Weise, jedoch <i>exkludiert</i> diese Kinder wie Schnappschüsse.</p> <p>Reservierungen jeder Art sind in vielen Situationen nützlich, so wie bei der Planung und dem Testen der richtigen Speicherplatzallokation in einem neuen System oder durch die Zusicherung, dass genug Speicher-</p>

	platz auf Dateisystemen für Audio-Logs oder Systemwiederherstellungsprozeduren und Dateien verfügbar ist.
Referenzreservierung	Die Eigenschaft <code>refreservation</code> ermöglicht es, ein Minimum an Speicherplatz für die Verwendung eines bestimmten Datasets zu garantieren, <i>exklusiv</i> dessen Kinder. Das bedeutet, dass wenn eine 10 GB-Reservierung auf <code>storage/home/bob</code> vorhanden ist und ein anderes Dataset versucht, alle freien Speicherplatz aufzubrauchen, sind zumindest noch 10 GB Speicher reserviert. Im Gegensatz zu einer regulären Reservierung wird der Speicher von Schnappschüssen und Kinddataset nicht gegen die Reservierung gezählt. Beispielsweise, wenn ein Schnappschuss von <code>storage/home/bob</code> angelegt wird, muss genug Plattenplatz außerhalb der Menge an <code>refreservation</code> vorhanden sein, damit die Operation erfolgreich durchgeführt wird. Kinder des Hauptdatasets werden nicht in die Menge an <code>refreservation</code> gezählt und dringen auf diese Weise auch nicht in den gesetzten Speicher ein.
Resilver	Wenn eine Platte ausfällt und ersetzt wird, muss die neue Platte mit den Daten gefüllt werden, die verloren gegangen sind. Der Prozess der Verwendung der Paritätsinformationen, welche über die übrigen Platten verteilt sind, um die fehlenden Daten zu berechnen und auf die neue Platte zu übertragen, wird <i>resilvering</i> genannt.
Online	Ein Pool oder vdev im Zustand <code>Online</code> besitzt alle verbundenen Mitgliedsgeräte und ist voll funktionsfähig. Individuelle Geräte im Zustand <code>Online</code> funktionieren normal.
Offline	Individuelle Geräte lassen sich vom Administrator in den Zustand <code>Offline</code> versetzen, wenn es ausreichend Redundanz gibt, um zu verhindern, dass der Pool oder das vdev in den Zustand <code>Faulted</code> versetzt wird. Ein Administrator kann eine Platte vor einem Austausch offline nehmen oder um es leichter zu machen, diese zu identifizieren.
Degraded	Ein Pool oder vdev im Zustand <code>Degraded</code> hat eine oder mehrere Platten, welche getrennt wurden oder ausgefallen sind. Der Pool kann immer noch verwendet werden, doch wenn noch weitere Geräte ausfallen, kann der Pool nicht wiederhergestellt werden. Die fehlenden Geräte anzuschließen oder die defekten Platten zu ersetzen wird den Pool wieder in den Zustand Online versetzen, nachdem die angeschlossenen oder neuen Geräte den Resilver -Prozess abgeschlossen haben.
Faulted	Ein Pool oder vdev im Zustand <code>Faulted</code> funktioniert nicht länger. Die Daten darauf sind nicht mehr länger verfügbar. Ein Pool oder vdev geht in den Zustand <code>Faulted</code> über, wenn die Anzahl der fehlenden oder defekten Geräte die Redundanzstufe im vdev überschreiten. Wenn fehlende Geräte angeschlossen werden, geht der Pool wieder in den Zustand Online . Wenn es nicht genügend Redundanz gibt, um die Anzahl an defekten Plat-

ten zu kompensieren, sind die Inhalte des Pools verloren und müssen von der Sicherung wiederhergestellt werden.

Kapitel 21.

Dateisystemunterstützung

Geschrieben von Tom Rhodes.

Übersetzt von Benedict Reuschling und Daniel Seuffert.

21.1. Übersicht

Dateisysteme sind ein wesentlicher Bestandteil von Betriebssystemen. Sie erlauben es Benutzern, Dateien zu laden und zu speichern, ermöglichen den Zugriff auf Daten und machen Festplatten überhaupt erst nützlich. Betriebssysteme unterscheiden sich normalerweise bei dem mitgelieferten Dateisystem. Traditionell ist dies unter FreeBSD das Unix File System UFS, welches mit UFS2 modernisiert wurde. Seit FreeBSD 7.0 steht auch das Z-Dateisystem (ZFS) als natives Dateisystem zur Verfügung. Hierzu finden Sie in [Kapitel 20, Das Z-Dateisystem \(ZFS\)](#) weitere Informationen.

FreeBSD unterstützt auch eine Vielzahl weiterer Dateisysteme, um auf Daten von anderen Betriebssystemen lokal zuzugreifen, beispielsweise Daten auf USB-Speichermedien, Flash-Speichern und Festplatten. Dazu gehört die Unterstützung für das Linux® Extended File System (EXT) und das Reiser Dateisystem.

Es gibt verschiedene Stufen der Unterstützung in FreeBSD für diese unterschiedlichen Dateisysteme. Manche benötigen ein geladenes Kernelmodul, andere die Installation bestimmter Werkzeuge. Einige Dateisysteme haben volle Unterstützung für Lese- und Schreibzugriffe, während auf andere nur lesend zugegriffen werden kann.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, wissen Sie:

- Den Unterschied zwischen nativen und unterstützten Dateisystemen.
- Welche Dateisysteme von FreeBSD unterstützt werden.
- Wie man fremde Dateisysteme aktiviert, konfiguriert, darauf zugreift und diese verwendet.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Grundlagen von UNIX® und FreeBSD verstehen ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)).
- Mit den Grundlagen der Konfiguration und dem Bauen des Kernels vertraut sein ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).
- Problemlos Software von Drittherstellern in FreeBSD installieren können ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).
- Sich ein wenig mit Festplatten, Speicher und Gerätenamen in FreeBSD auskennen ([Kapitel 18, Speichermedien](#)).

21.2. Linux® Dateisysteme

FreeBSD bietet integrierte Unterstützung für einige Linux®-Dateisysteme. Dieser Abschnitt demonstriert, wie der Support aktiviert und die unterstützten Linux®-Dateisysteme eingehangen werden.

21.2.1. ext2

Seit FreeBSD 2.2 ist eine Kernel-Unterstützung für das ext2-Dateisystem vorhanden. In FreeBSD 8.x und früheren Versionen wurde der Code noch unter der GPL lizenziert. Der Code wurde neu geschrieben und steht seit FreeBSD 9.0 unter der BSD-Lizenz.

Der [ext2fs\(5\)](#)-Treiber erlaubt dem FreeBSD Kernel sowohl Lese-, als auch Schreibzugriffe auf ext2-Dateisysteme.



Anmerkung

Dieser Treiber kann auch für den Zugriff auf ext3 und ext4 Dateisysteme verwendet werden. Allerdings werden ext3-Journale und erweiterte Attribute nicht unterstützt. ext4 wird nur-lesend unterstützt.

Um auf ein ext-Dateisystem zuzugreifen, muss zuerst das entsprechende Kernelmodul geladen werden:

```
# kldload ext2fs
```

Mounten Sie anschließend das ext-Volume unter Angabe des FreeBSD Partitionsnamens und eines existierenden Mountpunktes. Dieses Beispiel hängt `/dev/ad1s1` nach `/mnt` ein:

```
# mount -t ext2fs /dev/ad1s1 /mnt
```

21.2.2. ReiserFS

FreeBSD bietet Nur-Lese-Unterstützung für das Reiser-Dateisystem ReiserFS.

Den Treiber für [reiserfs\(5\)](#) laden Sie wie folgt:

```
# kldload reiserfs
```

Mounten Sie anschließend das auf `/dev/ad1s1` befindliche ReiserFS-Volume:

```
# mount -t reiserfs /dev/ad1s1 /mnt
```

Kapitel 22. Virtualisierung

Beigetragen von Murray Stokely.

bhyve Abschnitt beigetragen von Allan Jude.

Übersetzt von Oliver Peter.

22.1. Übersicht

Virtualisierungssoftware erlaubt es, mehrere Betriebssysteme gleichzeitig auf dem selben Computer laufen zu lassen. Derartige Softwaresysteme für PCs setzen in der Regel ein Host-Betriebssystem voraus, auf dem die Virtualisierungssoftware läuft und unterstützen eine nahezu beliebige Anzahl von Gast-Betriebssystemen.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben,

- Kennen Sie den Unterschied zwischen einem Host-Betriebssystem und einem Gast-Betriebssystem.
- Können Sie FreeBSD auf einem Intel®-basierenden Apple® Mac® installieren.
- Können Sie FreeBSD unter Microsoft® Windows® und Virtual PC installieren.
- Wissen Sie, wie man ein virtualisiertes FreeBSD-System für optimale Leistung konfiguriert.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- Die [Grundlagen von UNIX® und FreeBSD](#) verstehen.
- Wissen, wie Sie [FreeBSD installieren](#) können.
- Wissen, wie Sie eine [Netzwerkverbindung konfigurieren](#).
- Wissen, wie Sie [zusätzliche Software installieren](#) können.

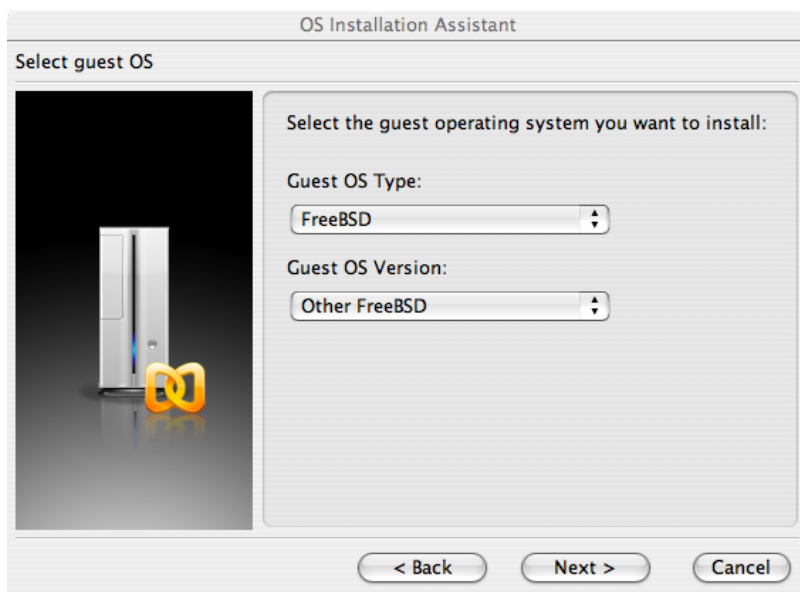
22.2. FreeBSD als Gast-Betriebssystem

22.2.1. Parallels unter Mac OS® X

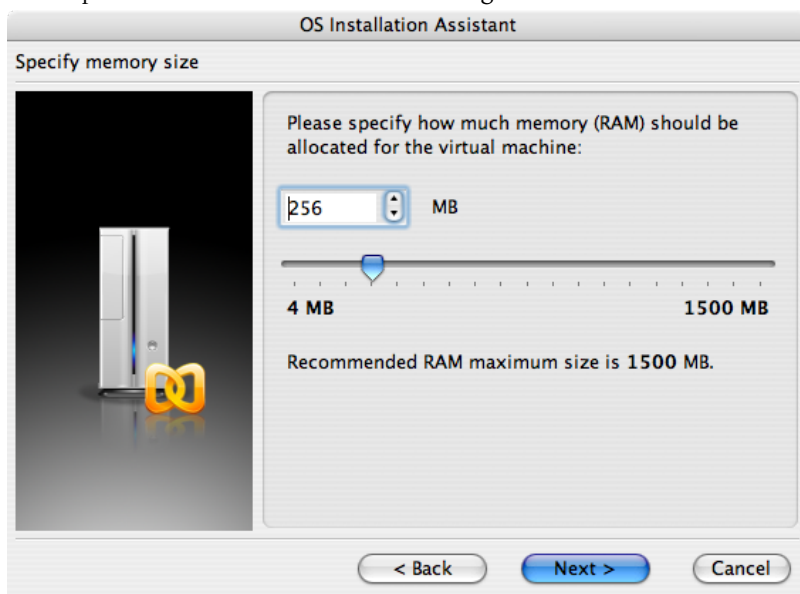
Parallels Desktop für Mac® ist ein kommerzielles Softwareprodukt, welches für Intel®-basierende Apple® Mac®-Computer mit Mac OS® X 10.4.6 oder höher verfügbar ist. FreeBSD wird von diesem Softwarepaket als Gast-Betriebssystem vollständig unterstützt. Nach der Installation von Parallels auf Mac OS® X konfigurieren Sie als erstes eine virtuelle Maschine, in der Sie danach das gewünschte Gast-Betriebssystem (in unserem Fall FreeBSD) installieren.

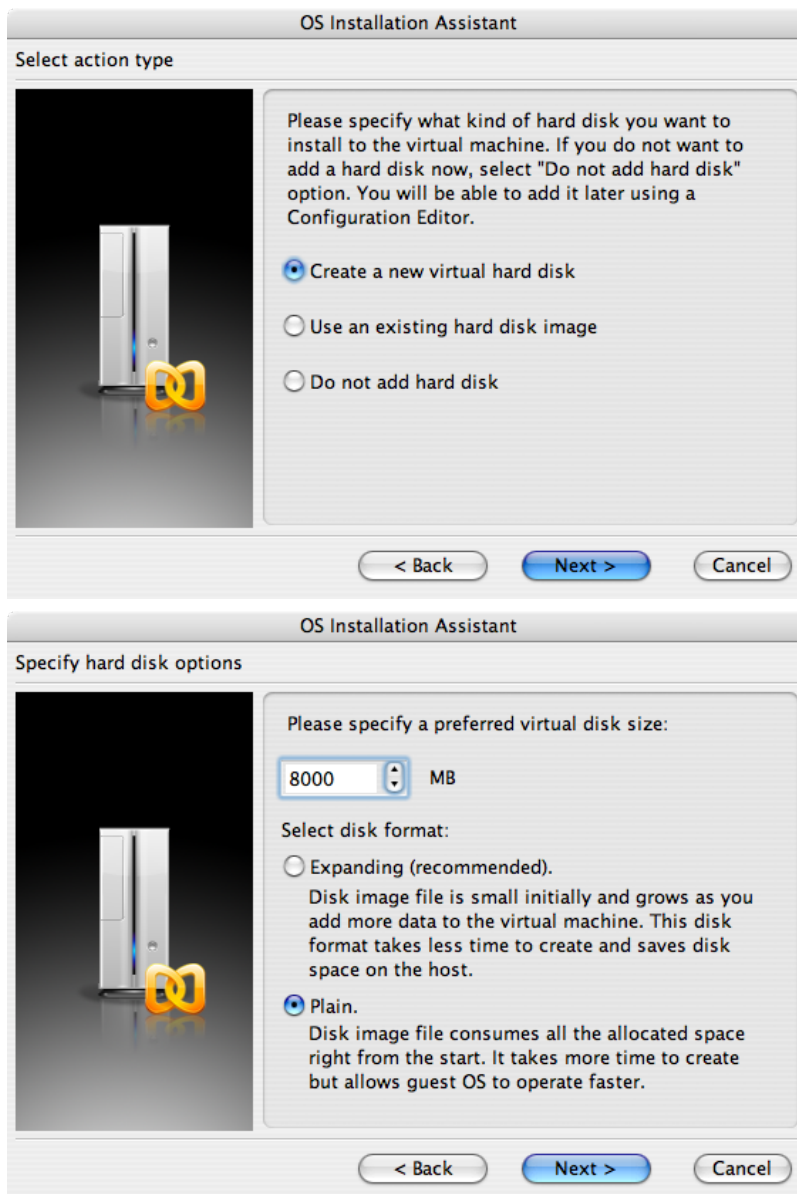
22.2.1.1. Installation von FreeBSD unter Parallels/Mac OS® X

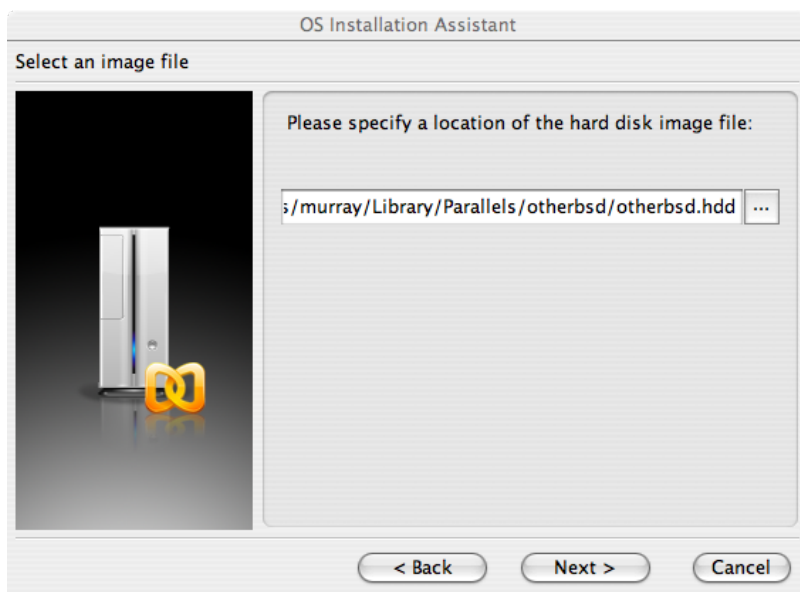
Der erste Schritt bei der Installation von FreeBSD unter Parallels ist es, eine virtuelle Maschine zu konfigurieren, in der Sie FreeBSD installieren können. Dazu wählen Sie bei der Frage nach dem Guest OS Type FreeBSD aus:



Legen Sie geeignete Größen für Festplatten- und Arbeitsspeicher für die zu erstellende FreeBSD-Instanz fest. 4 GB Plattenplatz sowie 512 MB RAM sind in der Regel für die Arbeit unter Parallels ausreichend:

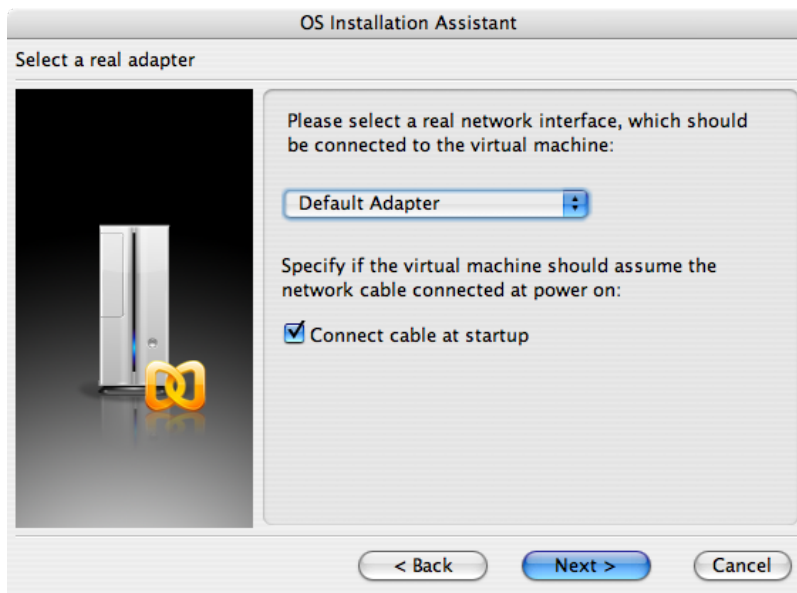




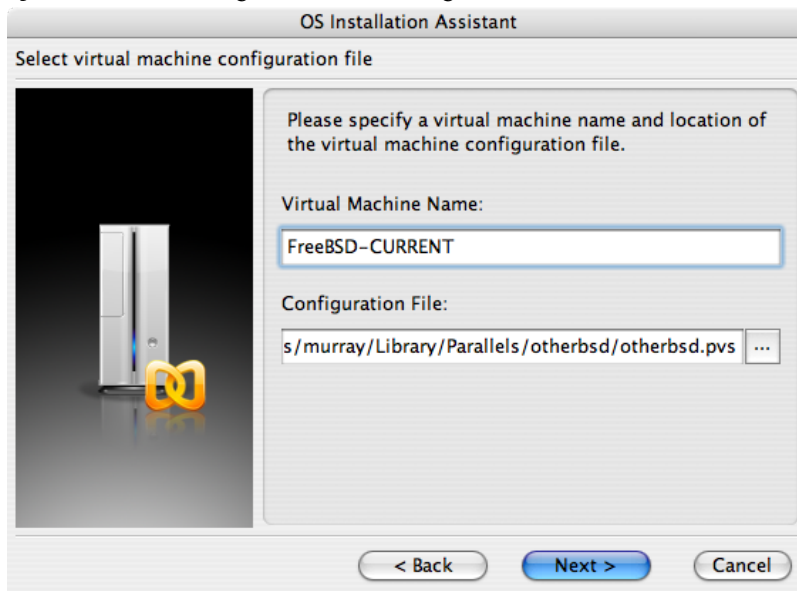


Wählen Sie den gewünschten Netzwerktyp aus und konfigurieren Sie Ihre Netzwerkverbindung:



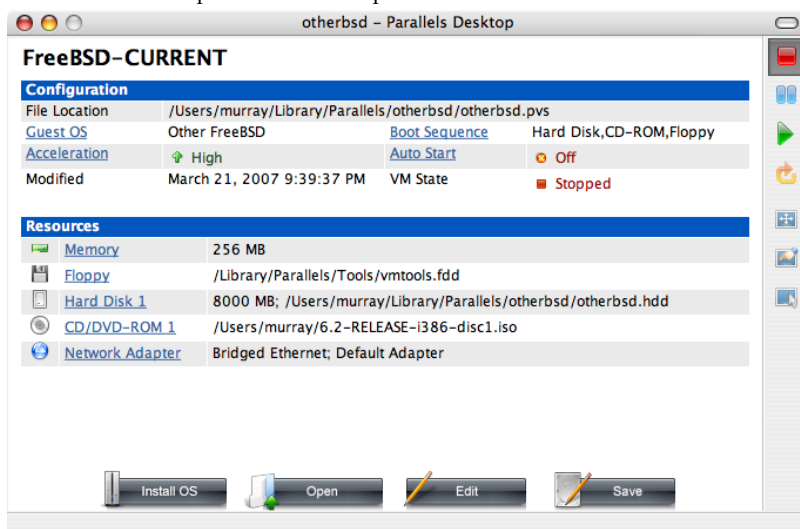


Speichern Sie Ihre Eingaben, um die Konfiguration abzuschließen:

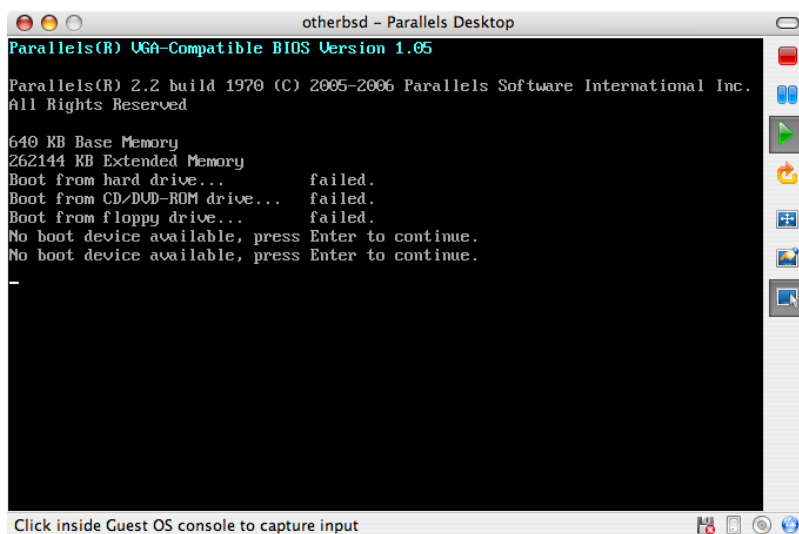




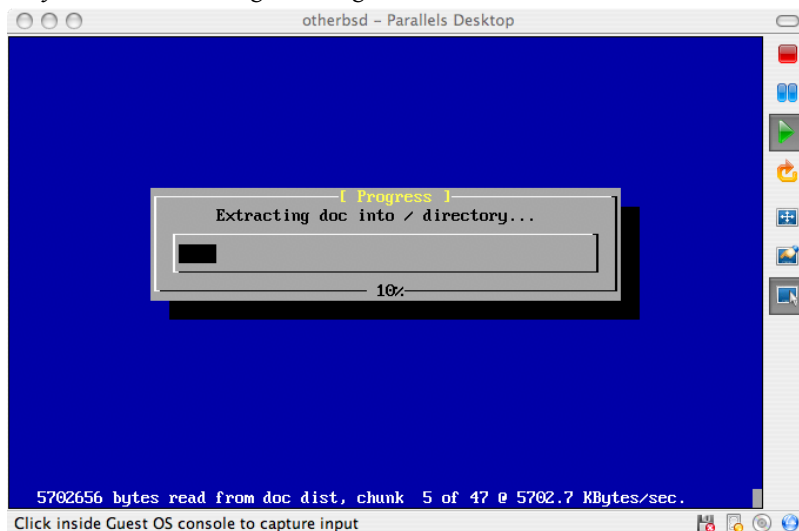
Nachdem Sie die virtuelle Maschine erstellt haben, installieren Sie im nächsten Schritt FreeBSD in dieser virtuellen Maschine. Dazu verwenden Sie am besten eine offizielle FreeBSD-CDROM oder Sie laden von einem offiziellen FTP-Server ein ISO-Abbild auf Ihren Mac® herunter. Danach klicken Sie auf das Laufwerksymbol in der rechten unteren Ecke des Parallels-Fensters, um das virtuelle Laufwerk mit dem ISO-Abbild oder mit dem physikalischen CD-ROM-Laufwerk des Computers zu verknüpfen.



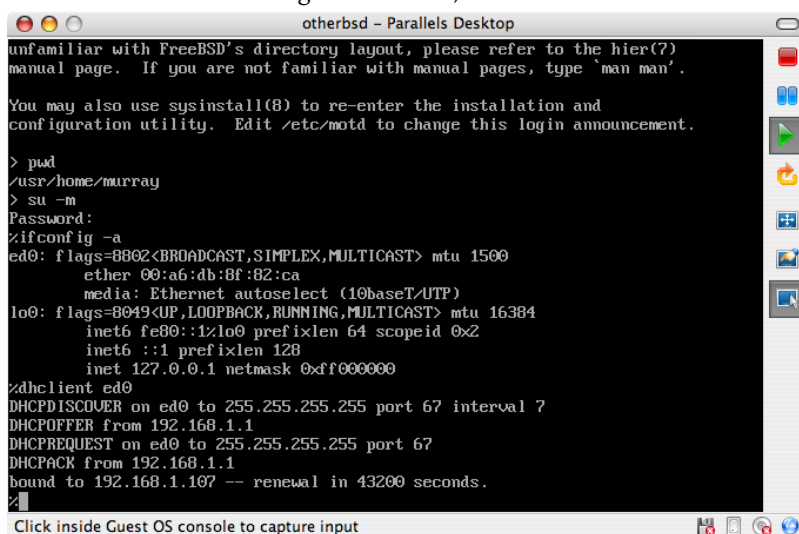
Nachdem Sie diese Verknüpfung hergestellt haben, starten sie die virtuelle FreeBSD-Maschine neu, indem Sie auf das Symbol „Neustarten“ klicken. Parallels startet nun ein Spezial-BIOS, das zuerst prüft, ob eine CD-ROM eingelegt wurde.



In diesem Fall findet das BIOS ein FreeBSD-Installationsmedium und beginnt eine normale Installation. Versuchen Sie jetzt noch nicht Xorg zu konfigurieren.



Nachdem die Installation abgeschlossen ist, können Sie die virtuelle FreeBSD-Maschine starten.



22.2.1.2. FreeBSD für den Einsatz unter Parallels konfigurieren

Nachdem FreeBSD erfolgreich unter Mac OS® X mit Parallels installiert wurde, sollten Sie das virtuelle FreeBSD-System für virtualisierte Operationen optimieren:

1. Setzen der Bootloader-Variablen

Die wichtigste Änderung ist es, die Variable `kern.hz` zu verkleinern, um so die CPU-Auslastung in der Parallels-Umgebung zu verringern.

```
kern.hz=100
```

Ohne diese Einstellung kann ein unbeschäftigtes FreeBSD unter Parallels trotzdem rund 15 Prozent der CPU-Leistung eines Single Prozessor iMac®'s verbrauchen. Nach dieser Änderung reduziert sich dieser Wert auf etwa 5 Prozent.

2. Erstellen einer neuen Kernelkonfigurationsdatei

Sie können alle SCSI-, FireWire- und USB-Laufwerks-Treiber entfernen. Parallels stellt einen virtuellen Netzwerkadapter bereit, der den `ed(4)`-Treiber verwendet. Daher können alle Netzwerkgeräte bis auf `ed(4)` und `miibus(4)` aus dem Kernel entfernt werden.

3. Netzwerkbetrieb einrichten

Die einfachste Netzwerkkonfiguration ist der Einsatz von DHCP, um die virtuelle Maschine mit dem gleichen lokalen Netzwerk, in dem sich der Host-Mac® befindet, zu verbinden. Dazu fügen Sie die Zeile `ifconfig_ed0="DHCP"` in `/etc/rc.conf` ein. Weitere Informationen zur Konfiguration des Netzwerks unter FreeBSD finden Sie im [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkhemen](#).

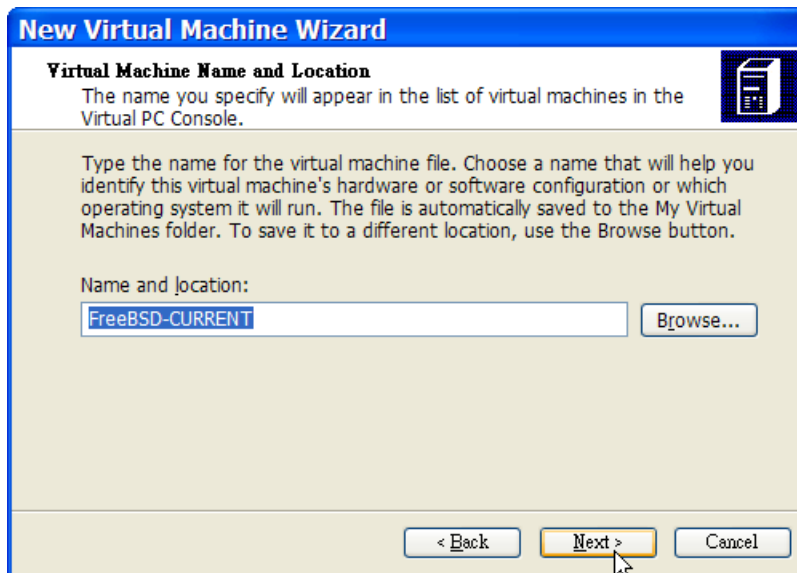
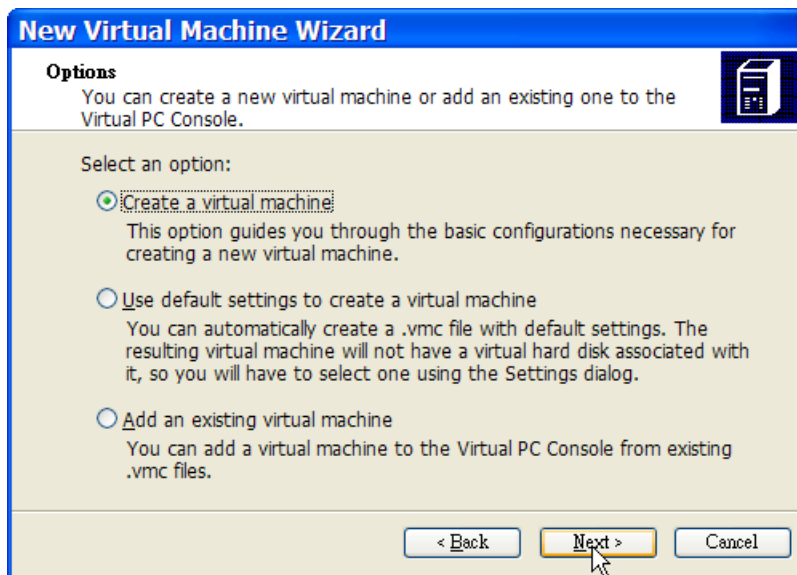
22.2.2. Virtual PC unter Windows®

Übersetzt von Johann Kois.

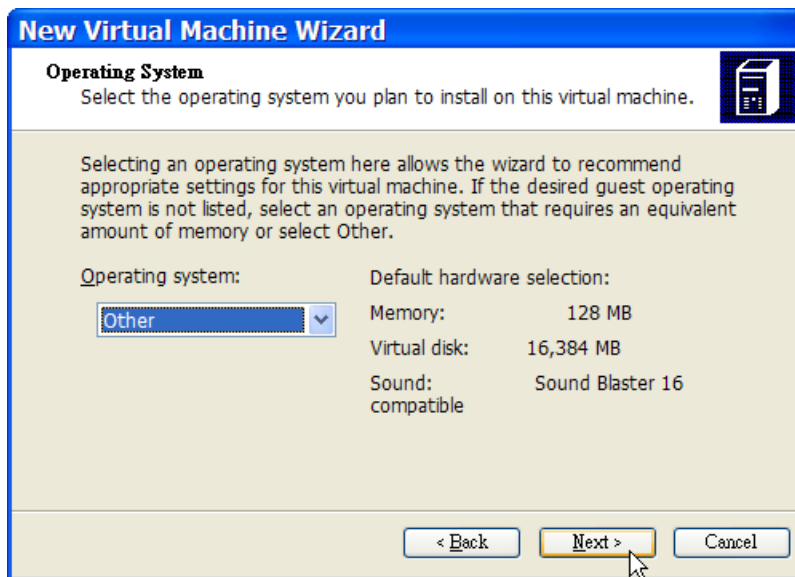
Virtual PC für Windows® wird von Microsoft® kostenlos zum Download angeboten. Die Systemanforderungen für dieses Programm finden Sie [hier](#). Nachdem Virtual PC unter Microsoft® Windows® installiert wurde, muss eine virtuelle Maschine konfiguriert und das gewünschte Betriebssystem installiert werden.

22.2.2.1. FreeBSD in Virtual PC installieren

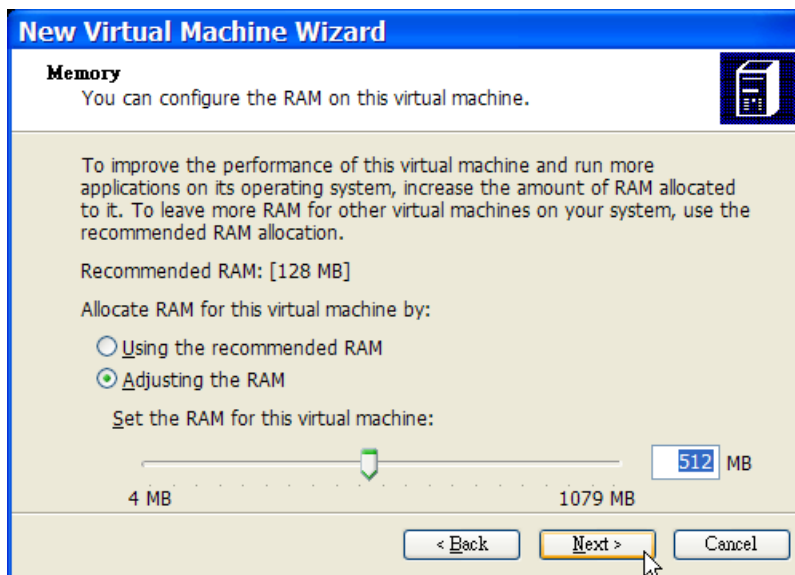
Der erste Schritt zur Installation von FreeBSD in Virtual PC ist es, eine neue virtuelle Maschine zu erstellen, in die Sie FreeBSD installieren können. Dazu wählen Sie die Option Create a virtual machine, wenn Sie danach gefragt werden:

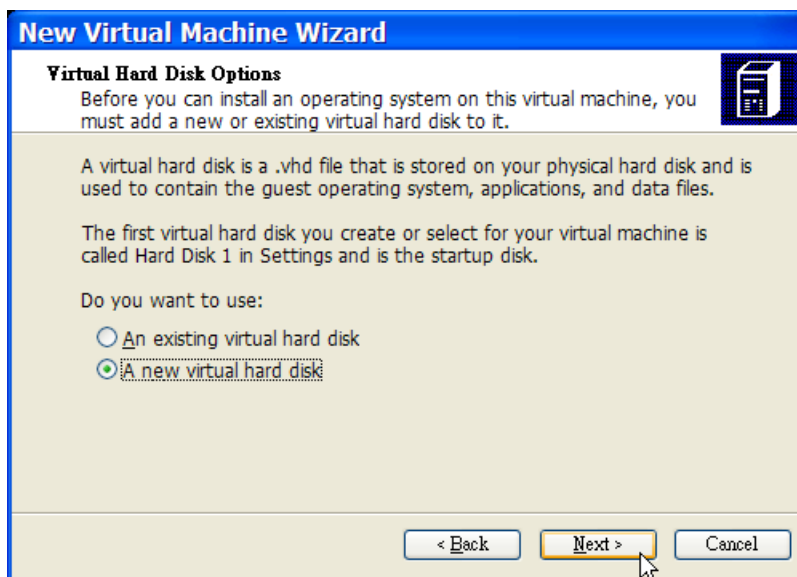


Bei der Frage nach dem Operating system wählen Sie Other:

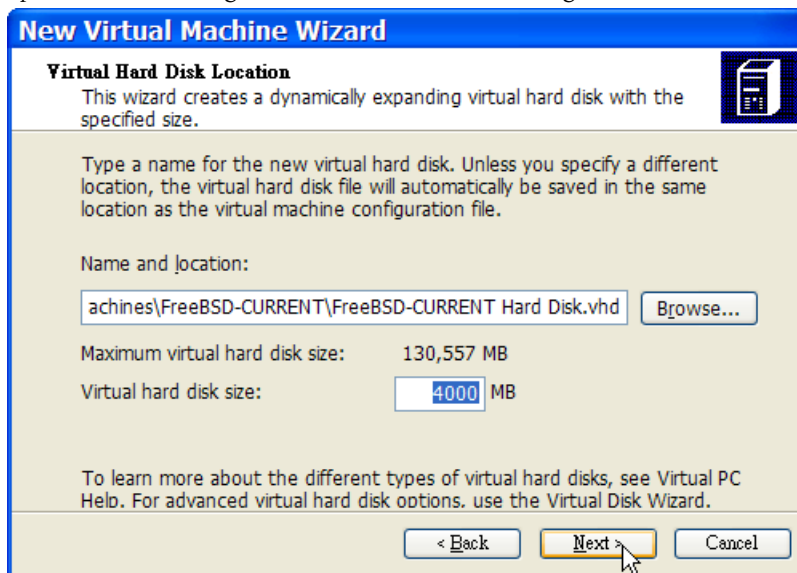


Danach müssen Sie den gewünschten Plattenplatz sowie die Größe des Hauptspeichers angeben. 4 GB Plattenplatz sowie 512 MB RAM sollten für die Installation von FreeBSD in Virtual PC ausreichend sein:

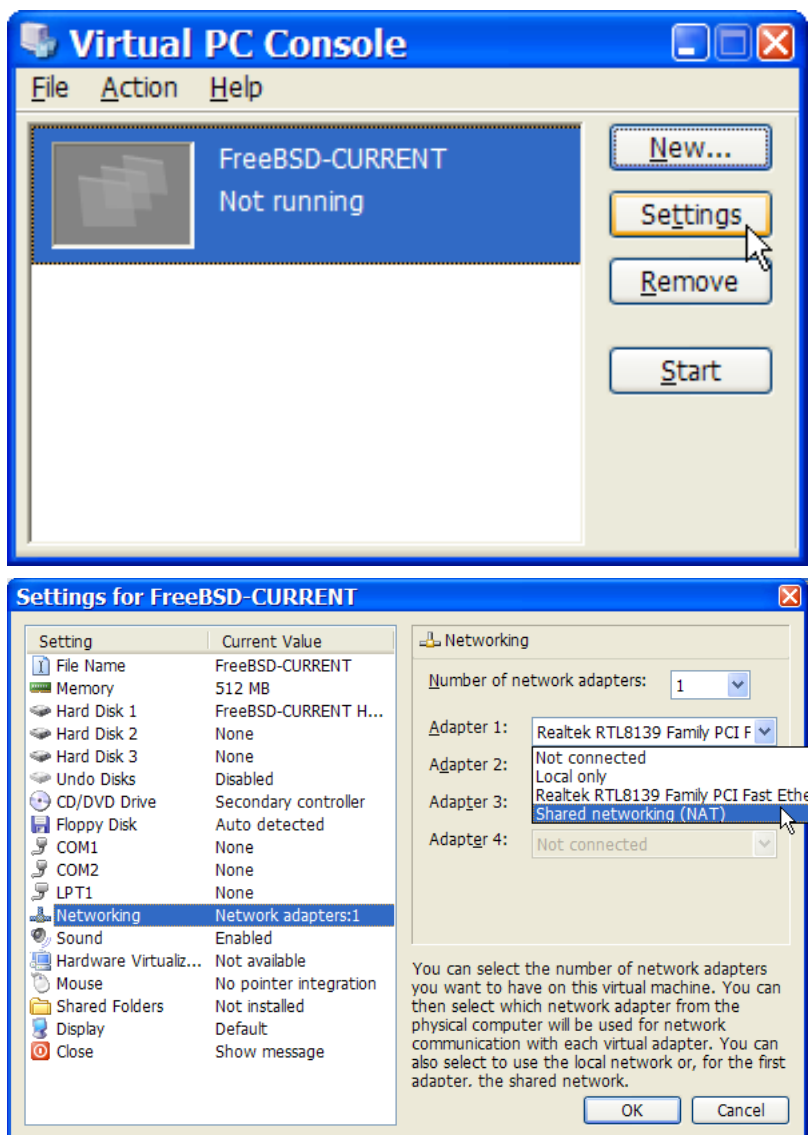




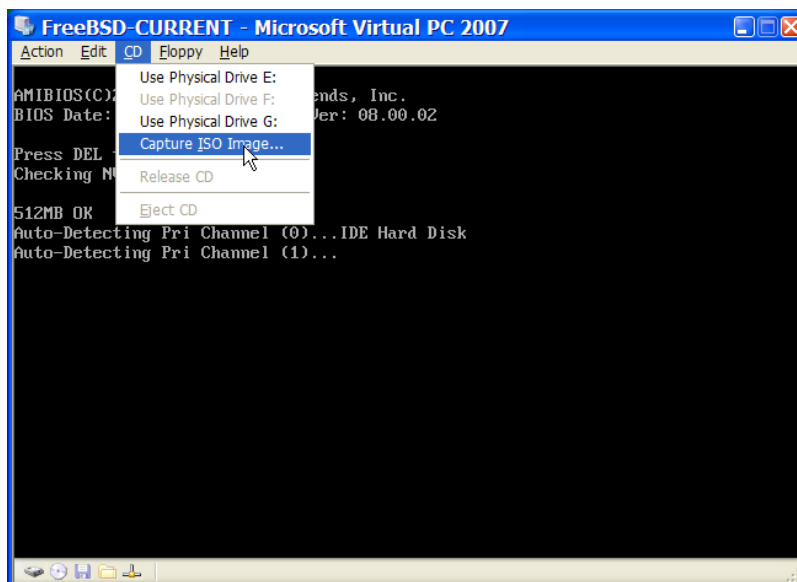
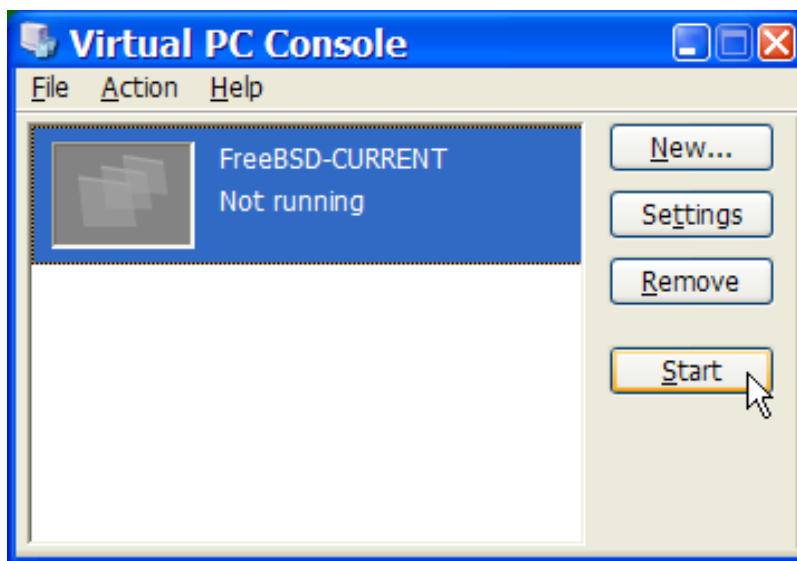
Speichern Sie die Eingaben und beenden Sie die Konfiguration:



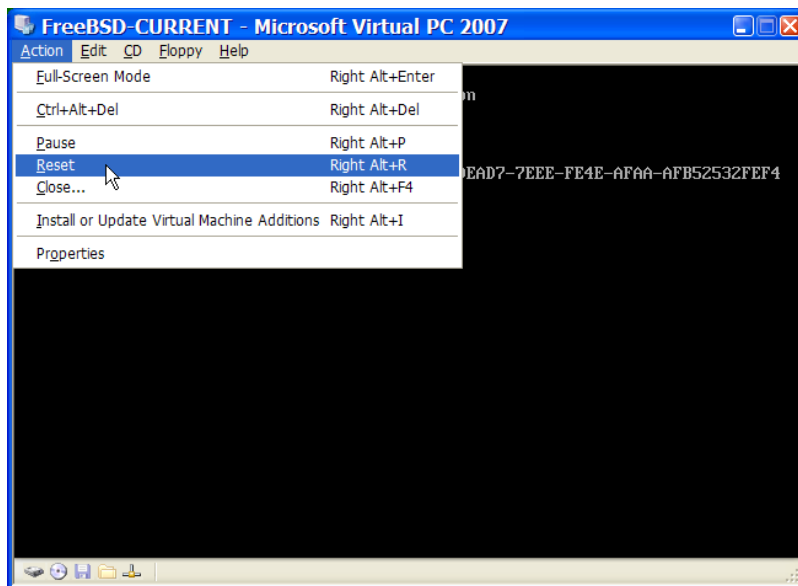
Wählen Sie nun die für FreeBSD erstellte virtuelle Maschine aus und klicken Sie auf Settings, um das Netzwerk zu konfigurieren:



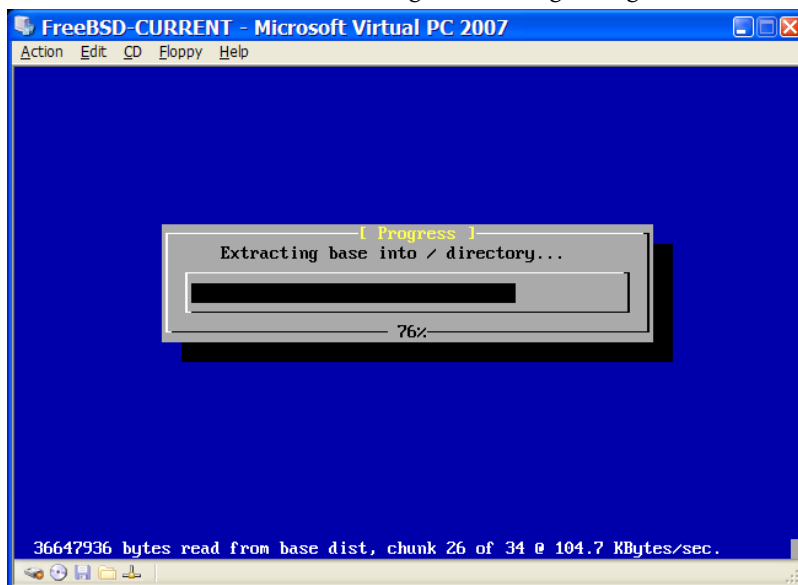
Nachdem die virtuelle Maschine erstellt wurde, können Sie FreeBSD installieren. Dazu verwenden Sie am besten eine offizielle FreeBSD-CD-ROM oder ein ISO-Image, das Sie von einem offiziellen FreeBSD-FTP-Server heruntergeladen haben. Wenn Sie ein ISO-Image auf der Festplatte gespeichert haben, oder eine FreeBSD-CD-ROM in das CD-Laufwerk eingelegt haben, doppelklicken Sie auf die virtuelle Maschine, die Sie für FreeBSD angelegt haben. Danach klicken Sie auf CD und wählen die Option Capture ISO Image... im Virtual PC-Fenster. Danach können Sie im folgenden Fenster das CD-Laufwerk mit dem physikalischen CD-Laufwerk oder mit dem ISO-Image verknüpfen.



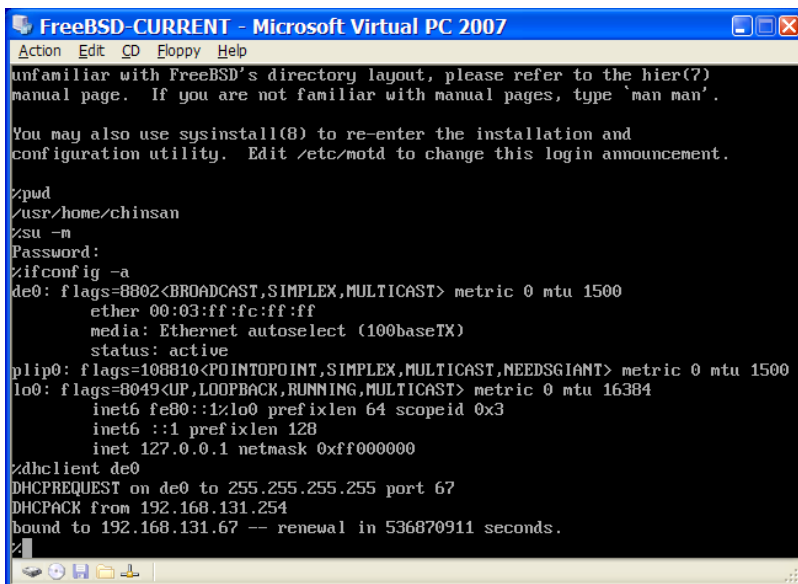
Danach starten Sie die virtuelle Maschine neu, indem Sie zuerst auf Action und danach auf Reset klicken. Virtual PC startet die virtuelle Maschine nun neu und prüft zuerst, ob die virtuelle Maschine über ein CD-Laufwerk verfügt.



Da dies hier der Fall ist, beginnt nun eine normale FreeBSD-Installation. Sie können FreeBSD nun installieren, aber verzichten Sie an dieser Stelle unbedingt auf die Xorg-Konfiguration.



Nachdem die Installation abgeschlossen ist, entfernen Sie die CD-ROM aus dem Laufwerk (oder lösen die Verknüpfung zum ISO-Image). Danach starten Sie die virtuelle Maschine neu, um FreeBSD zu starten.



```

FreeBSD-CURRENT - Microsoft Virtual PC 2007
Action Edit CD Floppy Help
unfamiliar with FreeBSD's directory layout, please refer to the hier(7)
manual page. If you are not familiar with manual pages, type 'man man'.

You may also use sysinstall(8) to re-enter the installation and
configuration utility. Edit /etc/motd to change this login announcement.

%pwd
/usr/home/chinsan
%su -m
Password:
%ifconfig -a
de0: flags=8802<BROADCAST,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    ether 00:03:ff:fc:ff:ff
    media: Ethernet autoselect (100baseTX)
    status: active
plip0: flags=108810<POINTOPOINT,SIMPLEX,MULTICAST,NEEDSGIANT> metric 0 mtu 1500
lo0: flags=8049<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> metric 0 mtu 16384
    inet6 fe80::1:lo0 prefixlen 64 scopeid 0x3
    inet6 ::1 prefixlen 128
    inet 127.0.0.1 netmask 0xff000000
%dhclient de0
DHCPREQUEST on de0 to 255.255.255.255 port 67
DHCPACK from 192.168.131.254
bound to 192.168.131.67 -- renewal in 536870911 seconds.

```

22.2.2.2. FreeBSD in Virtual PC konfigurieren

Nachdem FreeBSD auf Microsoft® Windows® mit Virtual PC erfolgreich installiert wurde, sollten Sie das virtuelle FreeBSD noch anpassen, um eine optimale Funktion zu gewährleisten.

1. Setzen der Bootloader-Variablen

Die wichtigste Änderung ist es, die Variable `kern.hz` zu verkleinern, um so die CPU-Auslastung in der Virtual PC-Umgebung zu verringern. Dazu fügen Sie die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` ein:

```
kern.hz=100
```

Ohne diese Einstellung kann ein unbeschäftigtes FreeBSD unter Virtual PC trotzdem rund 40 Prozent der CPU-Leistung eines Ein-Prozessor-Systems verbrauchen. Nach dieser Änderung reduziert sich dieser Wert auf etwa 3 Prozent.

2. Erstellen einer neuen Kernelkonfigurationsdatei

Alle SCSI-, FireWire- und USB-Laufwerks-Treiber können aus der Kernelkonfigurationsdatei entfernt werden. Virtual PC stellt einen virtuellen Netzwerkadapter bereit, der den `de(4)`-Treiber verwendet. Daher können alle Netzwerkgeräte bis auf `de(4)` und `miibus(4)` aus dem Kernel entfernt werden.

3. Das Netzwerk einrichten

Die einfachste Netzwerkkonfiguration nutzt von DHCP, um die virtuelle Maschine mit dem gleichen lokalen Netzwerk, in dem sich der Host-Microsoft® Windows® befindet, zu verbinden. Dazu fügen Sie die Zeile `ifconfig_de0="DHCP"` in `/etc/rc.conf` ein. Weitere Informationen zur Konfiguration des Netzwerks unter FreeBSD finden Sie in [???](#).

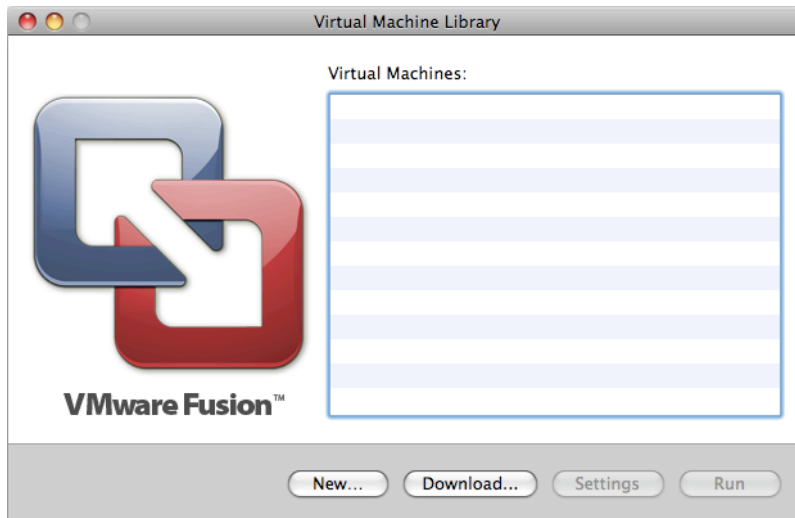
22.2.3. VMware Fusion unter Mac OS®

Übersetzt von Johann Kois.

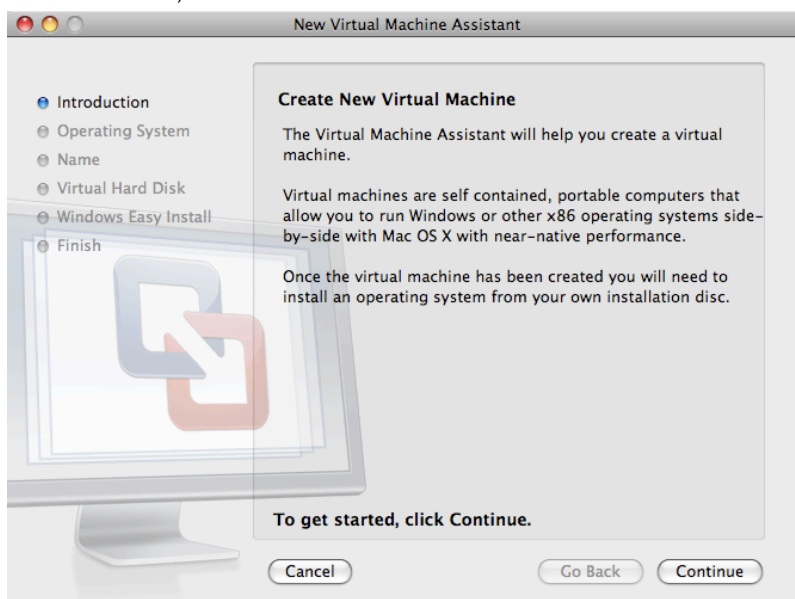
VMware Fusion für Mac® ist ein kommerzielles Programm, das für Intel® basierte Apple® Mac®-Computer mit Mac OS® 10.4.9 oder neuer erhältlich ist. FreeBSD wird von diesem Produkt vollständig als Gast-Betriebssystem unterstützt. Nachdem Sie VMware Fusion unter Mac OS® X installiert haben, können Sie eine virtuelle Maschine konfigurieren und das gewünschte Gastbetriebssystem installieren.

22.2.3.1. FreeBSD in VMware Fusion installieren

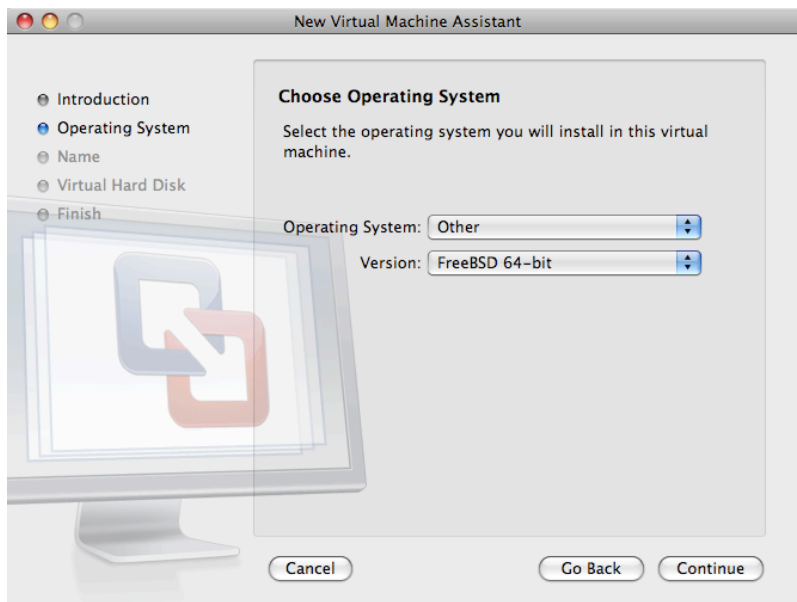
Zuerst müssen Sie VMware Fusion starten, um eine virtuelle Maschine zu erstellen. Dazu wählen Sie die Option New:



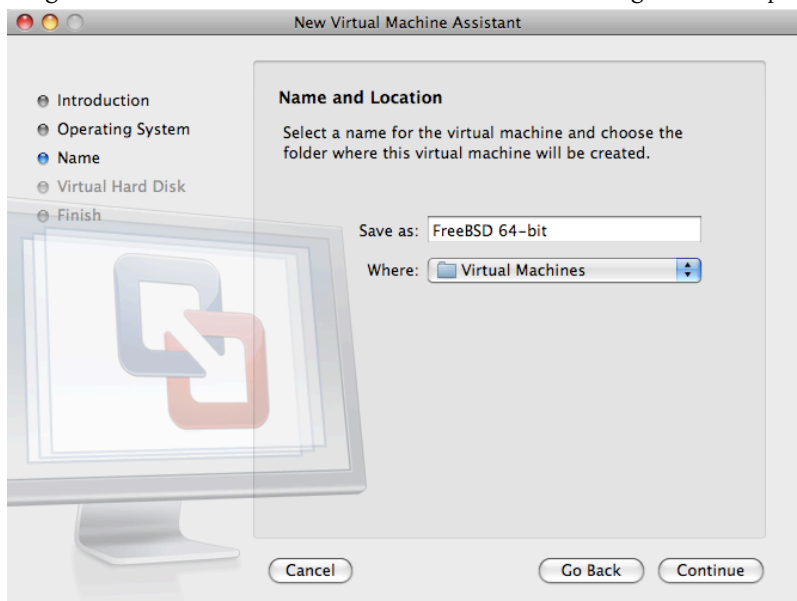
Dadurch wird ein Assistent gestartet, der bei der Erzeugung einer neuen virtuellen Maschine behilflich ist. Klicken Sie auf Continue, um den Prozess zu starten:



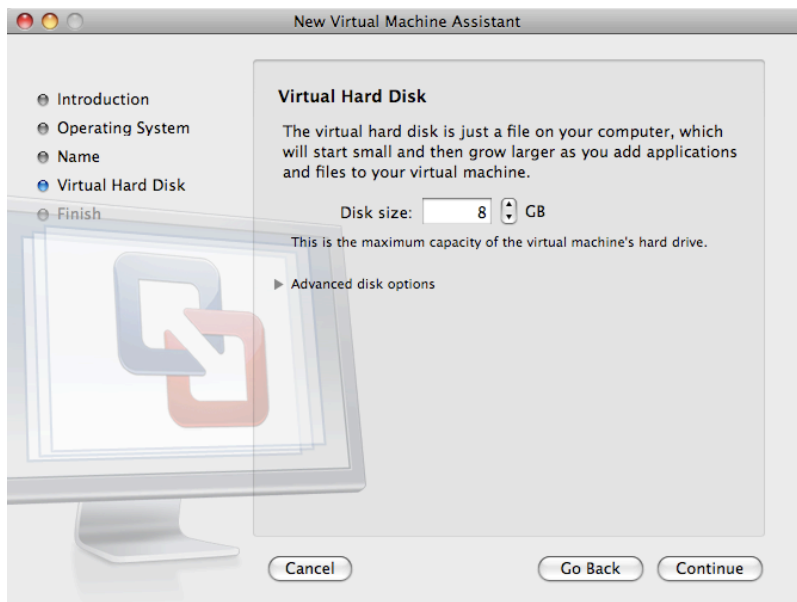
Wählen Sie Other als das Operating System, danach FreeBSD oder FreeBSD 64-bit, je nach dem, welche Version Sie installieren wollen, wenn Sie nach der zu installierenden Version gefragt werden:



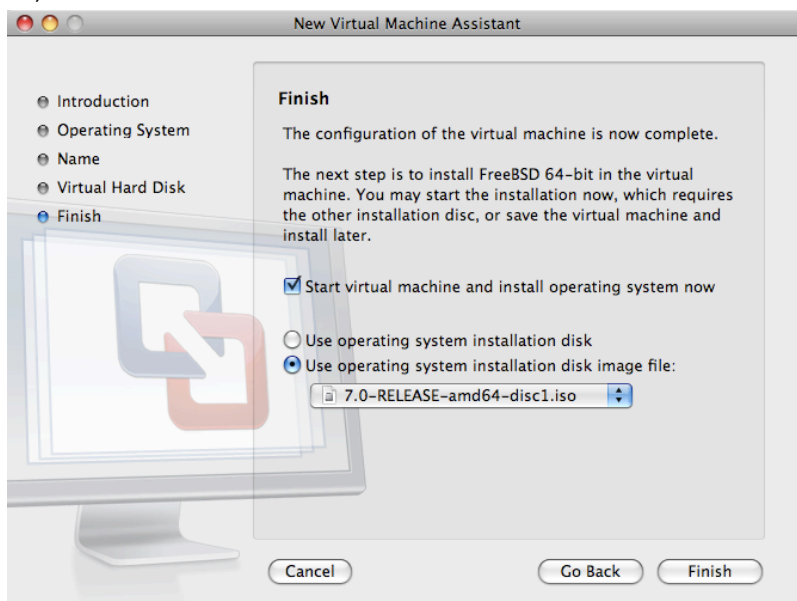
Vergeben Sie einen Namen für die virtuelle Maschine und legen Sie den Speicherort fest:



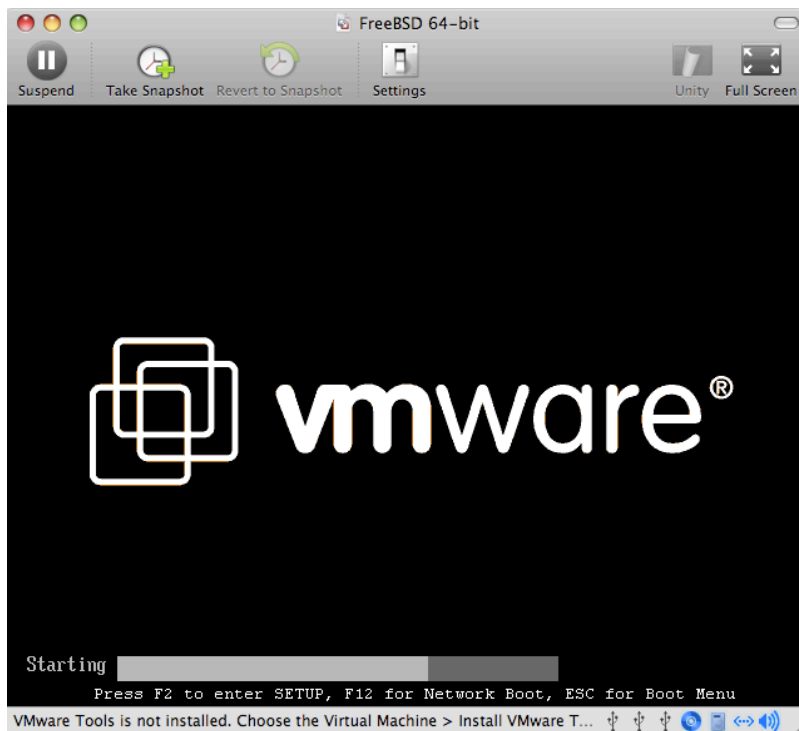
Legen Sie die Größe der virtuellen Festplatte für die virtuelle Maschine fest:



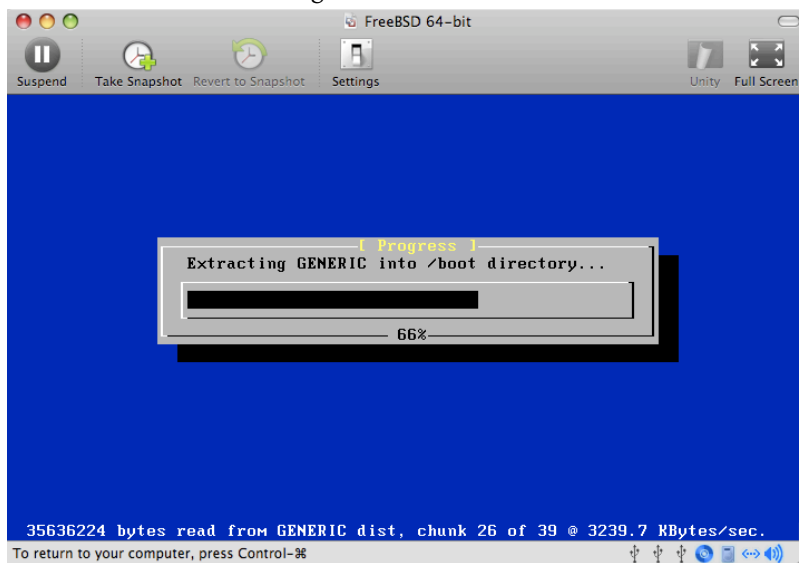
Wählen Sie die Installationsmethode für die virtuelle Maschine. Entweder von einem ISO-Abbild oder von einer CD/DVD:



Nachdem Sie auf Finish geklickt haben, wird die virtuelle Maschine gestartet:



Nun können Sie FreeBSD wie gewohnt installieren:

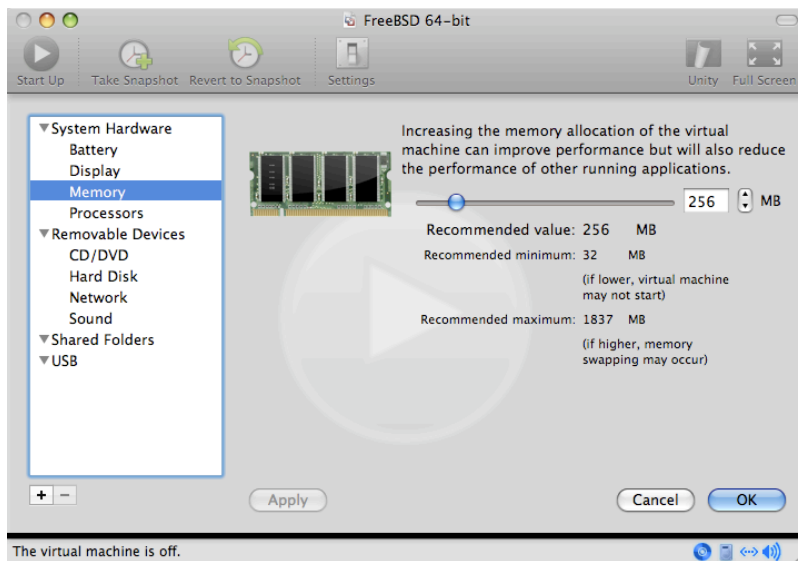


Nachdem die Installation abgeschlossen ist, können noch verschiedene Parameter der virtuellen Maschine, wie etwa der Speicherverbrauch, konfiguriert werden:

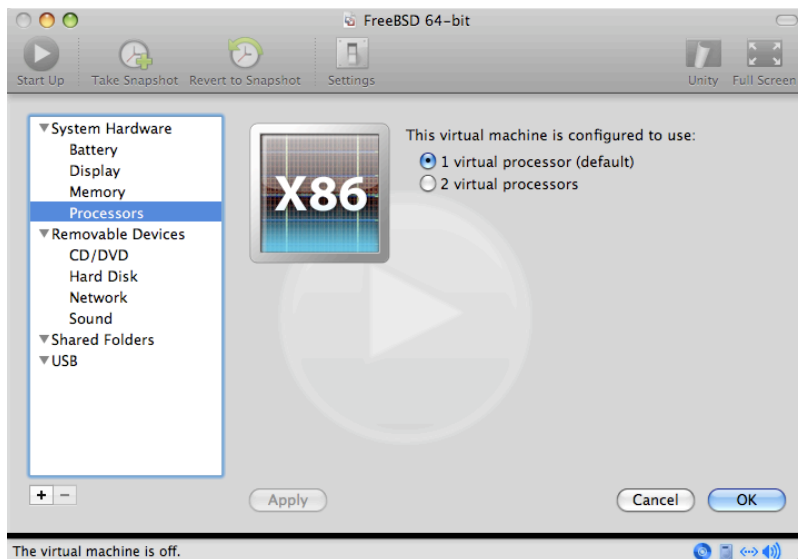


Anmerkung

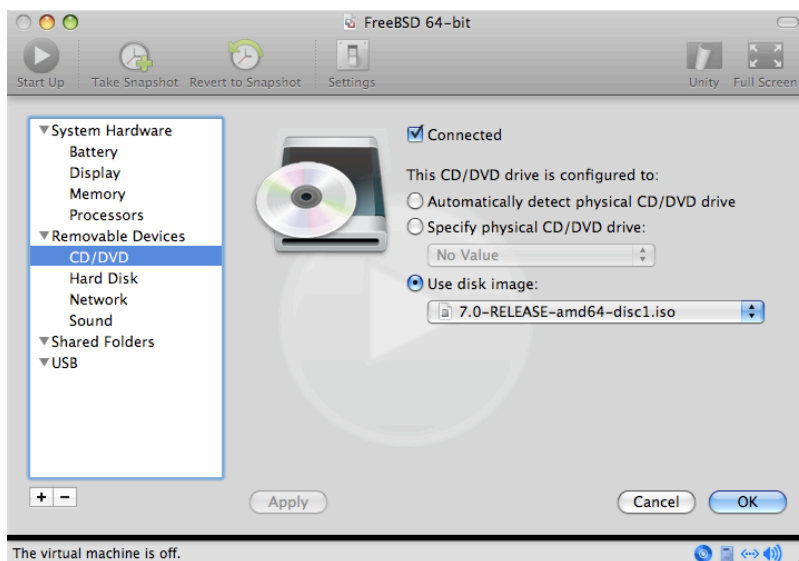
Die Hardware der virtuellen Maschine kann nicht geändert werden, solange die virtuelle Maschine läuft.



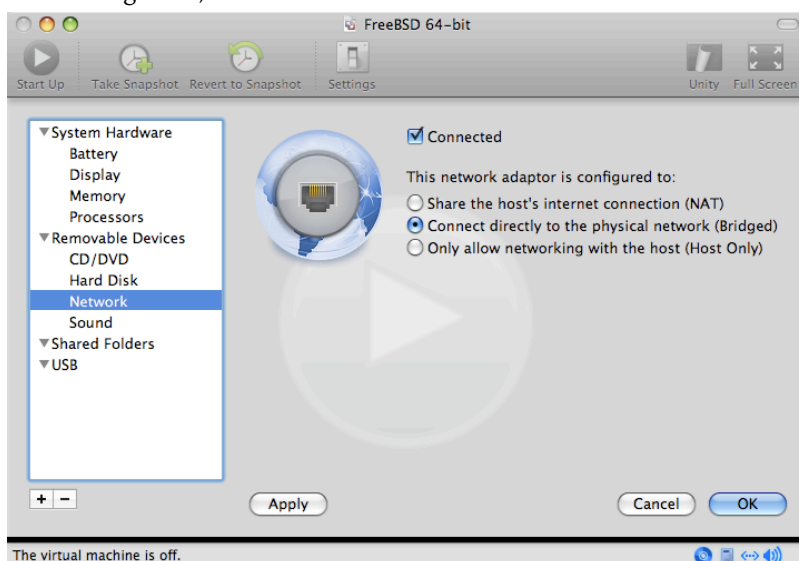
Die Anzahl der CPUs der virtuellen Maschine:



Den Status des CD-Laufwerks. Sie können die CD/DVD/ISO von der virtuellen Maschine lösen, wenn Sie es nicht benötigen.



Zuletzt sollten Sie noch festlegen, wie sich die virtuelle Maschine mit dem Netzwerk verbinden soll. Sollen neben dem Gastsystem auch andere Rechner auf die virtuelle Maschine zugreifen können, muss die Option Connect directly to the physical network (Bridged) gewählt werden. Ist dies nicht der Fall, sollte die Option Share the host's internet connection (NAT) gewählt werden. In dieser Einstellung kann die virtuelle Maschine zwar auf das Internet zugreifen, andere Rechner dürfen aber nicht auf die virtuelle Maschine zugreifen.



Nachdem die Konfiguration abgeschlossen ist, kann FreeBSD gestartet werden.

22.2.3.2. FreeBSD unter VMware Fusion konfigurieren

Nachdem Sie FreeBSD erfolgreich unter VMware Fusion installiert haben, sollten Sie das virtuelle FreeBSD noch anpassen, um eine optimale Funktion zu gewährleisten.

1. Die wichtigste Änderung ist es, die Variable `kern.hz` zu verkleinern, um so die CPU-Auslastung in der VMware Fusion-Umgebung zu verringern.

```
kern.hz=100
```

Ohne diese Einstellung kann ein unbeschäftigtes FreeBSD unter VMware Fusion trotzdem rund 15 Prozent der CPU-Leistung eines Single Prozessor iMac®'s verbrauchen. Nach dieser Änderung reduziert sich dieser Wert auf etwa 5 Prozent.

2. Erstellen einer neuen Kernelkonfigurationsdatei

Alle FireWire- und USB-Laufwerks-Treiber können aus der Kernelkonfigurationsdatei entfernt werden. VMware Fusion stellt einen virtuellen Netzwerkadapter bereit, der den `em(4)`-Treiber verwendet. Daher können alle Netzwerkgeräte bis auf `em(4)` und `miibus(4)` aus dem Kernel entfernt werden.

3. Netzwerkbetrieb einrichten

Die einfachste Netzwerkkonfiguration verwendet DHCP, um die virtuelle Maschine mit dem gleichen lokalen Netzwerk, in dem sich der Host-Mac® befindet, zu verbinden. Dazu fügen Sie die Zeile `ifconfig_em0="DHCP"` in `/etc/rc.conf` ein. Weitere Informationen zur Konfiguration des Netzwerks unter FreeBSD finden Sie im [Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#).

22.2.4. VirtualBox™ Gasterweiterungen auf einem FreeBSD Gast

Die VirtualBox™ Gasterweiterungen bieten Unterstützung für:

- Gemeinsame Zwischenablage.
- Mauszeiger-Integration.
- Zeitsynchronisation mit dem Host.
- Skalierung von Fenstern.
- Nahtloser Modus.

**Anmerkung**

Die folgenden Kommandos werden im FreeBSD Gastsystem ausgeführt.

Installieren Sie das Paket oder den Port [emulators/virtualbox-ose-additions](#) in das FreeBSD Gastsystem. Dieses Beispiel installiert den Port:

```
# cd /usr/ports/emulators/virtualbox-ose-additions
# make install clean
```

Fügen Sie folgende Einträge in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
vboxguest_enable="YES"
vboxservice_enable="YES"
```

Wenn [ntpd\(8\)](#) oder [ntpddate\(8\)](#) verwendet wird um die Uhrzeit zu synchronisieren, dann deaktivieren Sie die Synchronisierung mit dem Host:

```
vboxservice_flags="--disable-timesync"
```

Der `vboxvideo_drv`-Treiber sollte von `Xorg -configure` automatisch erkannt werden. Alternativ kann auch manuell ein entsprechender Eintrag in `/etc/X11/xorg.conf` hinzugefügt werden:

```
Section "Device"
    Identifier "Card0"
    Driver "vboxvideo"
    VendorName "InnoTek Systemberatung GmbH"
    BoardName "VirtualBox Graphics Adapter"
EndSection
```

Um den `vboxmouse_drv`-Treiber zu verwenden, muss `/etc/X11/xorg.conf` ebenfalls angepasst werden:

```
Section "InputDevice"
```

```

    Identifier "Mouse0"
    Driver "vboxmouse"
EndSection

```

Benutzer von HAL sollten die Datei `/usr/local/etc/hal/fdi/policy/90-vboxguest.fdi` erstellen oder sie aus `/usr/local/share/hal/fdi/policy/10osvendor/90-vboxguest.fdi` kopieren:

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<!--
# Sun VirtualBox
# Hal driver description for the vboxmouse driver
# $Id: chapter.xml,v 1.33 2012-03-17 04:53:52 eadler Exp $

Copyright (C) 2008-2009 Sun Microsystems, Inc.

This file is part of VirtualBox Open Source Edition (OSE, as
available from http://www.virtualbox.org. This file is free software;
you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU
General Public License (GPL) as published by the Free Software
Foundation, in version 2 as it comes in the "COPYING" file of the
VirtualBox OSE distribution. VirtualBox OSE is distributed in the
hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY of any kind.

Please contact Sun Microsystems, Inc., 4150 Network Circle, Santa
Clara, CA 95054 USA or visit http://www.sun.com if you need
additional information or have any questions.
-->
<deviceinfo version="0.2">
  <device>
    <match key="info.subsystem" string="pci">
      <match key="info.product" string="VirtualBox guest Service">
        <append key="info.capabilities" type="strlist">input</append>
        <append key="info.capabilities" type="strlist">input.mouse</append>
        <merge key="input.x11_driver" type="string">vboxmouse</merge>
        <merge key="input.device" type="string">/dev/vboxguest</merge>
      </match>
    </match>
  </device>
</deviceinfo>

```

22.3. FreeBSD als Host mit Virtualbox

Übersetzt von Benedict Reuschling und Christoph Sold.

VirtualBox™ ist ein vollständiges Virtualisierungspaket, das aktiv weiterentwickelt wird und für die meisten Betriebssysteme einschliesslich Windows®, Mac OS®, Linux® und FreeBSD zur Verfügung steht. Es kann sowohl Windows® als auch UNIX®-ähnliche Gastsysteme betreiben. Es wird als Open Source Software veröffentlicht, jedoch mit Closed-Source-Komponenten in einem separaten Erweiterungspaket. Zu diesen Komponenten gehört Unterstützung für USB 2.0-Geräte. Weitere Informationen finden Sie auf der „[Downloads](#)“-Seite im [VirtualBox™ Wiki](#). Derzeit sind diese Erweiterungen für FreeBSD nicht verfügbar.

22.3.1. VirtualBox™ installieren

VirtualBox™ steht als Paket oder Port in [emulators/virtualbox-ose](#) bereit. Der Port kann mit folgendem Kommando installiert werden:

```

# cd /usr/ports/emulators/virtualbox-ose
# make install clean

```

Eine nützliche Option im Konfigurationsdialog ist die GuestAdditions-Programmsammlung. Diese stellen eine Reihe von nützlichen Eigenschaften in den Gastbetriebssystemen zur Verfügung, wie beispielsweise Mauszeigerintegration (was es ermöglicht, die Maus zwischen dem Host und dem Gast zu teilen ohne eine spezielle Tastenkombi-

bination für diesen Wechsel zu drücken), sowie schnelleres Rendern von Videos, besonders in Windows® Gästen. Diese Gastzusätze sind im Devices-Menü zu finden, nachdem die Installation des Gastbetriebssystems abgeschlossen ist.

Ein paar Konfigurationsänderungen sind notwendig, bevor VirtualBox™ das erste Mal gestartet wird. Der Port installiert ein Kernelmodul in `/boot/modules`, das in den laufenden Kernel geladen werden muss:

```
# kldload vboxdrv
```

Um sicherzustellen, dass das Modul immer nach einem Neustart geladen wird, fügen Sie die folgende Zeile in die Datei `/boot/loader.conf` ein:

```
vboxdrv_load="YES"
```

Um die Kernelmodule für die Unterstützung von Netzwerkbrücken oder *Host-Only* Netzwerken zu laden, fügen Sie folgendes in `/etc/rc.conf` ein und starten Sie den Computer neu:

```
vboxnet_enable="YES"
```

Die Gruppe `vboxusers` wird während der Installation von VirtualBox™ angelegt. Alle Benutzer, die Zugriff auf VirtualBox™ haben sollen, müssen in diese Gruppe aufgenommen werden. `pw` kann benutzt werden, um neue Mitglieder hinzuzufügen:

```
# pw groupmod vboxusers -m yourusername
```

Damit Netzwerkbrücken funktionieren, müssen die in der Voreinstellung eingeschränkten Berechtigungen für `/dev/vboxnetctl` angepasst werden:

```
# chown root:vboxusers /dev/vboxnetctl
# chmod 0600 /dev/vboxnetctl
```

Um diese Berechtigungen dauerhaft zu speichern, fügen Sie folgende Einträge in `/etc/devfs.conf` hinzu:

```
own    vboxnetctl root:vboxusers
perm   vboxnetctl 0600
```

Um VirtualBox™ zu starten, geben Sie folgenden Befehl in der Xorg-Sitzung ein:

```
% VirtualBox
```

Besuchen Sie die offizielle Webseite von VirtualBox™ unter <http://www.virtualbox.org>, um weitere Informationen zur Konfiguration und Verwendung zu erhalten. FreeBSD-spezifische Informationen und Anleitungen zur Fehlerbehebung finden Sie auf der entsprechenden Seite im FreeBSD-Wiki unter <http://wiki.FreeBSD.org/VirtualBox>.

22.3.2. USB Unterstützung für VirtualBox™

Um auf USB-Geräte lesend und schreibend zuzugreifen, müssen Benutzer Mitglied der Gruppe `operator` sein:

```
# pw groupmod operator -m jerry
```

Fügen Sie dann folgenden Eintrag in `/etc/devfs.rules` hinzu. Erstellen Sie die Datei, wenn sie nicht bereits existiert:

```
[system=10]
add path 'usb/*' mode 0660 group operator
```

Um diese neuen Regeln zu laden, fügen Sie folgenden Eintrag in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
devfs_system_ruleset="system"
```

Danach starten Sie `devfs` neu:

```
# service devfs restart
```

USB kann nun im Gastsystem aktiviert werden. Die USB-Geräte sollten nun in den VirtualBox™ Einstellungen sichtbar sein.

22.3.3. Host CD/DVD-Zugriff in VirtualBox™

Ein Gastsystem kann auf die DVD/CD-Laufwerke des Hosts zugreifen. Der Zugriff für die virtuellen Maschinen wird in den Einstellungen von VirtualBox™ konfiguriert. Falls erforderlich, erstellen Sie zunächst ein leeres IDE DVD/CD-Gerät und wählen Sie dann ein entsprechendes Medium für dieses Laufwerk aus. Das Kontrollkästchen Passthrough besagt, dass die virtuelle Maschine die Hardware direkt verwenden kann. Audio-CDs und Brenner funktionieren nur, wenn diese Option ausgewählt ist.

Damit die CD/DVD-Funktionen von VirtualBox™ funktionieren, muss HAL in `/etc/rc.conf` aktiviert und anschließend gestartet werden:

```
hald_enable="YES"
```

```
# service hald start
```

Damit die CD/DVD-Funktionen von Benutzern verwendet werden können, benötigen diese Zugriff auf `/dev/xpt0`, `/dev/cdN` und `/dev/pass N`. Dies wird in der Regel dadurch erreicht, den Benutzer zum Mitglied der Gruppe `operator` zu machen. Die Berechtigungen für diese Geräte werden mit folgenden Zeilen in `/etc/devfs.conf` konfiguriert:

```
perm cd* 0660
perm xpt0 0660
perm pass* 0660
```

```
# service devfs restart
```

22.4. FreeBSD als Host mit bhyve

Übersetzt von Björn Heidotting.

Beginnend mit FreeBSD 10.0-RELEASE ist bhyve, ein BSD-lizenzierter Hypervisor, Teil des Basissystems. Dieser Hypervisor unterstützt eine Reihe von Gastbetriebssystemen, darunter FreeBSD, OpenBSD und viele Linux® Distributionen. Derzeit unterstützt bhyve nur eine serielle Konsole und kann keine graphische Konsole emulieren. bhyve verwendet Offload-Funktionen von neueren CPUs, um manuelle Speicherzuordnungen und Anweisungen zu vermeiden.

Das Design von bhyve erfordert einen Prozessor, der Intel® Extended Page Tables (EPT), AMD® Rapid Virtualization Indexing (RVI) oder Nested Page Tables (NPT) unterstützt. FreeBSD- oder Linux®-Gastsysteme mit mehr als einer vCPU benötigen VMX unrestricted mode support (UG). Die meisten neueren Prozessoren, speziell Intel® Core™ i3/i5/i7 und Intel® Xeon™ E3/E5/E7, unterstützen diese Funktionen. Unterstützung für UG wurde mit Intel's Westmere Mikroarchitektur eingeführt. Eine vollständige Liste der Intel®-Prozessoren mit EPT-Unterstützung finden Sie unter <http://ark.intel.com/search/advanced?s=t&ExtendedPageTables=true>. RVI wird seit der dritten Generation der AMD Opteron™-Prozessoren (Barcelona) unterstützt. Um zu sehen ob der Prozessor bhyve unterstützt, prüfen Sie die Ausgabe von `dmesg` oder `/var/run/dmesg.boot`. Für AMD®-Prozessoren suchen Sie in der Zeile `Features2` nach `POPCNT`. Für Intel®-Prozessoren suchen Sie in der Zeile `VT-x` nach `EPT` und `UG`.

22.4.1. Vorbereitung des Hosts

Der erste Schritt bei der Erstellung einer virtuellen Maschine in bhyve ist die Konfiguration des Host-Systems. Laden Sie zunächst das bhyve Kernelmodul:

```
# kldload vmm
```

Erstellen Sie ein `tap`-Gerät, um dieses mit der Netzwerk-Schnittstelle der virtuellen Maschine zu verbinden. Damit sich die Schnittstelle mit dem Netzwerk verbinden kann, müssen Sie zusätzlich eine Bridge-Schnittstelle erzeugen.

gen, bestehend aus dem `tap`-Gerät und der physikalischen Schnittstelle. In diesem Beispiel wird die physikalische Schnittstelle `igb0` verwendet:

```
# ifconfig tap0 create
# sysctl net.link.tap.up_on_open=1
net.link.tap.up_on_open: 0 -> 1
# ifconfig bridge0 create
# ifconfig bridge0 addm igb0 addm tap0
# ifconfig bridge0 up
```

22.4.2. Ein FreeBSD-Gastsystem erstellen

Erzeugen Sie eine Datei, die als virtuelle Festplatte für das Gastsystem verwendet wird. Geben Sie die Größe und den Namen der virtuellen Festplatte an:

```
# truncate -s 16G guest.img
```

Laden Sie ein Installationsabbild von FreeBSD:

```
# fetch ftp://ftp.freebsd.org/pub/FreeBSD/releases/ISO-IMAGES/10.2/FreeBSD-10.2-RELEASE-
amd64-bootonly.iso
FreeBSD-10.2-RELEASE-amd64-bootonly.iso      100% of 230 MB 570 kBps 06m17s
```

FreeBSD enthält ein Beispielskript um eine virtuelle Maschine in `bhyve` auszuführen. Das Skript wird die virtuelle Maschine starten und sie in einer Schleife ausführen. Sollte die virtuelle Maschine abstürzen, wird sie vom Skript automatisch neu gestartet. Das Skript akzeptiert einige Optionen, um die Konfiguration der virtuellen Maschine zu kontrollieren: `-c` bestimmt die Anzahl der virtuellen CPUs, `-m` begrenzt den verfügbaren Speicher des Gastsystems, `-t` bestimmt das verwendete `tap`-Gerät, `-d` gibt das zu benutzende Festplattenabbild an, `-i` sagt `bhyve` dass es von CD booten soll und `-I` bestimmt das CD-Abbild. Der letzte Parameter ist der Name der virtuellen Maschine. Dieses Beispiel startet die virtuelle Maschine im Installationsmodus:

```
# sh /usr/share/examples/bhyve/vmrun.sh -c 4 -m 1024M -t tap0 -d guest.img -i -
I FreeBSD-10.0-RELEASE-amd64-bootonly.iso guestname
```

Die virtuelle Maschine wird starten und das Installationsprogramm ausführen. Nachdem das System in der virtuellen Maschine installiert ist, werden Sie gefragt, ob eine Shell gestartet werden soll. Wählen Sie `Yes`. Es muss noch eine kleine Änderung vorgenommen werden, damit das System mit einer seriellen Konsole startet. Bearbeiten Sie `/etc/ttys` und ersetzen Sie die vorhandene `ttu0`-Zeile durch:

```
ttu0 "/usr/libexec/getty 3wire" xterm on secure
```



Anmerkung

Beginnend mit FreeBSD 9.3-RELEASE und 10.1-RELEASE wird die Konsole automatisch konfiguriert.

Starten Sie die virtuelle Maschine neu. Ein Neustart der virtuellen Maschine wird `bhyve` beenden, aber da das `vmrun.sh`-Skript in einer Schleife läuft, wird `bhyve` automatisch neu gestartet. Wenn dies passiert, wählen Sie die Option `Reboot` im Bootloader-Menü, um die Schleife zu unterbrechen. Anschließend kann das Gastsystem von der virtuellen Festplatte gestartet werden:

```
# sh /usr/share/examples/bhyve/vmrun.sh -c 4 -m 1024M -t tap0 -d guest.img guestname
```

22.4.3. Ein Linux®-Gastsystem erstellen

Um andere Betriebssysteme als FreeBSD zu booten, muss zunächst der Port [sysutils/grub2-bhyve](#) installiert werden.

Als nächstes erzeugen Sie eine Datei, die das Gastsystem als virtuelle Festplatte verwenden kann:

```
# truncate -s 16G linux.img
```

Der Start einer virtuellen Maschine mit bhyve ist ein zweistufiger Prozess. Zuerst muss ein Kernel geladen werden, dann kann das Gastsystem gestartet werden. Der Linux®-Kernel wird mit [sysutils/grub2-bhyve](#) geladen. Erstellen Sie eine `device.map`, damit grub die virtuellen Geräte den Dateien auf dem Hostsystem zuordnen kann:

```
(hd0) ./linux.img
(cd0) ./somelinux.iso
```

Benutzen Sie [sysutils/grub2-bhyve](#) um den Linux®-Kernel vom ISO-Abbild zu laden:

```
# grub-bhyve -m device.map -r cd0 -M 1024M linuxguest
```

Damit wird grub gestartet. Wenn die Installations-CD eine Datei namens `grub.cfg` enthält, wird ein Menü angezeigt. Wenn nicht, müssen die Dateien `vmlinuz` und `initrd` manuell geladen werden:

```
grub> ls
(hd0) (cd0) (cd0,msdos1) (host)
grub> ls (cd0)/isolinux
boot.cat boot.msg grub.conf initrd.img isolinux.bin isolinux.cfg memtest
splash.jpg TRANS.TBL vesamenu.c32 vmlinuz
grub> linux (cd0)/isolinux/vmlinuz
grub> initrd (cd0)/isolinux/initrd.img
grub> boot
```

Nun, da der Linux®-Kernel geladen ist, kann das Gastsystem gestartet werden:

```
# bhyve -A -H -P -s 0:0,hostbridge -s 1:0,lpc -s 2:0,virtio-net, tap1 -s 3:0,virtio-blk, ./
linux.img \
-s 4:0,ahci-cd, ./somelinux.iso -l com1,stdio -c 4 -m 1024M linuxguest
```

Das System wird booten und das Installationsprogramm starten. Starten Sie die virtuelle Maschine nach der Installation des Betriebssystems neu. Dies führt auch dazu, dass bhyve beendet wird. Die Instanz der virtuellen Maschine muss zerstört werden, bevor sie erneut in Betrieb genommen werden kann:

```
# bhyvectl --destroy --vm= linuxguest
```

Nun kann das Gastsystem direkt von der virtuellen Festplatte gestartet werden. Laden Sie den Kernel:

```
# grub-bhyve -m device.map -r hd0,msdos1 -M 1024M linuxguest
grub> ls
(hd0) (hd0,msdos2) (hd0,msdos1) (cd0) (cd0,msdos1) (host)
(lvm/VolGroup-lv_swap) (lvm/VolGroup-lv_root)
grub> ls (hd0,msdos1)/
lost+found/ grub/ efi/ System.map-2.6.32-431.el6.x86_64 config-2.6.32-431.el6.x
86_64 symvers-2.6.32-431.el6.x86_64.gz vmlinuz-2.6.32-431.el6.x86_64
initramfs-2.6.32-431.el6.x86_64.img
grub> linux (hd0,msdos1)/vmlinuz-2.6.32-431.el6.x86_64 root=/dev/mapper/VolGroup-lv_root
grub> initrd (hd0,msdos1)/initramfs-2.6.32-431.el6.x86_64.img
grub> boot
```

Starten Sie die virtuelle Maschine:

```
# bhyve -A -H -P -s 0:0,hostbridge -s 1:0,lpc -s 2:0,virtio-net, tap1 \ $ -s 3:0,virtio-
blk, ./linux.img -l com1,stdio -c 4 -m 1024M linuxguest
```

Linux® wird jetzt in der virtuellen Maschine gestartet und präsentiert Ihnen vielleicht einen Anmeldeprompt. Sie können sich anmelden und die virtuelle Maschine benutzen. Wenn Sie fertig sind, starten Sie die virtuelle Maschine neu, um bhyve zu verlassen. Anschließend zerstören Sie die Instanz der virtuellen Maschine:

```
# bhyvectl --destroy --vm= linuxguest
```

22.4.4. Verwendung von ZFS mit bhyve-Gastsystemen

Wenn auf dem Host-Rechner ZFS eingerichtet ist, können Sie ZFS-Volumes anstelle eines Festplattenabbilds verwenden. Dies kann erhebliche Leistungsvorteile für das Gastsystem mit sich bringen. Ein ZFS-Volume kann wie folgt erstellt werden:

```
# zfs create -V 16G -o volmode=dev zroot/linuxdisk0
```

Geben Sie das ZFS-Volume beim Start der virtuellen Maschine an:

```
# bhyve -A -H -P -s 0:0,hostbridge -s 1:0,lpc -s 2:0,virtio-net, tap1 -s3:0,virtio-blk, /dev/
zvol/zroot/linuxdisk0 \
-l com1,stdio -c 4 -m 1024M linuxguest
```

22.4.5. Konsolen in der virtuellen Maschine

Es ist vorteilhaft, die bhyve-Konsole mit einem Werkzeug wie [sysutils/tmux](#) oder [sysutils/screen](#) zu bedienen. Damit ist es leicht, die Konsole zu verbinden oder zu trennen. Es ist auch möglich, die Konsole als Nullmodem-Gerät zu nutzen, auf das Sie mit `cu` zugreifen können. Laden Sie dazu das `nmdm` Kernelmodul und ersetzen Sie `-l com1,stdio` mit `-l com1,/dev/nmdm0A`. Die `/dev/nmdm`-Geräte werden bei Bedarf automatisch erstellt, jeweils paarweise, entsprechend den beiden Enden eines Nullmodemkabels (`/dev/nmdm0A` und `/dev/nmdm0B`). Weitere Informationen finden Sie in [nmdm\(4\)](#).

```
# kldload nmdm
# bhyve -A -H -P -s 0:0,hostbridge -s 1:0,lpc -s 2:0,virtio-net, tap1 -s 3:0,virtio-blk, ./
linux.img \
-l com1,/dev/nmdm0A -c 4 -m 1024M linuxguest
# cu -l /dev/nmdm0B
Connected

Ubuntu 13.10 handbook ttyS0

handbook login:
```

22.4.6. Virtuelle Maschinen verwalten

Für jede virtuelle Maschine wird unterhalb von `/dev/vmm` ein Geräteiname erzeugt. Dadurch kann der Administrator einfach feststellen, welche virtuellen Maschinen zur Zeit ausgeführt werden:

```
# ls -al /dev/vmm
total 1
dr-xr-xr-x  2 root  wheel   512 Mar 17 12:19 ./
dr-xr-xr-x 14 root  wheel   512 Mar 17 06:38 ../
crw-----  1 root  wheel  0x1a2 Mar 17 12:20 guestname
crw-----  1 root  wheel  0x19f Mar 17 12:19 linuxguest
crw-----  1 root  wheel  0x1a1 Mar 17 12:19 otherguest
```

Mit Hilfe von `bhyvectl` kann eine virtuelle Maschine zerstört werden:

```
# bhyvectl --destroy --vm=guestname
```

22.4.7. Persistente Konfiguration

Um das System so zu konfigurieren, dass bhyve-Gastsysteme beim Booten gestartet werden, muss die folgenden Konfiguration in den jeweiligen Dateien vorgenommen werden:

1. `/etc/sysctl.conf`

```
net.link.tap.up_on_open=1
```

2. `/boot/loader.conf`

```
vmm_load="YES"
```

```
nmdm_load="YES"
if_bridge_load="YES"
if_tap_load="YES"
```

3. **/etc/rc.conf**

```
cloned_interfaces="bridge0 tap0"
ifconfig_bridge0="addm igb0 addm tap0"
```


Kapitel 23. Lokalisierung – I18N/L10N einrichten und benutzen

Beigesteuert von Andrey Chernov.

Überarbeitet von Michael C. Wu.

Übersetzt von Alexander Langer und Martin Heinen.

23.1. Übersicht

FreeBSD ist ein verteiltes Projekt mit Nutzern und Mitwirkenden auf der ganzen Welt. Als solches unterstützt FreeBSD Lokalisierung für viele Sprachen, so dass Benutzer Daten in anderen Sprachen als Englisch anzeigen, eingeben und verarbeiten können. Sie können zwischen den meisten der verbreitetsten Sprachen der Welt wählen, unter anderem Chinesisch, Japanisch, Koreanisch, Französisch, Russisch, Vietnamesisch und Deutsch.

Der Begriff *internationalization* (englisch für Internationalisierung) wurde zu I18N abgekürzt, weil sich zwischen dem ersten und letzten Buchstaben des Worts 18 Buchstaben befinden. L10N benutzt die gleiche Namensgebung und ist eine Abkürzung des Wortes *localization* (englisch für Lokalisierung). Mit I18N/L10N-Methoden, -Protokollen und -Anwendungen können Benutzer eine Sprache ihrer Wahl verwenden.

I18N-Anwendungen werden mit Hilfe von I18N-Bibliotheken programmiert. Diese erlauben es Entwicklern, eine einfache Sprachdatei zu schreiben und Menüs und Texte an jede Sprache anzupassen.

Dieses Kapitel behandelt die Internationalisierung und Lokalisierung von FreeBSD. Die Internationalisierung betrifft sowohl die System- als auch die Anwendungsebene, daher wird im Laufe des Texts auf spezifische Dokumentationen verwiesen.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie wissen:

- Wie verschiedene Sprachen und Lokalisierungen in modernen Betriebssystemen codiert werden.
- Wie die Locale einer Login-Shell gesetzt wird.
- Wie die Konsole für nicht-englische Sprachen konfiguriert wird.
- Wie Xorg mit verschiedenen Sprachen benutzt wird.
- Wo Sie weitere Informationen über das Erstellen von I18N-konformen Anwendungen finden.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Wissen, wie Sie [zusätzliche Anwendungen installieren](#).

23.2. Lokale Anpassungen benutzen

Lokale Anpassungen werden durch die Angabe von drei Werten erreicht: dem Sprachcode, dem Ländercode und der Codierung. Die Zusammenfassung dieser Werte wird „Locale“ genannt und sieht wie folgt aus:

```
Sprachcode_Ländercode.Codierung
```

23.2.1. Sprach- und Ländercodes

Um FreeBSD an lokale Gegebenheiten und Sprachen anzupassen, muss der Benutzer herausfinden, welche Codes für sein Land und seine Sprache benutzt werden. Ländercodes geben den Anwendungen dabei vor, welche Variation einer bestimmten Sprache zu benutzen ist. Im Folgenden sind einige Beispiele für Sprach- und Ländercodes aufgelistet:

Sprachcode/Ländercode	Beschreibung
en_US	Englisch - USA
ru_RU	Russisch für Russland
zh_TW	Traditionelles Chinesisch für Taiwan

Eine vollständige Liste der verfügbaren Lokalisierungen erhalten Sie durch die Eingabe von:

```
% locale -a
```

23.2.2. Codierungen

Einige Sprachen benutzen Codierungen, die nicht dem 7-Bit breitem ASCII-Standard entsprechen, wie 8-Bit Codierungen, Wide- oder Multibyte Zeichen ([multibyte\(3\)](#) geht darauf näher ein). Ältere Anwendungen erkennen diese Zeichen nicht und halten sie fälschlicherweise für Steuerzeichen. Neuere Anwendungen erkennen für gewöhnlich 8-Bit Zeichen. Es hängt allerdings von der Implementierung ab, ob man eine Anwendung neu kompilieren muss, um lokale Zeichensätze zu bekommen, oder ob man es sie nur nachträglich konfigurieren muss. Um es möglich zu machen, Wide- oder Multibyte-Zeichen einzugeben und zu verarbeiten, unterstützt die [FreeBSD Ports-Sammlung](#) verschiedene Sprachen für diverse Programme. Konsultieren Sie die I18N-Dokumentation des entsprechenden Ports.

In den meisten Fällen muss der Benutzer in die Dokumentation des Programms schauen, um herauszufinden, wie man es entsprechend für die eigene Sprache und den eigenen Zeichensatz konfiguriert, oder welche Optionen beim Übersetzen anzugeben sind.

Einige Dinge, die man im Hinterkopf behalten sollte, sind:

- Sprachbezogene C-char Zeichensätze, zum Beispiel ISO8859-1, ISO8859-15, KOI8-R sowie CP437. Diese werden in [multibyte\(3\)](#) beschrieben.
- Wide- oder Multibyte-Codierungen, zum Beispiel EUC und Big5.

Eine aktuelle Liste der Zeichensätze ist in der [IANA Registry](#) verfügbar.



Anmerkung

FreeBSD verwendet Xorg-kompatible Codierungen.

In der FreeBSD Ports-Sammlung werden I18N-Anwendungen mit einem I18N im Namen gekennzeichnet, damit man sie leicht identifizieren kann. Trotzdem kann es vorkommen, dass die benötigte Sprache nicht immer unterstützt wird.

23.2.3. Einstellen der Locale

Zum Aktivieren der Lokalisierung reicht es, die Umgebungsvariable `LANG` in der Login-Shell auf den Wert der Locale zu setzen und die Variable zu exportieren. Dies geschieht normalerweise in `~/.login_conf` oder der Startdatei der Shell (`~/.profile`, `~/.bashrc` oder `~/.cshrc`). Wenn `LANG` gesetzt ist, brauchen die speziellen Variablen wie `LC_CTYPE` oder `LC_TIME` in der Regel nicht gesetzt zu werden. Sie sollten sprachbezogene FreeBSD-Dokumentation zu Rate ziehen, wenn Sie mehr Informationen wünschen.

Setzen Sie die zwei folgenden Umgebungsvariablen in den Konfigurationsdateien der Benutzer:

- `LANG` für Funktionen der POSIX® [setlocale\(3\)](#) Familie
-

`MM_CHARSET` gibt den den MIME Zeichensatz von Anwendungen an

Neben der Shell-Konfiguration des Benutzers sollten diese Variablen auch für spezifische Anwendungen und Xorg-Konfigurationen eingestellt werden.

23.2.3.1. Verfahren zum Einstellen der Locale

Es gibt zwei Methode, die Locale zu setzen, die im Folgenden beschrieben werden. Die erste und empfohlene Methode ist, die Umgebungsvariablen in der [Login-Klasse](#) zu setzen, die zweite Methode ist, sie in den [Startdateien](#) der Shell zu setzen.

23.2.3.1.1. Lokalisierung in der Login-Klasse

Wenn Sie diese Methode verwenden, werden die Umgebungsvariablen für die Locale und den MIME Zeichensatz einmal für alle Shells, anstatt einzeln für jede Shell, gesetzt. Die Lokalisierung kann [von einem Benutzer](#) selbst oder [von einem Administrator](#) mit Superuser-Rechten für alle eingestellt werden.

23.2.3.1.1.1. Einrichten als Benutzer

`.login_conf` im Heimatverzeichnis eines Benutzers sollte mindestens die folgenden Einträge enthalten, damit beide Variablen für den Gebrauch der Latin-1 Codierung gesetzt werden:

```
me:\
:charset=ISO-8859-1:\
:lang=de_DE.ISO8859-1:
```

Damit traditionelles Chinesisch (BIG-5 Codierung) verwendet werden kann, sind in `.login_conf` die nachstehenden Ergänzungen vorzunehmen. Einige Programme behandeln die Lokalisierung für Chinesisch, Japanisch und Koreanisch falsch, daher müssen mehr Variablen als üblich gesetzt werden:

```
#Users who do not wish to use monetary units or time formats
#of Taiwan can manually change each variable
me:\
:lang=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_ALL=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_COLLATE=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_CTYPE=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_MESSAGES=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_MONETARY=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_NUMERIC=zh_TW.Big5:\
:setenv=LC_TIME=zh_TW.Big5:\
:charset=big5:\
:xmodifiers="@im=gcin": #Set gcin as the XIM Input Server
```

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte [login.conf\(5\)](#).

23.2.3.1.1.2. Einrichten als Administrator

Stellen Sie sicher, dass in der Login-Klasse der Benutzer in `/etc/login.conf` die richtige Sprache eingestellt ist:

```
Sprache |Account-Typ-Beschreibung :\
:charset=MIME_Zeichensatz :\
:lang=Locale:\
:tc=default:
```

Die für Latin-1 erforderlichen Einträge würden wie folgt aussehen:

```
german|German Users Accounts:\
:charset=ISO-8859-1:\
:lang=de_DE.ISO8859-1:\
:tc=default:
```

Nach jeder Änderung dieser Datei müssen Sie den folgenden Befehl ausführen:

```
# cap_mkdb /etc/login.conf
```

Ändern der Login-Klasse mit `vipw(8)`

Wenn Sie neue Accounts mit `vipw` anlegen, setzen Sie im Feld *Sprache* die gewünschte Sprache ein:

```
user:password:1111:11:Sprache:0:0:Benutzername:/home/user:/bin/sh
```

Ändern der Login-Klasse mit `adduser(8)`

Wenn Sie mit `adduser` neue Benutzer anlegen, konfigurieren Sie die Sprache wie folgt:

- Setzen Sie `defaultclass = Sprache` in `/etc/adduser.conf`, falls alle Benutzer die gleiche Sprache benutzen.
- Geben Sie die Sprache jedes Mal ein, wenn Sie dazu von `adduser(8)` aufgefordert werden:

```
Enter login class: default []:
```

- Sie können die Login-Klasse auch auf der Kommandozeile von `adduser(8)` übergeben:

```
# adduser -class Sprache
```

Ändern der Login-Klasse mit `pw(8)`

Wenn Sie neue Benutzer mit `pw(8)` anlegen, benutzen Sie die folgende Kommandozeile:

```
# pw useradd Benutzername -L Sprache
```

23.2.3.1.2. Lokalisierung in den Startdateien der Shells



Anmerkung

Da jede Shell unterschiedlich eingerichtet wird, sollte diese Methode nicht verwendet werden. Benutzen Sie stattdessen [Login-Klassen](#).

Um die Locale und den MIME Zeichensatz anzugeben, setzen Sie die unten aufgeführten Variablen in den Startdateien der Shells (`/etc/profile` und `/etc/csh.login`). In den folgenden Beispielen verwenden wir die deutsche Sprache.

Einstellungen in `/etc/profile`:

```
LANG=de_DE.ISO8859-1; export LANG
MM_CHARSET=ISO-8859-1; export MM_CHARSET
```

Einstellungen in `/etc/csh.login`:

```
setenv LANG de_DE.ISO8859-1
setenv MM_CHARSET ISO-8859-1
```

Alternativ können die obigen Einstellungen in `/usr/share/skel/dot.profile` und `/usr/share/skel/dot.login` hinzugefügt werden.

Um Xorg zu konfigurieren, fügen Sie *eine* der folgenden Zeilen in `~/ .xinitrc` ein (abhängig von der Shell):

```
LANG=de_DE.ISO8859-1; export LANG
```

```
setenv LANG de_DE.ISO8859-1
```


23.2.4. Einrichten der Konsole

Wenn Sie C-char Zeichensätze verwenden, müssen Sie die richtigen Zeichensätze für die gewählte Sprache in `/etc/rc.conf` angeben:

```
font8x16=Zeichensatz
font8x14=Zeichensatz
font8x8=Zeichensatz
```

Dabei ist *Zeichensatz* der Name der passenden Datei aus `/usr/share/syscons/fonts` ohne die Endung `.fnt`.

Setzen Sie bei Bedarf die richtige Tasten- und Bildschirmzuordnung (keymap und screenmap). Dies können Sie in `sysinstall` einstellen, indem Sie Configure und dann Console wählen. Sie können die Zuordnungen aber auch direkt in `/etc/rc.conf` angeben:

```
scrnmap=screenmap_name
keymap=keymap_name
keychange="fkey_number sequence "
```

screenmap_name ist der Name einer Datei aus `/usr/share/syscons/scrnmaps` ohne die Endung `.scm`. Eine Bildschirmzuordnung und der zugehörige Zeichensatz verbreitert die Zeichenmatrix von VGA Karten von 8 Bit auf 9 Bit. Sie wird benötigt, wenn der Zeichensatz des Bildschirms 8 Bit verwendet.

Lesen Sie den nächsten Absatz, wenn Sie `moused` in `/etc/rc.conf` aktiviert haben:

Der Mauszeiger des [syscons\(4\)](#) Treibers belegt in der Voreinstellung den Bereich von 0xd0 bis 0xd3 des Zeichensatzes. Wenn dieser Bereich ebenfalls von der eingestellten Sprache benötigt wird, müssen Sie den Mauszeiger verschieben. Dazu fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
mousechar_start=3
```

keymap_name aus dem obigen Beispiel ist der Name einer Datei aus `/usr/share/syscons/keymaps` ohne die Endung `.kbd`. Welche Tastenzuordnung Sie benutzen müssen, können Sie ohne einen Neustart mit [kbdmap\(1\)](#) ausprobieren.

Mit `keychange` können die Funktionstasten so programmiert werden, dass sie zu dem ausgesuchten Terminal passen. Die Sequenzen der Funktionstasten können nicht in Tastenzuordnungen definiert werden.

Stellen Sie sicher, dass der richtige Terminaltyp in `/etc/ttys` angegeben ist. Momentan sind die folgenden Terminaltypen definiert:

Zeichensatz	Terminaltyp
ISO8859-1 oder ISO8859-15	cons25l1
ISO8859-2	cons25l2
ISO8859-7	cons25l7
KOI8-R	cons25r
KOI8-U	cons25u
CP437 (VGA default)	cons25
US-ASCII	cons25w

Mit Wide- oder Multibyte-Zeichensätzen müssen Sie den richtigen Port aus dem Verzeichnis `/usr/ports/Sprache` verwenden. Einige Ports erscheinen als Konsolen werden aber vom System als serielle vtty's betrachtet. Achten Sie daher darauf, dass Sie genügend vtty's für X11 und die Pseudo-seriellen Konsolen definiert haben. Nachstehend finden Sie eine unvollständige Liste der Ports, die eine andere Sprache als Englisch auf der Konsole verwenden:

Sprache	Port
traditionelles Chinesisch (BIG-5)	chinese/big5con

Sprache	Port
Japanisch	japanese/kon2-16dot oder japanese/mule-freewnn
Koreanisch	korean/han

23.2.5. Einrichtung von Xorg

Obwohl Xorg nicht zusammen mit FreeBSD installiert wird, kann es aus der Ports-Sammlung installiert werden. Weitere Details entnehmen finden Sie im [???](#). Dieser Abschnitt beschreibt die Lokalisierung von Xorg.

Anwendungsspezifische I18N-Einstellungen, wie Zeichensätze und Menüs, können Sie in `~/Xresources` vornehmen.

23.2.5.1. Zeichensätze

Installieren Sie den Xorg-Server ([x11-servers/xorg-server](#)) und die TrueType® Zeichensätze Ihrer Sprache. Wenn Sie die Locale gesetzt haben, sollten die Menüs in Ihrer Sprache erscheinen.

23.2.5.2. Eingabe von nicht-englischen Zeichen

Das X Input Method (XIM) Protokoll ist ein neuer Standard für alle Xorg-Clients. Jede Xorg-Anwendung sollte als XIM-Client, der Eingaben von einem XIM-Server entgegen nimmt, implementiert sein. XIM-Server sind für verschiedene Sprachen erhältlich.

23.2.6. Einrichten eines Druckers

Drucker verfügen normalerweise schon über einige C-char Zeichensätze. Wide- oder Multibyte-Zeichensätze müssen gesondert eingerichtet werden, zum Beispiel mit dem Werkzeug `apsfilter`. Weiterhin können mit sprachspezifischen Konvertern Dokumente auch in PostScript® oder PDF umgewandelt werden.

23.2.7. Kernel und Dateisysteme

Das FreeBSD-Dateisystem FFS unterstützt 8-Bit, so dass es mit C-char Zeichensätzen verwendet werden kann. Der Zeichensatz wird allerdings nicht im Dateisystem gespeichert, das heißt es werden nur die 8-Bit Werte gespeichert und die Codierung wird nicht berücksichtigt. Offiziell werden Wide- oder Multibyte-Zeichensätze noch nicht unterstützt, für einige Zeichensätze existieren Patche, die eine solche Unterstützung für FFS aktivieren. Die Patche und weitere Informationen erhalten Sie auf den Webseiten der betreffenden Sprache.

Das MS-DOS® Dateisystem von FreeBSD kann von MS-DOS®- und Unicode-Zeichensätzen nach frei wählbaren Zeichensätzen konvertieren. Weitere Details finden Sie in [mount_msdosfs\(8\)](#).

23.3. I18N-Programme übersetzen

Viele Anwendungen aus der FreeBSD Ports-Sammlung bieten I18N-Unterstützung. Einige davon enthalten `-i18n` im Namen. Für diese und viele andere Programme ist keine spezielle Konfiguration notwendig.

Einige Anwendungen wie MySQL müssen allerdings speziell für einen Zeichensatz in ihrem `Makefile` konfiguriert werden. Normalerweise wird dazu das `Makefile` des Ports angepasst oder `configure` mit einem speziellen Parameter aufgerufen.

23.4. Lokalisierung für einzelne Sprachen

23.4.1. Russisch (KOI8-R Codierung)

Beigetragen von Andrey Chernov.

Weitere Informationen über die KOI8-R Codierung erhalten Sie auf der Webseite [KOI8-R References \(Russian Net Character Set\)](#).

23.4.1.1. Einrichten der Locale

Um diese Locale zu setzen, fügen Sie die folgenden Zeilen in die `~/.login_conf` des Benutzers ein:

```
me:My Account:\
:charset=KOI8-R:\
:lang=ru_RU.KOI8-R:
```

23.4.1.2. Einrichten der Konsole

- Fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
keymap="ru.koi8-r"
scrnmap="koi8-r2cp866"
font8x16="cp866b-8x16"
font8x14="cp866-8x14"
font8x8="cp866-8x8"
mousechar_start=3
```

- Benutzen Sie `cons25r` als Terminaltyp für jeden `ttyv` Eintrag in `/etc/ttys`.

23.4.1.3. Einrichten eines Druckers

Die meisten Drucker mit russischen Zeichen besitzen die Codetabelle CP866, so dass ein spezielles Programm zur Übersetzung von KOI8-R nach CP866 benötigt wird. Zu diesem Zweck ist `/usr/libexec/lpr/ru/koi2alt` im Basissystem enthalten. Der Eintrag für einen Drucker mit russischer Sprachunterstützung in `/etc/printcap` sieht wie folgt aus:

```
lp|Russian local line printer:\
:sh:of=/usr/libexec/lpr/ru/koi2alt:\
:lp=/dev/lpt0:sd=/var/spool/output/lpd:lf=/var/log/lpd-errs:
```

[printcap\(5\)](#) enthält eine ausführlichere Beschreibung.

23.4.1.4. MS-DOS® Dateisystem und russische Dateinamen

Russische Dateinamen auf MS-DOS® Dateisystemen werden mit dem folgenden Eintrag in `/etc/fstab` erkannt:

```
/dev/ad0s2    /dos/c  msdos   rw, -Lru_RU.KOI8-R 0 0
```

Die Option `-L` legt die Locale fest. Weitere Informationen finden Sie in [mount_msdosfs\(8\)](#).

23.4.1.5. Einrichten von Xorg

1. Richten Sie zunächst die [normale Lokalisierung](#) ein.
2. Wenn Sie Xorg verwenden, installieren Sie den Port [x11-fonts/xorg-fonts-cyrillic](#).

Im Abschnitt "Files" von `/etc/X11/xorg.conf` fügen Sie den folgende Eintrag vor allen anderen `FontPath` Einträgen ein:

```
FontPath      "/usr/local/lib/X11/fonts/cyrillic"
```



Anmerkung

Zusätzliche kyrillische Schriftarten finden Sie in der Ports-Sammlung.

3. Die Unterstützung für eine russische Tastatur aktivieren Sie im Abschnitt "Keyboard" von `xorg.conf`:

```
Option "XkbLayout"      "us,ru"
Option "XkbOptions"     "grp:toggle"
```

Stellen Sie zudem sicher, dass `XkbDisable` auskommentiert ist.

Beim Einsatz von `grp:toggle` können Sie mit Right Alt (Alt Gr) zwischen dem RUS- und LAT-Modus wechseln, verwenden Sie hingegen `grp:ctrl_shift_toggle`, so erfolgt der Wechsel mit Ctrl+Shift. Für `grp:caps_toggle` ist zum Wechseln des RUS/LAT-Modus CapsLock zuständig. Die alte Funktion von CapsLock steht nur im LAT-Modus mit der Tastenkombination Shift+CapsLock zur Verfügung. `grp:caps_toggle` funktioniert aus unbekannten Gründen unter Xorg nicht.

Wenn die Tastatur Windows®-Tasten besitzt und nicht-alphanumerische Tasten nicht funktionieren, fügen Sie die folgende Zeile in `xorg.conf` ein:

```
Option "XkbVariant"     "",winkeys"
```



Anmerkung

Die russische XKB-Tastatur funktioniert vielleicht nicht mit nicht-lokalisierten Anwendungen.



Anmerkung

Lokalisierte Anwendungen sollten mindestens die Funktion `XtSetLanguageProc (NULL, NULL, NULL)`; frühzeitig aufrufen.

Weitere Informationen über die Lokalisierung von Xorg-Anwendungen erhalten Sie auf der Webseite [KOI8-R for X Window](#).

23.4.2. Traditionell chinesische Lokalisierung für Taiwan

Das taiwanische FreeBSD Project stellt ein Tutorium unter <http://netlab.cse.yzu.edu.tw/~statue/freebsd/zh-tut/> zur Verfügung, das viele chinesische Anwendungen benutzt. Der Editor des FreeBSD Chinesische HOWTOs ist Shen Chuan-Hsing <statue@freebsd.sinica.edu.tw>.

23.4.3. Deutsche Lokalisierung für alle ISO 8859-1 Sprachen

Von Slaven Rezac <eserte@cs.tu-berlin.de> stammt ein Tutorium, das die Benutzung von Umlauten mit FreeBSD beschreibt. Das Tutorium ist in Deutsch verfasst und unter <http://user.cs.tu-berlin.de/~eserte/FreeBSD/doc/umlaute/umlaute.html> verfügbar.

23.4.4. Griechische Lokalisierung

Nikos Kokkalis <nickkokkalis@gmail.com> hat einen ganzen Artikel über die Griechisch-Unterstützung in FreeBSD geschrieben. Er ist erhältlich unter http://www.freebsd.org/doc/el_GR.ISO8859-7/articles/greek-language-support/index.html. Bitte beachten Sie, dass dies *nur* für Griechisch gilt.

23.4.5. Japanische und koreanische Lokalisierung

Informationen über die japanische Lokalisierung entnehmen Sie bitte <http://www.jp.FreeBSD.org/> , Informationen über die koreanische Lokalisierung erhalten Sie unter <http://www.kr.FreeBSD.org/> .

23.4.6. Nicht-englische FreeBSD-Dokumentation

Teile der FreeBSD Dokumentation wurden von Beitragenden in andere Sprachen übersetzt. Folgen Sie den Links auf der [FreeBSD-Webseite](#) oder schauen Sie in `/usr/share/doc` nach.

Kapitel 24. FreeBSD aktualisieren

Umstrukturiert und aktualisiert von Jim Mock.

Im Original von Jordan Hubbard, Poul-Henning Kamp, John Polstra und Nik Clayton.

Übersetzt von Martin Heinen.

24.1. Übersicht

FreeBSD wird zwischen einzelnen Releases ständig weiter entwickelt. Manche Leute bevorzugen die offiziellen Release-Versionen, während andere wiederum lieber auf dem aktuellen Stand der Entwicklung bleiben möchten. Wie dem auch sei, sogar offizielle Release-Versionen werden oft mit Sicherheitsaktualisierungen und anderen kritischen Fehlerbereinigungen versorgt. Unabhängig von der eingesetzten Version bringt FreeBSD alle nötigen Werkzeuge mit, um das System aktuell zu halten und es innerhalb verschiedener Versionen zu aktualisieren. Dieses Kapitel beschreibt, wie man einem Entwicklungssystem folgen kann, sowie die grundlegenden Werkzeuge um FreeBSD zu aktualisieren.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- wissen, welche Werkzeuge verwendet werden können, um das System und die Port-Sammlung zu aktualisieren.
- wissen, wie das System mit `freebsd-update`, Subversion oder CTM aktualisiert wird.
- wissen, wie man das aktuell installierte System mit einer ursprünglichen Version vergleicht.
- wissen, wie die installierte Dokumentation mit Subversion oder Dokumentations-Ports aktualisiert wird.
- den Unterschied zwischen den beiden Entwicklungszweigen FreeBSD-STABLE und FreeBSD-CURRENT kennen.
- wissen, wie das komplette Basissystem neu gebaut und installiert wird.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- das Netzwerk richtig konfiguriert haben ([Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#)).
- wissen, wie Software Dritter installiert wird ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).



Anmerkung

In diesem Kapitel wird `svn` verwendet, um die FreeBSD Quellen zu beziehen und zu aktualisieren. Um es zu verwenden, muss zuerst der Port oder das Paket [devel/subversion](#) installiert werden.

24.2. FreeBSD-Update

Geschrieben von Tom Rhodes.

Basierend auf bereitgestellten Mitschriften von Colin Percival.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Das Einspielen von Sicherheitsaktualisierungen ist ein wichtiger Bestandteil bei der Wartung von Computersoftware, besonders wenn es um das Betriebssystem geht. Für lange Zeit war dieser Prozess unter FreeBSD nicht einfach. Fehlerbehebungen mussten auf den Quellcode angewendet werden, danach wurde der Code zu neuen Binärdateien übersetzt und schliesslich mussten diese Dateien neu installiert werden.

Das ist seit längerem nicht mehr der Fall, da FreeBSD jetzt ein Werkzeug namens `freebsd-update` enthält. Dieses Werkzeug bringt zwei getrennte Funktionen mit sich. Die erste Funktion ermöglicht die Anwendung von Sicher-

heitsaktualisierungen im Binärformat auf das FreeBSD Basissystem, ohne dieses neu zu übersetzen und zu installieren. Die zweite Funktion unterstützt Aktualisierungen zwischen Haupt- und Unterversionen.



Anmerkung

Binäre Aktualisierungen sind für alle Architekturen und Releases verfügbar, die aktuell vom FreeBSD Security Team betreut werden. Vor der Aktualisierung auf eine neue Release-Version sollten die aktuellen Ankündigungen zu dem Release gelesen werden, da diese wichtige Informationen zu der gewünschten Version enthalten. Release Ankündigungen finden Sie unter <http://www.FreeBSD.org/releases/>.

Wenn eine crontab existiert, welche die Eigenschaften von `freebsd-update(8)` verwendet, muss diese deaktiviert werden, bevor die folgende Aktion gestartet wird.

24.2.1. Die Konfigurationsdatei

Manche Anwender möchten sicherlich Einstellungen in der Standard-Konfigurationsdatei unter `/etc/freebsd-update.conf` vornehmen, um bessere Kontrolle über den gesamten Prozess zu besitzen. Die Optionen sind gut dokumentiert, jedoch benötigen die folgenden ein paar zusätzliche Erklärungen:

```
# Components of the base system which should be kept updated.
Components src world kernel
```

Dieser Parameter kontrolliert, welche Teile von FreeBSD auf dem aktuellen Stand gehalten werden sollen. In der Voreinstellung wird der Quellcode, das gesamte Basissystem sowie der Kernel aktualisiert. Die Komponenten sind die gleichen wie während der Installation. Das hinzufügen von `world/games` erlaubt es, Aktualisierungen für Spiele anzuwenden. Die Verwendung von `src/bin` erlaubt es, den Quellcode in `src/bin` aktuell zu halten.

Die beste Einstellung ist, diese Option so zu belassen, da eine Änderung es bedingt, dass man als Benutzer jede Komponente auflisten muss, die aktualisiert werden soll. Dies könnte katastrophale Folgen nach sich ziehen, da der Quellcode und die Binärdateien dadurch nicht mehr synchron wären.

```
# Paths which start with anything matching an entry in an IgnorePaths
# statement will be ignored.
IgnorePaths
```

Fügen Sie Pfade wie `/bin` oder `/sbin` hinzu, um diese speziellen Verzeichnisse während des Aktualisierungsprozesses unberührt zu lassen. Diese Option kann verwendet werden, um zu verhindern, dass `freebsd-update` lokale Änderungen überschreibt.

```
# Paths which start with anything matching an entry in an UpdateIfUnmodified
# statement will only be updated if the contents of the file have not been
# modified by the user (unless changes are merged; see below).
UpdateIfUnmodified /etc/ /var/ /root/ /.cshrc /.profile
```

Aktualisiert nur unmodifizierte Konfigurationsdateien in den angegebenen Verzeichnissen. Jede Änderung, die der Benutzer daran vorgenommen hat, wird die automatische Aktualisierung dieser Dateien ungültig machen. Es gibt eine weitere Option `KeepModifiedMetadata`, die `freebsd-update` instruiert, die Änderungen während der Zusammenführung zu speichern.

```
# When upgrading to a new FreeBSD release, files which match MergeChanges
# will have any local changes merged into the version from the new release.
MergeChanges /etc/ /var/named/etc/
```

Eine Liste von Verzeichnissen mit Konfigurationsdateien, in denen `freebsd-update` Zusammenführungen versuchen soll. Dieser Verschmelzungsprozess von Dateien ist eine Serie von `diff(1)`-Korrekturen, ähnlich wie `mergemaster(8)`, aber mit weniger Optionen. Die Änderungen werden entweder akzeptiert, oder öffnen einen Editor,

oder `freebsd-update` bricht ab. Im Zweifelsfall sichern Sie `/etc` und akzeptieren einfach die Änderungen. Lesen Sie [Abschnitt 24.7.12.1, „mergemaster“](#), um Informationen über `mergemaster` zu erhalten.

```
# Directory in which to store downloaded updates and temporary
# files used by FreeBSD Update.
# WorkDir /var/db/freebsd-update
```

In diesem Verzeichnis werden alle Korrekturen und temporären Dateien abgelegt. Im Falle einer Versionsaktualisierung sollte diesem Verzeichnis mindestens ein Gigabyte Festplattenspeicher zur Verfügung stehen.

```
# When upgrading between releases, should the list of Components be
# read strictly (StrictComponents yes) or merely as a list of components
# which *might* be installed of which FreeBSD Update should figure out
# which actually are installed and upgrade those (StrictComponents no)?
# StrictComponents no
```

Wenn diese Option auf `yes` gesetzt ist, wird `freebsd-update` annehmen, dass die `Components`-Liste vollständig ist und nicht versuchen, Änderungen ausserhalb dieser Liste zu tätigen. Tatsächlich wird `freebsd-update` versuchen, jede Datei zu aktualisieren, die zu der `Components`-Liste gehört.

24.2.2. Sicherheitsaktualisierungen

Sicherheitsaktualisierungen für FreeBSD können wie folgt heruntergeladen und installiert werden:

```
# freebsd-update fetch
# freebsd-update install
```

Wenn während Aktualisierung Korrekturen am Kernel angewendet werden, muss das System neu gestartet werden, damit der korrigierte Kernel gebootet wird. Andernfalls sollte das System aktualisiert sein und `freebsd-update` kann als nächtlicher [cron\(8\)](#)-Job laufen, indem folgender Eintrag in `/etc/crontab` hinzugefügt wird:

```
@daily                                root    freebsd-update cron
```

Dieser Eintrag besagt, dass `freebsd-update` einmal am Tag ausgeführt wird. Wenn es über `cron` ausgeführt wird, prüft `freebsd-update` lediglich, ob Aktualisierungen vorliegen. Wenn Korrekturen existieren, werden diese automatisch auf die lokale Festplatte heruntergeladen, aber nicht eingespielt. Der `root`-Benutzer bekommt eine Nachricht, damit die Korrekturen überprüft und manuell installiert werden können.

Wenn etwas schief geht, kann `freebsd-update` den letzten Satz von Änderungen mit folgendem Befehl rückgängig machen:

```
# freebsd-update rollback
```

Sobald dieser Vorgang abgeschlossen ist, sollte das System neu gestartet werden, wenn der Kernel oder ein beliebiges Kernelmodul geändert wurde. Dies ermöglicht es FreeBSD, die neuen Binärdateien in den Hauptspeicher zu laden.

Das `freebsd-update`-Werkzeug kann nur den `GENERIC`-Kernel automatisch aktualisieren. Wenn ein angepasster Kernel verwendet wird, muss dieser neu erstellt und installiert werden, nachdem `freebsd-update` den Rest der Aktualisierungen durchgeführt hat. Allerdings wird `freebsd-update` den `GENERIC`-Kernel in `/boot/GENERIC` erkennen und aktualisieren, selbst wenn dies nicht der aktuell verwendete Kernel des Systems ist.



Anmerkung

Es ist eine gute Idee, immer eine Kopie des `GENERIC`-Kernels in `/boot/GENERIC` aufzubewahren. Das wird bei der Diagnose von verschiedenen Problemen eine grosse Hilfe sein, sowie bei der Durchführung von Versionsaktualisierungen mit `freebsd-update`, wie in [Abschnitt 24.2.3, „Aktualisierungen an Haupt- und Unterversionen“](#) beschrieben ist.

Solange die Standardkonfiguration in `/etc/freebsd-update.conf` nicht geändert wurde, wird `freebsd-update` die aktualisierten Quellcodedateien des Kernels zusammen mit dem Rest der Neuerungen installieren. Die erneute Übersetzung und Installation eines neuen, angepassten Kernels kann dann auf die übliche Art und Weise durchgeführt werden.



Anmerkung

Die Aktualisierungen, die über `freebsd-update` verteilt werden, betreffen nicht immer den Kernel. Es ist nicht notwendig, den angepassten Kernel neu zu erstellen, wenn die Kernelquellen nicht durch die Ausführung von `freebsd-update install` geändert wurden. Allerdings wird `freebsd-update` immer `/usr/src/sys/conf/newvers.sh` aktualisieren. Der aktuelle Patch-Level, der mit der `-p`-Nummer bei `uname -r` ausgegeben wird, wird aus dieser Datei ausgelesen. Die Neuinstallation des angepassten Kernels, selbst wenn sich daran nichts geändert hat, erlaubt es `uname(1)`, den aktuellen Patch-Level des Systems korrekt wiederzugeben. Dies ist besonders hilfreich, wenn mehrere Systeme gewartet werden, da es eine schnelle Einschätzung der installierten Aktualisierungen in jedem einzelnen System ermöglicht.

24.2.3. Aktualisierungen an Haupt- und Unterversionen

Aktualisierungen einer Unterversion zur nächsten in FreeBSD ist beispielsweise die Aktualisierung von FreeBSD 9.0 auf FreeBSD 9.1. In der Regel funktionieren die installierten Anwendungen weiterhin problemlos nach der Aktualisierung einer Unterversion.

Eine Aktualisierung der Hauptversion ist beispielsweise die Aktualisierung von FreeBSD 8.X auf FreeBSD 9.X. Dieser Prozess entfernt alte Objekt-Dateien und Bibliotheken, was dazu führt, dass die meisten Anwendungen von Drittherstellern nicht mehr funktionieren. Nach der Aktualisierung auf eine neue Hauptversion wird empfohlen, dass alle installierten Ports entweder entfernt und neu installiert werden, oder mit einem Werkzeug wie [ports-mgmt/portmaster](#) aktualisiert werden. Um die Neuerstellung aller installierten Anwendungen zu erzwingen, benutzen Sie folgenden Befehl:

```
# portmaster -af
```

Dies sorgt dafür, dass alles korrekt neu installiert wird. Beachten Sie, dass das Setzen der `BATCH`-Umgebungsvariable auf `yes` während dieses Prozesses auf jede Eingabe mit `ja` antwortet, was es nicht mehr notwendig macht, manuell eingreifen zu müssen.

24.2.3.1. Umgang mit angepassten Kernen

Wenn ein angepasster Kernel verwendet wird, ist der Aktualisierungsprozess ein wenig aufwändiger und das Vorgehen variiert je nach Version von FreeBSD.

24.2.3.1.1. Angepasste Kernel unter FreeBSD 8.X

Eine Kopie des `GENERIC`-Kernel wird benötigt und sollte in `/boot/GENERIC` abgelegt sein. Wenn der `GENERIC`-Kernel nicht im System vorhanden ist, kann er über eine der folgenden Methoden bezogen werden:

- Wenn ein angepasster Kernel erstmalig gebaut wurde, ist der Kernel in `/boot/kernel.old` in Wirklichkeit der `GENERIC`-Kernel. Benennen Sie dieses Verzeichnis in `/boot/GENERIC` um.
- Angenommen, ein direkter Zugriff auf die Maschine ist möglich, so kann eine Kopie des `GENERIC`-Kernels von den Installationsmedien installiert werden. Benutzen Sie dazu folgende Befehle:

```
# mount /cdrom
# cd /cdrom/X.Y-RELEASE/kernels
# ./install.sh GENERIC
```

Ersetzen Sie `X.Y-RELEASE` durch die aktuelle Version des verwendeten Releases. Der `GENERIC`-Kernel wird standardmäßig in `/boot/GENERIC` installiert.

- Falls alle obigen Schritte fehlschlagen, kann der `GENERIC`-Kernel folgendermaßen aus den Quellen neu gebaut und installiert werden:

```
# cd /usr/src
# env DESTDIR=/boot/GENERIC make kernel __MAKE_CONF=/dev/null SRCCONF=/dev/null
# mv /boot/GENERIC/boot/kernel/* /boot/GENERIC
# rm -rf /boot/GENERIC/boot
```

Damit dieser Kernel als `GENERIC`-Kernel von `freebsd-update` erkannt wird, darf die `GENERIC`-Konfigurationsdatei in keiner Weise geändert worden sein. Es wird ebenfalls empfohlen, dass dieser ohne irgendwelche speziellen Optionen erstellt wird.

Der Neustart in den `GENERIC`-Kernel ist zu diesem Zeitpunkt nicht notwendig.

24.2.3.1.2. Angepasste Kernel unter FreeBSD 9.X und später

- Wenn ein angepasster Kernel erstmalig gebaut wurde, ist der Kernel in `/boot/kernel.old` in Wirklichkeit der `GENERIC`-Kernel. Benennen Sie einfach dieses Verzeichnis in `/boot/GENERIC` um.
- Angenommen, ein direkter Zugriff auf die Maschine ist möglich, so kann eine Kopie des `GENERIC`-Kernels von den Installationsmedien installiert werden. Benutzen Sie dazu folgende Befehle:

```
# mount /cdrom
# cd /cdrom/usr/freebsd-dist
# tar -C/ -xvf kernel.txz boot/kernel/kernel
```

- Wenn die oben genannten Optionen nicht verwendet werden können, kann der `GENERIC`-Kernel aus den Quellen neu gebaut und installiert werden:

```
# cd /usr/src
# make kernel __MAKE_CONF=/dev/null SRCCONF=/dev/null
```

Damit dieser Kernel als `GENERIC`-Kernel von `freebsd-update` erkannt wird, darf die `GENERIC`-Konfigurationsdatei in keiner Weise geändert worden sein. Es wird ebenfalls empfohlen, dass dieser ohne irgendwelche speziellen Optionen erstellt wird.

Der Neustart in den `GENERIC`-Kernel ist zu diesem Zeitpunkt nicht notwendig.

24.2.3.2. Die Aktualisierung durchführen

Aktualisierungen an Haupt- und Unterversionen können durchgeführt werden, wenn man `freebsd-update` eine Release-Version als Ziel übergibt. Beispielsweise wird das folgende Kommando das System auf FreeBSD 9.1 aktualisieren:

```
# freebsd-update -r 9.1-RELEASE upgrade
```

Nachdem das Kommando empfangen wurde, überprüft `freebsd-update` die Konfigurationsdatei und das aktuelle System, um die nötigen Informationen für die Systemaktualisierung zu sammeln. Eine Bildschirmausgabe wird anzeigen, welche Komponenten erkannt und welche nicht erkannt wurden. Zum Beispiel:

```
Looking up update.FreeBSD.org mirrors... 1 mirrors found.
Fetching metadata signature for 9.0-RELEASE from update1.FreeBSD.org... done.
Fetching metadata index... done.
Inspecting system... done.

The following components of FreeBSD seem to be installed:
kernel/smp src/base src/bin src/contrib src/crypto src/etc src/games
src/gnu src/include src/krb5 src/lib src/libexec src/release src/rescue
```

```
src/sbin src/secure src/share src/sys src/tools src/ubin src/usbin
world/base world/info world/lib32 world/manpages
```

```
The following components of FreeBSD do not seem to be installed:
kernel/generic world/catpages world/dict world/doc world/games
world/proflibs
```

```
Does this look reasonable (y/n)? y
```

An diesem Punkt wird `freebsd-update` versuchen, alle notwendigen Dateien für die Aktualisierung herunter zu laden. In manchen Fällen wird der Benutzer mit Fragen konfrontiert, um festzustellen, was installiert werden soll oder auf welche Art und Weise fortgesetzt werden soll.

Wenn ein angepasster Kernel benutzt wird, produziert der vorherige Schritt eine Warnung ähnlich zu der folgenden:

```
WARNING: This system is running a "
MYKERNEL " kernel, which is not a
kernel configuration distributed as part of FreeBSD 9.0-RELEASE.
This kernel will not be updated: you MUST update the kernel manually
before running "/usr/sbin/freebsd-update install"
```

Diese Warnung kann an dieser Stelle problemlos ignoriert werden. Der aktualisierte `GENERIC`-Kernel wird als ein Zwischenschritt im Aktualisierungsprozess verwendet.

Nachdem alle Korrekturen auf das lokale System heruntergeladen wurden, werden diese eingespielt. Dieser Prozess kann eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen, abhängig von der Geschwindigkeit und Auslastung der Maschine. Konfigurationsdateien werden ebenfalls zusammengefügt. Dieser Teil der Prozedur verlangt einige Benutzereingaben, da eine Datei möglicherweise von Hand zusammengefasst werden muss oder ein Editor erscheint auf dem Bildschirm zum manuellen bearbeiten. Die Ergebnisse von jeder erfolgreichen Zusammenfassung werden dem Benutzer angezeigt, während der Prozess weiter läuft. Eine fehlgeschlagene oder ignorierte Zusammenfassung wird den Prozess sofort beenden. Benutzer sollten eine Sicherung von `/etc` anlegen und wichtige Dateien später manuell vereinen, beispielsweise `master.passwd` oder `group`.



Anmerkung

Das System ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht verändert worden, da alle Korrekturen und Vereinigungen in einem anderen Verzeichnis vorgenommen wurden. Wenn alle Korrekturen erfolgreich eingespielt, alle Konfigurationsdateien zusammengefügt wurden und es den Anschein hat, dass der Prozess problemlos verlaufen wird, müssen die Änderungen vom Anwender noch angewendet und auf die Platte geschrieben werden:

```
# freebsd-update install
```

Der Kernel und die Module werden zuerst aktualisiert. Zu diesem Zeitpunkt muss die Maschine neu gestartet werden. Wenn das System einen angepassten Kernel verwendet, benutzen Sie [nextboot\(8\)](#), um den Kernel für den nächsten Neustart auf `/boot/GENERIC` zu setzen:

```
# nextboot -k GENERIC
```



Warnung

Bevor das System mit dem `GENERIC`-Kernel neu gestartet wird, vergewissern Sie sich, dass für den Neustart alle benötigten Treiber enthalten sind. Falls auf die Maschine aus der Ferne zugegriffen wird, stellen Sie sicher, dass das System ordnungsgemäß an das Netzwerk angeschlossen ist. Achten Sie besonders darauf, dass wenn der angepasste Kernel Funktionalität

beinhaltet, die normalerweise von Kernelmodulen zur Verfügung gestellt werden, dass diese temporär über `/boot/loader.conf` in den `GENERIC`-Kernel übernommen werden. Zudem wird empfohlen, nicht benötigte Dienste, eingehängte Platten und verbundene Netzlaufwerke zu deaktivieren, bis der Aktualisierungsprozess abgeschlossen ist.

Die Maschine sollte nun mit dem aktualisierten Kernel neu gestartet werden:

```
# shutdown -r now
```

Sobald das System wieder online ist, muss `freebsd-update` erneut gestartet werden. Der Zustand des Prozesses wurde zuvor gesichert und deshalb wird `freebsd-update` nicht von vorne beginnen, jedoch alle alten gemeinsam genutzten Bibliotheken und Objektdateien löschen.

```
# freebsd-update install
```



Anmerkung

Abhängig davon, ob irgendwelche Bibliotheksversionen erhöht wurden, kann es sein, dass nur zwei Installationsphasen anstatt drei durchlaufen werden.

24.2.3.3. Neubau der Ports nach einer Aktualisierung auf eine Hauptversion

Nach der Aktualisierung auf eine Hauptversion, muss jegliche Drittanbieter-Software neu erstellt und installiert werden. Dies ist notwendig, da die installierte Software möglicherweise Abhängigkeiten zu Bibliotheken enthält, die während der Aktualisierung entfernt wurden. Dieser Prozess kann mit einem Werkzeug wie [ports-mgmt/portmaster](#) automatisiert werden:

```
# portmaster -f
```

Sobald dies abgeschlossen ist, beenden Sie den Aktualisierungsprozess mit einem letzten Aufruf von `freebsd-update`. Geben Sie den folgenden Befehl ein, um alle losen Enden des Aktualisierungsprozesses miteinander zu verknüpfen:

```
# freebsd-update install
```

Wenn der `GENERIC`-Kernel temporär Verwendung fand, ist dies der richtige Zeitpunkt, einen neuen, angepassten Kernel zu bauen und über die übliche Methode zu installieren.

Booten Sie anschließend die Maschine in die neue FreeBSD-Version. Der Prozess ist damit abgeschlossen.

24.2.4. Vergleich des Systemzustands

`freebsd-update` kann verwendet werden, um den Zustand der installierten FreeBSD-Version gegenüber einer bekannten und funktionierenden Kopie zu vergleichen. Diese Option vergleicht die aktuelle Version von Systemwerkzeugen, Bibliotheken und Konfigurationsdateien. Um diesen Vergleich zu starten, geben Sie den folgenden Befehl ein:

```
# freebsd-update IDS >> outfile.ids
```



Warnung

Obwohl der Befehlsname `IDS` lautet, ist dies kein Ersatz für ein echtes Intrusion Detection System wie [security/snort](#). Da `freebsd-update` seine Daten auf Platte ablegt, ist die Möglichkeit von Verfälschungen offensichtlich. Obwohl diese Möglichkeit durch die Verwendung

von kern.securelevel oder die Ablage von Daten auf einem Nur-Lese Dateisystem eingedämmt werden kann, besteht eine bessere Lösung darin, das System gegen ein gesichertes Medium, wie eine DVD oder einen externen, separat aufbewahrten USB-Plattenspeicher, zu vergleichen.

Das System wird nun überprüft, und eine lange Liste von Dateien zusammen mit den [sha256\(1\)](#)-Hashwerten, sowohl der von der Release-Version bekannte Wert als auch der des aktuell installierten Systems, in `outfile.ids` geschrieben.

Die Zeilen in der Ausgabe sind extrem lang, aber das Ausgabeformat kann einfach verarbeitet werden. Um beispielsweise eine Liste von allen Dateien zu erhalten, die sich vom aktuellen Release unterscheiden, geben Sie das folgende Kommando ein:

```
# cat outfile.ids | awk '{ print $1 }' | more
/etc/master.passwd
/etc/motd
/etc/passwd
/etc/pf.conf
```

Diese Beispielausgabe wurde abgeschnitten, da noch viele weitere Dateien vorhanden sind. Einige Dateien wurden auf natürliche Art verändert. `/etc/passwd` wurde beispielsweise geändert, um Benutzer zum System hinzuzufügen. Andere Dateien, wie Kernelmodule, unterscheiden sich, weil `freebsd-update` diese aktualisiert hat. Um bestimmte Dateien oder Verzeichnisse auszuschließen, fügen Sie diese an die `IDSIgnorePaths`-Option in `/etc/freebsd-update.conf` an.

Diese Vorgehensweise kann als Teil einer ausgeklügelten Aktualisierungsmethode benutzt werden, unabhängig von der zuvor angesprochenen Variante.

24.3. Portsnap: Ein Werkzeug zur Aktualisierung der Ports-Sammlung

Geschrieben von Tom Rhodes.

Basierend auf bereitgestellten Mitschriften von Colin Percival.

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Das Basissystem von FreeBSD enthält [portsnap\(8\)](#) zum Aktualisieren der Ports-Sammlung. Dieses Programm verbindet sich mit einem entfernten Rechner, überprüft den Sicherheitsschlüssel und lädt eine neue Kopie der Ports-Sammlung herunter. Der Schlüssel wird verwendet, um die Integrität aller heruntergeladenen Dateien zu prüfen. Um die aktuellsten Dateien der Ports-Sammlung herunter zu laden, geben Sie das folgende Kommando ein:

```
# portsnap fetch
Looking up portsnap.FreeBSD.org mirrors... 9 mirrors found.
Fetching snapshot tag from geodns-1.portsnap.freebsd.org... done.
Fetching snapshot metadata... done.
Updating from Tue May 22 02:12:15 CEST 2012 to Wed May 23 16:28:31 CEST 2012.
Fetching 3 metadata patches.. done.
Applying metadata patches... done.
Fetching 3 metadata files... done.
Fetching 90 patches.....10....20....30....40....50....60....70....80....90. done.
Applying patches... done.
Fetching 133 new ports or files... done.
```

Dieses Beispiel zeigt, dass [portsnap\(8\)](#) mehrere Korrekturen für die aktuellen Ports-Daten gefunden und verifiziert hat. Es zeigt auch, dass das Programm zuvor schon einmal gestartet wurde. Wäre es das erste Mal, würde nur die Ports-Sammlung heruntergeladen werden.

Wenn [portsnap\(8\)](#) die `fetch`-Operation erfolgreich abgeschlossen hat, befinden sich die Ports-Sammlung und die dazugehörigen Korrekturen, welche die Überprüfung bestanden haben, auf dem lokalen System. Wenn `portsnap`

das erste Mal ausgeführt wird, muss `portsnap extract` aufgerufen werden, um die Ports-Sammlung zu installieren:

```
# portsnap extract
/usr/ports/.cvsignore
/usr/ports/CHANGES
/usr/ports/COPYRIGHT
/usr/ports/GIDs
/usr/ports/KNOBS
/usr/ports/LEGAL
/usr/ports/MOVED
/usr/ports/Makefile
/usr/ports/Mk/bsd.apache.mk
/usr/ports/Mk/bsd.autotools.mk
/usr/ports/Mk/bsd.cmake.mk
...
```

Um eine bereits installierte Ports-Sammlung zu aktualisieren, verwenden Sie `portsnap update`:

```
# portsnap update
```

Der Prozess ist jetzt abgeschlossen und Anwendungen können mittels der aktuellen Ports-Sammlung installiert oder aktualisiert werden.

Die Operationen `fetch` und `extract` oder `update` können auch nacheinander ausgeführt werden:

```
# portsnap fetch update
```

Dieser Befehl lädt die aktuelle Version der Ports-Sammlung herunter und aktualisiert anschließend die lokale Version unter `/usr/ports`.

24.4. Aktualisieren der Dokumentationssammlung

Übersetzt von Benedict Reuschling.

Dokumentation ein wichtiger Bestandteil des FreeBSD Betriebssystems. Obwohl eine aktuelle Version der FreeBSD Dokumentation jederzeit auf der [FreeBSD Webseite](#) verfügbar ist, verfügen manche Benutzer nur über eine langsame oder überhaupt keine Netzwerkverbindung. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die lokale Kopie der Dokumentation durch die aktuelle FreeBSD-Dokumentationssammlung zu aktualisieren.

24.4.1. Verwenden von Subversion um die Dokumentation zu aktualisieren

Die Dokumentationsquellen von FreeBSD können mittels `svn` aktualisiert werden. Dieser Abschnitt beschreibt:

- Die Installation der Dokumentations-Werkzeugsammlung, welche die Werkzeuge enthält, die nötig sind, um die FreeBSD Dokumentation aus den Quellen neu zu erstellen.
- Das Herunterladen einer Kopie der Dokumentationsquellen nach `/usr/doc`, unter Verwendung von `svn`.
- Den Bau der FreeBSD Dokumentation aus den Quellen und die Installation unter `/usr/share/doc`.
- Manche der Optionen zum Erstellen, die vom System zum Bauen der Dokumentation unterstützt werden, z.B. die Optionen welche nur ein paar der unterschiedlichen Sprachübersetzungen der Dokumentation erstellen oder die Optionen, die ein bestimmtes Ausgabeformat auswählen.

24.4.2. svn und die Werkzeugsammlung der Dokumentation installieren

Die Erstellung der FreeBSD Dokumentation aus den Quellen benötigt eine große Anzahl an Werkzeugen, die nicht Teil des FreeBSD Basissystems sind, da sie eine große Menge Plattenplatz verbrauchen und nicht von allen Free-

BSD-Anwendern benötigt werden. Sie sind daher nur für diejenigen Benutzer sinnvoll, die aktiv neue Dokumentation für FreeBSD schreiben oder häufig die Dokumentation aus den Quellen aktualisieren.

Alle benötigten Werkzeuge, einschließlich svn sind im Meta-Port [textproc/docproj](#) vorhanden, der vom FreeBSD Documentation Project entwickelt wurde.



Anmerkung

Wenn Sie die Dokumentation nicht als PostScript® oder PDF benötigen, können Sie alternativ die Installation des [textproc/docproj-nojadetex](#)-Ports in Erwägung ziehen. Diese Version der Dokumentations-Werkzeugsammlung enthält alles ausser das teTeX-Textsatzsystem. teTeX ist eine sehr grosse Sammlung an Werkzeugen, deshalb ist es vernünftig, deren Installation auszulassen, wenn die Ausgabe von PDF nicht unbedingt gebraucht wird.

24.4.3. Die Dokumentationsquellen aktualisieren

In diesem Beispiel wird svn verwendet, um eine saubere Kopie der Dokumentationsquellen über das HTTPS-Protokoll zu holen:

```
# svn checkout https://svn.freebsd.org/doc/head /doc/head /usr/doc
```

Benutzen Sie dazu einen der Spiegel aus [Subversion Mirror Sites](#).

Es dauert eine Weile, wenn die Dokumentationsquellen das allererste Mal heruntergeladen werden. Lassen Sie es laufen, bis es fertig ist.

Zukünftige Aktualisierungen der Dokumentationsquellen können wie folgt durchgeführt werden:

```
# svn update /usr/doc
```

Nachdem die Quellen einmal ausgecheckt wurden, wird durch `/usr/doc/Makefile` ein alternativer Weg unterstützt, die Dokumentation zu aktualisieren. Geben Sie dazu die folgenden Befehle ein:

```
# cd /usr/doc
# make update
```

24.4.4. Einstellbare Optionen der Dokumentationsquellen

Das System zum aktualisieren und erstellen der FreeBSD-Dokumentationssammlung unterstützt ein paar Optionen, welche den Prozess der Aktualisierung von Teilen der Dokumentation oder einer bestimmten Übersetzung erleichtert. Diese Optionen können entweder systemweit in `/etc/make.conf` gesetzt, oder als Kommandozeilenoptionen an [make\(1\)](#) übergeben werden.

Zu den Optionen gehören:

DOC_LANG

Eine Liste von Sprachen und Kodierungen, die gebaut und installiert werden sollen, z.B. `en_US.ISO8859-1`, um nur die englische Dokumentation zu erhalten.

FORMATS

Ein einzelnes Format oder eine Liste von Ausgabeformaten, das gebaut werden soll. Momentan werden `html`, `html-split`, `txt`, `ps`, `pdf`, und `rtf` unterstützt.

DOCDIR

Wohin die Dokumentation installiert werden soll. Der Standardpfad ist `/usr/share/doc`.

Für weitere `make`-Variablen, die als systemweite Optionen in FreeBSD unterstützt werden, lesen Sie [make.conf\(5\)](#).

Für weitere `make`-Variablen, die vom System zum Erstellen der FreeBSD-Dokumentation unterstützt werden, lesen Sie die [Fibel für neue Mitarbeiter des FreeBSD-Dokumentationsprojekts](#).

24.4.5. Die FreeBSD-Dokumentation aus den Quellen installieren

Sobald ein aktueller Schnappschuss der Dokumentationsquellen nach `/usr/doc` heruntergeladen wurde, ist alles bereit für eine Aktualisierung der bestehenden Dokumentation.

Eine komplette Aktualisierung aller Sprachen, definiert in `DOC_LANG`, kann durch folgende Eingabe erreicht werden:

```
# cd /usr/doc
# make install clean
```

Wenn nur eine Aktualisierung einer bestimmten Sprache gewünscht wird, kann `make(1)` in einem sprachspezifischen Unterverzeichnis von `/usr/doc` aufgerufen werden:

```
# cd /usr/doc/en_US.ISO8859-1
# make update install clean
```

Die zu installierenden Ausgabeformate können durch das Setzen von `FORMATS` angegeben werden:

```
# cd /usr/doc
# make FORMATS='html html-split' install clean
```

Informationen zum Bearbeiten und Einreichen von Korrekturen finden Sie in der [Fibel für neue Mitarbeiter des FreeBSD-Dokumentationsprojekts](#).

24.4.6. Verwendung von Dokumentations-Ports

Basierend auf der Arbeit von Marc Fonvielle.

Im vorherigen Abschnitt wurde eine Methode gezeigt, wie die FreeBSD-Dokumentation aus den Quellen gebaut werden kann. Allerdings sind quellbasierte Aktualisierungen möglicherweise nicht für alle FreeBSD-Systeme geeignet oder praktikabel. Das Erstellen der Dokumentationsquellen benötigt eine große Anzahl an Werkzeugen, Programmen und Hilfsmitteln, die *documentation toolchain*, einen gewissen Grad an Vertrautheit mit `svn`, ausgecheckte Quellen von einem Repository, sowie ein paar manuelle Schritte, um diese ausgecheckten Quellen zu bauen. Dieser Abschnitt beschreibt eine alternative Methode, in der die Ports-Sammlung verwendet wird und die es ermöglicht:

- vorgefertigte Schnappschüsse der Dokumentation herunterzuladen und zu installieren, ohne vorher die Werkzeugsammlung der Dokumentation installieren zu müssen.
- die Dokumentationsquellen herunterzuladen und durch das Ports-System erstellen zu lassen, was die Schritte zum Auschecken und Erstellen etwas erleichtert.

Diese beiden Methoden der Aktualisierung der FreeBSD-Dokumentation werden durch eine Menge von *Dokumentations-Ports* unterstützt, die von Documentation Engineering Team <doceng@FreeBSD.org> monatlich aktualisiert wird. Diese sind in der FreeBSD Ports-Sammlung unter der Kategorie docs gelistet (<http://www.freshports.org/docs/>).

24.4.6.1. Erstellen und Installieren von Dokumentations-Ports

Die Dokumentations-Ports nutzen das Ports-System, um das Erstellen von Dokumentation wesentlich einfacher zu machen. Es automatisiert den Prozess des Auscheckens der Dokumentationsquellen, aufrufen von `make(1)` mit den passenden Umgebungsvariablen und Kommandozeilenoptionen und macht die Installation und Deinstallation von Dokumentation so einfach wie die Installation von jedem anderen Port oder Paket.



Anmerkung

Als zusätzliche Eigenschaft zeichnen sie eine Abhängigkeit zur *Dokumentations-Werkzeugsammlung* auf, wenn die Dokumentations-Ports lokal erstellt werden, weshalb diese auch automatisch mitinstalliert wird.

Die Dokumentations-Ports sind wie folgt organisiert:

- Der „Master-Port“, [misc/freebsd-doc-en](#), der alle englischen Dokumentations-Ports installiert.
- Der „Alles-in-Einem-Port“, [misc/freebsd-doc-all](#), welcher die komplette Dokumentation in allen verfügbaren Sprachen erstellt und installiert.
- Es gibt noch einen „Slave-Port“ für jede Übersetzung, beispielsweise [misc/freebsd-doc-hu](#) für Dokumentation in ungarischer Sprache.

Um die englische Dokumentation zu bauen im getrennten HTML-Format in `/usr/local/share/doc/freebsd` zu installieren, installieren Sie den folgenden Port:

```
# cd /usr/ports/misc/freebsd-doc-en
# make install clean
```

24.4.6.1.1. Gebräuchliche Schalter und Optionen

Es gibt viele Optionen, die das Standardverhalten der Dokumentations-Ports verändern. Dazu gehören:

WITH_HTML

Erstellt das HTML-Format mit einer einzigen HTML-Datei pro Dokument. Die formatierte Dokumentation wird als Datei mit dem Namen `article.html`, oder gegebenenfalls `book.html`, zuzüglich der Bilder gespeichert.

WITH_PDF

Erstellt das Adobe® Portable Document Format (PDF). Die formatierte Dokumentation wird als Datei mit dem Namen `article.pdf`, oder gegebenenfalls als `book.pdf` gespeichert.

DOCBASE

Legt den Pfad fest, wohin die Dokumentation installiert werden soll. Die Voreinstellung ist `/usr/local/share/doc/freebsd`.



Anmerkung

Der Standardpfad zum Verzeichnis unterscheidet sich von dem Verzeichnis, das von `svn` verwendet wird. Das liegt daran, dass Ports üblicherweise in `/usr/local` installiert werden. Dies kann durch die Verwendung von `PREFIX` überschrieben werden.

Dieses Beispiel verwendet Variablen, um die ungarische Dokumentation als PDF zu installieren:

```
# cd /usr/ports/misc/freebsd-doc-hu
# make -DWITH_PDF DOCBASE=share/doc/freebsd/hu install clean
```

24.4.6.2. Verwendung von Dokumentations-Paketen

Das Erstellen der Dokumentations-Ports aus den Quellen, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, benötigt die lokale Installation der Dokumentations-Werkzeugsammlung und ein wenig Festplattenspeicher für das Bauen

der Ports. Sollten die Ressourcen zum Bauen der Dokumentations-Werkzeugsammlung nicht zur Verfügung stehen, oder weil das erstellen zuviel Plattenplatz benötigen würde, ist es trotzdem möglich, bereits zuvor gebaute Schnappschüsse der Dokumentations-Ports zu installieren.

Documentation Engineering Team <doceng@FreeBSD.org> erstellt monatliche Schnappschüsse der Dokumentations-Pakete von FreeBSD. Diese Binärpakete können mit jedem der mitgelieferten Paketwerkzeuge installiert werden, beispielsweise `pkg_add(1)`, `pkg_delete(1)` und so weiter.



Anmerkung

Wenn Binärpakete zu Einsatz kommen, wird die FreeBSD-Dokumentation in *allen* verfügbaren Formaten in der gegebenen Sprache installiert.

Zum Beispiel installiert das folgende Kommando das aktuelle, vorgefertigte Paket der ungarischen Dokumentation:

```
# pkg_add -r hu-freebsd-doc
```



Anmerkung

Pakete verwenden ein Format, welches sich von dem Namen des dazugehörigen Ports unterscheidet: `lang-freebsd-doc`. `lang` entspricht hier der Kurzform des Sprachcodes, z.B. `hu` für Ungarisch, oder `zh_cn` für vereinfachtes Chinesisch.

24.4.6.3. Dokumentations-Ports aktualisieren

Dokumentations-Ports können wie jeder andere Port aktualisiert werden. Beispielsweise aktualisiert das folgende Kommando die installierte ungarische Dokumentation mittels `ports-mgmt/portmaster` unter Verwendung von Paketen:

```
# portmaster -PP hu-freebsd-doc
```

24.5. Einem Entwicklungszweig folgen

FreeBSD besitzt zwei Entwicklungszweige: FreeBSD-CURRENT und FreeBSD-STABLE. Dieser Abschnitt beschreibt beide Zweige und erläutert, wie Sie ein System auf dem aktuellen Stand eines Zweiges halten. Zuerst wird FreeBSD-CURRENT vorgestellt, dann FreeBSD-STABLE.

24.5.1. FreeBSD-CURRENT

FreeBSD-CURRENT ist die Spitze der Entwicklung von FreeBSD. Benutzer von FreeBSD-CURRENT sollten über sehr gute technische Fähigkeiten verfügen und in der Lage sein, schwierige Probleme alleine zu lösen. Wenn FreeBSD neu für Sie ist, verwenden Sie besser FreeBSD-STABLE.

24.5.1.1. Was ist FreeBSD-CURRENT?

FreeBSD-CURRENT besteht aus den neuesten Quellen des FreeBSD-Systems. Es enthält Sachen, an denen gerade gearbeitet wird, experimentelle Änderungen und Übergangsmechanismen, die im nächsten offiziellen Release der Software enthalten sein können oder nicht. Obwohl FreeBSD-CURRENT täglich von vielen Entwicklern gebaut wird, gibt es Zeiträume, in denen sich das System nicht bauen lässt. Diese Probleme werden so schnell wie möglich behoben, aber ob Sie mit FreeBSD-CURRENT Schiffbruch erleiden oder die gewünschten Verbesserungen erhalten, kann von dem Zeitpunkt abhängen, an dem der Quelltext synchronisiert wurde.

24.5.1.2. Wer braucht FreeBSD-CURRENT?

FreeBSD-CURRENT wird hauptsächlich für drei Interessengruppen zur Verfügung gestellt:

1. Entwickler, die an einem Teil des Quellbaums arbeiten und daher über die aktuellen Quellen verfügen müssen.
2. Tester, die bereit sind, Zeit in das Lösen von Problemen zu investieren und sicherstellen, dass FreeBSD-CURRENT so stabil wie möglich bleibt. Diese Tester machen Vorschläge zu Änderungen oder der generellen Entwicklung von FreeBSD und stellen Patches bereit, um diese Vorschläge zu realisieren.
3. Für Leute, die die Entwicklung im Auge behalten wollen, oder die Quellen zu Referenzzwecken benutzen wollen. Auch diese Gruppe macht Vorschläge oder steuert Quellcode bei.

24.5.1.3. Was FreeBSD-CURRENT nicht ist!

1. Der schnellste Weg, neue Funktionen vor dem offiziellen Release auszuprobieren. Bedenken Sie, dass neue Funktionen noch nicht im vollen Umfang getestet wurden und daher höchstwahrscheinlich Fehler enthalten.
2. Ein schneller Weg, um an Fehlerbehebungen (engl. *bug fixes*) zu kommen. Jede Fehlerbehebung führt mit gleicher Wahrscheinlichkeit neue Fehler ein, mit der sie alte behebt.
3. In keiner Weise „offiziell unterstützt“.

24.5.1.4. Benutzen von FreeBSD-CURRENT

1. Lesen Sie die Mailinglisten [freebsd-current](#) und [svn-src-head](#). Dies ist *notwendig*, um die Kommentare über den aktuellen Status des Systems und wichtige Mitteilungen zum aktuellen Zustand von FreeBSD-CURRENT zu erfahren.

Die [svn-src-head](#) Mailingliste erfasst die Commit-Logs für jede Änderung und enthält alle relevanten Informationen zu möglichen Seiteneffekten.

Um diese Listen zu abonnieren, besuchen Sie <http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo>, klicken Sie auf die gewünschte Liste und folgen Sie den Anweisungen. Wenn Sie die Änderungen am gesamten Quellbaum verfolgen möchten, abonnieren Sie die [svn-src-all](#) Liste.

2. Beschaffen Sie sich die Quellen von einem [FreeBSD-Spiegel](#), mit einer der folgenden Methoden:
 - a. Benutzen Sie [svn](#), um den gewünschten Entwicklungs- oder Release-Zweig auszuchecken. Dies ist die empfohlene Methode für den Zugang zur Entwicklung von FreeBSD. Checken Sie den -CURRENT Quelltext aus dem head-Zweig von einem der [Subversion Mirror Sites](#) aus. Aufgrund der Größe des Repositories ist es empfehlenswert, nur die gewünschten Teilbäume auszuchecken.
 - b. Benutzen Sie CTM, wenn Sie über eine schlechte Internet-Anbindung verfügen. CTM ist eine Option, aber es ist nicht so zuverlässig wie [Subversion](#). Aus diesem Grund ist Subversion die empfohlene Methode für jedes System mit Internet-Anbindung.
3. Wenn Sie die Quellen einsetzen und nicht nur darin lesen wollen, besorgen Sie sich die *kompletten* Quellen von FreeBSD-CURRENT und nicht nur ausgesuchte Teile. Der Grund hierfür ist, dass die verschiedenen Teile der Quellen voneinander abhängen. Es ist ziemlich sicher, dass Sie in Schwierigkeiten geraten, wenn Sie versuchen, nur einen Teil der Quellen zu übersetzen.

Lesen Sie `/usr/src/Makefile` sehr aufmerksam, bevor Sie FreeBSD-CURRENT übersetzen. Wenn Sie FreeBSD das erste Mal aktualisieren, sollten Sie sowohl [einen Kernel als auch das System neu installieren](#). Lesen Sie die Mailingliste [FreeBSD-CURRENT](#) und `/usr/src/UPDATING`, um über Änderungen im Installationsverfahren, die manchmal vor der Einführung eines neuen Releases notwendig sind, informiert zu sein.

4. Seien Sie aktiv! Benutzer von FreeBSD-CURRENT werden aufgefordert ihre Verbesserungsvorschläge oder Fehlerbehebungen einzureichen. Verbesserungsvorschläge, die Code enthalten, werden übrigens begeistert entgegengenommen!

24.5.2. FreeBSD-STABLE

24.5.2.1. Was ist FreeBSD-STABLE?

FreeBSD-STABLE ist der Entwicklungszeitpunkt, auf dem Releases erstellt werden. Dieser Zweig ändert sich langsamer als FreeBSD-CURRENT und alle Änderungen hier sollten zuvor in FreeBSD-CURRENT ausgetestet sein. Beachten Sie, dass dies *immer noch* ein Entwicklungszeitpunkt ist und daher zu jedem Zeitpunkt die Quellen von FreeBSD-STABLE verwendbar sein können oder nicht. FreeBSD-STABLE ist Teil des Entwicklungsprozesses und nicht für Endanwender gedacht.

24.5.2.2. Wer braucht FreeBSD-STABLE?

Wer daran interessiert ist den FreeBSD-Entwicklungsprozess zu verfolgen oder dazu beizutragen, insbesondere im Hinblick auf das nächste Hauptversion, der sollte es in Erwägung ziehen, FreeBSD-STABLE zu benutzen.

Auch wenn sicherheitsrelevante Fehlerbehebungen in den FreeBSD-STABLE Zweig einfließen, müssen Sie deswegen noch lange nicht FreeBSD-STABLE verfolgen. Jeder FreeBSD Sicherheitshinweis beschreibt für jedes betroffene Release, wie der sicherheitsrelevante Fehler behoben wird.¹

Obwohl wir versuchen sicherzustellen, dass der FreeBSD-STABLE Zweig sich jederzeit übersetzen lässt und lauffähig ist, können wir dafür keine Garantie übernehmen. Auch wenn Neuentwicklungen in FreeBSD-CURRENT stattfinden, ist es jedoch so, dass mehr Leute FreeBSD-STABLE anstelle von FreeBSD-CURRENT benutzen und es daher unvermeidlich ist, dass Fehler und Grenzfälle erst in FreeBSD-STABLE auffallen.

Aus diesen Gründen empfehlen wir Ihnen *nicht* blindlings FreeBSD-STABLE zu benutzen. Es ist besonders wichtig, dass FreeBSD-STABLE zuerst sorgfältig in einer Testumgebung getestet wird, bevor die Produktion auf FreeBSD-STABLE migriert.

Benutzer, die keine Ressourcen haben, um diese Tests durchzuführen wird empfohlen, das aktuelle FreeBSD-Release zu verwenden und den binären Update-Mechanismus zu nutzen, um auf neue Releases zu migrieren.

24.5.2.3. Benutzen von FreeBSD-STABLE

1. Lesen Sie Mailingliste [freebsd-stable](#), damit Sie über Abhängigkeiten beim Bau von FreeBSD-STABLE und Sachen, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, informiert sind. Umstrittene Fehlerbehebungen oder Änderungen werden von den Entwicklern auf dieser Liste bekannt gegeben. Dies erlaubt es den Benutzern, Einwände gegen die vorgeschlagenen Änderungen vorzubringen.

Abonnieren Sie die passende SVN-Liste für den jeweiligen Branch, den Sie verfolgen. Wenn Sie beispielsweise den Zweig 9-STABLE verfolgen, lesen Sie die [svn-src-stable-9](#). Diese Liste enthält zu jeder Änderung das Commit-Log, das Informationen zu möglichen Seiteneffekten enthält.

Um diese Listen zu abonnieren, besuchen Sie die Seite <http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo>. Klicken Sie auf die gewünschte Liste und folgen Sie den Anweisungen. Wenn Sie daran interessiert sind, Änderungen am gesamten Quellbaum zu verfolgen, abonnieren Sie [svn-src-all](#).

2. Wenn Sie ein neues System installieren und dazu einen der monatlich aus FreeBSD-STABLE erzeugten Snapshots verwenden wollen, sollten Sie zuerst die [Snapshot Website](#) auf aktuelle Informationen überprüfen. Alternativ können Sie auch das neueste FreeBSD-STABLE-Release von den [Spiegeln](#) beziehen und das System nach den folgenden Anweisungen aktualisieren.

Es stehen mehrere Methoden zur Verfügung, um ein System mit einem älteren Release von einem der [FreeBSD-Spiegel](#) zu aktualisieren.

- a. Benutzen Sie [svn](#), um den gewünschten Entwicklungs- oder Release-Zweig auszuchecken. Dies ist die empfohlene Methode für den Zugang zur Entwicklung von FreeBSD. Die Zweige umfassen `head`, für den aktuellen Entwicklungszeitpunkt, sowie weitere Zweige die auf der [Release Engineering Seite](#) beschrieben sind, wie beispielsweise `stable/9` oder `releng/9.0`. Das bevorzugte URL-Präfix für Subversion zum Auschecken des

¹Eine vollständige Beschreibung der Sicherheitspolitik für alte FreeBSD Releases entnehmen Sie <http://www.FreeBSD.org/security/>.

Basissystems ist <http://svn.freebsd.org/base/>. Aufgrund der Größe des Repositories ist es empfehlenswert, nur die gewünschten Teilbäume auszuchecken.

- b. Wenn Sie über keine schnelle Internet-Anbindung verfügen, sollten Sie die Nutzung von CTM in Betracht ziehen.
3. Benutzen Sie Subversion, wenn Sie schnellen Zugriff auf die Quellen brauchen und die Bandbreite keine Rolle spielt, andernfalls benutzen Sie CTM.
4. Lesen Sie `/usr/src/Makefile` sehr aufmerksam, bevor Sie FreeBSD-STABLE übersetzen. Wenn Sie FreeBSD das erste Mal aktualisieren, sollten Sie sowohl [einen Kernel als auch das System neu installieren](#). Lesen Sie die Mailingliste [FreeBSD-STABLE](#) und `/usr/src/UPDATING`, um über Änderungen im Installationsverfahren, die manchmal vor der Einführung eines neuen Releases notwendig sind, informiert zu sein.

24.6. Synchronisation der Quellen

Sie können eine Internet-Verbindung (oder E-Mail) dazu nutzen, Teile von FreeBSD, wie die Quellen zu einzelnen Projekten, oder das Gesamtsystem, aktuell zu halten. Die primären Dienste dafür sind [Subversion](#) und [CTM](#).



Warnung

Obwohl es möglich ist, nur Teile des Quellbaums zu aktualisieren, ist die einzige unterstützte Migrationsprozedur, den kompletten Quellbaum zu aktualisieren und alles neu zu übersetzen. Dazu zählen alle Userland-Programme in `/bin` und `/sbin`, sowie die Kernelquellen. Wird hingegen nur ein Teil der Quellen, zum Beispiel nur der Kernel oder nur die Programme aus dem Userland aktualisiert, treten Probleme auf, die von Übersetzungsfehlern über Kernel-Panics bis hin zu Beschädigung von Daten reichen können.

Subversion benutzt die *Pull-Methode*², um die Quellen zu aktualisieren. Der Benutzer, oder ein cron-Skript, ruft das Programm `svn` auf, das die Quellen aktualisiert. Subversion ist die empfohlene Methode, um die lokalen Quellen zu aktualisieren. Mit beiden Methoden erhalten Sie aktuelle Updates zu einem genau von Ihnen bestimmten Zeitpunkt. Es ist einfach, die Prozedur auf bestimmte Dateien oder Verzeichnisse einschränken. Die Updates werden zur Laufzeit generiert.

CTM vergleicht die Quellen nicht mit denen auf einem Server. Stattdessen läuft auf dem Server ein Skript, das Änderungen an Dateien gegenüber seinem vorigen Lauf bemerkt, die Änderungen komprimiert, mit einer Sequenznummer versieht und für das Verschieben per E-Mail kodiert. Dabei werden nur druckbare ASCII-Zeichen verwendet. Wenn Sie diese „CTM-Deltas“ erhalten haben, können Sie sie mit [ctm_rmail\(1\)](#) benutzen, welches die Deltas dekodiert, verifiziert und dann die Änderungen an den Quellen vornimmt. Dieses Verfahren ist viel effizienter als Subversion und erzeugt auch weniger Last auf den Servern, da es die *Push-Methode*³ verwendet.

Es gibt noch weitere Unterschiede. Wenn ein Benutzer unabsichtlich Teile des Archivs löschen, wird das von Subversion erkannt und repariert. CTM leistet das nicht. Wenn ein Benutzer Teile des Quellbaums gelöscht hat und keine Sicherung besitzt, muss er von neuem, das heißt vom letzten „Basis-Delta“, starten und die Änderungen wieder mit CTM nachziehen.

24.7. Das komplette Basissystem neu bauen

²Von engl. *to pull* = ziehen. Der Client holt sich bei dieser Methode die Dateien ab.

³Von engl. *to push* = schieben. Der Server schickt dem Client die Dateien.

Sobald der lokale Quellbaum mit einer bestimmten FreeBSD Version, z.B. FreeBSD-STABLE oder FreeBSD-CURRENT synchronisiert wurde, kann dieser dazu benutzt werden das System neu zu bauen.



Erstellen Sie eine Sicherungskopie!

Es kann nicht oft genug betont werden, wie wichtig es ist, das System zu sichern, *bevor* die nachfolgenden Schritte ausgeführt werden. Obwohl der Neubau des Systems eine einfache Aufgabe ist, kann dennoch vorkommen, dass Fehler im Quellbaum dazu führen, dass das System nicht mehr bootet.

Stellen Sie sicher, dass Sie eine Sicherung erstellt haben und über ein startfähiges Installationsmedium verfügen. Wahrscheinlich werden die Medien nicht benötigt, aber gehen Sie auf Nummer sicher!



Abonnieren Sie die richtige Mailingliste

Die FreeBSD-STABLE und FreeBSD-CURRENT Zweige befinden sich in *ständiger Entwicklung*. Die Leute, die zu FreeBSD beitragen, sind Menschen und ab und zu machen sie Fehler.

Manchmal sind diese Fehler harmlos und lassen das System eine Warnung ausgeben. Die Fehler können allerdings auch katastrophal sein und dazu führen, dass das System nicht mehr booten kann, oder Dateisysteme beschädigt werden.

Wenn Probleme auftauchen, wird ein „heads up“ an die passende Mailingliste geschickt, welches das Problem erklärt und die betroffenen Systeme benennt. Eine „all clear“ Meldung wird versendet, wenn das Problem gelöst ist.

Benutzer, die FreeBSD-STABLE oder FreeBSD-CURRENT benutzen und nicht die Mailinglisten [FreeBSD-STABLE](#) beziehungsweise [FreeBSD-CURRENT](#) lesen, bringen sich nur unnötig in Schwierigkeiten.



Verwenden Sie nicht `make world`

Einige ältere Dokumentationen empfehlen `make world` für den Neubau. Das Kommando überspringt jedoch wichtige Schritte und sollte nur von Experten verwendet werden. In fast allen Fällen ist `make world` falsch. Benutzen Sie stattdessen die nachstehende Anleitung.

24.7.1. Richtig aktualisieren

Bevor das System aktualisiert wird, lesen Sie `/usr/src/UPDATING`, um die für die Quellcodeversion nötigen Aufgaben zu erledigen, bevor das System neu gebaut wird. Danach kann das System mit den folgenden Schritten aktualisiert werden.

Bei den hier dargestellten Aktualisierungsschritten wird davon ausgegangen, dass momentan eine alte FreeBSD-Version verwendet wird, die aus einem alten Compiler, Kernel, sowie einem alten Basissystem und veralteten Konfigurationsdateien besteht. Mit „Basissystem“ sind hier die zentralen Binärdateien, Bibliotheken und Entwicklerdateien gemeint. Der Compiler ist Teil des „Basissystems“, beinhaltet aber ein paar Besonderheiten.

Es wird außerdem davon ausgegangen, dass bereits die Quellen für ein neues System bezogen wurden. Falls die Quellen nicht auf dem aktuellen Stand sind, lesen Sie [Abschnitt 24.6, „Synchronisation der Quellen“](#), um detaillierte Hilfe über die Aktualisierung der Quellen zu erhalten.

Die Aktualisierung des Systems aus den Quellen ist ein wenig ausgetüftelter als es zunächst den Anschein hat. Die Entwickler von FreeBSD haben es über die Jahre für Nötig befunden, den vorgeschlagenen Ablauf ziemlich stark zu verändern, da neue Arten von unvermeidlichen Abhängigkeiten mit der Zeit ans Licht kamen. Der übrige Teil dieses Abschnitts beschreibt die Überlegungen hinter der aktuell empfohlenen Aktualisierungsreihenfolge.

Jede erfolgreiche Aktualisierung muss sich mit den folgenden Sachverhalten auseinandersetzen:

- Der alte Compiler ist aufgrund von Fehlern möglicherweise nicht in der Lage, den neuen Kernel zu übersetzen. Deshalb sollte der neue Kernel mit dem neuen Compiler übersetzt werden, was bedeutet, dass der neue Compiler vor dem neuen Kernel gebaut werden muss. Das bedeutet nicht unbedingt, dass der neue Compiler auch *installiert* werden muss, bevor der neue Kernel gebaut wird.
- Das neue Basissystem benötigt eventuell neue Eigenschaften des Kernels. Also muss der neue Kernel installiert sein, bevor das neue Basissystem installiert wird.

Diese ersten beiden Sachverhalte sind die Grundlage für die zentrale Sequenz von `buildworld`, `buildkernel`, `installkernel` und `installworld`, die in den folgenden Abschnitten beschrieben wird. Weitere Gründe für diese Vorgehensweise sind hier aufgeführt:

- Das alte Basissystem wird möglicherweise nicht korrekt mit dem neuen Kernel funktionieren, weshalb das neue Basissystem sofort nach der Installation des neuen Kernels installiert werden muss.
- Manche Änderungen an der Konfiguration müssen erledigt worden sein, bevor das neue Basissystem installiert wird, jedoch können andere die Funktionalität des alten Basissystems beeinträchtigen. Aus diesem Grund sind zwei verschiedene Schritte notwendig, um eine Aktualisierung der Konfiguration durchzuführen.
- Der Aktualisierungsprozess ersetzt zum Grossteil Dateien oder fügt neue hinzu, bestehende Dateien werden nicht gelöscht. In wenigen Ausnahmefällen kann dies Probleme verursachen. Aus diesem Grund wird der Aktualisierungsprozess manchmal bestimmte Dateien zum manuellen Löschen vorschlagen. Dies wird eventuell in der Zukunft automatisch durchgeführt.

Diese Bedenken haben zu der folgenden Reihenfolge geführt. Beachten Sie, dass der genaue Ablauf für bestimmte Aktualisierungen zusätzliche Schritte nach sich zieht, jedoch sollte der Kernprozess davon nicht beeinträchtigt werden:

1. `make buildworld`

Dieser Schritt übersetzt zuerst den neuen Compiler und ein paar damit zusammenhängende Werkzeuge und verwendet dann den neuen Compiler, um den Rest des Basissystems zu erstellen. Das Ergebnis landet dann in `/usr/obj`.

2. `make buildkernel`

Dieser Ansatz nutzt den *neuen* Compiler, der in `/usr/obj` abgelegt ist, um vor falschen Compiler-Kernel-Kombinationen zu schützen.

3. `make installkernel`

Platziert den neuen Kernel und Kernelmodule auf der Platte, was es erlaubt, mit dem frisch aktualisierten Kernel zu starten.

4. Starten Sie das System neu in den Single-User-Modus.

Der Single-User-Modus minimiert Probleme mit der Aktualisierung von Programmen, die bereits gestartet sind. Ebenso minimiert es Probleme, die mit der Verwendung des alten Basissystems und des neuen Kernels zu tun haben könnten.

5. `mergemaster -p`

Dieser Schritt aktualisiert ein paar initiale Konfigurationsdateien als Vorbereitung für das neue Basissystem. Beispielsweise fügt es neue Benutzergruppen zum System oder neue Benutzernamen in die Passwortdatenbank hinzu. Dies wird oftmals benötigt, wenn neue Gruppen oder bestimmte Systembenutzerkonten seit der letzten Aktualisierung hinzu gekommen sind, so dass der `installworld`-Schritt in der Lage ist, auf dem neu installierten System die Benutzer oder Systemgruppennamen ohne Probleme zu verwenden.

6. `make installworld`

Kopiert das Basissystem aus `/usr/obj`. Der neue Kernel und das neue Basissystem sind jetzt auf der Platte installiert.

7. `mergemaster`

Aktualisiert die verbleibenden Konfigurationsdateien, da nun das neue Basissystem auf der Platte ist.

8. Starten Sie das System neu.

Ein kompletter Systemneustart ist notwendig, um den neuen Kernel und das neue Basissystem mit den neuen Konfigurationsdateien zu laden.

Beachten Sie, dass wenn Sie von einem Release des gleichen FreeBSD-Zweigs auf ein aktuelleres Release des gleichen Zweigs, z.B. von 9.0 auf 9.1, aktualisieren, dann ist diese Vorgehensweise nicht unbedingt notwendig, da Sie nur sehr unwahrscheinlich in ungünstige Kombinationen zwischen Compiler, Kernel, Basissystem und den Konfigurationsdateien geraten werden. Die ältere Vorgehensweise von `make world`, gefolgt von der Erstellung und Installation des neuen Kernels funktioniert möglicherweise gut genug, um kleinere Aktualisierungen vorzunehmen.

Wenn Sie allerdings zwischen Hauptversionen aktualisieren wollen und befolgen diese Schritte nicht, sollten Sie sich auf Probleme gefasst machen.

Es ist auch wichtig zu wissen, dass viele Aktualisierungen spezielle und zusätzliche Schritte benötigen, wie beispielsweise das umbenennen oder löschen von bestimmten Dateien vor `installworld`. Lesen Sie `/usr/src/UPDATING` gründlich, besonders am Ende, wo die aktuell vorgeschlagene Aktualisierungssequenz explizit aufgelistet ist.

Diese Prozedur hat sich mit der Zeit weiterentwickelt, da die Entwickler es für unmöglich erachtet haben, bestimmte Arten von Kombinationsproblemen vollständig auszuschliessen. Hoffentlich wird die aktuelle Aktualisierungsprozedur für lange Zeit stabil bleiben.

Als Zusammenfassung ist hier nochmal die aktuell vorgeschlagene Vorgehensweise für die Aktualisierung von FreeBSD aus den Quellen aufgelistet:

```
# cd /usr/src
# make buildworld
# make buildkernel
# make installkernel
# shutdown -r now
```



Anmerkung

Es gibt einige, sehr seltene Situationen, in denen Sie `mergemaster -p` zusätzlich ausführen müssen, bevor Sie das System mit `buildworld` bauen. Diese Situationen werden in `UPDATING` beschrieben. Solche Situationen treten aber in der Regel nur dann auf, wenn das FreeBSD-System um eine oder mehrere Hauptversionen aktualisiert wird.

Nachdem installkernel erfolgreich abgeschlossen wurde, starten Sie das System durch die Eingabe von `boot -s` am Loaderprompt im Single-User-Modus. Danach führen Sie die folgenden Kommandos aus:

```
# mount -u /
# mount -a -t ufs
# adjkerntz -i
# mergemaster -p
# cd /usr/src
# make installworld
# mergemaster
# reboot
```



Lesen Sie bitte weiter

Die folgenden Abschnitte beschreiben detailliert die einzelnen Schritte, insbesondere wenn eine angepasste Kernelkonfiguration verwendet wird.

24.7.2. Lesen Sie /usr/src/UPDATING

Lesen Sie vor der Aktualisierung `/usr/src/UPDATING`. Die Datei enthält wichtige Informationen zu potentiellen Problemen, und gibt die Reihenfolge vor, in der bestimmte Kommandos gestartet werden müssen. Die Anweisungen in `UPDATING` sind aktueller als die in diesem Handbuch. Im Zweifelsfall folgen Sie bitte den Anweisungen aus `UPDATING`.



Wichtig

Das Lesen von `UPDATING` ersetzt nicht das Abonnieren der richtigen Mailingliste. Die beiden Voraussetzungen ergänzen sich, es reicht nicht aus, nur eine zu erfüllen.

24.7.3. Überprüfen Sie /etc/make.conf

Die verfügbaren `make(1)`-Optionen werden in `make.conf(5)` und `/usr/share/examples/etc/make.conf` dargestellt. Diese Einstellungen können in `/etc/make.conf` hinzugefügt werden, um das Verhalten von `make(1)` beim Übersetzen von Programmen zu beeinflussen. Änderungen an einigen Einstellungen können weitreichende und unerwartete Auswirkungen nach sich ziehen. Lesen Sie die Kommentare in diesen beiden Ressourcen und beachten Sie, dass die Standardwerte aus einer Kombination von Leistung und Sicherheit gewählt wurden.

Die in `/etc/make.conf` gesetzten Optionen wirken sich bei jedem Aufruf von `make(1)` aus, einschließlich der Übersetzung von Programmen aus der Ports-Sammlung, vom Benutzer geschriebene C-Programme oder beim Bau des FreeBSD-Betriebssystems.

24.7.4. /etc/src.conf überprüfen

`/etc/src.conf` kontrolliert den Bau des Betriebssystems aus dem Quellcode. Im Gegensatz zu `/etc/make.conf` greifen die Optionen in `/etc/src.conf` nur dann, wenn das FreeBSD Betriebssystem selbst gebaut wird. Die vielen Optionen für diese Datei werden in `src.conf(5)` beschrieben. Seien Sie vorsichtig mit dem Entfernen von scheinbar nicht mehr benötigten Kernelmodulen und Optionen. Manchmal gibt es unerwartete oder subtile Wechselwirkungen.

24.7.5. Aktualisieren Sie die Dateien in /etc

`/etc` enthält den Großteil der Konfigurationsdateien des Systems und Skripten, die beim Start des Systems ausgeführt werden. Einige dieser Skripten ändern sich bei einer Migration auf eine neue FreeBSD-Version.

Einige der Konfigurationsdateien, wie beispielsweise `/etc/group`, werden für den Normalbetrieb des Systems gebraucht.

Es gab Fälle, in denen die Installationsroutine von `make installworld` auf bestimmte Accounts oder Gruppen angewiesen war. Bei einer Aktualisierung ist es jedoch wahrscheinlich, dass diese Accounts oder Gruppen noch nicht existieren. In einigen Fällen prüft `make buildworld` ob die Accounts oder Gruppen vorhanden sind.

Um dieses Problem zu umgehen, rufen Sie [mergemaster\(8\)](#) im prä-buildworld-Modus auf, der mit `-p` aktiviert wird. In diesem Modus werden nur Dateien verglichen, die für den Erfolg von `buildworld` oder `installworld` essentiell sind.



Tipp

Um im System nach Dateien zu suchen die der Gruppe gehören, die umbenannt oder gelöscht werden soll:

```
# find / -group GID -print
```

Dieses Kommando zeigt alle Dateien an, die der Gruppe `GID` gehören. Dies kann entweder ein Gruppenname oder eine numerische ID sein.

24.7.6. Wechseln Sie in den Single-User-Modus

Sie können das System im Single-User-Modus übersetzen. Bei der Installation des Systems werden viele wichtige Dateien, wie die Standard-Systemprogramme, die Bibliotheken und Include-Dateien, verändert. Sie bringen sich in Schwierigkeiten, wenn Sie diese Dateien auf einem laufenden System verändern, besonders dann, wenn zu dieser Zeit Benutzer auf dem System aktiv sind.

Bei dieser Methode übersetzen Sie das System im Mehrbenutzermodus und wechseln anschließend für die Installation in den Single-User-Modus. Wenn Sie diese Methode benutzen wollen, warten Sie mit den folgenden Schritten, bis der Bau des Systems abgeschlossen ist. Wechseln Sie dann in den Single-User-Modus, um `installkernel` oder `installworld` auszuführen.

Mit dem folgenden Kommando kann ein laufendes System in den Single-User-Modus gebracht werden:

```
# shutdown now
```

Alternativ können Sie das System mit der Option „single user“ in den Single-User-Modus booten. Geben Sie dann die folgenden Befehle am Single-User-Modus Shell-Prompt ein:

```
# fsck -p
# mount -u /
# mount -a -t ufs
# swapon -a
```

Die Kommandos überprüfen die Dateisysteme, hängen `/` wieder beschreibbar ein, hängen dann alle anderen UFS Dateisysteme aus `/etc/fstab` ein und aktivieren den Swap-Bereich.



Anmerkung

Zeigt die CMOS-Uhr die lokale Zeit und nicht GMT an (dies erkennen Sie daran, dass [date\(1\)](#) die falsche Zeit und eine falsche Zeitzone anzeigt), setzen Sie das folgende Kommando ab:

```
# adjkerntz -i
```

Dies stellt sicher, dass die Zeitzone richtig eingestellt ist.

24.7.7. Entfernen Sie `/usr/obj`

Die neu gebauten Teile des Systems werden in der Voreinstellung unter `/usr/obj` gespeichert. Die Verzeichnisse dort spiegeln die Struktur unter `/usr/src`.

Um den `make buildworld` Prozess zu beschleunigen und Ärger aufgrund von Abhängigkeiten zu vermeiden, können Sie dieses Verzeichnis entfernen.

Einige Dateien unter `/usr/obj` haben vielleicht die `immutable`-Option gesetzt, die zuvor mit `chflags(1)` entfernt werden muss:

```
# cd /usr/obj
# chflags -R noschg *
# rm -rf *
```

24.7.8. Übersetzen der Quellen des Basissystems

24.7.8.1. Sichern der Ausgaben

Es ist ratsam, die Ausgaben von `make(1)` in einer Datei zu sichern. Wenn etwas schief geht, kann eine Kopie der Fehlermeldung zu einer der FreeBSD-Mailinglisten gesendet werden.

Dazu können Sie einfach das Kommando `script(1)` benutzen, dem Sie beim Aufruf als Parameter den Dateinamen für die Ausgaben mitgeben. Setzen Sie das Kommando unmittelbar vor dem Neubau ab und geben Sie **exit** ein, wenn der Bau abgeschlossen ist:

```
# script /var/tmp/mw.out
Script started, output file is /var/tmp/mw.out
# make TARGET
... Ausgaben des Kommandos ...
# exit
Script done, ...
```

Sichern Sie die Ausgaben *nicht* in `/tmp`, da dieses Verzeichnis beim nächsten Reboot aufgeräumt werden kann. Ein geeigneteres Verzeichnis ist `/var/tmp`, oder das Heimatverzeichnis von `root`.

24.7.8.2. Übersetzen des Basissystems

Wechseln Sie in das Verzeichnis, in dem die Quellen liegen (in der Voreinstellung ist das `/usr/src`):

```
# cd /usr/src
```

Benutzen Sie `make(1)`, um das Basissystem neu zu bauen. Dieses Kommando liest Anweisungen aus einem `Makefile`, welches beschreibt, wie die Programme, aus denen FreeBSD besteht, zu bauen sind und in welcher Reihenfolge diese zu bauen sind.

Ein typischer Aufruf von `make` sieht wie folgt aus:

```
# make -x -DVARIABLE target
```

In diesem Beispiel ist `-x` eine Option, die an `make(1)` weitergegeben wird. Eine Liste gültiger Optionen finden Sie in `make(1)`.

Das Verhalten eines `Makefile`s wird von Variablen bestimmt. Mit `-DVARIABLE` setzen Sie eine Variable. Diese Variablen sind dieselben, die auch in `/etc/make.conf` gesetzt werden, dies ist nur ein alternativer Weg, Variablen zu setzen.

Um zu verhindern, dass die „profiled“ Bibliotheken gebaut werden, rufen Sie `make` wie folgt auf:

```
# make -DNO_PROFILE target
```

Dieser Aufruf entspricht dem folgenden Eintrag in `/etc/make.conf` :

```
NO_PROFILE= true # Avoid compiling profiled libraries
```

Jedes Makefile definiert einige „Ziele“, die festlegen, was genau zu tun ist. Mit *target* wählen Sie eins dieser Ziele aus.

Einige Ziele im Makefile werden verwendet, um den Bauprozess in eine Reihe von Einzelschritten zu unterteilen.

Im Regelfall müssen `make(1)` keine Parameter mitgegeben werden, so dass die Kommandozeile wie folgt aussehen wird:

```
# make target
```

target steht dabei für die verschiedenen Ziele. Das erste Ziel sollte immer `buildworld` sein.

Mit `buildworld` wird ein kompletter Baum unterhalb von `/usr/obj` gebaut, der mit `installworld` auf dem System installiert werden kann.

Über separate Optionen zu verfügen, ist aus mehreren Gründen nützlich. Erstens können Sie das System gefahrlos auf einem laufenden System bauen, da die Bauprozedur vom Rest des Systems isoliert ist. Das System lässt sich im Mehrbenutzermodus ohne negative Seiteneffekte bauen. Die Installation mit `installworld` sollte aber immer noch im Single-User-Modus erfolgen.

Zweitens kann NFS benutzt werden, um mehrere Maschinen in einem Netzwerk zu aktualisieren. Um die Maschinen A, B und C zu aktualisieren, lassen Sie `make buildworld` und `make installworld` auf A laufen. Auf den Maschinen B und C können Sie die Verzeichnisse `/usr/src` und `/usr/obj` von A einhängen und brauchen dort nur noch `make installworld` auszuführen, um die Bauresultate zu installieren.

Obwohl das Ziel `world` noch existiert, sollte es wirklich nicht mehr benutzt werden.

Benutzen Sie stattdessen:

```
# make buildworld
```

Mit `-j` können Sie `make` anweisen, mehrere Prozesse zu starten. Besonders effektiv ist das auf Mehrprozessor-Systemen. Da aber der Übersetzungsprozess hauptsächlich von I/O statt der CPU bestimmt wird, ist diese Option auch auf Einprozessor-Systemen nützlich.

Auf einem typischen Einprozessor-System können Sie den folgenden Befehl eingeben:

```
# make -j4 buildworld
```

`make(1)` wird dann bis zu vier Prozesse gleichzeitig laufen lassen. Erfahrungsberichte aus den Mailinglisten zeigen, dass dieser Aufruf typischerweise den besten Geschwindigkeitsgewinn bringt.

Wenn Sie ein Mehrprozessor-System besitzen und SMP im Kernel konfiguriert ist, probieren Sie Werte zwischen 6 und 10 aus.

24.7.8.3. Laufzeiten

Die Laufzeit eines Baus wird von vielen Faktoren beeinflusst, ein aktuelles System benötigt aber etwa zwei Stunden um FreeBSD-STABLE zu bauen. Der Bau von FreeBSD-CURRENT dauert etwas länger.

24.7.9. Übersetzen und Installation des Kernels

Kompilieren Sie einen neuen Kernel, um den vollen Nutzen aus dem System zu ziehen. Praktisch gesehen ist das sogar notwendig, da sich einige Datenstrukturen geändert haben und Programme wie `ps(1)` und `top(1)` nur mit einem Kernel zusammen arbeiten, der auch zu dem entsprechenden Quellcode passt.

Am einfachsten und sichersten bauen Sie dazu den **GENERIC** Kernel. Obwohl der **GENERIC** Kernel vielleicht nicht alle Geräte unterstützt, sollte er alles enthalten, um das System in den Single-User-Modus zu booten. Dies ist auch ein guter Test, um zu sehen, dass das System ordnungsgemäß funktioniert. Nachdem das System mit **GENERIC** gebootet wurde und sichergestellt ist, dass das System funktioniert, kann ein neuer Kernel basierend auf einer angepassten Konfigurationsdatei erstellt werden.

In FreeBSD müssen Sie das [Basissystem neu bauen](#), bevor Sie einen neuen Kernel erstellen.



Anmerkung

Verwenden Sie `KERNCONF=MYKERNEL`, um einen Kernel mit einer vorhandenen, angepassten Konfigurationsdatei zu erstellen:

```
# cd /usr/src
# make buildkernel KERNCONF= MYKERNEL
# make installkernel KERNCONF= MYKERNEL
```

Wenn `kern.securelevel` einen Wert größer als 1 besitzt und der Kernel mit `noschg` oder ähnlichen Optionen geschützt ist, müssen Sie `installkernel` im Single-User-Modus ausführen. Andernfalls laufen diese beiden Kommandos problemlos im Mehrbenutzermodus. Weitere Informationen über `kern.securelevel` finden Sie in [init\(8\)](#). Optionen, die auf Dateien gesetzt werden können, werden in [chflags\(1\)](#) detailliert erläutert.

24.7.10. Booten Sie in den Single-User-Modus

Booten Sie in den Single-User-Modus, um zu prüfen ob der neue Kernel funktioniert. Folgen Sie dazu den Anweisungen aus [Abschnitt 24.7.6, „Wechseln Sie in den Single-User-Modus“](#).

24.7.11. Installation des Systems

Nun kann das neue System mit `installworld` installiert werden:

```
# cd /usr/src
# make installworld
```



Anmerkung

Wenn mit `make buildworld` Variablen verwendet werden, müssen dieselben Variablen auch bei `make installworld` angegeben werden. Auf die anderen Optionen trifft das nur bedingt zu: `-j` darf mit `installworld` nicht benutzt werden.

Haben Sie zum Bauen die folgende Kommandozeile verwendet:

```
# make -DNO_PROFILE buildworld
```

dann installieren Sie das Ergebnis mit:

```
# make -DNO_PROFILE installworld
```

Andernfalls würde das System bei der Installation versuchen, die „profiled“ Bibliotheken, die aber gar nicht gebaut wurden, zu installieren.

24.7.12. Aktualisieren der von `make installworld` ausgelassenen Dateien

Neue oder geänderte Konfigurationsdateien aus einigen Verzeichnissen, besonders `/etc`, `/var` und `/usr` werden bei der Installationsprozedur nicht berücksichtigt.

Diese Dateien können einfach mit [mergemaster\(8\)](#) aktualisiert werden. Sichern Sie `/etc` für den Fall, dass während der Aktualisierung etwas schief geht.

24.7.12.1. mergemaster

Beigetragen von Tom Rhodes.

[mergemaster\(8\)](#) ist ein Bourne-Shell Skript, das dabei behilflich ist die Unterschiede zwischen den Konfigurationsdateien in `/etc` und denen im Quellbaum unter `/usr/src/etc` zu finden. `mergemaster` ist der empfohlene Weg, die Systemkonfiguration mit dem Quellbaum abzugleichen.

Um zu beginnen, rufen Sie `mergemaster` auf. Ausgehend von `/` wird `mergemaster` einen virtuellen Root-Baum aufbauen und darin die neuen Konfigurationsdateien ablegen. Diese Dateien werden dann mit den auf dem System installierten Dateien verglichen. Unterschiede zwischen den Dateien werden im [diff\(1\)](#)-Format dargestellt. Neue oder geänderte Zeilen werden mit `+` gekennzeichnet. Zeilen die gelöscht oder ersetzt werden, sind mit `-` gekennzeichnet. Das Anzeigeformat wird in [diff\(1\)](#) genauer erklärt.

[mergemaster\(8\)](#) zeigt Ihnen jede geänderte Datei an und Sie haben die Wahl, die neue Datei (in `mergemaster` wird sie temporäre Datei genannt) zu löschen, sie unverändert zu installieren, den Inhalt der neuen Datei mit dem Inhalt der alten Datei abzugleichen, oder die [diff\(1\)](#) Ausgabe noch einmal zu sehen.

Wenn Sie die temporäre Datei löschen, geht `mergemaster` davon aus, dass Sie die aktuelle Datei unverändert behalten möchten. Wählen Sie die Option nur dann, wenn Sie keinen Grund sehen, die aktuelle Datei zu ändern.

Wenn Sie die temporäre Datei installieren, wird Ihre aktuelle Datei mit der neuen Datei überschrieben. Sie sollten alle unveränderten Konfigurationsdateien auf diese Weise aktualisieren.

Wenn Sie sich entschließen den Inhalt beider Dateien abzugleichen, wird ein Texteditor aufgerufen, in dem Sie beide Dateien nebeneinander betrachten können. Mit der Taste `l` übernehmen Sie die aktuelle Zeile der links dargestellten Datei, mit der Taste `r` übernehmen Sie die Zeile der rechts dargestellten Datei. Das Ergebnis ist eine Datei, die aus Teilen der beiden ursprünglichen Dateien besteht und installiert werden kann. Dieses Verfahren wird gewöhnlich bei veränderten Dateien genutzt.

Haben Sie sich entschieden die Differenzen noch einmal anzuzeigen, zeigt [mergemaster\(8\)](#) dieselbe Ausgabe, die bereits vor der Eingabeaufforderung ausgegeben wurde.

Wenn [mergemaster\(8\)](#) alle Systemdateien abgearbeitet hat, werden weitere Optionen abgefragt. Sie werden unter Umständen gefragt, ob die Passwort-Datei neu gebaut werden soll. Am Ende haben Sie die Möglichkeit, die restlichen temporären Dateien zu löschen.

24.7.12.2. Manueller Abgleich der Konfigurationsdateien

Wenn Sie den Abgleich lieber selbst ausführen wollen, beachten Sie bitte, dass Sie nicht einfach die Dateien aus `/usr/src/etc` nach `/etc` kopieren können. Einige dieser Dateien müssen zuerst *installiert* werden, bevor sie benutzt werden können. Das liegt daran, dass `/usr/src/etc` keine exakte Kopie von `/etc` ist. Zudem gibt es Dateien, die sich in `/etc` befinden aber nicht in `/usr/src/etc`.

Wenn Sie, wie empfohlen, `mergemaster` benutzen, können Sie direkt in den nächsten [Abschnitt](#) wechseln.

Am einfachsten ist es, wenn Sie die neuen Dateien in ein temporäres Verzeichnis installieren und sie nacheinander auf Differenzen zu den bestehenden Dateien durchsehen.



Sichern Sie die Inhalte von `/etc`

Es wird empfohlen, zuerst das bestehende `/etc` an einen sicheren Ort zu kopieren:

```
# cp -Rp /etc /etc.old
```

Mit `-R` wird rekursiv kopiert und `-p` erhält die Attribute der kopierten Dateien, wie Zugriffszeiten und Eigentümer.

Erstellen Sie ein temporäres Verzeichnis für die Installation der neuen Dateien in `/etc`.

```
# mkdir /var/tmp/root
# cd /usr/src/etc
# make DESTDIR=/var/tmp/root distrib-dirs distribution
```

Die obigen Kommandos bauen die nötige Verzeichnisstruktur auf und installieren die neuen Dateien in diese Struktur. Unterhalb von `/var/tmp/root` wurden einige leere Verzeichnisse angelegt, die Sie am besten wie folgt entfernen:

```
# cd /var/tmp/root
# find -d . -type d | xargs rmdir 2>/dev/null
```

Dadurch werden alle leeren Verzeichnisse entfernt. Um die Warnungen über nicht leere Verzeichnisse zu unterdrücken, wurde die Standardfehlerausgabe nach `/dev/null` umgeleitet.

`/var/tmp/root` enthält nun alle Dateien, die unterhalb von `/` installiert werden sollten. Sie müssen nun jede dieser Dateien mit den schon existierenden Dateien des Systems vergleichen.

Einige der installierten Dateien unter `/var/tmp/root` beginnen mit einem „.“. Verwenden Sie `ls -a` um sicherzustellen, dass Sie alle derartigen Dateien finden.

Benutzen Sie [diff\(1\)](#), um zwei Dateien zu vergleichen:

```
# diff /etc/shells /var/tmp/root/etc/shells
```

Dieses Kommando zeigt die Unterschiede zwischen der installierten Version von `/etc/shells` und der neuen Version in `/var/tmp/root/etc/shells`. Entscheiden Sie anhand der Unterschiede, ob Sie beide Dateien abgleichen, oder die alte Version durch die neue Version ersetzen wollen.



Versehen Sie das temporäre Verzeichnis `/var/tmp/root` mit einem Zeitstempel

Wenn das System oft neu gebaut wird, muss auch `/etc` genauso oft aktualisiert werden. Dies kann mit der Zeit ein bisschen mühsam werden.

Um diesen Prozess zu beschleunigen, behalten Sie eine Kopie der Dateien, die zuletzt nach `/etc` installiert wurden.

1. Folgen Sie der normalen Prozedur um das System zu bauen. Wenn Sie `/etc` und die anderen Verzeichnisse aktualisieren wollen, geben Sie dem temporären Verzeichnis einen Namen, der das aktuelle Datum enthält.

```
# mkdir /var/tmp/root-20130214
# cd /usr/src/etc
# make DESTDIR=/var/tmp/root-20130214 \
  distrib-dirs distribution
```

2. Gleichen Sie die Änderungen entsprechend der Anleitung von oben ab. Wenn Sie fertig sind, entfernen Sie das Verzeichnis `/var/tmp/root-20130214` *nicht*.

3. Nachdem die neuen Quellen heruntergeladen und gebaut haben, folgen Sie Schritt 1. Erstellen Sie ein neues Verzeichnis mit einem aktuellen Datum. Dieses Beispiel verwendet `/var/tmp/root-20130221`.
4. Vergleichen Sie die Unterschiede, die sich in einer Woche ergeben haben, indem Sie `diff(1)` rekursiv anwenden:

```
# cd /var/tmp
# diff -r root-20130214 root-20130221
```

Üblicherweise sind diese Differenzen kleiner, als die Differenzen zwischen `/var/tmp/root-20130221/etc` und `/etc`. Da die angezeigten Differenzen kleiner sind, ist es jetzt einfacher den Abgleich der Dateien in `/etc` durchzuführen.

5. Wenn Sie fertig sind, können Sie das ältere der beiden `/var/tmp/root-*` Verzeichnisse entfernen:

```
# rm -rf /var/tmp/root-20130214
```

6. Wiederholen Sie diesen Prozess jedes Mal wenn Sie Dateien in `/etc` abgleichen müssen.

Benutzen Sie `date(1)`, um die Verzeichnisnamen automatisch zu erzeugen:

```
# mkdir /var/tmp/root-`date "+%Y%m%d"`
```

24.7.13. Das System neu starten

Nachdem Sie sich davon überzeugt haben, dass alle Dateien an der richtigen Stelle sind, starten Sie das System mit `shutdown(8)` neu:

```
# shutdown -r now
```

Herzlichen Glückwunsch! Sie haben gerade erfolgreich ein FreeBSD System aktualisiert.

Es ist leicht einen Teil des Systems wiederherzustellen, für den Fall, dass Ihnen ein kleiner Fehler unterlaufen ist. Wenn beispielsweise während des Updates oder Abgleichs `/etc/magic` aus Versehen gelöscht wurde, wird `file(1)` nicht mehr funktionieren. In diesem Fall kann das Problem mit dem folgenden Kommando behoben werden:

```
# cd /usr/src/usr.bin/file
# make all install
```

24.7.14. Fragen

- F: Muss ich wirklich immer alles neu bauen, wenn sich etwas geändert hat?
- A: Darauf gibt es keine einfache Antwort. Was zu tun ist, hängt von den Änderungen ab. Es lohnt wahrscheinlich nicht, alles neu zu bauen, wenn sich bei einem `svn`-Lauf nur die folgenden Dateien geändert haben:

```
src/games/cribbage/instr.c
src/games/sail/pl_main.c
src/release/sysinstall/config.c
src/release/sysinstall/media.c
src/share/mk/bsd.port.mk
```

In diesem Fall können Sie in die entsprechenden Unterverzeichnisse wechseln und dort `make all install` ausführen. Wenn sich allerdings etwas Wichtiges, wie `src/lib/libc/stdlib`, geändert hat, sollten Sie die Welt oder mindestens die statisch gelinkten Teile des Systems neu bauen.

Letztendlich ist das Ihre Entscheidung. Sie sind vielleicht damit zufrieden, das System alle zwei Wochen neu zu bauen und in der Zwischenzeit die anfallenden Änderungen zu sammeln. Wenn Sie sich zutrauen, alle Abhängigkeiten zu erkennen, bauen Sie vielleicht auch nur die geänderten Sachen neu.

Das hängt auch noch davon ab, wie oft Sie ein Update durchführen wollen und ob Sie FreeBSD-STABLE oder FreeBSD-CURRENT benutzen.

F: Der Bau bricht mit vielen Signal 11-Fehlern (oder anderen Signalnummern) ab. Was ist da passiert?

A: Normalerweise zeigen diese Meldungen Hardwarefehler an. Ein Neubau der Welt ist ein guter Belastungstest für die Hardware und zeigt oft Probleme mit dem Speicher auf. Dies äußert sich darin, dass der Compiler mit seltsamen Signalen abbricht.

Es liegt garantiert ein Hardwarefehler vor, wenn `make` neu gestartet wird und an einer anderen Stelle abbricht.

In diesem Fall können nur einzelne Komponenten des Systems getauscht werden, um zu bestimmen, welche Komponente den Fehler verursacht.

F: Kann `/usr/obj` entfernt werden, wenn ich fertig bin?

A: Kurze Antwort: Ja.

In `/usr/obj` werden alle Dateien abgelegt, die während der Übersetzungsphase erstellt wurden. Dieses Verzeichnis wird in einem der ersten Schritte von `make buildworld` entfernt. Es macht daher wenig Sinn, dieses Verzeichnis zu behalten. Zudem wird ungefähr 2 GB Plattenspeicher freigegeben, wenn dieses Verzeichnis gelöscht wird.

Erfahrene Benutzer können `make buildworld` anweisen, diesen Schritt zu überspringen. Nachfolgende BauprozEDUREN werden dadurch erheblich schneller, da die meisten Quelldateien nicht mehr neu übersetzt werden müssen. Dafür können aber subtile Abhängigkeitsprobleme entstehen, die dazu führen, dass der Bau auf merkwürdige Weise abbrechen kann. Dies führt häufig zu unnötigen Diskussionen auf den FreeBSD Mailing-listen, wenn sich jemand über einen kaputten Bau beschwert, aber nicht sieht, dass er Probleme hat, weil er eine Abkürzung genommen hat.

F: Kann ein abgebrochener Bau weitergeführt werden?

A: Das hängt davon ab, wie weit der Bauprozess fortgeschritten ist.

Üblicherweise werden durch `make buildworld` essentielle Werkzeuge, wie `gcc(1)` und `make(1)`, und die Systembibliotheken neu erstellt. Die neu erstellten Werkzeuge und Bibliotheken werden dann benutzt, um sich selbst noch einmal zu bauen, und wieder installiert. Anschließend wird das Gesamtsystem, einschließlich der normalen Benutzerprogramme wie `ls(1)` und `grep(1)`, mit den neu erstellten Systemdateien gebaut.

Während der letzten Phase können Sie relativ gefahrlos folgende Kommandos ausführen:

```
... Fehler beheben ...
# cd /usr/src
# make -DNO_CLEAN all
```

Diese Variablen verhindern, dass `make buildworld` die vorher erstellten Dateien löscht.

Das Sie sich im letzten Schritt der BauprozEDURE befinden, erkennen Sie daran, dass Sie in der Ausgabe von `make buildworld` die folgenden Zeilen finden:

```
-----
Building everything..
-----
```

Wenn diese Meldung nicht angezeigt wird, oder Sie sich nicht sicher sind, dann ist es besser, noch einmal ganz von Vorne anzufangen.

F: Wie kann ich den Bauprozess beschleunigen?

A: • Bauen Sie im Single-User-Modus.

- Legen Sie `/usr/src` und `/usr/obj` in getrennte Dateisysteme auf unterschiedliche Festplatten. Benutzen Sie nach Möglichkeit auch getrennte Platten-Controller.
- Alternativ können diese Dateisysteme mit `ccd(4)` auf mehrere Festplatten verteilt werden.
- Deaktivieren Sie den Bau der „profiled“-Bibliotheken, indem Sie `NO_PROFILE=true` in `/etc/make.conf` aufnehmen.
- Benutzen Sie `make` zusammen mit `-jn`, um mehrere Prozesse parallel laufen zu lassen. Normalerweise beschleunigt dies den Bauprozess auf Einprozessor- und Mehrprozessorsystemen.
- Das Dateisystem `/usr/src` kann mit der Option `noatime` eingehangen werden. Dies verhindert, dass die Zugriffszeiten der Dateien aktualisiert werden.

```
# mount -u -o noatime /usr/src
```



Warnung

Das Beispiel geht davon aus, dass sich `/usr/src` auf einem separaten Dateisystem befindet. Wenn es Teil des `/usr` Dateisystems ist, muss dieses Dateisystem als Mountpoint angegeben werden.

- Das Dateisystem, in dem sich `/usr/obj` befindet, kann mit `async` eingehangen werden, so dass Schreibzugriffe auf die Platte asynchron stattfinden. Das heißt ein Schreibzugriff ist sofort beendet, die Daten werden allerdings erst einige Sekunden später geschrieben. Dadurch können Schreibzugriffe zusammengefasst werden, was einen erheblichen Geschwindigkeitszuwachs mit sich bringen kann.



Warnung

Beachten Sie, dass dies das Dateisystem anfälliger für Fehler macht. Im Fall eines Stromausfalls besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass das Dateisystem beim Start der Maschine zerstört ist.

Wenn `/usr/obj` das einzige Verzeichnis auf auf diesem Dateisystem ist, stellt das kein Problem dar. Wenn sich allerdings auf diesem Dateisystem noch andere wertvolle Daten befinden, stellen Sie sicher, dass Sie über aktuelle Sicherungen verfügen.

```
# mount -u -o async /usr/obj
```



Warnung

Ersetzen Sie `/usr/obj` durch den Mountpoint des entsprechenden Dateisystems, wenn es sich nicht auf einem eigenen Dateisystem befindet.

F: Was mache ich, wenn etwas nicht funktioniert?

A: Stellen Sie sicher, dass sich in Ihrer Umgebung keine Reste eines vorherigen Baus befinden:

```
# chflags -R noschg /usr/obj/usr
# rm -rf /usr/obj/usr
# cd /usr/src
# make cleandir
# make cleandir
```

Ja, `make cleandir` muss wirklich zweimal aufgerufen werden.

Danach starten Sie den Bauprozess wieder mit `make buildworld`.

Wenn Sie immer noch Probleme haben, schicken Sie die Fehlermeldungen und die Ausgabe von `uname -a` an die Mailingliste 'Fragen und Antworten zu FreeBSD' <de-bsd-questions@de.FreeBSD.org>. Bereiten Sie sich darauf vor, weitere Fragen zu Ihrer Umgebung zu beantworten.

24.8. Veraltete Dateien, Verzeichnisse und Bibliotheken löschen

Basiert auf Notizen von Anton Shterenlikht.

Aufgrund der ständigen Weiterentwicklung von FreeBSD kann es dazu kommen, dass Dateien und deren Inhalte obsolet werden, weil deren Funktionalität entweder in anderen Dateien implementiert wurde, sich die Versionsnummer der Bibliothek geändert hat oder deren Funktion nicht mehr benötigt wird. Dies kann sowohl Dateien und Verzeichnisse, aber auch Bibliotheken betreffen. Diese veralteten Dateien sollten daher entfernt werden, wenn das System aktualisiert wird. Der Vorteil besteht darin, dass das System von nicht mehr benötigten Dateien befreit wird. Falls die obsolete Bibliothek Sicherheits- oder Stabilitätsprobleme aufweist, sollte das System ebenfalls aktualisiert werden, um das System sicher zu halten und/oder durch die fehlerhafte Bibliothek verursachte Systemabstürze zu vermeiden. Veraltete Dateien, Verzeichnisse und Bibliotheken sind in der Datei `/usr/src/ObsoleteFiles.inc` aufgelistet. Verwenden Sie die folgenden Anweisungen, um diese Dateien während der Systemaktualisierung zu entfernen.

Folgen Sie den Anweisungen von [Abschnitt 24.7.1, „Richtig aktualisieren“](#). Nachdem Sie `make installworld` sowie `mergemaster` erfolgreich ausgeführt haben, überprüfen Sie das System auf veraltete Dateien und Bibliotheken:

```
# cd /usr/src
# make check-old
```

Werden dabei veraltete Dateien gefunden, können diese mit dem folgenden Kommando entfernt werden:

```
# make delete-old
```



Tipp

Weitere interessante *targets* finden Sie in `/usr/src/Makefile`.

Bei jeder Datei wird nachgefragt, ob Sie diese wirklich löschen wollen. Es ist aber auch möglich, alle Dateien automatisch löschen zu lassen. Dies erreichen Sie, indem Sie die Umgebungsvariable `BATCH_DELETE_OLD_FILES` setzen:

```
# make -DBATCH_DELETE_OLD_FILES delete-old
```

Alternativ können Sie auch `yes` einsetzen und somit die Antwort `yes` an die einzelnen Abfragen weiterreichen:

```
# yes | make delete-old
```



Warnung

Das Löschen veralteter Dateien kann dazu führen, dass Programme, die auf diese Dateien angewiesen sind, nicht mehr funktionieren. Dies gilt insbesondere für veraltete Bibliotheken. In den meisten Fällen ist es dann notwendig, Programme, Ports und Bibliotheken, welche die veraltete Bibliothek verwenden, neu zu bauen, bevor Sie den Befehl `make delete-old-libs` ausführen.

Die Ports-Sammlung enthält Werkzeuge, die Ihnen beim Prüfen von Bibliothek-Abhängigkeiten helfen können: [sysutils/libchk](#) sowie [sysutils/bsdadminsceipts](#).

Veraltete Bibliotheken können zu Konflikten mit neueren Bibliotheken führen und beispielsweise folgende Meldungen verursachen:

```
/usr/bin/ld: warning: libz.so.4, needed by /usr/local/lib/libtiff.so, may conflict with libz.so.5
/usr/bin/ld: warning: librpcsvc.so.4, needed by /usr/local/lib/libXext.so, may conflict with librpcsvc.so.5
```

Um diese Probleme zu lösen, müssen Sie zuerst herausfinden, welcher Port die Bibliothek installiert hat:

```
# pkg_info -W /usr/local/lib/libtiff.so
/usr/local/lib/libtiff.so was installed by package tiff-3.9.4
# pkg_info -W /usr/local/lib/libXext.so
/usr/local/lib/libXext.so was installed by package libXext-1.1.1,1
```

Danach deinstallieren Sie den Port und bauen ihn neu, um ihn danach erneut zu installieren. Dieser Vorgang kann durch den Einsatz von [ports-mgmt/portmaster](#) automatisiert werden. Nachdem alle Ports neu gebaut wurden und keine alten alten Bibliotheken mehr verwenden werden, können Sie die alten Bibliotheken endgültig entfernen:

```
# make delete-old-libs
```

24.9. Installation mehrerer Maschinen

Beigetragen von Mike Meyer.

Wenn Sie mehrere Maschinen alle auf dem gleichen Stand halten wollen, ist es eine Verschwendung von Ressourcen, die Quellen auf jeder Maschine vorzuhalten und zu übersetzen. Die Lösung dazu ist, eine Maschine den Großteil der Arbeit durchführen zu lassen und den anderen Maschinen das Ergebnis mit NFS zur Verfügung zu stellen. Dieser Abschnitt zeigt Ihnen wie das geht.

24.9.1. Voraussetzungen

Stellen Sie zuerst eine Liste der Maschinen zusammen, die auf demselben Stand sein sollen. Wir nennen diese Maschinen die *Baugruppe*. Jede dieser Maschinen kann mit einem eigenen Kernel laufen, doch sind die Programme des Userlands auf allen Maschinen gleich. Wählen Sie aus der Baugruppe eine Maschine aus, auf der der Bau durchgeführt wird, den *Bau-Master*. Dies sollte eine Maschine sein, die über die nötigen Ressourcen für `make buildworld` und `make installworld` verfügt. Sie brauchen auch eine *Testmaschine*, auf der Sie die Updates testen, bevor Sie sie in Produktion installieren. Dies sollte eine Maschine, eventuell der Bau-Master, sein, die über einen längeren Zeitraum nicht zur Verfügung stehen kann.

Alle Maschinen der Baugruppe müssen `/usr/obj` und `/usr/src` von derselben Maschine an gleichem Ort einhängen. Idealerweise befinden sich die beiden Verzeichnisse auf dem Bau-Master auf verschiedenen Festplatten, sie können allerdings auch auf dem Bau-Master über NFS zur Verfügung gestellt werden. Wenn Sie mehrere Baugruppen haben, sollte sich `/usr/src` auf einem Bau-Master befinden und über NFS für den Rest der Maschinen zur Verfügung gestellt werden.

Stellen Sie sicher, dass `/etc/make.conf` und `/etc/src.conf` auf allen Maschinen einer Baugruppe mit der Datei des Bau-Masters übereinstimmt. Der Bau-Master muss jeden Teil des Systems bauen, den irgendeine Maschine der Baugruppe benötigt. Auf dem Bau-Master müssen in `/etc/make.conf` alle zu bauenden Kernel mit der Variablen `KERNCONF` bekannt gegeben werden. Geben Sie dabei den Kernel des Bau-Masters zuerst an. Für jeden zu bauenden Kernel muss auf dem Bau-Master die entsprechende Konfigurationsdatei unter `/usr/src/sys/arch/conf` abgelegt werden.

24.9.2. Installation des Basissystems

Bauen Sie auf dem Bau-Master, wie in [Abschnitt 24.7.8.2, „Übersetzen des Basissystems“](#) beschrieben, den Kernel und die Welt, installieren Sie aber nichts. Wechseln Sie auf die Testmaschine und installieren Sie den gerade gebauten Kernel. Wenn diese Maschine `/usr/src` und `/usr/obj` über NFS bekommt, müssen Sie das Netzwerk im Single-User-Modus aktivieren und die beiden Dateisysteme einhängen. Am einfachsten ist dies, wenn Sie auf der Testmaschine vom Mehrbenutzermodus mit `shutdown now` in den Single-User-Modus wechseln. Sie können dann mit der normalen Prozedur den neuen Kernel und das System installieren und anschließend `mergemaster` laufen lassen. Wenn Sie damit fertig sind, können Sie die Maschine wieder in den Mehrbenutzermodus booten.

Nachdem Sie sichergestellt haben, dass die Testmaschine einwandfrei funktioniert, wiederholen Sie diese Prozedur für jede Maschine in der Baugruppe.

24.9.3. Die Ports-Sammlung

Dasselbe Verfahren können Sie auch für die Ports-Sammlung anwenden. Zuerst müssen alle Maschinen einer Baugruppe `/usr/ports` von derselben Maschine über NFS zur Verfügung gestellt bekommen. Setzen Sie dann ein Verzeichnis für die Quellen auf, das sich alle Maschinen teilen. Dieses Verzeichnis können Sie in `/etc/make.conf` mit der Variablen `DISTDIR` angeben. Das Verzeichnis sollte für den Benutzer beschreibbar sein, auf den der Benutzer `root` vom NFS Subsystem abgebildet wird. Jede Maschine sollte noch `WRKDIRPREFIX` auf ein lokales Bauverzeichnis setzen. Wenn Sie vorhaben, Pakete zu bauen und zu verteilen, sollten Sie `PACKAGES` auf ein Verzeichnis mit den gleichen Eigenschaften wie `DISTDIR` setzen.

Kapitel 25. DTrace

Written by Tom Rhodes.

Übersetzt von Benedict Reuschling und Christoph Sold.

25.1. Überblick

DTrace, auch bekannt als Dynamic Tracing, wurde von Sun™ als ein Werkzeug zur Analyse von Performance-Problemen in Produktiv- und Entwicklungssystemen entwickelt. Zusätzlich zur Diagnose von Performance-Problemen kann DTrace auch verwendet werden, um bei der Untersuchung und Behebung von unerwartetem Verhalten im FreeBSD-Kernel und den Anwenderprogrammen zu helfen.

DTrace ist ein bemerkenswertes Werkzeug zur Profilerstellung, mit einer beeindruckenden Palette von Eigenschaften zur Diagnose von Systemereignissen. Es kann auch dazu verwendet werden, bestehende Skripte ablaufen zu lassen, um einen Nutzen aus deren Möglichkeiten zu ziehen. Nutzer können mittels der Programmiersprache D von DTrace ihre eigenen Hilfsmittel schreiben, was es ermöglicht, die eigenen Profile nach Ihren Bedürfnissen anzupassen.

Die DTrace-Implementierung in FreeBSD bietet experimentelle Unterstützung für DTrace im Userland. Userland DTrace erlaubt es Anwendern, function boundary tracing für Anwendungsprogramme über den `pid`-Provider hinweg vorzunehmen und um statische Sonden in Anwendungsprogramme für die spätere Aufzeichnung einzufügen. Manche Ports, wie beispielsweise [databases/postgres-server](#) und [lang/php5](#) besitzen eine DTrace-Option, um statische Sonden zu aktivieren. FreeBSD 10.0-RELEASE besitzt eine verhältnismässig gute Unterstützung für DTrace im Anwendungsbereich, wird jedoch noch nicht als produktionsreif angesehen. Insbesondere ist es möglich, dass Programme während der Aufzeichnung abstürzen.

Eine offizielle Anleitung für DTrace wird vom Illumos Projekt im [DTrace Guide](#) bereitgestellt.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie Folgendes wissen:

- Was DTrace ist und welche Funktionen es zur Verfügung stellt.
- Unterschiede zwischen der Solaris™ DTrace Implementierung und derjenigen, die FreeBSD bereitstellt.
- Wie man DTrace auf FreeBSD aktiviert und verwendet.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- UNIX® und FreeBSD Grundlagen verstehen ([Kapitel 4, Grundlagen des UNIX Betriebssystems](#)).
- Vertraut sein mit Sicherheitsaspekten und wie diese FreeBSD betreffen ([Kapitel 14, Sicherheit](#)).



Warnung

Diese Funktion ist als experimentell anzusehen. Manche Einstellungen enthalten möglicherweise nicht alle Funktionalitäten, andere Teile könnten gar nicht laufen. Mit der Zeit, wenn diese Funktion als für den Produktivbetrieb geeignet erscheint, wird auch diese Dokumentation geändert, um diesem Umstand gerecht zu werden.

25.2. Unterschiede in der Implementierung

Obwohl DTrace in FreeBSD sehr ähnlich zu dem in Solaris™ ist, existieren doch Unterschiede. Der Hauptunterschied besteht darin, dass in FreeBSD DTrace als eine Menge von Kernelmodulen implementiert ist und DTrace nicht verwendet werden kann, bis diese Module geladen wurden. Um alle nötigen Module zu laden, geben Sie ein:

```
# kldload dtraceall
```

Beginnend mit FreeBSD 10.0-RELEASE werden die Module automatisch geladen, sobald `dtrace` aufgerufen wird.

FreeBSD verwendet die Kerneloption `DDB_CTF`, um die Unterstützung im Kernel für das Laden von CTF-Daten aus Kernelmodulen und dem Kernel selbst zu ermöglichen. CTF ist das Compact C Type Format von Solaris™, welches eine reduzierte Form von Debug-Informationen kapselt, ähnlich zu DWARF und den antiken Stabs. Diese CTF-Daten werden dem Binärcode von den `ctfconvert` und `ctfmerge` Befehlen den Werkzeugen zum Bauen des Systems hinzugefügt. Das `ctfconvert`-Dienstprogramm parst die vom Compiler erstellten DWARF ELF Debug-Abschnitte und `ctfmerge` vereint CTF ELF-Abschnitte aus Objekten, entweder in ausführbare Dateien oder Shared-Libraries.

Einige Provider in FreeBSD unterscheiden sich von der Solaris™-Implementierung. Am deutlichsten wird das beim `dtmalloc`-Provider, welcher das Aufzeichnen von `malloc()` nach Typen im FreeBSD-Kernel ermöglicht. Manche der Provider in Solaris™ wie `cpc` und `mib` sind in FreeBSD nicht vorhanden. Diese können in zukünftigen FreeBSD-Versionen auftauchen. Weiterhin sind manche der Provider in beiden Betriebssystemen nicht zueinander kompatibel, in dem Sinne daß deren Sonden unterschiedliche Argumenttypen aufweisen. Dadurch können D-Skripte, die unter Solaris™ geschrieben wurden, evtl. unter FreeBSD funktionieren oder auch nicht, umgekehrt ist das genauso.

In FreeBSD darf DTrace wegen unterschiedlicher Sicherheitskonzepte nur von `root` verwendet werden. Solaris™ besitzt ein paar Audit-Funktionen auf den unteren Ebenen, die noch nicht in FreeBSD implementiert sind. Deshalb kann nur `root` auf `/dev/dtrace/dtrace` zugreifen.

Zum Schluss muss noch erwähnt werden, dass die DTrace-Software unter die CDDL Lizenz fällt. Die Common Development and Distribution License wird von FreeBSD mitgeliefert, sehen Sie sich dazu `/usr/src/cddl/contrib/opensolaris/OPENSOLARIS.LICENSE` an, oder lesen Sie die Online-Version unter <http://opensource.org/licenses/CDDL-1.0>. Während der FreeBSD-Kernel mit den DTrace-Optionen immer noch BSD-lizenziert ist, tritt die CDDL in Kraft, wenn Module in Binärform vertrieben werden oder die Binärdateien geladen werden.

25.3. Die DTrace Unterstützung aktivieren

In FreeBSD 9.2 und 10.0 ist die Unterstützung von DTrace im GENERIC-Kernel bereits eingebaut. Nutzer von früheren Versionen sollten die folgenden Zeilen in eine eigene Kernelkonfigurationsdatei einfügen und den Kernel mittels der Anleitung in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) neu übersetzen:

```
options      KDTRACE_HOOKS
options      DDB_CTF
options      DEBUG=-g
```

Besitzer der AMD64-Architektur werden wahrscheinlich noch die folgende Zeile zur Kernelkonfigurationsdatei hinzufügen:

```
options      KDTRACE_FRAME
```

Diese Option liefert die Unterstützung für die FBT-Eigenschaft. DTrace wird auch ohne diese Option funktionieren; jedoch wird dann Function Boundary Tracing nur eingeschränkt unterstützt.

Sobald FreeBSD in den neuen Kernel gebootet oder die DTrace-Kernelmodule mittels `kldload dtraceall` geladen wurden, benötigt das System Unterstützung für die Korn-Shell, da DTrace mehrere Dienstprogramme enthält, die in `ksh` implementiert sind. Vergewissern Sie sich, dass das Paket oder der Port [shells/ksh93](#) installiert ist. Es ist auch möglich, diese Werkzeuge unter [shells/pdksh](#) oder [shells/mksh](#) laufen zu lassen.

Zum Schluss sollten Sie noch den aktuellen DTrace-Werkzeugsatz beschaffen. Die DTrace-Werkzeugsammlung enthält gebrauchsfertige Skripte, um Systeminformationen zu sammeln. Es gibt Skripte zum Überprüfen von offenen Dateien, Speicher- und CPU-Gebrauch und noch viel mehr. FreeBSD 10 installiert ein paar dieser Skripte in `/usr/share/dtrace`. Für andere FreeBSD-Versionen oder um die volle DTrace-Werkzeugsammlung zu installieren, verwenden Sie den [sysutils/DTraceToolkit](#) Port oder das Paket.



Anmerkung

Die Skripte in `/usr/share/dtrace` wurden speziell für FreeBSD portiert. Nicht alle Skripte in der DTrace-Werkzeugsammlung werden in FreeBSD unverändert funktionieren und manche Skript benötigen einigen Aufwand, damit diese auf FreeBSD funktionieren.

Der DTrace-Werkzeugsatz beinhaltet viele Skripte in der speziellen Sprache von DTrace. Diese Sprache wird die D-Sprache genannt und ist sehr ähnlich zu C++. Eine detaillierte Beschreibung dieser Sprache sprengt den Rahmen dieses Dokuments. In <http://wikis.oracle.com/display/DTrace/Documentation> wird diese Sprache ausführlich beschrieben.

25.4. DTrace verwenden

DTrace-Skripte bestehen aus einer Liste von einer oder mehreren *Sonden* oder Instrumentationspunkten, an denen jede Sonde mit einer Aktion verknüpft ist. Jedesmal, wenn die Bedingung für eine Sonde zutrifft, wird die verknüpfte Aktion ausgeführt. Beispielsweise könnte eine Aktion ausgeführt werden, wenn eine Datei geöffnet, ein Prozess gestartet oder eine Codezeile ausgeführt wird. Die Aktion könnte die Protokollierung von Informationen sein oder die Änderung von Kontextvariablen. Das Lesen und Schreiben von Kontextvariablen erlaubt es den Sonden, Informationen auszutauschen und kooperativ die Korrelation bestimmter Ereignisse zu analysieren.

Um alle Sonden anzuzeigen, kann der Administrator nun den folgenden Befehl eingeben:

```
# dtrace -l | more
```

Jede Sonde besitzt eine ID, einen PROVIDER (dtrace oder fbt), ein MODULE und einen FUNCTION NAME. Lesen Sie für weitere Informationen zu diesem Kommando [dtrace\(1\)](#).

Die Beispiele in diesem Abschnitt geben einen Überblick, wie man zwei dieser voll funktionsfähigen Skripte aus der DTrace-Werkzeugsammlung verwendet: die Skripte `hotkernel` und `procsystime`.

Das `hotkernel` Skript wurde entworfen, um zu identifizieren, welche Funktion die meiste Kernelzeit beansprucht. Es wird es Ausgaben ähnlich der Folgenden produzieren:

```
# cd /usr/share/dtrace/toolkit
# ./hotkernel
Sampling... Hit Ctrl-C to end.
```

Verwenden Sie wie angegeben die Tastenkombination Ctrl+C drücken, um den Prozess zu stoppen. Nach dem Abbruch wird das Skript eine Liste von Kernelfunktionen und Zeitmessungen ausgeben, aufsteigend sortiert nach den Zeiten:

kernel`_thread_lock_flags	2	0.0%
0xc1097063	2	0.0%
kernel`sched_userret	2	0.0%
kernel`kern_select	2	0.0%
kernel`generic_copyin	3	0.0%
kernel`_mtx_assert	3	0.0%
kernel`vm_fault	3	0.0%
kernel`sopoll_generic	3	0.0%
kernel`fixup_filename	4	0.0%

kernel`_isitmyx	4	0.0%
kernel`find_instance	4	0.0%
kernel`_mtx_unlock_flags	5	0.0%
kernel`syscall	5	0.0%
kernel`DELAY	5	0.0%
0xc108a253	6	0.0%
kernel`witness_lock	7	0.0%
kernel`read_aux_data_no_wait	7	0.0%
kernel`Xint0x80_syscall	7	0.0%
kernel`witness_checkorder	7	0.0%
kernel`sse2_pagezero	8	0.0%
kernel`strcmp	9	0.0%
kernel`spinlock_exit	10	0.0%
kernel`_mtx_lock_flags	11	0.0%
kernel`witness_unlock	15	0.0%
kernel`sched_idletd	137	0.3%
0xc10981a5	42139	99.3%

Dieses Skript funktioniert auch mit Kernelmodulen. Um diese Eigenschaft zu verwenden, starten Sie das Skript mit -m:

```
# ./hotkernel -m
Sampling... Hit Ctrl-C to end.
^C
MODULE                                COUNT    PCNT
0xc107882e                            1        0.0%
0xc10e6aa4                            1        0.0%
0xc1076983                            1        0.0%
0xc109708a                            1        0.0%
0xc1075a5d                            1        0.0%
0xc1077325                            1        0.0%
0xc108a245                            1        0.0%
0xc107730d                            1        0.0%
0xc1097063                            2        0.0%
0xc108a253                           73        0.0%
kernel                               874        0.4%
0xc10981a5                          213781    99.6%
```

Das procsystime Skript fängt die Systemaufruf-Zeiten für eine gegebene Prozess-ID (PID) oder einen Prozessnamen ab und gibt diese aus. Im folgenden Beispiel wurde eine neue Instanz von /bin/csh erzeugt. Dann wurde procsystime ausgeführt und verbleibt so, während ein paar Befehle in die andere Instanz von csh eingegeben werden. Dies sind die Ergebnisse dieses Versuchs:

```
# ./procsystime -n csh
Tracing... Hit Ctrl-C to end...
^C

Elapsed Times for processes csh,

      SYSCALL      TIME (ns)
      getpid      6131
sigreturn      8121
      close      19127
      fcntl      19959
      dup        26955
      setpgid    28070
      stat       31899
      setitimer  40938
      wait4      62717
      sigaction  67372
      sigprocmask 119091
      gettimeofday 183710
      write      263242
      execve     492547
      ioctl      770073
      vfork      3258923
```

sigsuspend	6985124
read	3988049784

Wie aus der Ausgabe ersichtlich ist, verbraucht der `read()`-Systemaufruf die meiste Zeit in Nanosekunden, während der Systemaufruf `getpid()` hingegen am schnellsten läuft.

Teil IV. Netzwerke

FreeBSD ist eins der meist benutzten Betriebssysteme für leistungsfähige Netzwerkservers. Die Kapitel in diesem Teil behandeln die nachstehenden Themen:

- Serielle Datenübertragung
- PPP und PPP over Ethernet
- Electronic-Mail
- Den Betrieb von Netzwerkdiensten
- Firewalls
- Weiterführende Netzwerkthemen

Diese Kapitel sollten Sie lesen, wenn Sie die Informationen darin benötigen. Sie brauchen Sie nicht in einer bestimmten Reihenfolge zu lesen, noch müssen Sie die Kapitel lesen, bevor Sie anfangen, FreeBSD zu benutzen.

Inhaltsverzeichnis

26. Serielle Datenübertragung	591
26.1. Übersicht	591
26.2. Begriffe und Hardware	591
26.3. Terminals	595
26.4. Einwahlverbindungen	599
26.5. Verbindungen nach Außen	605
26.6. Einrichten der seriellen Konsole	607
27. PPP	615
27.1. Übersicht	615
27.2. PPP konfigurieren	615
27.3. Probleme bei PPP-Verbindungen	622
27.4. PPP over Ethernet (PPPoE)	624
27.5. PPP over ATM (PPPoA)	625
28. Elektronische Post (E-Mail)	629
28.1. Terminologie	629
28.2. Übersicht	629
28.3. E-Mail Komponenten	630
28.4. Sendmail-Konfigurationsdateien	631
28.5. Wechseln des Mailübertragungs-Agenten	633
28.6. Fehlerbehebung	635
28.7. Weiterführende Themen	637
28.8. Ausgehende E-Mail über einen Relay versenden	638
28.9. E-Mail über Einwahl-Verbindungen	639
28.10. SMTP-Authentifizierung	640
28.11. E-Mail-Programme	641
28.12. E-Mails mit fetchmail abholen	647
28.13. E-Mails mit procmail filtern	648
29. Netzwerkservers	651
29.1. Übersicht	651
29.2. Der inetd „Super-Server“	651
29.3. Network File System (NFS)	654
29.4. Network Information System (NIS)	657
29.5. Lightweight Access Directory Protocol (LDAP)	668
29.6. Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	672
29.7. Domain Name System (DNS)	675
29.8. Apache HTTP-Server	689
29.9. File Transfer Protocol (FTP)	693
29.10. Datei- und Druckserver für Microsoft® Windows®-Clients (Samba)	694
29.11. Die Uhrzeit mit NTP synchronisieren	696
29.12. iSCSI Initiator und Target Konfiguration	698
30. Firewalls	703
30.1. Einführung	703
30.2. Firewallkonzepte	704
30.3. PF	705
30.4. Die IPFILTER-Firewall (IPF)	718
30.5. IPFW	734
31. Weiterführende Netzwerkthemen	751
31.1. Übersicht	751
31.2. Gateways und Routen	751
31.3. Drahtlose Netzwerke	756
31.4. USB Tethering	772
31.5. Bluetooth	773
31.6. LAN-Kopplung mit einer Bridge	779
31.7. Link-Aggregation und Failover	784
31.8. Plattenloser Betrieb mit PXE	788
31.9. IPv6	792

31.10. Common Address Redundancy Protocol (CARP)	796
--	-----

Kapitel 26. Serielle Datenübertragung

Übersetzt von Martin Heinen.

26.1. Übersicht

UNIX® Systeme unterstützten schon immer die serielle Datenübertragung. Tatsächlich wurden Ein- und Ausgaben auf den ersten UNIX® Maschinen über serielle Leitungen durchgeführt. Seit der Zeit, in der ein durchschnittlicher Terminal aus einem seriellen Drucker mit 10 Zeichen/Sekunde und einer Tastatur bestand, hat sich viel verändert. Dieses Kapitel behandelt einige Möglichkeiten, serielle Datenübertragung unter FreeBSD zu verwenden.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie Folgendes wissen:

- Wie Sie Terminals an ein FreeBSD-System anschließen.
- Wie Sie sich mit einem Modem auf entfernte Rechner einwählen.
- Wie Sie entfernten Benutzern erlauben, sich mit einem Modem in ein FreeBSD-System einzuwählen.
- Wie Sie ein FreeBSD-System über eine serielle Konsole booten.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- einen [angepassten Kernel konfigurieren und installieren](#) können.
- [Berechtigungen und Prozesse unter FreeBSD](#) verstehen.
- Zugriff auf die Handbücher der seriellen Komponenten haben, die mit FreeBSD verwendet werden sollen.

26.2. Begriffe und Hardware

Die folgenden Begriffe werden oft verwendet, wenn es um serielle Kommunikation geht:

bps

Bits pro Sekunde (bps) ist die Einheit für die Übertragungsgeschwindigkeit.

DEE (DTE)

Eine Datenendeinrichtung (Data Terminal Equipment) ist einer der beiden Endpunkte bei der seriellen Kommunikation. Zum Beispiel ein Computer.

DÜE (DCE)

Datenübertragungseinrichtung (Data Communications Equipment) ist der andere Endpunkt bei der seriellen Kommunikation. Typischerweise ein Modem.

RS-232

Der originale Standard, der serielle Datenübertragung definiert. Er wird heutzutage als TIA-232 bezeichnet.

In diesem Abschnitt wird der Begriff „Baud“ nicht für Übertragungsgeschwindigkeiten gebraucht. Baud bezeichnet elektrische Zustandswechsel pro Zeiteinheit, die Taktfrequenz, während „bps“ der *richtige* Begriff für die Übertragungsgeschwindigkeit ist.

Um ein Modem oder einen Terminal an ein FreeBSD-System anzuschließen, muss der Computer über eine serielle Schnittstelle verfügen. Zusätzlich wird das passende Kabel benötigt, um das Gerät mit der Schnittstelle zu verbinden. Benutzer, die mit seriellen Geräten und den nötigen Kabeln schon vertraut sind, können diesen Abschnitt überspringen.

26.2.1. Kabel und Schnittstellen

Es gibt verschiedene serielle Kabel. Die zwei häufigsten sind Nullmodemkabel und Standard-RS-232-Kabel. Die Dokumentation der Hardware sollte beschreiben, welcher Kabeltyp benötigt wird.

Ein Nullmodemkabel verbindet einige Signale, wie die Betriebserde, eins zu eins, andere Signale werden getauscht: Die Sende- und Empfangsleitungen werden zum Beispiel gekreuzt.

Nullmodemkabel für die Anbindung eines Terminals können auch selbst hergestellt werden. Die folgende Tabelle enthält die [Signalnamen](#) von RS-232C sowie die Pinbelegung für einen Stecker vom Typ DB-25. Obwohl der Standard eine direkte Verbindung von Pin 1 zu Pin 1 (*Protective Ground*) vorschreibt, ist diese in vielen Fällen nicht vorhanden. Einige Terminals benötigen nur die Pins 2, 3 und 7 für eine korrekte Funktion, während andere eine unterschiedliche Konfiguration als die in den folgenden Beispielen gezeigte benötigen.

Tabelle 26.1. Nullmodemkabel vom Typ DB-25-zu-DB-25

Signal	Pin #		Pin #	Signal
SG	7	verbunden mit	7	SG
TD	2	verbunden mit	3	RD
RD	3	verbunden mit	2	TD
RTS	4	verbunden mit	5	CTS
CTS	5	verbunden mit	4	RTS
DTR	20	verbunden mit	6	DSR
DTR	20	verbunden mit	8	DCD
DSR	6	verbunden mit	20	DTR
DCD	8	verbunden mit	20	DTR

Die folgenden zwei Schemata werden heutzutage ebenfalls häufig eingesetzt:

Tabelle 26.2. Nullmodemkabel vom Typ DB-9-zu-DB-9

Signal	Pin #		Pin #	Signal
RD	2	verbunden mit	3	TD
TD	3	verbunden mit	2	RD
DTR	4	verbunden mit	6	DSR
DTR	4	verbunden mit	1	DCD
SG	5	verbunden mit	5	SG
DSR	6	verbunden mit	4	DTR
DCD	1	verbunden mit	4	DTR
RTS	7	verbunden mit	8	CTS
CTS	8	verbunden mit	7	RTS

Tabelle 26.3. Nullmodemkabel vom Typ DB-9-zu-DB-25

Signal	Pin #		Pin #	Signal
RD	2	verbunden mit	2	TD
TD	3	verbunden mit	3	RD
DTR	4	verbunden mit	6	DSR
DTR	4	verbunden mit	8	DCD
SG	5	verbunden mit	7	SG

Signal	Pin #		Pin #	Signal
DSR	6	verbunden mit	20	DTR
DCD	1	verbunden mit	20	DTR
RTS	7	verbunden mit	5	CTS
CTS	8	verbunden mit	4	RTS



Anmerkung

Wird ein Pin eines Kabels mit zwei Pins des anderen Kabels verbunden, werden dazu in der Regel zuerst die beiden Pins mit einem kurzem Draht verbunden. Danach wird dieser Draht mit dem Pin des anderen Endes verbunden.

Die eben besprochenen Schemata scheinen die beliebtesten zu sein. Weitere Varianten verbinden SG mit SG, TD mit RD, RTS und CTS mit DCD, DTR mit DSR, und umgekehrt.

Ein Standard-RS-232C-Kabel verbindet alle Signale direkt. Das Signal „Transmitted Data“ wird mit dem Signal „Transmitted Data“ der Gegenstelle verbunden. Dieses Kabel wird benötigt, um ein Modem mit einem FreeBSD-System zu verbinden. Manche Terminals benötigen dieses Kabel ebenfalls.

Über serielle Schnittstellen werden Daten zwischen dem FreeBSD-System und dem Terminal übertragen. Dieser Abschnitt beschreibt die verschiedenen Schnittstellen und wie sie unter FreeBSD angesprochen werden.

Da es verschiedene Schnittstellen gibt, sollte vor dem Kauf oder Selbstbau eines Kabels sichergestellt werden, dass dieses zu den Schnittstellen des Terminals und des FreeBSD-Systems passt.

Die meisten Terminals besitzen DB-25-Stecker. Personal Computer haben DB-25- oder DB-9-Stecker. Eine serielle Multiportkarte hat vielleicht RJ-12- oder RJ-45-Anschlüsse.

Die Dokumentation der Geräte sollte Aufschluss über den Typ der benötigten Anschlüsse geben. Oft hilft es, wenn Sie sich den Anschluss einfach ansehen.

Unter FreeBSD wird jede serielle Schnittstelle (Port) über einen Eintrag in `/dev` angesprochen. Es gibt dort zwei verschiedene Einträge:

- Schnittstellen für eingehende Verbindungen werden `/dev/ttyu N` genannt. Dabei ist *N* die Nummer der Schnittstelle, deren Zählung bei Null beginnt. Allgemein wird diese Schnittstelle für Terminals benutzt. Diese Schnittstelle funktioniert nur, wenn ein „Data Carrier Detect“ Signal (DCD) vorliegt.
- Für ausgehende Verbindungen wird `/dev/cuad N` verwendet. Dieser Port wird normalerweise nur von Modems genutzt. Er kann allerdings auch für Terminals benutzt werden, die das „Data Carrier Detect“ Signal nicht unterstützen.

Wenn ein Terminal an die erste serielle Schnittstelle (COM1) angeschlossen ist, wird er über `/dev/ttyu0` angesprochen. Wenn er an der zweiten seriellen Schnittstelle (COM2) angeschlossen ist, verwenden Sie `/dev/ttyu1`, usw.

26.2.2. Kernelkonfiguration

In der Voreinstellung benutzt FreeBSD vier serielle Schnittstellen, die unter MS-DOS® als COM1, COM2, COM3 und COM4 bekannt sind. Momentan unterstützt FreeBSD einfache Multiportkarten, wie bspw. die BocaBoard 1008 und 2016 und bessere wie die von Digiboard und Stallion Technologies. In der Voreinstellung sucht der Kernel allerdings nur nach den Standardanschlüssen.

Um zu überprüfen, ob der Kernel die seriellen Schnittstellen erkennt, achten Sie auf die Meldungen beim Booten, oder schauen sich diese später mit `/sbin/dmesg` an. Achten Sie auf Meldungen die mit `uart` beginnen:

```
# /sbin/dmesg | grep 'uart'
```

Wenn der Kernel nicht alle seriellen Schnittstellen erkennt, müssen Sie `/boot/device.hints` konfigurieren. Wenn Sie diese Datei editieren, können Sie die Einträge für Geräte, die auf dem System nicht vorhanden sind, auskommentieren oder komplett entfernen.



Anmerkung

port `IO_COM1` ist ein Ersatz für port `0x3f8`, `IO_COM2` bedeutet port `0x2f8`, `IO_COM3` bedeutet port `0x3e8` und `IO_COM4` steht für port `0x2e8`. Die angegebenen IO-Adressen sind genau wie die Interrupts 4, 3, 5 und 9 üblich für serielle Schnittstellen. Beachten Sie, dass sich normale serielle Schnittstellen auf ISA-Bussen *keine* Interrupts teilen können. Multiportkarten besitzen zusätzliche Schaltkreise, die es allen 16550As auf der Karte erlauben, sich einen oder zwei Interrupts zu teilen.

26.2.3. Gerätedateien

Die meisten Geräte im Kernel werden durch Gerätedateien in `/dev` angesprochen. Die `sio` Geräte werden durch `/dev/ttyuN` für eingehende Verbindungen und durch `/dev/cuadN` für ausgehende Verbindungen angesprochen. Zum Initialisieren der Geräte stellt FreeBSD die Dateien `/dev/ttyuN.init` und `/dev/cuadN.init` zur Verfügung. Zusätzlich existieren Dateien für das Sperren von Gerätedateien (*Locking*). Dabei handelt es sich um die Dateien `/dev/ttyuN.lock` und `/dev/cuadN.lock`. Diese Dateien werden benutzt, um Kommunikationsparameter beim Öffnen eines Ports vorzugeben. Für Modems, die zur Flusskontrolle RTS/CTS benutzen, kann damit `crtscs` gesetzt werden. Die Geräte `/dev/ttyldN` und `/dev/cualaN` (locking devices) werden genutzt, um bestimmte Parameter festzuschreiben und vor Veränderungen zu schützen. Weitere Informationen zu Terminals finden Sie in [termios\(4\)](#), [sio\(4\)](#) erklärt die Dateien zum Initialisieren und Sperren der Geräte, [stty\(1\)](#) beschreibt schließlich Terminal-Einstellungen.

26.2.4. Konfiguration der seriellen Schnittstelle

Anwendungen benutzen normalerweise die Geräte `ttyuN` oder `cuadN`. Das Gerät besitzt einige Voreinstellungen für Terminal-I/O, wenn es von einem Prozess geöffnet wird. Mit dem folgenden Kommando können Sie sich diese Einstellungen ansehen:

```
# stty -a -f /dev/ttyu1
```

Wenn diese Einstellungen verändert werden, bleiben sie nur solange wirksam, bis das Gerät geschlossen wird. Wenn das Gerät danach wieder geöffnet wird, sind die Voreinstellungen wieder wirksam. Um die Voreinstellungen dauerhaft zu ändern, öffnen Sie das Gerät, das zum Initialisieren dient und verändern dessen Einstellungen. Um beispielsweise für `ttyu5` den `CLOCAL` Modus, 8-Bit Kommunikation und `XON/XOFF` Flusssteuerung einzuschalten, setzen Sie das folgende Kommando ab:

```
# stty -f /dev/ttyu5.init clocal cs8 ixon ixoff
```

In `/etc/rc.d/rc.serial` werden die systemweiten Voreinstellungen für serielle Geräte vorgenommen.

Um zu verhindern, dass Einstellungen von Anwendungen verändert werden, können Sie die Geräte zum Festschreiben von Einstellungen („locking devices“) benutzen. Wenn sie beispielsweise die Geschwindigkeit von `ttyu5` auf 57600 bps festlegen wollen, benutzen Sie das folgende Kommando:

```
# stty -f /dev/ttyld5 57600
```

Eine Anwendung, die `ttyu5` öffnet, kann nun nicht mehr die Geschwindigkeit ändern und muss 57600 bps benutzen.

Die Geräte zum Initialisieren und Festschreiben von Einstellungen sollten selbstverständlich nur von `root` beschreibbar sein.

26.3. Terminals

Beigetragen von Sean Kelly.

Wenn Sie sich nicht an der Konsole oder über ein Netzwerk an ein FreeBSD-System anmelden können, sind Terminals ein bequemer und kostengünstiger Weg, um auf ein System zuzugreifen. Dieser Abschnitt beschreibt wie Sie Terminals mit FreeBSD benutzen.

Das ursprüngliche UNIX® System besaß keine Konsolen. Zum Anmelden und Starten von Programmen wurden stattdessen Terminals benutzt, die an den seriellen Schnittstellen des Rechners angeschlossen waren.

Die Möglichkeit, über eine serielle Schnittstelle eine Anmeldesitzung herzustellen, existiert heute noch in fast jedem UNIX®-artigen Betriebssystem, einschließlich FreeBSD. Der Einsatz eines Terminals, das an einem freien seriellen Port angeschlossen ist, ermöglicht es dem Benutzer sich anzumelden und dort jedes Textprogramm zu starten, das normalerweise an der Konsole oder in einem `xterm` Fenster ausgeführt wird.

Viele Terminals können an einem FreeBSD-System angeschlossen werden. Ein alter Computer kann als Terminal an ein leistungsfähiges FreeBSD-System angeschlossen werden. Damit kann ein Einzelarbeitsplatz in ein leistungsfähiges Mehrbenutzersystem verwandelt werden.

FreeBSD unterstützt drei Arten von Anschlüssen:

Dumb-Terminals

Dumb-Terminals (unintelligente Datenstationen) sind Geräte, die über die serielle Schnittstelle mit einem Rechner verbunden werden. Sie werden „unintelligent“ genannt, weil sie nur Text senden und empfangen und keine Programme laufen lassen können. Alle Programme, wie Texteditoren, Compiler oder Spiele befinden sich auf dem Rechner, der mit dem Terminal verbunden ist.

Es gibt viele Dumb-Terminals, die von verschiedenen Herstellern produziert werden, und so gut wie jeder der verschiedenen Terminals sollte mit FreeBSD zusammenarbeiten. Manche High-End Geräte verfügen sogar über Grafikfähigkeiten, die allerdings nur von spezieller Software genutzt werden kann.

Dumb-Terminals sind in Umgebungen beliebt, in denen keine Grafikanwendungen benötigt werden.

Computer, die als Terminal fungieren

Jeder Computer kann die Funktion eines Dumb-Terminals, der ja nur Text senden und empfangen kann, übernehmen. Dazu wird lediglich das richtige Kabel benötigt und eine *Terminalemulation*, die auf dem Computer läuft.

Diese Konfiguration ist sehr nützlich. Wenn ein Benutzer zum Beispiel gerade an der FreeBSD-Konsole arbeitet, kann ein anderer Benutzer einen weniger leistungsstarken Computer, der als Terminal mit dem FreeBSD-System verbunden ist, benutzen, um dort gleichzeitig im Textmodus zu arbeiten.

Bereits im Basissystem sind mindestens zwei Werkzeuge vorhanden, die Sie zur Arbeit über eine serielle Konsole einsetzen können: `cu(1)` sowie `tip(1)`.

Um sich von einem FreeBSD-System aus über eine serielle Verbindung mit einem anderen System zu verbinden, geben Sie folgenden Befehl ein:

```
# cu -l serial-port-device
```

„serial-port-device“ ist hier der Name der Gerätedatei, die einer bestimmten seriellen Schnittstelle des Systems zugewiesen ist. Diese Gerätedateien werden `/dev/cuaN` genannt.

Der Buchstabe „N“ muss dabei durch die Nummer des seriellen Ports des Systems ersetzt werden.



Anmerkung

Beachten Sie, dass die Numerierung dieser Daten unter FreeBSD mit Null und nicht mit Eins beginnt. Die Schnittstelle „COM1“ entspricht daher `/dev/cuad0` unter FreeBSD.



Anmerkung

In der Ports-Sammlung finden sich weitere Programme, wie beispielsweise [comms/minicom](#), mit denen eine Verbindung über eine serielle Schnittstelle hergestellt werden kann.

X-Terminals

X-Terminals sind die ausgereiftesten der verfügbaren Terminals. Sie werden nicht mit der seriellen Schnittstelle sondern mit einem Netzwerk, wie dem Ethernet, verbunden. Diese Terminals sind auch nicht auf den Textmodus beschränkt, sondern können jede X-Anwendung darstellen.

Die Einrichtung und Verwendung von X-Terminals wird in diesem Abschnitt *nicht* beschrieben.

26.3.1. Konfiguration

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie ein FreeBSD-System konfigurieren müssen, um sich an einem Terminal anzumelden. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Kernel bereits die serielle Schnittstelle, die mit dem Terminal verbunden ist, unterstützt. Weiterhin sollte der Terminal schon angeschlossen sein.

Der `init` Prozess ist für das Initialisieren des Systems und den Start von Prozessen zum Zeitpunkt des Systemstarts verantwortlich. Unter anderem liest `init /etc/ttys` ein und startet für jeden verfügbaren Terminal einen `getty` Prozess. `getty` wiederum fragt beim Anmelden den Benutzernamen ab und startet `login`.

Um Terminals auf einem FreeBSD-System einzurichten, führen Sie folgenden Schritte als `root` durch:

1. Fügen Sie einen Eintrag in `/etc/ttys` für die serielle Schnittstelle aus `/dev` ein, falls dieser nicht bereits vorhanden ist.
2. Geben Sie `/usr/libexec/getty` als auszuführendes Programm an. Als Parameter für `getty` geben Sie den passenden Verbindungstyp aus `/etc/gettytab` an.
3. Geben Sie den Terminaltyp an.
4. Aktivieren Sie den Anschluss.
5. Geben Sie die Sicherheit des Anschlusses an.
6. Veranlassen Sie `init /etc/ttys` erneut zu lesen.

Optional können Sie in `/etc/gettytab` auch einen auf Ihre Zwecke angepassten Terminaltyp erstellen. [gettytab\(5\)](#) und [getty\(8\)](#) enthalten dazu weitere Informationen.

26.3.1.1. Hinzufügen eines Eintrags in `/etc/ttys`

In `/etc/ttys` werden alle Terminals aufgeführt, an denen eine Anmeldung auf dem FreeBSD-System möglich ist. Hier findet sich zum Beispiel ein Eintrag für die erste virtuelle Konsole `/dev/ttyv0`, der es Benutzern ermöglicht, sich dort anzumelden. Die Datei enthält weitere Einträge für andere virtuelle Konsolen, serielle Schnittstellen und Pseudoterminals. Um einen Terminal zu konfigurieren, fügen Sie einen Eintrag für den Namen des Gerätes aus `/dev` ohne das Präfix `/dev` hinzu. Zum Beispiel wird `/dev/ttyv0` als `ttyv0` aufgeführt.

In der Voreinstellung enthält `/etc/ttys` Einträge für die ersten vier seriellen Schnittstellen: `ttyu0` bis `ttyu3`. Wird an eine von diesen Schnittstellen ein Terminal angeschlossen, braucht in dieser Datei kein weiterer Eintrag hinzugefügt werden.

Beispiel 26.1. Einträge in `/etc/ttys` hinzufügen

Dieses Beispiel konfiguriert zwei Terminals: Einen Wyse-50 und einen alten 286 IBM PC, der mit Procomm einen VT-100 Terminal emuliert. Der Wyse-Terminal ist mit der zweiten seriellen Schnittstelle verbunden und der 286 mit der sechsten seriellen Schnittstelle, einem Anschluss auf einer Multiportkarte. Die entsprechenden Einträge in `/etc/ttys` würden dann wie folgt aussehen:

```
ttyu1❶ "/usr/libexec/getty std.38400"❷ wy50❸ on❹ insecure❺
ttyu5  "/usr/libexec/getty std.19200" vt100 on insecure
```

- ❶ Das erste Feld gibt normalerweise den Namen der Gerätedatei aus `/dev` an.
- ❷ Im zweiten Feld wird das auszuführende Kommando, normal ist das [getty\(8\)](#), angegeben. `getty` initialisiert und öffnet die Verbindung, setzt die Geschwindigkeit und fragt den Benutzernamen ab. Danach führt es [login\(1\)](#) aus.

`getty` akzeptiert einen optionalen Parameter auf der Kommandozeile, den Verbindungstyp, der die Eigenschaften der Verbindung, wie die Geschwindigkeit und Parität, festlegt. Die Typen und die damit verbundenen Eigenschaften liest `getty` aus `/etc/gettytab`.

`/etc/gettytab` enthält viele Einträge sowohl für neue wie auch alte Terminalverbindungen. Die meisten Einträge, die mit `std` beginnen, sollten mit einem festverdrahteten Terminal funktionieren. Für jede Geschwindigkeit zwischen 110 bps und 115200 bps gibt es einen `std` Eintrag. Weitere Informationen dazu finden Sie in [gettytab\(5\)](#).

Wenn Sie den Verbindungstyp in `/etc/ttys` eintragen, stellen Sie sicher, dass die Kommunikationseinstellungen auch mit denen des Terminals übereinstimmen.

In diesem Beispiel verwendet der Wyse-50 keine Parität und 38400 bps, der 286 PC benutzt ebenfalls keine Parität und arbeitet mit 19200 bps.

- ❸ Das dritte Feld gibt den Terminaltyp an, der normalerweise mit diesem Anschluss verbunden ist. Für Einwahlverbindungen wird oft `unknown` oder `dialup` benutzt, da sich die Benutzer praktisch mit beliebigen Terminals oder Emulatoren anmelden können. Bei festverdrahteten Terminals ändert sich der Typ nicht, so dass in diesem Feld ein richtiger Typ aus der [termcap\(5\)](#) Datenbank angegeben werden kann.

In diesem Beispiel benutzt der Wyse-50 den entsprechenden Typ aus [termcap\(5\)](#), der 286 PC wird als VT-100, den er ja emuliert, angegeben.

- ❹ Das vierte Feld gibt an, ob der Anschluss aktiviert werden soll. Ist das Feld auf `on` gesetzt, startet `init` das Programm, das im zweiten Feld angegeben ist. Normalerweise ist dies `getty`. Wenn das Feld auf `off` gesetzt wird, wird `getty` nicht ausgeführt und folglich kann sich niemand an dem betreffenden Terminal anmelden.
- ❺ Das letzte Feld gibt die Sicherheit des Anschlusses an. Wenn hier `secure` angegeben wird, darf sich `root`, oder jeder Account mit der UID 0 über diese Verbindung anmelden. Wenn `insecure` angegeben wird, dürfen sich nur unprivilegierte Benutzer anmelden. Diese können später mit [su\(1\)](#) oder einem ähnlichen Mechanismus zu `root` wechseln.

Es wird dringend empfohlen `insecure` zu verwenden, sogar für Terminals hinter verschlossenen Türen. Es ist ganz einfach sich mit `su` anzumelden, wenn Superuser-Rechte benötigt werden.

26.3.1.2. init zwingen, /etc/ttys erneut zu lesen

Nachdem Änderungen in `/etc/ttys` vorgenommen wurden, schicken Sie `init` ein `SIGHUP`-Signal (`hangup`), um es zu veranlassen, seine Konfigurationsdatei neu zu lesen:

```
# kill -HUP 1
```



Anmerkung

Da `init` immer der erste Prozess auf einem System ist, besitzt es immer die Prozess-ID 1.

Wenn alles richtig eingerichtet ist, alle Kabel angeschlossen und die Terminals eingeschaltet sind, sollte für jeden Terminal ein `getty` Prozess laufen und auf jedem Terminal sollte eine Anmeldeaufforderung zu sehen sein.

26.3.2. Fehlersuche

Selbst wenn Sie den Anweisungen akribisch gefolgt sind, kann es immer noch zu Fehlern beim Einrichten eines Terminals kommen. Hier eine Liste der häufigsten Symptome, sowie einige mögliche Lösungen:

Wenn kein Anmeldeprompt erscheint, stellen Sie sicher, dass der Terminal verbunden und eingeschaltet ist. Wenn ein PC als Terminal fungiert, überprüfen Sie, dass die Terminalemulation auf den richtigen Schnittstellen läuft.

Stellen Sie sicher, dass Sie das richtige Kabel verwenden und dass das Kabel fest mit dem Terminal und dem FreeBSD-Rechner verbunden ist.

Stellen Sie sicher, dass die Einstellungen für die Geschwindigkeit (bps) und Parität auf dem FreeBSD-System und dem Terminal gleich sind. Wenn der Terminal einen Bildschirm besitzt, überprüfen Sie die richtige Einstellung von Helligkeit und Kontrast. Wenn der Terminal druckt, stellen Sie die ausreichende Versorgung mit Papier und Tinte sicher.

Überprüfen Sie mit `ps`, dass der `getty` Prozess für den Terminal läuft:

```
# ps -axww|grep getty
```

Für jeden Terminal sollte ein Eintrag vorhanden sein. Aus dem folgenden Beispiel ist zu erkennen, dass `getty` auf der zweiten seriellen Schnittstelle `tyyd1` läuft und den Verbindungstyp `std.38400` aus `/etc/gettytab` benutzt:

```
22189  d1  Is+   0:00.03 /usr/libexec/getty std.38400 ttyu1
```

Wenn `getty` nicht läuft, überprüfen Sie, ob der Anschluss in `/etc/ttys` aktiviert ist. Denken Sie daran `kill -HUP 1` auszuführen, nachdem `/etc/ttys` geändert wurde.

Wenn `getty` läuft, aber der Terminal immer noch kein Anmeldeprompt ausgibt, oder am Anmeldeprompt nichts eingegeben werden kann, kann es sein, dass der Terminal oder Kabel keinen Hardware-Handshake unterstützt. Ändern Sie dann den Eintrag `std.38400` in `/etc/ttys` zu `3wire.38400`. Nachdem Sie `/etc/ttys` geändert haben, setzen Sie `kill -HUP 1` ab. Der Eintrag `3wire` besitzt ähnliche Eigenschaften wie der Eintrag `std`, ignoriert aber den Hardware-Handshake. Wenn Sie den Eintrag `3wire` verwenden, muss vielleicht die Geschwindigkeit verkleinert oder die Software-Flusssteuerung aktiviert werden, um Pufferüberläufe zu vermeiden.

Wenn nur unverständliche Zeichen erscheinen, stellen Sie sicher, dass die Einstellungen für die Geschwindigkeit (bps) und Parität auf dem FreeBSD-System und dem Terminal gleich sind. Kontrollieren Sie den `getty` Prozess und stellen Sie sicher, dass der richtige Verbindungstyp aus `/etc/gettytab` benutzt wird. Wenn das nicht der Fall ist, editieren Sie `/etc/ttys` und setzen das Kommando `kill -HUP 1` ab.

Wenn Zeichen doppelt und eingegebene Passwörter im Klartext erscheinen, stellen Sie den Terminal oder die Terminalemulation von „half duplex“ oder „local echo“ auf „full duplex“ um.

26.4. Einwählverbindungen

Beigetragen von Guy Helmer.

Mit Anmerkungen von Sean Kelly.

Das Einrichten von Einwählverbindungen auf FreeBSD-Systemen ähnelt dem Anschließen von Terminals, nur dass anstelle eines Terminals ein Modem verwendet wird. FreeBSD unterstützt sowohl externe als auch interne Modems.

Externe Modems sind für Einwählverbindungen besser geeignet, da sie die Konfiguration in nicht flüchtigem RAM speichern können. Zudem verfügen Sie über Leuchtanzeigen, die den Status wichtiger RS-232 Signale anzeigen.

Interne Modems verfügen normalerweise nicht über nicht flüchtiges RAM und lassen sich meist nur über DIP-Schalter konfigurieren. Selbst wenn ein internes Modem Leuchtanzeigen besitzt, sind diese meist schwer einzusehen, wenn das Modem eingebaut ist.

Mit einem externen Modem muss das passende Kabel verwendet werden. Ein Standard RS-232C Kabel, bei dem die folgenden Signale miteinander verbunden sind, sollte ausreichen:

Tabelle 26.4. Signalnamen

Abkürzung	Bedeutung
RD	Received Data
TD	Transmitted Data
DTR	Data Terminal Ready
DSR	Data Set Ready
DCD	Data Carrier Detect (dadurch erkennt RS-232 das Signal <i>Received Line</i>)
SG	Signal Ground
RTS	Request to Send
CTS	Clear to Send

Ab Geschwindigkeiten von 2400 bps benötigt FreeBSD die Signale RTS und CTS für die Flusststeuerung. Das Signal CD zeigt an, ob ein Träger vorliegt, das heißt ob die Verbindung aufgebaut ist oder beendet wurde. DTR zeigt an, dass das Gerät betriebsbereit ist. Es gibt einige Kabel, bei denen nicht alle nötigen Signale verbunden sind. Wenn Probleme dieser Art auftreten, dass zum Beispiel die Sitzung nicht beendet wird, obwohl die Verbindung beendet wurde, kann das an einem solchen Kabel liegen.

Wie andere UNIX® Betriebssysteme auch, benutzt FreeBSD Hardwaresignale, um festzustellen, ob ein Anruf beantwortet wurde, eine Verbindung beendet wurde, oder um die Verbindung zu schließen und das Modem zurückzusetzen. FreeBSD vermeidet es, dem Modem Kommandos zu senden, oder den Statusreport des Modems abzufragen.

26.4.1. Schnittstellenbausteine

FreeBSD unterstützt EIA RS-232C (CCITT V.24) serielle Schnittstellen, die auf den NS8250, NS16450, NS16550 oder NS16550A Bausteinen basieren. Die Bausteine der Serie 16550 verfügen über einen 16 Byte großen Puffer, der als FIFO angelegt ist. Wegen Fehler in der FIFO-Logik kann der Puffer in einem 16550 Baustein allerdings nicht genutzt werden, das heißt der Baustein muss als 16450 betrieben werden. Bei allen Bausteinen ohne Puffer und dem 16550 Baustein muss jedes Byte einzeln von dem Betriebssystem verarbeitet werden, was Fehler bei hohen Geschwindigkeiten oder großer Systemlast erzeugt. Es sollten daher nach Möglichkeit serielle Schnittstellen, die auf 16550A Bausteinen basieren, eingesetzt werden.

26.4.2. Überblick

Wie bei Terminals auch, startet `init` für jede serielle Schnittstelle, die eine Einwahlverbindung zur Verfügung stellt, einen `getty` Prozess. Wenn das Modem beispielsweise an `/dev/ttyu0` angeschlossen ist, sollte in der Ausgabe von `ps ax` eine Zeile wie die folgende erscheinen:

```
4850 ?? I      0:00.09 /usr/libexec/getty V19200 ttyu0
```

Wenn sich ein Benutzer einwählt und die Verbindung aufgebaut ist, zeigt das Modem dies durch das CD Signal (Carrier Detect) an. Der Kernel merkt, dass ein Signal anliegt und weist `getty` an, die Schnittstelle zu öffnen. Dann sendet `getty` das Anmeldeprompt mit der ersten für die Verbindung vereinbarten Geschwindigkeit und wartet auf eine Antwort. Wenn die Antwort unverständlich ist, weil zum Beispiel die Geschwindigkeit des Modems von `gettys` Geschwindigkeit abweicht, versucht `getty` die Geschwindigkeit solange anzupassen, bis es eine verständliche Antwort erhält.

Nachdem der Benutzer seinen Benutzernamen eingegeben hat, führt `getty` `/usr/bin/login` aus, welches das Passwort abfragt und danach die Shell des Benutzers startet.

26.4.3. Konfigurationsdateien

Drei Konfigurationsdateien in `/etc` steuern, ob eine Einwahl in das FreeBSD-System möglich ist. `/etc/gettytab`, konfiguriert den `/usr/libexec/getty` Dæmon. In `/etc/ttys` wird festgelegt, auf welchen Schnittstellen `/sbin/init` einen `getty` Prozess startet. Schließlich bietet `/etc/rc.d/serial` die Möglichkeit, Schnittstellen zu initialisieren.

Es gibt zwei Ansichten darüber, wie Modems für Einwahlverbindungen unter UNIX® zu konfigurieren sind. Zum einen kann die Geschwindigkeit zwischen dem Modem und dem Computer fest eingestellt werden. Sie ist damit unabhängig von der Geschwindigkeit, mit der sich der entfernte Benutzer einwählt. Dies hat den Vorteil, dass der entfernte Benutzer das Anmeldeprompt sofort bekommt. Der Nachteil bei diesem Verfahren ist, dass das System die tatsächliche Geschwindigkeit der Verbindung nicht kennt. Damit können bildschirmorientierte Programme wie Emacs ihren Bildschirmaufbau nicht an langsame Verbindungen anpassen, um die Antwortzeiten zu verbessern.

Die andere Möglichkeit besteht darin, die Geschwindigkeit der RS-232 Schnittstelle des lokalen Modems an die Geschwindigkeit des entfernten Modems anzupassen. Bei einer V.32bis (14400 bps) Verbindung kann das lokale Modem die RS-232 Schnittstelle mit 19200 bps betreiben, während bei einer Verbindung mit 2400 bps die RS-232 Schnittstelle mit 2400 bps betrieben wird. Da `getty` die Verbindungsgeschwindigkeit des Modems nicht kennt, startet es den Anmeldevorgang mit der Ausgabe von `login:` und wartet auf eine Antwort. Wenn der Benutzer der Gegenstelle nun nur unverständliche Zeichen erhält, muss er solange Enter drücken, bis das Anmeldeprompt erscheint. Solange die Geschwindigkeiten nicht übereinstimmen, sind die Antworten der Gegenstelle für `getty` ebenfalls unverständlich. In diesem Fall wechselt `getty` zur nächsten Geschwindigkeit und gibt wieder `login:` aus. In aller Regel erhält der Benutzer der Gegenstelle nach ein bis zwei Tastendrücken eine erkennbare Anmeldeaufforderung. Diese Anmeldeprozedur sieht nicht so sauber wie die Methode mit einer festen Geschwindigkeit aus, bietet dem Benutzer einer langsamen Verbindung allerdings den Vorteil, dass sich bildschirmorientierte Programme an die Geschwindigkeit anpassen können.

Im Folgenden wird die Konfiguration für beide Methoden besprochen, doch die Methode der angepassten Geschwindigkeit wird bei der Diskussion bevorzugt.

26.4.3.1. `/etc/gettytab`

Mit `/etc/gettytab` wird `getty(8)` im Stil von `termcap(5)` konfiguriert. Das Format dieser Datei und die Bedeutung der Einträge wird in `gettytab(5)` beschrieben.

Wenn die Modemgeschwindigkeit vorgeben wird, sollten Anpassungen in `/etc/gettytab` nicht erforderlich sein.

Wenn jedoch die Geschwindigkeit angepasst werden soll, erstellen Sie einen Eintrag in `/etc/gettytab`, um `getty` die Geschwindigkeit für das Modem mitzuteilen. Für ein 2400 bps Modem kann der vorhandene `D2400` Eintrag benutzt werden.

```
#
# Fast dialup terminals, 2400/1200/300 rotary (can start either way)
#
D2400|d2400|Fast-Dial-2400:\
      :nx=D1200:tc=2400-baud:
3|D1200|Fast-Dial-1200:\
      :nx=D300:tc=1200-baud:
5|D300|Fast-Dial-300:\
      :nx=D2400:tc=300-baud:
```

Wird ein Modem mit einer höheren Geschwindigkeit eingesetzt, müssen weitere Einträge in `/etc/gettytab` erstellt werden. Dieses Beispiel zeigt einen Eintrag für ein 14400 bps Modem mit einer Geschwindigkeit bis zu 19200 bps:

```
#
# Additions for a V.32bis Modem
#
um|V300|High Speed Modem at 300,8-bit:\
      :nx=V19200:tc=std.300:
un|V1200|High Speed Modem at 1200,8-bit:\
      :nx=V300:tc=std.1200:
uo|V2400|High Speed Modem at 2400,8-bit:\
      :nx=V1200:tc=std.2400:
up|V9600|High Speed Modem at 9600,8-bit:\
      :nx=V2400:tc=std.9600:
uq|V19200|High Speed Modem at 19200,8-bit:\
      :nx=V9600:tc=std.19200:
```

Die damit erzeugten Verbindungen verwenden 8 Bit und keine Parität.

Im obigen Beispiel startet die Geschwindigkeit bei 19200 bps (eine V.32bis Verbindung) und geht dann über 9600 bps (V.32), 400 bps, 1200 bps und 300 bps wieder zurück zu 19200 bps. Das Schlüsselwort `nx=` (*next table*) sorgt für das zyklische Durchlaufen der Geschwindigkeiten. Jede Zeile zieht zudem noch mit `tc=` (*table continuation*) die Vorgabewerte für die jeweilige Geschwindigkeit an.

Wenn Sie ein 28800 bps Modem besitzen und/oder Kompression mit einem 14400 bps Modem benutzen wollen, brauchen Sie höhere Geschwindigkeiten als 19200 bps. Das folgende Beispiel startet mit 57600 bps:

```
#
# Additions for a V.32bis or V.34 Modem
# Starting at 57600 bps
#
vm|VH300|Very High Speed Modem at 300,8-bit:\
      :nx=VH57600:tc=std.300:
vn|VH1200|Very High Speed Modem at 1200,8-bit:\
      :nx=VH300:tc=std.1200:
vo|VH2400|Very High Speed Modem at 2400,8-bit:\
      :nx=VH1200:tc=std.2400:
vp|VH9600|Very High Speed Modem at 9600,8-bit:\
      :nx=VH2400:tc=std.9600:
vq|VH57600|Very High Speed Modem at 57600,8-bit:\
      :nx=VH9600:tc=std.57600:
```

Wenn Sie eine langsame CPU oder ein stark ausgelastetes System besitzen und sich kein 16550A im System befindet, erhalten Sie bei 57600 bps vielleicht so Fehlermeldungen der Form „silo overflow“.

26.4.3.2. `/etc/ttys`

`/etc/ttys` wurde bereits in [Beispiel 26.1, „Einträge in `/etc/ttys` hinzufügen“](#) besprochen. Die Konfiguration für Modems ist ähnlich, allerdings braucht `getty` ein anderes Argument und es muss ein anderer Terminaltyp angegeben werden. Der Eintrag für beide Methoden (feste und angepasste Geschwindigkeit) hat die folgende Form:

```
ttYu0  "/usr/libexec/getty xxx"  dialup on
```

Das erste Feld der obigen Zeile gibt die Gerätedatei für diesen Eintrag an. `ttyu0` bedeutet, dass `getty` mit `/dev/ttyu0` arbeitet. Das zweite Feld `"/usr/libexec/getty xxx"` gibt das Kommando an, das `init` für dieses Gerät startet (`xxx` wird durch einen passenden Eintrag aus `/etc/gettytab` ersetzt). Die Vorgabe für den Terminaltyp, hier `dialup`, wird im dritten Feld angegeben. Das vierte Feld, `on`, zeigt `init` an, dass die Schnittstelle aktiviert ist. Im fünften Feld könnte noch `secure` angegeben werden, um Anmeldungen von `root` zu erlauben, doch sollte das wirklich nur für physikalisch sichere Terminals, wie die Systemkonsole, aktiviert werden.

Die Vorgabe für den Terminaltyp, `dialup` im obigen Beispiel, hängt von lokalen Gegebenheiten ab. Traditionell wird `dialup` für Einwählverbindungen verwendet, so dass die Benutzer in ihren Anmeldeskripten den Terminaltyp auf ihren Terminal abstimmen können, wenn der Typ auf `dialup` gesetzt ist. Wenn Sie nur VT102 Terminals oder Emulatoren einsetzen, können Sie den Terminaltyp hier auch fest auf `vt102` setzen.

Nachdem `/etc/ttys` geändert wurde, muss `init` ein HUP Signal schicken, damit es die Datei wieder einliest:

```
# kill -HUP 1
```

Stellen Sie sicher, dass das Modem richtig konfiguriert und angeschlossen ist, bevor Sie das Signal an `init` schicken.

Das Argument von `getty` muss in diesem Fall eine feste Geschwindigkeit vorgeben. Der Eintrag für ein Modem, das fest auf 19200 bps eingestellt ist, könnte wie folgt aussehen:

```
ttyu0  "/usr/libexec/getty std.19200"  dialup on
```

Wenn das Modem auf eine andere Geschwindigkeit eingestellt ist, setzen Sie anstelle von `std.19200` einen passenden Eintrag der Form `std.speed` ein. Stellen Sie sicher, dass dies auch ein gültiger Verbindungstyp aus `/etc/gettytab` ist.

Das Argument von `getty` muss hier auf einen der Einträge aus `/etc/gettytab` zeigen, der zu einer Kette von Einträgen gehört, die die zu probierenden Geschwindigkeiten beschreiben. Wenn Sie dem obigen Beispiel gefolgt sind und zusätzliche Einträge in `/etc/gettytab` erzeugt haben, können Sie die folgende Zeile verwenden:

```
ttyu0  "/usr/libexec/getty V19200"  dialup on
```

26.4.3.3. /etc/rc.d/serial

Modems, die höhere Geschwindigkeiten unterstützen, zum Beispiel V.32, V.32bis und V.34 Modems, benutzen Hardware-Flusssteuerung (RTS/CTS). Für die entsprechenden Schnittstellen können Sie die Flusssteuerung mit `stty` in `/etc/rc.d/serial` einstellen.

Um beispielsweise die Hardware-Flusssteuerung für die Geräte zur Ein- und Auswahl der zweiten seriellen Schnittstelle (COM2) zu aktivieren, benutzen Sie die Dateien zur Initialisierung der entsprechenden Geräte und fügen die folgenden Zeilen in `/etc/rc.d/serial` hinzu:

```
# Serial port initial configuration
stty -f /dev/ttyu1.init crtscts
stty -f /dev/cuad1.init crtscts
```

26.4.4. Modemkonfiguration

Für ein Modem, das seine Konfiguration in nicht flüchtigem RAM speichert, wird ein Terminalprogramm wie `Telnet` unter MS-DOS® oder `tip` unter FreeBSD benötigt, um die Parameter einzustellen. Verbinden Sie sich mit derselben Geschwindigkeit, die `getty` zuerst benutzen würde, mit dem Modem und treffen Sie folgende Einstellungen:

- DCD ist eingeschaltet, wenn das Trägersignal des entfernten Modems erkannt wird.
- Im Betrieb liegt DTR an. Bei einem Verlust von DTR legt das Modem auf und setzt sich zurück.
- CTS Flusssteuerung ist für ausgehende Daten aktiviert.

- XON/XOFF Flusssteuerung ist ausgeschaltet.
- RTS Flusssteuerung ist für eingehende Daten aktiviert.
- Keine Rückmeldungen ausgeben.
- Die Echo-Funktion ist deaktiviert.

Lesen Sie die Dokumentation für das Modem, um herauszufinden welche Befehle und/oder DIP-Schalterstellungen benötigt werden.

Für ein externes 14400 U.S. Robotics® Sportster® gelten zum Beispiel die folgenden Befehle:

```
ATZ
AT&C1&D2&H1&I0&R2&W
```

Bei dieser Gelegenheit können Sie auch gleich andere Einstellungen, zum Beispiel ob Sie V42.bis und/oder MNP5 Kompression benutzen wollen, an Ihrem Modem vornehmen.

Bei einem externen 14400 U.S. Robotics® Sportster® müssen Sie auch noch einige DIP-Schalter einstellen. Die folgenden Einstellungen können verwendet werden:

- Schalter 1: OBEN – DTR normal
- Schalter 2: N/A (Rückmeldungen als Text/numerische Rückmeldungen)
- Schalter 3: OBEN – Keine Rückmeldungen ausgeben
- Schalter 4: UNTEN – Echo-Funktion aus
- Schalter 5: OBEN – Rufannahme aktiviert
- Schalter 6: OBEN – Carrier Detect normal
- Schalter 7: OBEN – Einstellungen aus dem NVRAM laden
- Schalter 8: N/A (Smart Mode/Dumb Mode)

Für Einwahlverbindungen sollten die Rückmeldungen deaktiviert sein, da sonst `getty` dem Modem das Anmeldeprompt `login:` schickt und das Modem im Kommandomodus das Prompt wieder ausgibt (Echo-Funktion) oder eine Rückmeldung gibt. Das führt dann zu einer länglichen und fruchtlosen Kommunikation zwischen dem Modem und `getty`.

Die Geschwindigkeit zwischen Modem und Computer muss auf einen festen Wert eingestellt werden. Mit einem externen 14400 U.S. Robotics® Sportster® Modem setzen die folgenden Kommandos die Geschwindigkeit auf den Wert der Dateneneinrichtung fest:

```
ATZ
AT&B1&W
```

In diesem Fall muss die Geschwindigkeit der seriellen Schnittstelle des Modems der eingehenden Geschwindigkeit angepasst werden. Für ein externes 14400 U.S. Robotics® Sportster® Modem erlauben die folgenden Befehle eine Anpassung der Geschwindigkeit der seriellen Schnittstelle für Verbindungen, die keine Fehlerkorrektur verwenden:

```
ATZ
AT&B2&W
```

Verbindungen mit Fehlerkorrektur (V.42, MNP) verwenden die Geschwindigkeit der Dateneneinrichtung.

26.4.4.1. Überprüfen der Modemkonfiguration

Die meisten Modems verfügen über Kommandos, die die Konfiguration des Modems in lesbarer Form ausgeben. Auf einem externen 14400 U.S. Robotics® Sportster® zeigt ATI5 die Einstellungen im nicht flüchtigen RAM an. Um die wirklichen Einstellungen unter Berücksichtigung der DIP-Schalter zu sehen, benutzen Sie ATZ gefolgt von ATI4.

Wenn Sie ein anderes Modem benutzen, schauen Sie bitte in der Dokumentation des Modems nach, wie Sie die Konfiguration des Modems überprüfen können.

26.4.5. Fehlersuche

Bei Problemen können Sie die Einwahlverbindung anhand der folgenden Punkte überprüfen:

Schließen Sie das Modem an das FreeBSD-System an und booten Sie das System. Wenn das Modem über Statusindikatoren verfügt, überprüfen Sie, ob der DTR Indikator leuchtet, wenn das Anmeldeprompt erscheint. Dies zeigt an, dass das FreeBSD-System einen `getty` Prozess auf der entsprechenden Schnittstelle gestartet hat und das Modem auf einkommende Verbindungen wartet.

Wenn der DTR-Indikator nicht leuchtet, melden Sie sich an dem FreeBSD-System an und überprüfen mit `ps ax`, ob FreeBSD einen `getty`-Prozess auf der entsprechenden Schnittstelle gestartet hat:

```
114 ?? I      0:00.10 /usr/libexec/getty V19200 ttyu0
115 ?? I      0:00.10 /usr/libexec/getty V19200 ttyu1
```

Wenn das Modem noch keinen Anruf entgegengenommen hat und Sie stattdessen die folgende Zeile sehen

```
114 d0 I      0:00.10 /usr/libexec/getty V19200 ttyu0
```

bedeutet dies, dass `getty` die Schnittstelle schon geöffnet hat und zeigt Kabelprobleme oder eine falsche Modemkonfiguration an, da `getty` die Schnittstelle erst dann öffnen kann, wenn das CD Signal (Carrier Detect) vom Modem anliegt.

Wenn Sie keine `getty`-Prozesse auf den gewünschten `ttyuN` Ports finden, untersuchen Sie `/etc/ttys` auf Fehler. Suchen Sie auch in `/var/log/messages` nach Meldungen von `init` oder `getty`. Wenn Sie dort Meldungen finden, sollten Sie noch einmal die beiden Konfigurationsdateien `/etc/ttys` und `/etc/gettytab` nach Fehlern durchsehen. Überprüfen Sie auch, ob die Gerätedateien `/dev/ttyuN` vorhanden sind.

Versuchen Sie als nächstes, sich in das System einzuwählen. Auf dem entfernten System stellen Sie bitte die folgenden Kommunikationsparameter ein: 8 Bit, keine Parität, ein Stop-Bit. Wenn kein Anmeldeprompt erscheint oder nur unleserliche Zeichen, drücken Sie mehrmals, in Abständen von ungefähr einer Sekunde, Enter. Wenn Sie immer noch nicht die `login:` Meldung sehen, schicken Sie ein `BREAK` Kommando. Wenn Sie zur Einwahl ein High-speed-Modem benutzen, verwenden Sie eine feste Geschwindigkeit auf der seriellen Schnittstelle des Modems.

Wenn jetzt immer noch kein Anmeldeprompt erscheint, überprüfen Sie nochmals `/etc/gettytab` und stellen sicher, dass:

- der Verbindungstyp in `/etc/ttys` zu einem gültigen Eintrag in `/etc/gettytab` gehört.
- jeder der `nx=` Einträge in `gettytab` gültig ist und
- jeder `tc=` Eintrag auf einen gültigen Eintrag in `gettytab` verweist.

Wenn das Modem am FreeBSD-System auf einen eingehenden Anruf nicht antwortet, stellen Sie sicher, dass das Modem so konfiguriert ist, dass es einen Anruf beantwortet, wenn DTR anliegt. Wenn das Modem Statusindikatoren besitzt, können Sie das Anliegen von DTR anhand der Leuchten überprüfen.

Wenn Sie alles schon mehrfach überprüft haben und es immer noch nicht funktioniert, versuchen Sie es zu einem späteren Zeitpunkt erneut. Wenn es immer noch nicht funktioniert, können Sie eine Mail an die Mailingliste

'Fragen und Antworten zu FreeBSD' <de-bsd-questions@de.FreeBSD.org> schicken, in der Sie Ihr Modem und Ihr Problem beschreiben.

26.5. Verbindungen nach Außen

Die folgenden Ratschläge beschreiben, wie Sie mit einem Modem eine Verbindung zu einem anderen Computer herstellen. Dies können Sie nutzen, um sich auf einem entfernten Computer anzumelden.

Weiterhin ist diese Art von Verbindungen nützlich, wenn PPP mal nicht funktioniert. Wenn Sie zum Beispiel eine Datei mit FTP übertragen wollen und das über PPP gerade nicht möglich ist, melden Sie sich auf dem entfernten Rechner an und führen dort die FTP-Sitzung durch. Die Dateien können danach mit zmodem auf den lokalen Rechner übertragen werden.

26.5.1. Ein Hayes Modem benutzen

Es gibt einen eingebauten, allgemeinen Hayes Wähler in `tip`. Verwenden Sie `at=hayes` in `/etc/remote`.

Der Hayes-Treiber ist nicht schlau genug, um ein paar der erweiterten Funktionen von neueren Modems, bspw. `BUSY`, `NO DIALTONE` oder `CONNECT 115200` zu nutzen. Schalten Sie diese Nachrichten mit Hilfe von `ATX0&W` ab, wenn Sie `tip` benutzen.

Der Anwahl-Timeout von `tip` beträgt 60 Sekunden. Das Modem sollte weniger verwenden, oder `tip` denkt, dass ein Kommunikationsfehler vorliegt. Versuchen Sie es mit `ATS7=45&W`.

26.5.2. AT-Befehle benutzen

Erstellen Sie einen `direct` Eintrag in `/etc/remote`. Wenn das Modem zum Beispiel an der ersten seriellen Schnittstelle, `/dev/cuad0`, angeschlossen ist, dann fügen Sie die folgende Zeile hinzu:

```
cuad0:dv=/dev/cuad0:br#19200:pa=none
```

Verwenden Sie die höchste bps-Rate, die das Modem in der `br` Fähigkeit unterstützt. Geben Sie dann `tip cuad0` ein und Sie sind mit dem Modem verbunden.

Oder benutzen Sie `cu` als `root` mit dem folgenden Befehl:

```
# cu -lline -sspeed
```

`line` steht für die serielle Schnittstelle (`/dev/cuad0`) und `speed` für die Geschwindigkeit (57600). Wenn Sie mit dem Eingeben der AT Befehle fertig sind, beenden Sie mit `~.`.

26.5.3. Das @ Zeichen funktioniert nicht

Das @ Zeichen in der Telefonnummerfähigkeit sagt `tip`, dass es in `/etc/phones` nach einer Nummer suchen soll. Aber @ ist auch ein spezielles Zeichen in den Dateien, in denen Fähigkeiten beschrieben werden, wie `/etc/remote`. Schreiben Sie es mit einem Backslash:

```
pn=\@
```

26.5.4. Wie kann ich von der Kommandozeile eine Telefonnummer wählen?

Setzen Sie einen allgemeinen Eintrag in `/etc/remote`. Zum Beispiel:

```
tip115200|Dial any phone number at 115200 bps:\
:dv=/dev/cuad0:br#115200:at=hayes:pa=none:du:
tip57600|Dial any phone number at 57600 bps:\
```

```
:dv=/dev/cuad0:br#57600:at=hayes:pa=none:du:
```

Folgendes sollte jetzt funktionieren:

```
# tip -115200 5551234
```

Benutzer, die cu gegenüber tip bevorzugen, können einen allgemeinen cu-Eintrag verwenden:

```
cu115200|Use cu to dial any number at 115200bps:\
:dv=/dev/cuad1:br#57600:at=hayes:pa=none:du:
```

und benutzen zum Wählen das Kommando:

```
# cu 5551234 -s 115200
```

26.5.5. Die bps-Rate angeben

Schreiben Sie einen tip1200- oder einen cu1200-Eintrag, aber geben Sie auch die bps-Rate an, die das Modem wirklich unterstützt. Leider denkt [tip\(1\)](#), dass 1200 bps ein guter Standardwert ist und deswegen sucht es nach einem tip1200-Eintrag. Natürlich müssen Sie nicht 1200 bps benutzen.

26.5.6. Über einen Terminal-Server auf verschiedene Rechner zugreifen

Sie müssen nicht warten bis Sie verbunden sind, und jedes Mal CONNECT *Rechner* eingeben, benutzen Sie tips cm-Fähigkeit. Sie können diese Einträge in /etc/remote verwenden. Mit den Befehlen tip pain oder tip muffin können Sie eine Verbindungen zu den Rechnern pain oder muffin herstellen; mit tip deep13 verbinden Sie sich mit dem Terminalserver.

```
pain|pain.deep13.com|Forrester's machine:\
:cm=CONNECT pain\n:tc=deep13:
muffin|muffin.deep13.com|Frank's machine:\
:cm=CONNECT muffin\n:tc=deep13:
deep13|Gizmonics Institute terminal server:\
:dv=/dev/cuad2:br#38400:at=hayes:du:pa=none:pn=5551234:
```

26.5.7. Mehr als eine Verbindung mit tip benutzen

Das ist oft ein Problem, wenn eine Universität mehrere Telefonleitungen hat und viele tausend Studenten diese benutzen wollen.

Erstellen Sie einen Eintrag in /etc/remote und benutzen Sie @ für die pn-Fähigkeit:

```
big-university:\
:pn=@:tc=dialout
dialout:\
:dv=/dev/cuad3:br#9600:at=courier:du:pa=none:
```

Listen Sie dann die Telefonnummern in /etc/phones auf:

```
big-university 5551111
big-university 5551112
big-university 5551113
big-university 5551114
```

tip probiert jede der Nummern in der aufgelisteten Reihenfolge und gibt dann auf. Möchten Sie, dass tip beim Versuchen eine Verbindung herzustellen nicht aufgibt, lassen Sie es in einer while-Schleife laufen.

26.5.8. Eine Übertragung erzwingen

Ctrl+P ist das voreingestellte Zeichen, mit dem eine Übertragung erzwungen werden kann und wird benutzt, um tip zu sagen, dass das nächste Zeichen direkt gesendet werden soll und nicht als Fluchtzeichen interpretiert wer-

den soll. Mit Hilfe der Fluchtsequenz `~s`, mit der man Variablen setzen kann, können Sie jedes andere Zeichen als „force“-Zeichen definieren.

Geben Sie `~sforce=Zeichen` gefolgt von Enter ein. Für *Zeichen* können Sie ein beliebiges einzelnes Zeichen einsetzen. Wenn Sie *Zeichen* weglassen, ist das „force“-Zeichen „nul“, das Sie mit Ctrl+2 oder Ctrl+Leertaste eingeben können. Ein guter Wert für *Zeichen* ist Shift+Ctrl+6, welches nur auf wenigen Terminal Servern benutzt wird.

Sie können das „force“-Zeichen auch bestimmen, indem Sie in `$HOME/.tiprc` das Folgende einstellen:

```
force=single-char
```

26.5.9. Großbuchstaben

Dies passiert, wenn Ctrl+A eingegeben wurde, das „raise“-Zeichen von `tip`, das speziell für Leute mit defekten caps-lock Tasten eingerichtet wurde. Benutzen Sie `~s` wie oben und setzen Sie die Variable `raisechar` auf etwas, das Ihnen angemessen erscheint. Tatsächlich kann die Variable auf das gleiche Zeichen wie das „force“-Zeichen gesetzt werden, wenn diese Fähigkeiten niemals benutzt werden sollen.

Hier ist ein Muster der `.tiprc` Datei für Emacs Benutzer, die Ctrl+2 und Ctrl+A tippen müssen:

```
force=^^  
raisechar=^^
```

Geben Sie für `^^` Shift+Ctrl+6 ein.

26.5.10. Dateien mit `tip` übertragen

Wenn Sie mit einem anderen UNIX® System kommunizieren, können Sie mit `~p` (put) und `~t` (take) Dateien senden und empfangen. Diese Befehle lassen `cat` und `echo` auf dem entfernten System laufen, um Dateien zu empfangen und zu senden. Die Syntax ist:

```
~p local-file [remote-file]
```

```
~t remote-file [local-file]
```

Es gibt keine Fehlerkontrolle, deshalb sollte besser ein anderes Protokoll, wie `zmodem`, benutzt werden.

26.5.11. `zmodem` mit `tip` benutzen

Um Dateien zu empfangen, starten Sie das Programm zum Senden auf dem entfernten Computer. Geben Sie dann `~C rz` ein, um die Dateien lokal zu empfangen.

Um Dateien zu senden, starten Sie das Programm zum Empfangen auf dem entfernten Computer. Geben Sie dann `~C sz` Dateien ein, um Dateien auf das entfernte System zu senden.

26.6. Einrichten der seriellen Konsole

Beigetragen von Kazutaka YOKOTA.

Based on a document by Bill Paul.

FreeBSD kann ein System mit einem Dumb-Terminal (unintelligente Datenstation) an einer seriellen Schnittstelle als Konsole booten. Diese Konfiguration ist besonders nützlich für Systemadministratoren, die FreeBSD auf Systemen ohne Tastatur oder Monitor installieren wollen, und Entwickler, die den Kernel oder Gerätetreiber debuggen.

Wie in [Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang](#) beschrieben, besitzt FreeBSD drei Bootphasen. Der Code für die ersten beiden Bootphasen befindet sich im Bootsektor am Anfang der FreeBSD-Slice der Bootplatte. Dieser Bootblock lädt den Bootloader in Phase drei.

Um eine serielle Konsole einzurichten, muss der Bootblock, der Bootloader und der Kernel konfiguriert werden.

26.6.1. Schnelle Konfiguration der seriellen Konsole

Dieser Abschnitt bietet einen schnellen Überblick über die Einrichtung einer seriellen Konsolen. Es wird vorausgesetzt, dass die Voreinstellungen verwendet werden.

1. Verbinden Sie die serielle Konsole mit COM1 sowie dem Kontrollterminal.
2. Um die Startmeldungen der seriellen Konsole zu sehen, geben Sie als root folgendes ein:

```
# echo 'console="comconsole"' >> /boot/loader.conf
```

3. Ändern Sie in /etc/ttys den Eintrag für ttyu0 von off auf on. Zusätzlich sollten Sie den Wert dialup auf vt100 ändern. Nur so wird auf der seriellen Konsole eine Eingabeaufforderung mit einer Passwortabfrage aktiviert.
4. Starten Sie nun das System neu, damit die serielle Konsole aktiviert wird.

Wenn Sie eine unterschiedliche Konfiguration benötigen, lesen Sie den nächsten Abschnitt für eine tiefer gehende Erklärung.

26.6.2. Konfiguration der seriellen Konsole

1. Bereiten Sie ein serielles Kabel vor.

Sie benötigen entweder ein Nullmodemkabel oder ein serielles Standard Kabel mit einem Nullmodemkabel-Adapter. In [Abschnitt 26.2.1, „Kabel und Schnittstellen“](#) werden serielle Kabel beschrieben.

2. Trennen Sie die Tastatur vom Computer.

Viele PC Systeme suchen beim Power On Self Test (POST) nach einer Tastatur und geben eine Fehlermeldung aus, wenn sie keine finden. Einige Maschinen werden sich sogar weigern, ohne Tastatur zu booten.

Wenn der Rechner trotz einer Fehlermeldung normal weiterbootet, brauchen Sie weiter nichts zu tun.

Wenn das System ohne Tastatur nicht booten will, müssen Sie das BIOS so konfigurieren, dass es diesen Fehler ignoriert (wenn das möglich ist). Das Handbuch zum Motherboard sollte beschreiben, wie das zu bewerkstelligen ist.



Tipp

Selbst wenn Sie im BIOS „Not installed“ für die Tastatur einstellen, können Sie eine Tastatur angeschlossen haben und diese auch weiterhin benutzen, da sie mit dieser Anweisung das BIOS lediglich anweisen, nach dem Einschalten des Rechners nicht nach einer Tastatur zu suchen und den Rechner ohne entsprechende Fehlermeldung zu starten. Wenn die oben beschriebene Option nicht im BIOS vorhanden ist, halten Sie stattdessen Ausschau nach einer „Halt on Error“ Option. Sie können den gleichen Effekt wie oben erzielen, wenn Sie diese Option auf „All but Keyboard“ oder sogar „No Errors“ setzen.



Anmerkung

Wenn das System über eine PS/2® Maus verfügt, müssen Sie diese wahrscheinlich auch abziehen. Da sich die PS/2® Maus und die Tastatur einige Hardwarekomponenten tei-

len, kann das dazu führen, dass die Hardwareerkennung fälschlicherweise eine Tastatur findet, wenn eine PS/2® Maus angeschlossen ist.

3. Schließen Sie einen Dumb-Terminal an COM1 (sio0) an.

Wenn Sie keinen Dumb-Terminal besitzen, können Sie einen alten Computer mit einem Terminalemulator oder die serielle Schnittstelle eines anderen UNIX® Rechners benutzen. Sie benötigen auf jeden Fall eine freie erste serielle Schnittstelle (COM1). Zurzeit ist es nicht möglich, in den Bootblöcken eine andere Schnittstelle zu konfigurieren, ohne diese neu zu kompilieren. Wenn Sie COM1 bereits für ein anderes Gerät benutzen, müssen Sie dieses Gerät temporär entfernen und einen neuen Bootblock sowie Kernel installieren, wenn FreeBSD erst einmal installiert ist.

4. Stellen Sie sicher, dass die Kernelkonfiguration die richtigen Optionen für COM1 (sio0) enthält.

Relevante Optionen sind:

0x10

Aktiviert die Konsolenunterstützung für dieses Gerät. Zurzeit kann nur ein Gerät die Konsolenunterstützung aktiviert haben. Das erste, in der Konfigurationsdatei aufgeführte Gerät, mit dieser Option, verfügt über eine aktivierte Konsolenunterstützung. Beachten Sie, dass diese Option alleine nicht ausreicht, um die serielle Konsole zu aktivieren. Setzen Sie entweder noch die nachfolgend diskutierte Option oder verwenden Sie beim Booten, wie unten beschrieben, den Schalter -h.

0x20

Das erste Gerät in der Kernelkonfigurationsdatei mit dieser Option wird, unabhängig von dem unten diskutierten Schalter -h, zur Konsole. Die Option 0x20 muss zusammen mit 0x10 verwendet werden.

0x40

Reserviert dieses Gerät und sperrt es für normale Zugriffe. Sie sollten diese Option nicht auf dem Gerät setzen, das Sie als serielle Konsole verwenden wollen. Der Zweck dieser Option ist es, dieses Gerät für das Remote-Debuggen zu reservieren. Das [FreeBSD Developers' Handbook](#) enthält dazu weitere Informationen.

Beispiel:

```
device sio0 at isa? port IO_COM1 tty flags 0x10 irq 4
```

Weitere Einzelheiten finden Sie in [sio\(4\)](#).

Wenn diese Optionen nicht gesetzt sind, müssen Sie auf einer anderen Konsole beim Booten UserConfig starten oder den Kernel neu kompilieren.

5. Erstellen Sie boot.config im Rootverzeichnis der a-Partition des Bootlaufwerks.

Der Code des Bootblocks entnimmt dieser Datei, wie Sie Ihr System booten möchten. Um die serielle Konsole zu aktivieren, müssen Sie hier eine oder mehrere Optionen (alle in derselben Zeile) angeben. Die folgenden Optionen stehen zur Auswahl der Konsole zur Verfügung:

-h

Schaltet zwischen der internen und der seriellen Konsole um. Wenn Sie beispielsweise von der internen Konsole (Bildschirm) booten, weist -h den Bootloader und den Kernel an, die serielle Schnittstelle als Konsole zu nehmen. Wenn die Konsole normal auf der seriellen Schnittstelle liegt, wählen Sie mit -h den Bildschirm aus.

-D

Schaltet zwischen Einzelkonsole und Dual-Konsole um. Die Einzelkonsole ist entweder die interne Konsole (der Bildschirm) oder die serielle Schnittstelle, je nach dem Stand von -h. Im Dual-Konsolen Betrieb

ist die Konsole, unabhängig von `-h`, gleichzeitig der Bildschirm und die serielle Schnittstelle. Dies trifft aber nur zu, wenn der Bootblock ausgeführt wird. Sobald der Bootloader ausgeführt wird, wird die durch `-h` gegebene Konsole die alleinige Konsole.

-P

Veranlasst den Bootblock nach einer Tastatur zu suchen. Wenn keine Tastatur gefunden wird, werden `-D` und `-h` automatisch gesetzt.



Anmerkung

Wegen Platzbeschränkungen in den Bootblöcken kann `-P` nur erweiterte Tastaturen erkennen. Tastaturen mit weniger als 101 Tasten und ohne F11 und F12 Tasten werden wahrscheinlich, wie vielleicht auch die Tastaturen einiger Laptops, nicht erkannt. Wenn das der Fall ist, können Sie `-P` nicht verwenden, da es leider keine Abhilfe für dieses Problem gibt.

Benutzen Sie also entweder `-P`, um die Konsole automatisch zu setzen, oder `-h`, um die serielle Konsole zu verwenden.

Weitere Optionen werden in [boot\(8\)](#) beschrieben.

Mit Ausnahme von `-P` werden die Optionen an den Bootloader weitergegeben. Der Bootloader untersucht dann einzig `-h` um festzustellen, welches Gerät die Konsole wird. Wenn Sie also nur `-D` angegeben haben, können Sie die serielle Schnittstelle nur als Konsole verwenden während der Bootblock ausgeführt wird. Danach wird der Bootloader, da ja `-h` fehlt, den Bildschirm zur Konsole machen.

6. Booten Sie die Maschine.

Wenn Sie das FreeBSD-System starten, werden die Bootblöcke den Inhalt von `/boot.config` auf der Konsole ausgeben:

```
/boot.config: -P
Keyboard: no
```

Die zweite Zeile sehen Sie nur, wenn Sie in `/boot.config` `-P` angegeben haben. Sie zeigt an, ob eine Tastatur angeschlossen ist oder nicht. Die Meldungen gehen je nach den Einstellungen in `/boot.config` auf die interne Konsole, die serielle Konsole, oder beide Konsolen.

Optionen	Meldungen erscheinen auf
keine	der internen Konsole
<code>-h</code>	der seriellen Konsole
<code>-D</code>	der seriellen und der internen Konsole
<code>-Dh</code>	der seriellen und der internen Konsole
<code>-P</code> , mit Tastatur	der internen Konsole
<code>-P</code> , ohne Tastatur	der seriellen Konsole

Nach den oben gezeigten Meldungen gibt es eine kleine Verzögerung bevor die Bootblöcke den Bootloader laden und weitere Meldungen auf der Konsole erscheinen. Sie können die Ausführung der Bootblöcke unterbrechen, um zu überprüfen, ob auch alles richtig aufgesetzt ist, brauchen das aber unter normalen Umständen nicht zu tun.

Drücken Sie eine Taste außer Enter um den Bootvorgang zu unterbrechen. Sie erhalten dann ein Prompt, an dem Sie weitere Eingaben tätigen können:

```
>> FreeBSD/i386 BOOT
Default: 0:ad(0,a)/boot/loader
boot:
```

Je nach Inhalt von `/boot.config` erscheint das Prompt auf der seriellen Konsole, der internen Konsole oder beiden Konsolen. Wenn die Meldung auf der richtigen Konsole erscheint, drücken Sie Enter um fortzufahren.

Wenn kein Prompt auf der seriellen Konsole erscheint, liegt ein Fehler in den Einstellungen vor. Als Abhilfe geben Sie an der momentanen Konsole `-h` ein, um den Bootblock und den Bootloader auf die serielle Konsole umzustellen. Führen Sie dann den Bootvorgang mit Enter weiter und wenn das System gebootet hat, können Sie die fehlerhaften Einstellungen korrigieren.

Während der dritten Bootphase können Sie immer noch zwischen der internen und der seriellen Konsole auswählen. Setzen Sie dazu, wie in [Abschnitt 26.6.5, „Die Konsole im Bootloader ändern“](#) beschrieben, die entsprechenden Variablen des Bootloaders.

26.6.3. Zusammenfassung

Die folgende Tabelle bietet eine Zusammenfassung der verschiedenen Einstellungen, die in diesem Abschnitt diskutiert wurden:

Tabelle 26.5. Fall 1: Option 0x10 für `sio0`

Optionen in <code>/boot.config</code>	Konsole in den Bootblöcken	Konsole im Bootloader	Konsole im Kernel
keine	interne	interne	interne
<code>-h</code>	serielle	serielle	serielle
<code>-D</code>	serielle und interne	interne	interne
<code>-Dh</code>	serielle und interne	serielle	serielle
<code>-P</code> , mit Tastatur	interne	interne	interne
<code>-P</code> , ohne Tastatur	serielle und interne	serielle	serielle

Tabelle 26.6. Fall 2: Option 0x30 für `sio0`

Optionen in <code>/boot.config</code>	Konsole in den Bootblöcken	Konsole im Bootloader	Konsole im Kernel
keine	interne	interne	serielle
<code>-h</code>	serielle	serielle	serielle
<code>-D</code>	serielle und interne	interne	serielle
<code>-Dh</code>	serielle und interne	serielle	serielle
<code>-P</code> , mit Tastatur	interne	interne	serielle
<code>-P</code> , ohne Tastatur	serielle und interne	serielle	serielle

26.6.4. Hinweise zur seriellen Konsole

26.6.4.1. Verwenden einer höheren Geschwindigkeit

Die Vorgabewerte für die Kommunikationsparameter der seriellen Schnittstelle sind: 9600 baud, 8 Bit, keine Parität und ein Stopp-Bit. Um die Standardgeschwindigkeit zu ändern, stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Geben Sie die neue Konsolengeschwindigkeit mit `BOOT_COMCONSOLE_SPEED` an und kompilieren Sie die Bootblöcke neu. Ausführliche Informationen zum Bau und zur Installation von neuen Bootblöcken finden Sie im [Abschnitt 26.6.4.2, „Eine andere Schnittstelle als `sio0` benutzen“](#) des Handbuchs.

Wenn die serielle Konsole nicht mit der Option `-h` gestartet wird, oder wenn die verwendete serielle Konsole sich von der von den Bootblöcken verwendeten unterscheidet, müssen Sie zusätzlich die folgende Option in die Kernelkonfigurationsdatei aufnehmen und den Kernel neu bauen:

```
options CONSPEED=19200
```

- Verwenden Sie die Option `-S`, um den Kernel zu booten. Eine Beschreibung dieses Vorgangs sowie eine Auflistung der von `/boot.config` unterstützten Optionen finden Sie in [boot\(8\)](#).
- Aktivieren Sie die Option `comconsole_speed` in `/boot/loader.conf`.

Diese Option setzt voraus, dass auch die Optionen `console`, `boot_serial`, sowie `boot_multicons` in `/boot/loader.conf` gesetzt sind. Im Folgenden finden Sie ein Beispiel, in dem `comconsole_speed` verwendet wird, um die Geschwindigkeit der seriellen Konsole zu ändern:

```
boot_multicons="YES"
boot_serial="YES"
comconsole_speed="115200"
console="comconsole,vidconsole"
```

26.6.4.2. Eine andere Schnittstelle als `sio0` benutzen

Wenn Sie, warum auch immer, ein anderes Gerät als `sio0` für die serielle Konsole einsetzen wollen, kompilieren Sie bitte die Bootblöcke, den Bootloader und den Kernel nach dem folgenden Verfahren neu.

1. Installieren Sie die Kernelquellen wie im [Kapitel 24, FreeBSD aktualisieren](#) beschrieben.
2. Setzen Sie in `/etc/make.conf` `BOOT_COMCONSOLE_PORT` auf die Adresse der Schnittstelle (`0x3F8`, `0x2F8`, `0x3E8` oder `0x2E8`), die Sie benutzen möchten. Sie können nur `sio0` bis `sio3` (`COM1` bis `COM4`) benutzen, Multiportkarten können Sie nicht als Konsole benutzen. Interrupts müssen Sie hier nicht angeben.
3. Erstellen Sie eine angepasste Kernelkonfiguration und geben Sie dort die richtigen Optionen für die Schnittstelle, die Sie benutzen möchten, an. Wenn Sie zum Beispiel `sio1` (`COM2`) zur Konsole machen wollen, geben Sie dort entweder

```
device siol at isa? port IO_COM2 tty flags 0x10 irq 3
```

oder

```
device siol at isa? port IO_COM2 tty flags 0x30 irq 3
```

an. Keine andere serielle Schnittstelle sollte als Konsole definiert werden.

4. Übersetzen und installieren Sie die Bootblöcke und den Bootloader:

```
# cd /sys/boot
# make clean
# make
# make install
```

5. Bauen und installieren Sie einen neuen Kernel.
6. Schreiben Sie die Bootblöcke mit [bsdlabel\(8\)](#) auf die Bootplatte und booten Sie den neuen Kernel.

26.6.4.3. DDB Debugger über die serielle Schnittstelle

Wenn Sie den Kerneldebugger über eine serielle Verbindung bedienen möchten, übersetzen Sie einen angepassten Kernel mit den folgenden Optionen. Das ist nützlich, kann aber gefährlich sein, wenn auf der Leitung falsche BREAK-Signale generiert werden.

```
options BREAK_TO_DEBUGGER
```

```
options DDB
```

26.6.4.4. Benutzung der seriellen Konsole zum Anmelden

Da Sie schon die Bootmeldungen auf der Konsole verfolgen können und den Kerneldebugger über die Konsole bedienen können, wollen Sie sich vielleicht auch an der Konsole anmelden.

Öffnen Sie `/etc/ttys` in einem Editor und suchen Sie nach den folgenden Zeilen:

```
ttyu0 "/usr/libexec/getty std.9600" unknown off secure
ttyu1 "/usr/libexec/getty std.9600" unknown off secure
ttyu2 "/usr/libexec/getty std.9600" unknown off secure
ttyu3 "/usr/libexec/getty std.9600" unknown off secure
```

`ttyu0` bis `ttyu3` entsprechen COM1 bis COM4. Ändern Sie für die entsprechende Schnittstelle `off` zu `on`. Wenn Sie auch die Geschwindigkeit der seriellen Schnittstelle geändert haben, müssen Sie `std.9600` auf die momentane Geschwindigkeit anpassen.

Auch kann den Terminaltyp von `unknown` auf den tatsächlich verwendeten Terminal gesetzt werden.

Damit die Änderungen wirksam werden, müssen Sie noch `kill -HUP 1` absetzen.

26.6.5. Die Konsole im Bootloader ändern

In den vorigen Abschnitten wurde beschrieben, wie Sie die serielle Konsole durch Änderungen im Bootblock aktivieren. Dieser Abschnitt zeigt, wie Sie mit Kommandos und Umgebungsvariablen die Konsole im Bootloader definieren. Da der Bootloader die dritte Phase im Bootvorgang ist und nach den Bootblöcken ausgeführt wird, überschreiben seine Einstellungen die des Bootblocks.

26.6.5.1. Festlegen der Konsole

Mit einer einzigen Zeile in `/boot/loader.conf` können Sie den Bootloader und den Kernel anweisen, die serielle Schnittstelle zur Konsole zu machen:

```
console="comconsole"
```

Unabhängig von den Einstellungen im Bootblock legt dies die Konsole fest.

Die obige Zeile sollte die erste Zeile in `/boot/loader.conf` sein, so dass die Bootmeldungen so früh wie möglich auf der Konsole zu sehen sind.

Analog können Sie die interne Konsole verwenden:

```
console="vidconsole"
```

Wenn die Umgebungsvariable `console` nicht gesetzt ist, bestimmt der Bootloader und damit auch der Kernel, die Konsole über die `-h` Option des Bootblocks.

Die Bootkonsole kann in `/boot/loader.conf.local` oder `/boot/loader.conf` angegeben werden.

Weitere Informationen erhalten Sie in [loader.conf\(5\)](#).



Anmerkung

Momentan gibt es im Bootloader nichts vergleichbares zu `-P` im Bootblock. Damit kann die Konsole nicht automatisch über das Vorhandensein einer Tastatur festgelegt werden.

26.6.5.2. Eine andere Schnittstelle als `sio0` benutzen

Der Bootloader muss neu kompiliert werden, wenn eine andere Schnittstelle als `sio0` benutzt werden soll. Folgen Sie der Anleitung aus [Abschnitt 26.6.4.2, „Eine andere Schnittstelle als `sio0` benutzen“](#).

26.6.6. Vorbehalte

Obwohl es die meisten Systeme erlauben, ohne Tastatur zu booten, gibt es nur wenige Systeme, die ohne eine Grafikkarte booten. Maschinen mit einem AMI BIOS können ohne Grafik booten, indem Sie den Grafikadapter im CMOS-Setup auf `Not installed` setzen.

Viele Maschinen unterstützen diese Option allerdings nicht. Damit diese Maschinen booten, müssen sie über eine Grafikkarte, auch wenn es nur eine alte Monochromkarte ist, verfügen. Allerdings brauchen Sie keinen Monitor an die Karte anzuschließen. Sie können natürlich auch versuchen, auf diesen Maschinen ein AMI BIOS zu installieren.

Kapitel 27. PPP

27.1. Übersicht

FreeBSD unterstützt das *Point-to-Point* (PPP) Protokoll, mit dem über ein Modem eine Verbindung mit einem Netzwerk oder dem Internet hergestellt werden kann. Dieses Kapitel beschreibt die Konfiguration von Modem-basierten Kommunikationsdiensten unter FreeBSD.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie wissen:

- Wie Sie PPP einrichten, benutzen, sowie Fehler beheben.
- Was zu tun ist, um PPP over Ethernet (PPPoE) einzurichten.
- Wie Sie PPP over ATM (PPPoA) einrichten.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Mit den grundlegenden Begriffen der Netzwerktechnik vertraut sein.
- Die Grundlagen und den Zweck einer Einwahlverbindung sowie PPP kennen.

27.2. PPP konfigurieren

FreeBSD enthält [ppp\(8\)](#), um Einwahlverbindungen über PPP zu verwalten. Der FreeBSD-Kernel enthält Unterstützung für die tun-Schnittstelle, die benutzt wird um mit einem Modem zu interagieren. Für die Konfiguration muss mindestens eine Datei bearbeitet werden. Beispiele sind in den Konfigurationsdateien ebenfalls enthalten. Schlussendlich wird `ppp` benutzt, um die Verbindungen zu starten und zu verwalten.

Für eine PPP-Verbindung sind folgende Dinge erforderlich:

- Ein Account bei einem Internet Service Provider (ISP).
- Ein Modem.
- Die Einwahlnummer(n) des ISPs.
- Den Login-Namen und das Passwort, welches vom ISP zugewiesen wurde.
- Die IP-Adresse von einem oder mehreren DNSServern. Üblicherweise werden diese Daten vom ISP zur Verfügung gestellt. Falls dies nicht der Fall ist, können Sie FreeBSD so konfigurieren, das es die DNS-Daten automatisch aushandeln kann.

Sollte eine dieser Informationen fehlen, kontaktieren Sie den ISP!

Die folgenden Informationen werden möglicherweise durch den ISP zur Verfügung gestellt, sie sind aber nicht zwingend erforderlich:

- Die IP-Adresse des Standard-Gateways. Steht diese Information nicht zur Verfügung, wird der PPP-Server des ISPs beim Verbindungsaufbau eine gültige Adresse übermitteln. Diese Adresse wird in der Konfiguration von PPP unter FreeBSD als `HISADDR` bezeichnet.
- Die Netzmaske. Falls der ISP keine Netzmaske vorgegeben hat, können Sie in der Konfigurationsdatei von [ppp\(8\)](#) `255.255.255.255` verwenden.

- Wenn der ISP eine statische IP-Adresse und einen Rechnernamen zugewiesen hat, sollten diese Informationen in die Konfigurationsdatei eingetragen werden. Andernfalls werden diese Informationen automatisch beim Verbindungsaufbau zur Verfügung gestellt.

Der Rest dieses Abschnitts beschreibt, wie FreeBSD für gebräuchliche PPP-Verbindungsszenarien konfiguriert wird. Die erforderliche Konfigurationsdatei ist `/etc/ppp/ppp.conf`. Zusätzliche Dateien und Beispiele sind in `/usr/share/examples/ppp/` verfügbar.



Anmerkung

Die Beispieldateien, die in diesem Kapitel dargestellt werden, enthalten Zeilennummern. Die Nummerierung dient lediglich einer leichteren Orientierung und sollte nicht in die Dateien übernommen werden.

Achten Sie auf die richtige Einrückung, wenn Sie eine Konfigurationsdatei bearbeiten. Zeilen die mit einem `:` enden, beginnen in der ersten Spalte (am Beginn der Zeile). Alle anderen Zeilen sollten wie dargestellt durch Leerzeichen oder Tabulatoren eingerückt werden.

27.2.1. Grundlegende Konfiguration

Um eine PPP-Verbindung zu konfigurieren, tragen Sie zuerst die Zugangsdaten des ISPs in `/etc/ppp/ppp.conf` ein. Diese Datei wird wie folgt beschrieben:

```

1  default:
2      set log Phase Chat LCP IPCP CCP tun command
3      ident user-ppp VERSION
4      set device /dev/cuau0
5      set speed 115200
6      set dial "ABORT BUSY ABORT NO\\sCARRIER TIMEOUT 5 \
7              \\s" AT OK-AT-OK ATE1Q0 OK \\dATDT\\T TIMEOUT 40 CONNECT"
8      set timeout 180
9      enable dns
10
11  provider:
12      set phone "(123) 456 7890"
13      set authname foo
14      set authkey bar
16      set timeout 300
17      set ifaddr x.x.x.x/0 y.y.y.y/0 255.255.255.255 0.0.0.0
18      add default HISADDR

```

Zeile 1:

Gibt den Standardeintrag an. Befehle dieses Eintrags (Zeile 2 bis 9) werden automatisch ausgeführt, wenn `ppp` läuft.

Zeile 2:

Schaltet die ausführliche Protokollierung ein. Sobald die Verbindung zufriedenstellend funktioniert, können Sie diese Zeile verkürzen:

```
set log phase tun
```

Dies verhindert ein übermäßiges Anwachsen der Logdateien.

Zeile 3:

Übermittelt die Version von `ppp(8)` an die PPP-Software der Gegenstelle.

Zeile 4:

Legt das Device an, an dem das Modem angeschlossen ist. COM1 entspricht `/dev/cuad0` und COM2 entspricht `/dev/cuad1`.

Zeile 5:

Legt die Verbindungsgeschwindigkeit fest. Falls ein Wert von 115200 bei älteren Modems nicht funktioniert, versuchen Sie es stattdessen mit 38400.

Zeile 6 & 7:

Die Zeichenfolge für die Einwahl in einer expect-send Syntax. Weitere Informationen finden Sie in [chat\(8\)](#).

Beachten Sie, dass dieser Befehl aufgrund der besseren Lesbarkeit auf der nächsten Zeile weitergeht. Das kann für jeden Befehl in `ppp.conf` gelten, wenn `\` das letzte Zeichen in einer Zeile ist.

Zeile 8:

Legt den Zeitrahmen in Sekunden fest, innerhalb dessen eine Reaktion erfolgen muss.

Zeile 9:

Weist die Gegenstelle an, die DNS-Einstellungen zu bestätigen. Wenn es im lokalen Netzwerk einen DNS-Server gibt, sollte diese Zeile auskommentiert oder gelöscht werden.

Zeile 10:

Eine leere Zeile zur besseren Lesbarkeit. Leere Zeilen werden von [ppp\(8\)](#) ignoriert.

Zeile 11:

Bestimmt einen Provider, namens `provider`. Wenn Sie hier den Namen des ISP einsetzen, können Sie später die Verbindung mit `load ISP` aufbauen.

Zeile 12:

Gibt die Telefonnummer des Providers an. Mehrere Telefonnummern können angegeben werden, indem Doppelpunkte (`:`) oder Pipe-Zeichen (`|`) als Trennzeichen verwendet werden. Wenn Sie die verschiedenen Nummern abwechselnd verwenden möchten, sollten Sie die Nummern durch einen Doppelpunkt trennen. Wenn Sie immer die erste Nummer verwenden möchten und die anderen nur zum Einsatz kommen sollen, wenn eine Einwahl mit der ersten Telefonnummer nicht möglich ist, sollten Sie das Pipe-Zeichen zur Trennung verwenden. Sie sollten immer die gesamte Reihe der Telefonnummern in Anführungszeichen (`"`) setzen, um Wählfehler zu vermeiden.

Zeile 13 & 14:

Gibt den Benutzernamen und das Passwort für den ISP an.

Zeile 15:

Setzt einen Zeitrahmen in Sekunden, innerhalb dessen eine Reaktion erfolgen muss. In diesem Fall, wird die Verbindung nach 300 Sekunden automatisch geschlossen, wenn keine Aktivität zu verzeichnen ist. Wenn Sie keinen Zeitrahmen festlegen wollen, nach dessen Überschreiten die Verbindung geschlossen wird, können Sie diesen Wert auf 0 setzen.

Zeile 16:

Legt die Adresse für die Schnittstelle fest. Die verwendeten Werte hängen davon ab, ob Sie vom ISP eine statische IP-Adresse zugeteilt bekommen haben, oder ob beim Verbindungsaufbau eine dynamische Adresse ausgehandelt wird.

Wenn Ihnen der ISP keine statische IP-Adresse zugeteilt hat, ändern Sie diese Zeile auf den folgenden Wert. Dadurch weiß [ppp\(8\)](#), dass es das IP Configuration Protocol (IPCP) benutzen soll um die dynamische IP-Adresse auszuhandeln.

```
set ifaddr 10.0.0.1/0 10.0.0.2/0 255.255.255.255 0.0.0.0
```

Zeile 17:

Fügt eine Defaultroute für das Gateway hinzu. Belassen Sie die Zeile so wie sie ist. `HISADDR` wird dabei durch die in Zeile 16 angegebene Gateway-Adresse ersetzt. Wichtig ist, dass diese Zeile nach Zeile 16 erscheint.

Je nachdem, ob `ppp(8)` manuell oder automatisch gestartet wird, muss vielleicht auch `/etc/ppp/ppp.linkup` mit dem folgenden Inhalt erstellt werden. Diese Datei ist erforderlich, falls `ppp` im `-auto`-Modus ausgeführt wird. Die Datei wird verwendet, nachdem die Verbindung hergestellt wurde. An diesem Punkt wird die IP-Adresse zugewiesen und es sollte nun möglich sein, Einträge in die Routingtabelle hinzuzufügen. Stellen Sie bei der Bearbeitung der Datei sicher, dass der Eintrag für `provider` mit dem Wert aus Zeile 11 in `ppp.conf` übereinstimmt.

```
provider:
    add default HISADDR
```

Diese Datei wird ebenfalls benötigt, wenn bei einer Konfiguration mit statischer IP-Adresse die Adresse des Standard-Gateways „erraten“ wird. In solchen Fällen entfernen Sie Zeile 17 aus `ppp.conf` und erstellen Sie `/etc/ppp/ppp.linkup` mit den oben genannten Zeilen. Weitere Beispiele für diese Datei finden Sie in `/usr/share/examples/ppp/`.

In der Voreinstellung muss `ppp` als `root` ausgeführt werden. Um diesen Standard zu ändern, muss das Konto eines Benutzers, der `ppp` ausführen soll, zur Gruppe `network` in `/etc/group` hinzugefügt werden.

Danach geben Sie dem Benutzer ebenfalls Zugriff auf einen oder mehrere Abschnitte der Konfigurationsdatei `/etc/ppp/ppp.conf` geben müssen, indem Sie den `allow` Befehl verwenden. Um beispielsweise den Benutzern `fred` und `mary` die Berechtigung für den Eintrag `provider:` zu geben, fügen Sie in der Sektion `provider` folgende Zeile ein:

```
allow users fred mary
```

Wenn dieser Befehl stattdessen in der Sektion `default` verwendet wird, erhalten die angegebenen Benutzer vollständigen Zugriff.

27.2.2. Fortgeschrittene Konfiguration

Es ist möglich PPP so zu konfigurieren, dass bei Bedarf DNS und NetBIOS Nameserveradressen bereitgestellt werden.

Um diese Erweiterungen für die PPP Version 1.x zu aktivieren, sollte der entsprechende Abschnitt der Datei `/etc/ppp/ppp.conf` um folgende Zeilen ergänzt werden:

```
enable msextn
set ns 203.14.100.1 203.14.100.2
set nbns 203.14.100.5
```

Für PPP Version 2 und höher:

```
accept dns
set dns 203.14.100.1 203.14.100.2
set nbns 203.14.100.5
```

Damit werden den Clients die primären und sekundären Nameserveradressen sowie ein NetBIOS Nameserver-Host mitgeteilt.

In Version 2 und höher verwendet PPP die Werte, die in `/etc/resolv.conf` zu finden sind, wenn die Zeile `set dns` weggelassen wird.

27.2.2.1. Authentifizierung durch PAP und CHAP

Einige ISPs haben ihr System so eingerichtet, dass der Authentifizierungsteil eines Verbindungsaufbaus mit Hilfe von PAP oder CHAP-Mechanismen durchgeführt wird. Wenn das der Fall sein sollte, wird der ISP bei der Verbindung keinen `login:`-Prompt präsentieren, sondern sofort mit der Aushandlung der PPP-Verbindung beginnen.

PAP ist nicht so sicher wie CHAP, doch die Sicherheit ist hierbei normalerweise kein Problem, da Passwörter, obgleich von PAP im Klartext versandt, lediglich über die serielle Verbindung verschickt werden. Es gibt für Angreifer wenig Möglichkeiten zu „lauschen“.

Die folgenden Veränderungen müssen vorgenommen werden:

```
13      set authname MyUserName
14      set authkey MyPassword
15      set login
```

Zeile 13:

Diese Zeile legt den PAP/CHAP Benutzernamen fest. Sie müssen den richtigen Wert für *MyUserName* eingeben.

Zeile 14:

Diese Zeile legt das PAP/CHAP Passwort fest. Sie müssen den richtigen Wert für *MyPassword* eingeben. Sie können eine zusätzliche Zeile, wie etwa:

```
16      accept PAP
```

oder

```
16      accept CHAP
```

verwenden, um deutlich zu machen, dass dies beabsichtigt ist, aber sowohl PAP wie auch CHAP als standardmäßig akzeptiert werden.

Zeile 15:

Der ISP wird normalerweise keine Anmeldung am Server verlangen, wenn PAP oder CHAP verwendet wird. Sie müssen deshalb den String „set login“ deaktivieren.

27.2.2.2. PPP NAT benutzen

PPP kann Network Address Translation (NAT) ohne Hilfe des Kernels durchführen. Wenn Sie diese Funktion benutzen wollen, fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/ppp/ppp.conf` ein:

```
nat enable yes
```

NAT kann mit der Option `-nat` auf der Kommandozeile aktiviert werden. Weiterhin kann NAT in `/etc/rc.conf` mit der Variablen `ppp_nat` aktiviert werden. Dies ist auch die Voreinstellung.

Die nachstehende `/etc/ppp/ppp.conf` benutzt NAT für bestimmte eingehende Verbindungen:

```
nat port tcp 10.0.0.2:ftp ftp
nat port tcp 10.0.0.2:http http
```

Wenn Sie Verbindungen von außen überhaupt nicht trauen, benutzen Sie die folgende Zeile:

```
nat deny_incoming yes
```

27.2.3. Abschließende Systemkonfiguration

Obwohl `ppp` nun konfiguriert ist, müssen noch einige Änderungen in `/etc/rc.conf` vorgenommen werden.

Gehen Sie diese Datei von oben nach unten durch, und stellen Sie als Erstes sicher, dass die Zeile `hostname=` vorhanden ist:

```
hostname="foo.example.com"
```

Wenn der ISP eine statische IP-Adresse und einen Namen zugewiesen hat, verwenden Sie diesen Namen als Hostnamen.

Schauen Sie nach der Variable `network_interfaces`. Wenn Sie das System so konfigurieren möchten, dass es bei Bedarf eine Verbindung zum ISP aufbaut, sollten Sie das Gerät `tun0` zu der Liste hinzufügen oder es andernfalls entfernen.

```
network_interfaces="lo0 tun0"
ifconfig_tun0=
```



Anmerkung

Die Variable `ifconfig_tun0` sollte leer sein und eine Datei namens `/etc/start_if.tun0` sollte erstellt werden. Diese Datei sollte die nachfolgende Zeile enthalten:

```
ppp -auto mysystem
```

Dieses Skript startet den ppp-Daemon im Automatik-Modus. Es wird bei der Netzwerkkonfiguration ausgeführt. Wenn der Rechner als Gateway für ein LAN fungiert, möchten Sie vielleicht auch die Option `-alias` verwenden. In der Manualpage sind weitere Einzelheiten zu finden.

Stellen Sie sicher, dass der Start eines Routerprogramms in `/etc/rc.conf` wie folgt deaktiviert ist:

```
router_enable="NO"
```

Es ist wichtig, dass der `routed`-Daemon nicht gestartet wird da `routed` dazu tendiert, die von `ppp` erstellten Einträge der Standardroute zu überschreiben.

Es ist außerdem sinnvoll, darauf zu achten, dass die Zeile `sendmail_flags` nicht die Option `-q` enthält, da `sendmail` sonst ab und zu die Netzwerkverbindung prüfen wird, was möglicherweise dazu führt, dass sich der Rechner einwählt. Sie können hier Folgendes angeben:

```
sendmail_flags="-bd"
```

Der Nachteil dieser Lösung ist, dass Sie `sendmail` nach jedem Aufbau einer `ppp`-Verbindung auffordern müssen, die Mailwarteschlange zu überprüfen. Verwenden Sie den Befehl `!bg` in `ppp.linkup`, um dies zu automatisieren:

```
1 provider:
2   delete ALL
3   add 0 0 HISADDR
4   !bg sendmail -bd -q30m
```

Alternativ ist es möglich, einen „filter“ einzusetzen, um SMTP-Verkehr zu blockieren. Weitere Einzelheiten hierzu finden Sie in den Beispieldateien.

27.2.4. ppp benutzen

Das Einzige, was nun noch zu tun bleibt, ist den Rechner neu zu starten. Nach dem Neustart können Sie entweder:

```
# ppp
```

und danach `dia1 provider` eingeben, um eine PPP-Sitzung zu starten, oder Sie geben:

```
# ppp -auto provider
```

ein, um `ppp` bei Datenverkehr aus dem Netzwerk heraus, automatisch eine Verbindung herstellen zu lassen (vorausgesetzt Sie haben kein `start_if.tun0` Skript erstellt).

Es ist möglich, dem Programm `ppp` Befehle zu erteilen, während es im Hintergrund läuft. Dazu ist jedoch die Einrichtung eines passenden Diagnose-Ports erforderlich. Ergänzen Sie hierzu die Konfigurationsdatei um folgende Zeile:

```
set server /var/run/ppp-tun%d DiagnosticPassword 0177
```

Damit wird PPP angewiesen, auf den angegebenen UNIX®-Domainsocket zu hören und Clients nach dem angegebenen Passwort zu fragen, bevor der Zugang gewährt wird. Das %d wird durch die Nummer des benutzten tun-Devices ersetzt.

Wenn ein Socket eingerichtet ist, kann das Programm `pppctl(8)` in Skripten verwendet werden, mit denen in das laufende Programm eingegriffen wird.

27.2.5. Einwählverbindungen konfigurieren

[Abschnitt 26.4, „Einwählverbindungen“](#) bietet eine gute Beschreibung, wie Einwählverbindungen unter Verwendung von `getty(8)` genutzt werden können.

Eine Alternative zu `getty` ist `comms/mgetty+sendfax`, eine raffiniertere Version von `getty`, die mit Blick auf Einwählverbindungen entworfen wurde.

Der Vorteil von `mgetty` ist, dass es auf aktive Weise mit Modems *spricht*, das heißt wenn ein Port in `/etc/ttys` ausgeschaltet ist, wird das Modem nicht auf Anrufe reagieren.

Spätere Versionen von `mgetty` (von 0.99beta aufwärts) unterstützen auch die automatische Erkennung von PPP-Streams, was Clients den skriptlosen Zugang zum Server erlaubt.

http://mgetty.greenie.net/doc/mgetty_toc.html enthält weitere Informationen zu `mgetty`.

In der Voreinstellung wird `comms/mgetty+sendfax` mit der Option `AUTO_PPP` konfiguriert und kompiliert. Dadurch kann `mgetty` die LCP Phase von PPP-Verbindungen erkennen und automatisch eine `ppp-Shell` starten. Da hierbei jedoch die Login/Passwort-Sequenz nicht durchlaufen wird, ist es notwendig, Benutzer durch PAP oder CHAP zu authentifizieren.

In diesem Abschnitt wird davon ausgegangen, dass der Benutzer den Port `comms/mgetty+sendfax` auf seinem System kompiliert und installiert hat.

Stellen Sie sicher, dass `/usr/local/etc/mgetty+sendfax/login.config` Folgendes enthält:

```
/AutoPPP/ - - /etc/ppp/ppp-pap-dialup
```

Hierdurch wird `mgetty` angewiesen, `ppp-pap-dialup` für die erkannten PPP-Verbindungen auszuführen.

Erstellen Sie eine ausführbare Datei namens `/etc/ppp/ppp-pap-dialup` mit folgendem Inhalt:

```
#!/bin/sh
exec /usr/sbin/ppp -direct pap$IDENT
```

Erstellen Sie bitte für jede Einwählverbindung, die Sie in `/etc/ttys` ermöglicht haben, einen korrespondierenden Eintrag in der Datei `/etc/ppp/ppp.conf`. Diese Einträge können problemlos, mit den Definitionen die weiter oben gemacht wurden, koexistieren.

```
pap:
  enable pap
  set ifaddr 203.14.100.1 203.14.100.20-203.14.100.40
  enable proxy
```

Jeder Benutzer, der sich auf diese Weise anmeldet, benötigt einen Benutzernamen und ein Passwort in der Datei `/etc/ppp/ppp.secret`. Sie haben auch die Möglichkeit, Benutzer mit Hilfe von PAP zu authentifizieren, indem Sie in `/etc/passwd` folgende Option hinzufügen:

```
enable passwdauth
```

Um bestimmten Benutzern eine statische IP-Adresse zuzuweisen, können Sie die Adresse als drittes Argument in `/etc/ppp/ppp.secret` angeben. Beispiele finden Sie in `/usr/share/examples/ppp/ppp.secret.sample`.

27.3. Probleme bei PPP-Verbindungen

Dieser Abschnitt behandelt Probleme, die auftauchen können, wenn PPP über ein Modem verwendet wird. Einige ISPs verwenden `ssword`, andere verwenden `password`. Wenn das Einwahlskript falsch ist, scheitert die Anmeldung. Üblicherweise suchen Sie nach Fehlern der PPP-Verbindung indem Sie sich manuell verbinden.

27.3.1. Gerätedateien überprüfen

Wenn Sie einen eigenen Kernel verwenden, stellen Sie sicher, dass die folgende Zeile in der Kernelkonfigurationsdatei vorhanden ist:

```
device    uart
```

Das `uart`-Gerät ist bereits im `GENERIC`-Kernel vorhanden, deshalb sind in diesem Fall keine zusätzlichen Schritte vonnöten. Kontrollieren Sie die Ausgabe von `dmesg`:

```
# dmesg | grep uart
```

In der Ausgabe sollten die entsprechenden `uart`-Geräte, beispielsweise `uart1 (COM2)`, angezeigt werden. Wird ein passendes Gerät angezeigt, braucht der Kernel nicht neu erstellt werden. Wenn das Modem an `uart1` angeschlossen ist, ist `/dev/cuau1` die dazugehörige Gerätedatei.

27.3.2. Manuelle Verbindungen

Ein Verbindungsaufbau zum Internet durch manuelle Steuerung von `ppp` geht schnell, ist einfach und stellt einen guten Weg dar, eine Verbindung auf Fehler hin zu überprüfen oder einfach Informationen darüber zu sammeln, wie der ISP Verbindungen handhabt. Lassen Sie uns PPP von der Kommandozeile aus starten. Beachten Sie, dass in allen Beispielen *example* der Hostname der Maschine ist, auf der PPP läuft. `ppp` starten Sie wie folgt:

```
# ppp
```

```
ppp ON example> set device /dev/cuau1
```

Mit dem zweiten Befehl wird das Gerät `cuau1` festgelegt.

```
ppp ON example> set speed 115200
```

Dieser Befehl setzt die Verbindungsgeschwindigkeit auf 115200 kbps.

```
ppp ON example> enable dns
```

Dieser Befehl weist `ppp` an, den Resolver zu konfigurieren und in `/etc/resolv.conf` Einträge für den Nameserver hinzuzufügen. Falls `ppp` nicht in der Lage ist den Hostnamen selbst zu bestimmen, kann dieser auch später manuell eingetragen werden.

```
ppp ON example> term
```

Wechselt in den „Terminal“-Modus, um das Modem manuell kontrollieren zu können.

```
deflink: Entering terminal mode on /dev/cuau1
type '~h' for help
```

```
at
OK
atdt123456789
```

Sie verwenden `at` zur Initialisierung des Modems und dann `atdt` sowie die Nummer des ISPs, um den Einwahlprozess zu starten.

```
CONNECT
```


Dies ist die Bestätigung, dass eine Verbindung aufgebaut wurde. Falls wir Verbindungsprobleme bekommen, die nicht mit der Hardware zusammenhängen, werden wir an dieser Stelle ansetzen müssen, um eine Lösung zu finden.

```
ISP Login:myusername
```

Hier werden Sie nach einem Benutzernamen gefragt. Geben Sie am Prompt den Namen ein, den Ihnen der ISP zur Verfügung gestellt hat.

```
ISP Pass:mypassword
```

An dieser Stelle müssen Sie das Passwort angeben, das Ihnen vom ISP vorgegeben wurde. Das Passwort wird, analog dem normalen Anmeldevorgang, nicht angezeigt.

```
Shell or PPP:ppp
```

Abhängig vom ISP, kann es sein, dass dieser Prompt nicht erscheint. Wir werden hier gefragt, ob wir eine Shell beim Provider verwenden oder ppp starten wollen. Weil wir eine Internetverbindung aufbauen wollen, haben wir uns in diesem Beispiel für ppp entschieden.

```
Ppp ON example>
```

Beachten Sie, dass sich in diesem Beispiel das erste p in einen Großbuchstaben verwandelt hat. Dies zeigt, dass wir erfolgreich eine Verbindung zum ISP hergestellt haben.

```
PPp ON example>
```

An dieser Stelle haben wir uns erfolgreich beim ISP authentifiziert und warten darauf, dass uns eine IP-Adresse zugewiesen wird.

```
PPP ON example>
```

Wir haben uns mit der Gegenstelle auf eine IP-Adresse geeinigt und den Verbindungsaufbau erfolgreich abgeschlossen.

```
PPP ON example> add default HISADDR
```

Hier geben wir unsere Standardroute an. Weil zu diesem Zeitpunkt unsere einzige Verbindung zu unserer Gegenstelle besteht, müssen wir dies tun, bevor wir Kontakt zur Außenwelt aufnehmen können. Falls dies aufgrund bestehender Routen nicht funktionieren sollte, können Sie ein Ausrufungszeichen ! vor add setzen. Sie können diese Standardroute aber auch vor dem eigentlichen Verbindungsaufbau angeben und PPP wird entsprechend eine neue Route aushandeln.

Wenn alles gut ging, sollten wir nun eine aktive Internetverbindung haben, die wir mit Ctrl+z in den Hintergrund schicken können. Wenn Sie feststellen, dass PPP wieder zu ppp wird, ist die Verbindung abgebrochen. Es ist gut dies zu wissen, weil dadurch der Verbindungsstatus angezeigt wird. Große Ps zeigen an, dass eine Verbindung zum ISP besteht und kleine ps zeigen an, dass keine Verbindung besteht.

27.3.3. Fehlersuche

Wenn keine Verbindung aufgebaut werden kann, schalten Sie die Hardware-Flusssteuerung CTS/RTS aus, indem Sie die Option `set ctsrts off` verwenden. Dies ist zumeist dann der Fall, wenn Sie mit einem PPP-fähigen Terminalserver verbunden sind. Hier bleibt PPP bei dem Versuch hängen, Daten über die Nachrichtenverbindung zu schicken, weil auf einCTS-Signal (Clear-to-Send) gewartet wird, das vielleicht nie kommt. Wenn Sie diese Option jedoch gebrauchen, sollten Sie auch die Option `set accmap` verwenden, die erforderlich sein kann, um bestimmte Hardware zu kontrollieren, die auf die Übertragung bestimmter Zeichen zwischen den Kommunikations-Endpunkten (zumeist XON/XOFF) angewiesen ist. Die Manualpage [ppp\(8\)](#) bietet mehr Informationen zu dieser Option und ihrer Verwendung.

Für ein älteres Modem benötigen Sie vielleicht die Option `set parity even`. Standardmäßig wird keine Parität vorausgesetzt, sie ist aber für die Fehlerprüfung bei älteren Modems und bei bestimmten ISPs erforderlich.

PPP kehrt möglicherweise nicht in den Befehlsmodus zurück, was normalerweise auf einen Fehler bei der Aushandlung hinweist, wobei der ISP wartet, dass der Aushandlungsprozess beginnt. Die Option `-p` erzwingt in diesem Fall den Beginn des Aushandlungsprozesses.

Wenn der Login-Prompt nie erscheint, wird wahrscheinlich PAP oder CHAP für die Authentifizierung benötigt. Um PAP oder CHAP zu verwenden, ergänzen Sie PPP um folgende Optionen, bevor Sie in den Terminalmodus wechseln:

```
ppp ON example> set authname myusername
```

Hierbei sollte *myusername* durch den Benutzernamen ersetzt werden, den Sie vom ISP bekommen haben.

```
ppp ON example> set authkey mypassword
```

mypassword sollten Sie durch das Passwort ersetzen, das Ihnen der ISP zugewiesen hat.

Wenn die Verbindung aufgebaut wird, Sie aber keine Rechner unter dem Domänen-Namen erreichen können, versuchen Sie, einen Rechner mit [ping\(8\)](#) und seiner IP-Adresse zu erreichen. Wenn 100% der Pakete verloren gehen, ist es sehr wahrscheinlich, dass keine Standardroute zugewiesen wurde. Überprüfen Sie, ob während des Verbindungsaufbaus die Option `add default HISADDR` gesetzt war. Wenn Sie zu einer entfernten IP-Adresse eine Verbindung aufbauen können, ist es möglich, dass die Adresse eines Nameservers nicht in `/etc/resolv.conf` eingetragen wurde. Diese Datei sollte folgendermaßen aussehen:

```
domain example.com
nameserver x.x.x.x
nameserver y.y.y.y
```

Dabei sollten `x.x.x.x` und `y.y.y.y` durch die IP-Adressen der DNS-Server des ISPs ersetzt werden.

Mit [syslog\(3\)](#) kann die PPP-Verbindung protokolliert werden. Fügen Sie einfach die folgende Zeile in `/etc/syslog.conf` ein:

```
!ppp
*. * /var/log/ppp.log
```

27.4. PPP over Ethernet (PPPoE)

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie PPP over Ethernet (PPPoE) einrichten.

Dies ist ein Beispiel einer funktionierenden `ppp.conf` :

```
default:
    set log Phase tun command # you can add more detailed logging if you wish
    set ifaddr 10.0.0.1/0 10.0.0.2/0

name_of_service_provider:
    set device PPPoE:x11 # replace x11 with your Ethernet device
    set authname YOURLOGINNAME
    set authkey YOURPASSWORD
    set dial
    set login
    add default HISADDR
```

Als root, geben Sie ein:

```
# ppp -ddial name_of_service_provider
```

Fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` ein:

```
ppp_enable="YES"
ppp_mode="ddial"
ppp_nat="YES" # if you want to enable nat for your local network, otherwise NO
ppp_profile="name_of_service_provider"
```

27.4.1. Verwendung einer PPPoE-Dienstbezeichnung (service tag)

Manchmal kann es notwendig sein, eine Dienstbezeichnung (*service tag*) zu verwenden, um eine Verbindung aufzubauen. Dienstbezeichnungen werden eingesetzt, um zwischen verschiedenen PPPoE-Servern unterscheiden zu können, die einem bestehenden Netzwerk zugeteilt sind.

Die erforderlichen Dienstbezeichnungen sollten in der Dokumentation, zu finden sein, die der ISP zur Verfügung gestellt hat.

Als letzte Möglichkeit könnten Sie versuchen, [net/rr-pppoe](#) zu installieren. Bedenken Sie aber, dass dadurch Daten Ihres Modems gelöscht werden können, so dass es nicht mehr benutzt werden kann. Überlegen Sie also genau, ob Sie dies machen wollen. Installieren Sie einfach das Programm, das Ihnen der Provider zusammen mit dem Modem geliefert hat. Gehen Sie dann in das Menü System dieses Programms. Der Name des Profils, sollte in der Liste aufgeführt sein. Normalerweise ist dies *ISP*.

Der Name des Profils (*service tag*) wird im Eintrag für die PPPoE-Konfiguration in der Datei `ppp.conf` verwendet, als der Teil des Befehls `set device` (die Manualpage [ppp\(8\)](#) enthält Einzelheiten hierzu), der den Provider angibt. Dieser Eintrag sollte folgendermaßen aussehen:

```
set device PPPoE:x11:ISP
```

Vergessen Sie nicht, statt `x11` das richtige Gerät für die Netzwerkkarte anzugeben.

Denken Sie auch daran, *ISP* durch das Profil zu ersetzen.

Weitere Informationen finden Sie unter [Cheaper Broadband with FreeBSD on DSL](#) von Renaud Waldura.

27.4.2. PPPoE mit einem 3Com® HomeConnect® ADSL Modem Dual Link

Dieses Modem folgt nicht den in [RFC 2516](#) festgelegten Spezifikationen.

Um FreeBSD in die Lage zu versetzen, mit diesem Gerät zu kommunizieren, muss ein `sysctl` Befehl angegeben werden. Dies kann beim Systemstart automatisch geschehen, indem die Datei `/etc/sysctl.conf` angepasst wird:

```
net.graph.nonstandard_pppoe=1
```

oder, wenn der Befehl unmittelbar wirksam werden soll, durch:

```
# sysctl net.graph.nonstandard_pppoe=1
```

Da hiermit eine systemweit gültige Einstellung vorgenommen wird, ist es nicht möglich, gleichzeitig mit einem normalen PPPoE-Client oder Server und einem 3Com® HomeConnect® ADSL Modem zu kommunizieren.

27.5. PPP over ATM (PPPoA)

Nachfolgend wird beschrieben, wie PPP over ATM (PPPoA) eingerichtet wird. PPPoA ist vor allem unter europäischen DSL-Providern populär.

27.5.1. Die Verwendung von mpd

Sie können `mpd` verwenden, um zu einer Reihe von Diensten, insbesondere PPTP-Diensten eine Verbindung herzustellen. Das Programm kann aus den Ports oder als Paket [net/mpd5](#) installiert werden. Viele ADSL Modems sind auf einen PPTP-Tunnel zwischen dem Modem und dem Rechner angewiesen.

Sobald das Programm installiert ist, müssen Sie es nach den Vorgaben des Providers konfigurieren. Der Port installiert auch einige gut dokumentierte Beispielkonfigurationsdateien in `/usr/local/etc/mpd/`. Ein kompletter Leitfaden zur Konfiguration von `mpd` ist unter `/usr/local/share/doc/mpd/` zu finden. Hier ist eine Beispielkonfigu-

ration, um mit mpd eine Verbindung zu einem ADSL-Dienst aufzubauen. Die Konfiguration ist auf zwei Dateien verteilt. Zunächst die Datei `mpd.conf` :



Anmerkung

Dieses Beispiel für `mpd.conf` funktioniert nur mit mpd 4.x.

```
default:
    load adsl

adsl:
    new -i ng0 adsl adsl
    set bundle authname username ❶
    set bundle password password ❷
    set bundle disable multilink

    set link no pap acfcomp protocomp
    set link disable chap
    set link accept chap
    set link keep-alive 30 10

    set ipcp no vjcomp
    set ipcp ranges 0.0.0.0/0 0.0.0.0/0

    set iface route default
    set iface disable on-demand
    set iface enable proxy-arp
    set iface idle 0

    open
```

- ❶ Der Benutzername, den Sie zur Authentifizierung bei Ihrem ISP verwenden.
- ❷ Das Passwort, das Sie zur Authentifizierung bei Ihrem ISP verwenden.

Die Datei `mpd.links` enthält Informationen über die Verbindung(en), die Sie aufbauen möchten. Eine Beispieldatei `mpd.links`, die das vorige Beispiel ergänzt, wird unten angegeben:

```
adsl:
    set link type ptp
    set ptp mode active
    set ptp enable originate outcall
    set ptp self 10.0.0.1 ❶
    set ptp peer 10.0.0.138 ❷
```

- ❶ Die IP-Adresse des FreeBSD-Rechners von dem aus Sie mpd verwenden.
- ❷ Die IP-Adresse des ADSL-Modems. Das Alcatel SpeedTouch™ Home hat die Adresse 10.0.0.138 voreingestellt.

Ein Verbindungsaufbau kann einfach durch Eingabe des folgenden Befehls als `root` gestartet werden:

```
# mpd -b adsl
```

Sie können sich den Status der Verbindung durch folgenden Befehl anzeigen lassen:

```
% ifconfig ng0
ng0: flags=88d1<UP,POINTOPOINT,RUNNING,NOARP,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 216.136.204.117 --> 204.152.186.171 netmask 0xffffffff
```

Die Verwendung von mpd ist der empfehlenswerteste Weg, um mit FreeBSD eine Verbindung zu einem ADSL-Dienst aufzubauen.

27.5.2. Die Verwendung von pptpclient

Es ist außerdem möglich, mit FreeBSD eine Verbindung zu anderen PPPoA-Diensten aufzubauen. Dazu wird [net/pptpclient](#) verwendet.

Um mit [net/pptpclient](#) eine Verbindung zu einem DSL-Dienst aufbauen zu können, müssen Sie den entsprechenden Port bzw. das Paket installieren und `/etc/ppp/ppp.conf` bearbeiten. Eine Beispieldatei für `ppp.conf` ist weiter unten angegeben. Weitere Informationen zu den Optionen von `ppp.conf` finden Sie in [ppp\(8\)](#).

```
adsl:
set log phase chat lcp ipcp ccp tun command
set timeout 0
enable dns
set authname username ❶
set authkey password ❷
set ifaddr 0 0
add default HISADDR
```

- ❶ Der Benutzername für den Zugang beim DSL-Provider.
- ❷ Das Passwort für Ihren Account.



Warnung

Weil das Passwort in `ppp.conf` im Klartext hinzugefügt wird, sollten Sie sicherstellen, dass niemand den Inhalt dieser Datei lesen kann:

```
# chown root:wheel /etc/ppp/ppp.conf
# chmod 600 /etc/ppp/ppp.conf
```

Dies wird einen Tunnel für eine PPP-Session zum DSL-Router öffnen. Ethernet-DSL-Modems haben eine vorkonfigurierte LAN-IP-Adresse, mit der Sie eine Verbindung aufbauen. Im Falle des Alcatel SpeedTouch™ Home handelt es sich dabei um die Adresse `10.0.0.138`. In der Dokumentation des Routers sollte angegeben sein, welche Adresse das Gerät verwendet. Um den Tunnel zu öffnen und eine PPP-Session zu starten, führen Sie folgenden Befehl aus:

```
# pptp address adsl
```



Tipp

Wenn Sie ein kaufmännisches Und („&“) an das Ende dieses Kommandos anfügen, wird `pptp` den Prompt zurückgeben.

Ein virtuelles Tunnel-Device `tun` wird für das Zusammenspiel der Prozesse `pptp` und `ppp` geschaffen. Wenn Sie den Prompt zurückerhalten haben oder der `pptp`-Prozess das Vorliegen einer Verbindung bestätigt, können Sie den Tunnel folgendermaßen überprüfen:

```
% ifconfig tun0
tun0: flags=8051<UP,POINTOPOINT,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
inet 216.136.204.21 --> 204.152.186.171 netmask 0xffffffff00
Opened by PID 918
```

Wenn die Verbindung fehlschlägt, überprüfen Sie die Konfiguration des Routers, den Sie normalerweise mit einem Web-Browser erreichen können. Prüfen Sie auch die Ausgabe des Befehls `pptp` und die Logdatei `/var/log/ppp.log`.

Kapitel 28. Elektronische Post (E-Mail)

Ursprünglicher Text von Bill Lloyd.
Neugeschrieben von Jim Mock.
Übersetzt von Robert Drehmel.

28.1. Terminologie

Das Akronym *MTA* steht für *Mail Transfer Agent* was übersetzt „Mailübertragungs-Agent“ bedeutet.

Während die Bezeichnung *Server-Dämon* die Komponente eines MTA benennt, die für eingehende Verbindungen zuständig ist, wird mit dem Begriff *Mailer* öfters die Komponente des MTA bezeichnet, die E-Mails versendet.

28.2. Übersicht

„Elektronische Post“, besser bekannt als E-Mail, ist eine der am weit verbreitetsten Formen der Kommunikation heutzutage. Dieses Kapitel bietet eine grundlegende Einführung in das Betreiben eines E-Mail-Servers unter FreeBSD. Ebenfalls wird der Versand und Empfang von E-Mails unter FreeBSD behandelt. Eine umfassende Betrachtung zu diesem Thema finden Sie in den Büchern, die in [Anhang B](#), [Bibliografie](#) aufgelistet sind.

Dieses Kapitel behandelt die folgenden Punkte:

- Welche Software-Komponenten beim Senden und Empfangen von elektronischer Post involviert sind.
- Wo sich grundlegende Sendmail Konfigurationsdateien in FreeBSD befinden.
- Den Unterschied zwischen entfernten und lokalen Postfächern.
- Wie man Versender von Spam daran hindern kann, E-Mail-Server illegalerweise als Weiterleitung zu verwenden.
- Wie man einen alternativen MTA installiert und konfiguriert, um Sendmail zu ersetzen.
- Wie man oft auftretende E-Mail-Server Probleme behebt.
- Wie E-Mails über einen Relay verschickt werden.
- Wie E-Mails über eine Einwahlverbindung gehandhabt werden.
- Wie SMTP-Authentifizierung einrichtet wird.
- Den Empfang und den Versand von E-Mails mithilfe von Programmen wie *mutt*.
- Wie E-Mails von einem entfernten Server mit POP oder IMAP abgeholt werden.
- Wie eingehende E-Mail automatisch gefiltert wird.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Die Netzwerk-Verbindung richtig einrichten. ([Kapitel 31, Weiterführende Netzwerkthemen](#)).
- Die DNS-Information für einen E-Mail-Server einstellen ([Kapitel 29, Netzwerkservers](#)).

- Wissen, wie man zusätzliche Dritthersteller-Software installiert ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).

28.3. E-Mail Komponenten

Es gibt fünf größere Komponenten die am Austausch von E-Mails beteiligt sind: der *Mail User Agent* (MUA), der *Mail Transfer Agent* (MTA), der *Mail Host*, ein entferntes oder lokales Postfach, sowie DNS. Dieser Abschnitt enthält eine Übersicht über diese Komponenten.

Mail User Agent (MUA)

Der *Mail User Agent* (MUA) ist das Benutzerprogramm zum Verfassen, Senden und Empfangen von E-Mails. Diese Anwendung kann ein Kommandozeilenprogramm sein, wie das in FreeBSD enthaltene Programm `mail`, oder ein Programm aus der Ports-Sammlung wie beispielsweise `mutt`, `alpine` oder `elm`. In der Ports-Sammlung sind auch dutzende von grafischen Programmen verfügbar, darunter `ClawsMail`, `Evolution` und `Thunderbird`. Einige Unternehmen bieten auch ein Web-Mail-Programm an, das über einen Webbrowser verwaltet werden kann. Weitere Informationen zur Installation und Verwendung von MUAs unter FreeBSD finden Sie im [Abschnitt 28.11, „E-Mail-Programme“](#).

Mail Transfer Agent (MTA)

Der *Mail Transfer Agent* (MTA) ist ein E-Mail-Server Daemon, welcher für den Empfang von eingehenden E-Mails und für den Versand von ausgehenden E-Mails verantwortlich ist. FreeBSD wird mit `Sendmail` als Standard-MTA ausgeliefert, aber es unterstützt auch weitere E-Mail-Server, darunter `Exim`, `Postfix` und `qmail`. Die Konfiguration von `Sendmail` wird im [Abschnitt 28.4, „Sendmail-Konfigurationsdateien“](#) beschrieben. Wenn Sie einen anderen MTA aus der Ports-Sammlung installieren, lesen Sie die Nachrichten die nach der Installation der Anwendung ausgegeben werden, wenn Sie FreeBSD spezifische Informationen benötigen. Allgemeine Informationen zur Konfiguration finden Sie in der Regel auf der Webseite des Herstellers.

Mail Host und Postfächer

Der *Mail Host* ist für die Zustellung und das Empfangen von E-Mails für den Rechner oder eines Netzwerks zuständig. Der Mail Host empfängt alle E-Mails für eine Domäne und speichert diese entweder im voreingestellten `mbox`-Format, oder im `Maildir`-Format. Diese E-Mails können lokal mit einem Benutzerprogramm MUA gelesen werden. Mithilfe von Protokollen wie POP oder IMAP können die E-Mails auch von entfernten Rechnern gelesen werden. Wenn die E-Mails direkt auf dem Mail Host gelesen werden, wird kein POP- oder IMAP-Server benötigt.

Um auf entfernte Postfächer zuzugreifen, wird ein Zugang zu einem POP- oder IMAP-Server benötigt. Beide Protokolle ermöglichen es Benutzern, auf ein entferntes Postfach zuzugreifen. IMAP bietet gegenüber POP einige Vorteile. Dazu zählt die Fähigkeit eine Kopie aller Nachrichten auf einem entfernten Server zu speichern, sowie gleichzeitig ablaufende Aktualisierungen. IMAP kann auch über langsame Verbindungen nützlich sein, da nicht gleich die komplette Nachricht heruntergeladen wird. Weiterhin können E-Mails auf dem Server durchsucht werden, was den Datenverkehr zwischen Clients und dem Server minimiert.

Die Ports-Sammlung enthält einige POP- und IMAP-Server, darunter [mail/qpopper](#), [mail/imap-uw](#), [mail/courier-imap](#) und [mail/dovecot2](#).



Warnung

Beachten Sie, dass sowohl POP als auch IMAP Daten, wie den Benutzernamen und das Passwort, im Klartext übertragen. Um die Übermittlung von Daten über diese Protokolle zu schützen, können Sie Sitzungen über `ssh(1)` ([Abschnitt 14.8.1.2, „SSH-Tunnel“](#)) tunneln oder SSL ([Abschnitt 14.6, „OpenSSL“](#)) verwenden.

Domain Name System (DNS)

Das *Domain Name System* (DNS) und sein Daemon `named` spielen eine große Rolle bei der Auslieferung von E-Mails. Um E-Mails auszuliefern, fragt der MTA im DNS den Rechner ab, der E-Mails für das Zielsystem entgegennimmt. Der gleiche Vorgang läuft ab, wenn eine E-Mail von einem entfernten Server zum MTA zugestellt wird.

Im DNS werden Rechnernamen auf IP-Adressen abgebildet. Daneben werden spezielle Informationen für das Mail-System gespeichert, die *MX-Einträge* (*MX record*) genannt werden. Der MX-Eintrag (von *Mail eXchanger*) gibt an, welche Rechner E-Mails für eine Domäne annehmen.

Mit `host(1)` können die MX-Einträge für eine Domäne abgefragt werden:

```
# host -t mx FreeBSD.org
FreeBSD.org mail is handled by 10 mx1.FreeBSD.org
```

Weitere Informationen zu DNS und dessen Konfiguration finden Sie im [Abschnitt 29.7, „Domain Name System \(DNS\)“](#).

28.4. Sendmail-Konfigurationsdateien

Beigesteuert von Christopher Shumway.

Sendmail ist der standardmäßig in FreeBSD installierte MTA. Es nimmt E-Mails von E-Mail-Benutzerprogrammen (MUA) entgegen und liefert diese zu den entsprechenden Mail Hosts, die in der Konfigurationsdatei definiert sind. Sendmail kann auch Netzwerkverbindungen annehmen und E-Mails an lokale *Mailboxen*, oder an andere Programme ausliefern.

Die Konfigurationsdateien von Sendmail befinden sich in `/etc/mail`. In diesem Abschnitt werden diese Dateien im Detail beschrieben.

`/etc/mail/access`

Diese Datenbank bestimmt, welche Rechner oder IP-Adressen Zugriff auf den lokalen Mail-Server haben und welche Art von Zugriff ihnen gestattet wird. Rechner die als `OK` aufgelistet sind, was der Standard ist, sind berechtigt E-Mails zu diesem Rechner zu schicken, solange die endgültige Zieladresse der lokale Rechner ist. Rechner die als `REJECT` aufgelistet sind, werden abgelehnt. Rechner die als `RELAY` aufgelistet sind, wird es erlaubt Post für jede Zieladresse durch diesen Mail-Server zu senden. Rechner die als `ERROR` aufgelistet sind, bekommen ihre E-Mail mit einem speziellen Fehler zurück. Wenn ein Rechner als `SKIP` aufgelistet ist, wird Sendmail die aktuelle Suche abbrechen, ohne die E-Mail zu akzeptieren oder abzulehnen. E-Mails von Rechnern die als `QUARANTINE` aufgelistet sind, werden vorerst zurückgehalten. Dem sendenden Rechner wird ein festgelegter Text als Grund für die Quarantäne zurückgeschickt.

Beispiele für die Verwendung dieser Optionen für IPv4- und IPv6-Adressen finden Sie in der Beispielkonfiguration `/etc/mail/access.sample`:

```
# $FreeBSD: head/de_DE.ISO8859-1/books/handbook/mail/chapter.xml 48640 2016-04-15 16:47:41Z bhd $
#
# Mail relay access control list. Default is to reject mail unless the
# destination is local, or listed in /etc/mail/local-host-names
#
## Examples (commented out for safety)
#From:cyberspammer.com      ERROR:"550 We don't accept mail from spammers"
#From:okay.cyberspammer.com OK
#Connect:sendmail.org       RELAY
#To:sendmail.org            RELAY
#Connect:128.32             RELAY
#Connect:128.32.2          SKIP
#Connect:IPv6:1:2:3:4:5:6:7 RELAY
```

```
#Connect:suspicious.example.com QUARANTINE:Mail from suspicious host
#Connect:[127.0.0.3] OK
#Connect:[IPv6:1:2:3:4:5:6:7:8] OK
```

Um die Datenbank zu konfigurieren, verwenden Sie das im Beispiel gezeigte Format, um Einträge in `/etc/mail/access` hinzuzufügen, aber setzen Sie kein Kommentarsymbol (`#`) vor die Einträge. Erstellen Sie einen Eintrag für jeden Rechner, dessen Zugriff konfiguriert werden soll. E-Mail-Versender, die mit der linken Spalte der Tabelle übereinstimmen, sind betroffen von der Aktion in der rechten Spalte.

Immer wenn diese Datei verändert wurde, muss die Datenbank aktualisiert und Sendmail neu gestartet werden:

```
# makemap hash /etc/mail/access < /etc/mail/access
# service sendmail restart
```

`/etc/mail/aliases`

Diese Datenbank enthält eine Liste der virtuellen Mailboxen, die in andere Benutzer, Dateien, Programme oder andere Aliase expandiert werden. Hier sind ein paar Beispiele, die das Dateiformat verdeutlichen:

```
root: localuser
ftp-bugs: joe,eric,paul
bit.bucket: /dev/null
procmail: "|/usr/local/bin/procmail"
```

Der Name der Mailbox auf der linken Seite des Doppelpunkts wird mit den Zielen auf der rechten Seite ersetzt. Der erste Eintrag ersetzt die Mailbox `root` mit der Mailbox `localuser`, die dann in der Datenbank `/etc/mail/aliases` gesucht wird. Wird kein passender Eintrag gefunden, wird die Nachricht zum `localuser` geliefert. Der zweite Eintrag zeigt eine E-Mail-Verteilerliste. E-Mails an `ftp-bugs` werden zu den drei lokalen Mailboxen `joe`, `eric` und `paul` gesendet. Eine entfernte Mailbox kann auch als `user@example.com` angegeben werden. Der dritte Eintrag zeigt wie E-Mails in eine Datei geschrieben werden, in diesem Fall `/dev/null`. Der letzte Eintrag verdeutlicht das Senden von E-Mails an ein Programm. Hier wird die Nachricht über eine UNIX® Pipe an `/usr/local/bin/procmail` gesendet. Weitere Informationen zu dem Format dieser Datei finden Sie in [aliases\(5\)](#).

Wenn diese Datei geändert wird, muss `newaliases` ausgeführt werden, um die Datenbank zu aktualisieren.

`/etc/mail/sendmail.cf`

Dies ist die Hauptkonfigurations-Datei von Sendmail. Sie kontrolliert das allgemeine Verhalten von Sendmail, einschließlich allem vom Umschreiben von E-Mail Adressen bis hin zum Übertragen von Ablehnungsnachrichten an entfernte E-Mail-Server. Dementsprechend ist die Konfigurationsdatei ziemlich komplex. Glücklicherweise muss diese Datei selten für Standard E-Mail-Server geändert werden.

Die Sendmail Hauptkonfigurationsdatei kann mit [m4\(1\)](#) Makros erstellt werden, die Eigenschaften und Verhalten von Sendmail definieren. Einige der Details finden Sie in `/usr/src/contrib/sendmail/cf/README`.

Wenn Änderungen an dieser Datei vorgenommen werden, muss Sendmail neu gestartet werden, damit die Änderungen Wirkung zeigen.

`/etc/mail/virtusertable`

Diese Datenbank ordnet Adressen für virtuelle Domänen und Benutzern reellen Mailboxen zu. Diese Mailboxen können lokal, auf entfernten Systemen, Aliase in `/etc/mail/aliases` oder eine Datei sein. Dadurch können mehrere virtuelle Domains auf einem Rechner gehostet werden.

FreeBSD enthält eine Beispielkonfiguration in `/etc/mail/virtusertable.sample`, die das Format genauer beschreibt. Das folgende Beispiel zeigt, wie benutzerdefinierte Einträge in diesem Format erstellt werden:

```
root@example.com      root
postmaster@example.com postmaster@noc.example.net
@example.com          joe
```

Diese Datei wird nach dem ersten übereinstimmenden Eintrag durchsucht. Wenn eine E-Mail-Adresse mit der Adresse auf der linken Seite übereinstimmt, wird sie dem Eintrag auf der rechten Seite zugeordnet. Der erste Eintrag in diesem Beispiel ordnet eine bestimmte E-Mail-Adresse einer lokalen Mailbox zu, während der zweite Eintrag eine bestimmte E-Mail-Adresse einer entfernten Mailbox zuordnet. Zuletzt wird jede E-Mail-Adresse von `example.com`, welche nicht mit einem der vorherigen Einträge übereinstimmt, mit dem letzten Eintrag übereinstimmen und der lokalen Mailbox `joe` zugeordnet. Benutzen Sie dieses Format, wenn Sie neue Einträge in `/etc/mail/virtusertable` hinzufügen. Jedes Mal, wenn diese Datei bearbeitet wurde, muss die Datenbank aktualisiert und Sendmail neu gestartet werden:

```
# makemap hash /etc/mail/virtusertable < /etc/mail/virusertable
# service sendmail restart
```

`/etc/mail/relay-domains`

In der standardmäßigen FreeBSD-Installation wird Sendmail nur dazu konfiguriert, E-Mails von dem Rechner, auf dem es läuft, zu senden. Wenn zum Beispiel ein POP-Server installiert ist, können Benutzer ihre E-Mails von entfernten Standorten überprüfen. Sie werden jedoch keine E-Mails von außen verschicken können. Typischerweise wird ein paar Sekunden nach dem Versuch eine E-Mail von MAILER-DAEMON mit einer 5.7 Relaying Denied Fehlermeldung versendet werden.

Die einfachste Lösung ist, wie im folgenden Beispiel gezeigt, den FQDN des Internet-Diensteanbieters und gegebenenfalls weitere Adressen in `/etc/mail/relay-domains` einzutragen:

```
your.isq.example.com
other.isp.example.net
users.isp.example.org
www.example.org
```

Nachdem diese Datei erstellt oder editiert wurde, muss Sendmail mittels `service sendmail restart` neu gestartet werden.

Ab jetzt wird jede E-Mail, die von einem in der Liste eingetragenen Rechner durch das System geschickt wird, ihr Ziel erreichen, vorausgesetzt der Benutzer hat einen Account auf dem System. Dies erlaubt es Benutzern aus der Ferne, E-Mails über das System zu versenden, ohne dem Massenversand (SPAM) die Tür zu öffnen.

28.5. Wechseln des Mailübertragungs-Agenten

Geschrieben von Andrew Boothman.

Informationen entnommen aus E-Mails geschrieben von Gregory Neil Shapiro.

FreeBSD enthält mit Sendmail bereits einen MTA, der für die ein- und ausgehenden E-Mails verantwortlich ist. Der Systemadministrator kann aber den MTA des Systems wechseln. Eine große Auswahl an alternativen MTAs ist in der Kategorie `mail` der FreeBSD Ports-Sammlung verfügbar.

Sobald ein neuer MTA installiert ist, können Sie die neue Software konfigurieren und testen, bevor Sie Sendmail ersetzen. Informationen über die Konfiguration des neu gewählten MTA finden Sie in der dazugehörigen Dokumentation.

Sobald der neue MTA wie gewünscht funktioniert, benutzen Sie die Anweisungen in diesem Abschnitt, um Sendmail zu deaktivieren und stattdessen den neuen MTA zu verwenden.

28.5.1. Sendmail deaktivieren



Warnung

Wenn der ausgehende Mail-Dienst von Sendmail deaktiviert ist, muss für den E-Mail-Versand ein alternatives System installiert werden. Andernfalls sind Systemfunktionen wie [peri-](#)

[odic\(8\)](#) nicht mehr in der Lage, ihre Resultate und Meldungen als E-Mail zu versenden. Aber auch viele andere Teile des Systems erwarten einen funktionalen MTA. Sind Programme auf die deaktivierten Sendmail-Binärdateien angewiesen, landen deren E-Mails ansonsten in einer inaktiven Sendmail-Warteschlange und können nicht ausgeliefert werden.

Um Sendmail komplett zu deaktivieren, müssen folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` hinzugefügt oder editiert werden:

```
sendmail_enable="NO"
sendmail_submit_enable="NO"
sendmail_outbound_enable="NO"
sendmail_msp_queue_enable="NO"
```

Um lediglich die Funktion zum Empfang von E-Mails durch Sendmail zu deaktivieren, muss folgender Eintrag in `/etc/rc.conf` gesetzt werden:

```
sendmail_enable="NO"
```

Weitere Informationen zu den Startoptionen von Sendmail finden Sie in der Manualpage [rc.sendmail\(8\)](#).

28.5.2. Den voreingestellten MTA ersetzen

Wenn ein neuer MTA über die Ports-Sammlung installiert wird, werden auch die Startskripte installiert. Die Anweisungen zum starten dieser Skripte werden in den Paketrnachrichten erwähnt. Bevor Sie den neuen MTA in Betrieb nehmen, stoppen Sie alle laufenden Sendmail-Prozesse. In diesem Beispiel werden alle notwendigen Dienste gestoppt und danach der Postfix Dienst gestartet:

```
# service sendmail stop
# service postfix start
```

Damit der angegebene MTA automatisch beim Hochfahren des Systems gestartet wird, fügen Sie dessen Konfigurationszeile in `/etc/rc.conf` hinzu. Dieser Eintrag startet den Postfix MTA:

```
postfix_enable="YES"
```

Da Sendmail allgegenwärtig ist und manche Anwendungen einfach davon ausgehen es bereits installiert und konfiguriert, wird einige zusätzliche Konfiguration benötigt. Überprüfen Sie `/etc/periodic.conf` und stellen Sie sicher, dass diese Werte auf NO gesetzt werden. Wenn die Datei nicht existiert, erstellen Sie sie mit folgenden Einträgen:

```
daily_clean_hoststat_enable="NO"
daily_status_mail_enable="NO"
daily_status_include_submit_mailq="NO"
daily_submit_queuerun="NO"
```

Viele alternative MTAs stellen ihre eigenen kompatiblen Implementierungen der Sendmail Kommandozeilen-Schnittstelle zur Verfügung, was die Verwendung als „drop-in“ Ersatz für Sendmail vereinfacht. Allerdings versuchen einige MUAs Sendmails Standard-Dateien auszuführen, anstelle der Dateien des neuen MTAs. FreeBSD verwendet `/etc/mail/mailer.conf` um die erwarteten Sendmail Dateien auf die neuen Dateien abzubilden. Weitere Informationen über diese Zuordnungen können in [mailwrapper\(8\)](#) gefunden werden.

In der Voreinstellung sieht `/etc/mail/mailer.conf` wie folgt aus:

```
#$FreeBSD: head/de_DE.ISO8859-1/books/handbook/mail/chapter.xml 48640 2016-04-15 16:47:41Z bhd $
#
# Execute the "real" sendmail program, named /usr/libexec/sendmail/sendmail
#
sendmail      /usr/libexec/sendmail/sendmail
send-mail     /usr/libexec/sendmail/sendmail
```

```
mailq      /usr/libexec/sendmail/sendmail
newaliases /usr/libexec/sendmail/sendmail
hoststat   /usr/libexec/sendmail/sendmail
purgestat  /usr/libexec/sendmail/sendmail
```

Wenn eines der Kommandos auf der linken Seite ausgeführt werden soll, führt das System tatsächlich den damit verbundenen Befehl auf der rechten Seite aus. Mit diesem System lassen sich Programme, die für die Sendmail-Funktionen gestartet werden, leicht ändern.

Einige MTAs aus der Ports-Sammlung können diese Datei aktualisieren. Zum Beispiel würde Postfix die Datei wie folgt aktualisieren:

```
#
# Execute the Postfix sendmail program, named /usr/local/sbin/sendmail
#
sendmail      /usr/local/sbin/sendmail
send-mail     /usr/local/sbin/sendmail
mailq         /usr/local/sbin/sendmail
newaliases    /usr/local/sbin/sendmail
```

Falls die Installation des MTA nicht automatisch `/etc/mail/mailer.conf` aktualisiert, bearbeiten Sie diese Datei in einem Texteditor, so dass auf die neuen Dateien verwiesen wird. Dieses Beispiel zeigt auf die Dateien, die von [mail/ssmtp](#) installiert wurden:

```
sendmail      /usr/local/sbin/ssmtp
send-mail     /usr/local/sbin/ssmtp
mailq         /usr/libexec/sendmail/sendmail
newaliases    /usr/libexec/sendmail/sendmail
hoststat      /usr/libexec/sendmail/sendmail
purgestat     /usr/libexec/sendmail/sendmail
```

Sobald alles konfiguriert ist, wird empfohlen, das System neu zu starten. Ein Neustart bietet auch die Möglichkeit sicherzustellen, dass das System korrekt konfiguriert wurde, um den neuen MTA automatisch beim Hochfahren zu starten.

28.6. Fehlerbehebung

Hier finden sich ein paar häufig gestellte Fragen und ihre Antworten, die von der [FAQ](#) übernommen wurden.

- F: Warum muss ich einen FQDN (fully-qualified domain name / voll ausgeschriebenen Domännennamen) für meine Rechner verwenden?
- A: Vielleicht befindet sich der Rechner in einer anderen Domäne. Um beispielsweise von einem Rechner in `foo.bar.edu` einen Rechner namens `mumble` in der Domäne `foo.bar.edu` zu erreichen, geben Sie seinen voll ausgeschriebenen Domännennamen (FQDN) `mumble.bar.edu`, anstelle von `mumble` an.

Das liegt daran, dass die aktuelle Version von BIND, die mit FreeBSD ausgeliefert wird, keine Standardabkürzungen für nicht komplett angegebene Domännennamen außerhalb der lokalen Domäne unterstützt. Daher muss ein nicht-qualifizierter Rechner, wie `mumble`, entweder als `mumble.foo.bar.edu` gefunden werden, oder er wird in der root Domäne gesucht.

In älteren Versionen von BIND lief die Suche über `mumble.bar.edu` und `mumble.edu`. RFC 1535 erklärt, warum dieses Verhalten als schlechte Praxis oder sogar als Sicherheitsloch angesehen wird.

Um das zu umgehen, setzen Sie die Zeile:

```
search foo.bar.edu bar.edu
```

anstatt der vorherigen

```
domain foo.bar.edu
```

in `/etc/resolv.conf` ein. Stellen Sie jedoch sicher, dass die Suchordnung nicht die Begrenzung von „lokaler und öffentlicher Administration“, wie RFC 1535 sie nennt, überschreitet.

F: Wie kann ich einen E-Mail-Server auf einem Anwahl-PPP Rechner betreiben?

A: Sie wollen sich mit einem FreeBSD E-Mail Gateway im LAN verbinden. Die PPP-Verbindung ist keine Standardleitung.

Ein Weg dies zu tun ist, von einem immer mit dem Internet verbundenen Server einen sekundären MX-Dienst für die Domäne zur Verfügung gestellt zu bekommen. In diesem Beispiel heißt die Domäne `example.com`, und der Internet-Dienstanbieter hat `example.net` so eingestellt, dass er für die Domäne einen sekundären MX-Dienst zur Verfügung stellt:

<code>example.com.</code>		MX	10	<code>bigco.com.</code>
	MX	20		<code>example.net.</code>

Nur ein Rechner sollte als Endempfänger angegeben sein. Sendmail fügen Sie `Cw example.com` zu `/etc/sendmail.cf` auf `example.com` hinzu.

Wenn der MTA des Versenders versucht die E-Mail zuzustellen, wird es versuchen das System `example.com` über die PPP-Verbindung zu erreichen. Es kommt zu einer Zeitüberschreitung, wenn das Zielsystem offline ist. Der MTA wird die E-Mail automatisch der sekundären MX-Seite des Internet-Providers `example.net` zustellen. Die sekundäre MX-Seite wird periodisch versuchen, eine Verbindung zur primären MX-Seite `example.com` aufzubauen.

Verwenden Sie etwas wie dies als Login-Skript:

```
#!/bin/sh
# Put me in /usr/local/bin/pppmyisp
( sleep 60 -; /usr/sbin/sendmail -q ) &
/usr/sbin/ppp -direct pppmyisp
```

Wenn Sie ein separates Login-Skript für einen Benutzer erstellen, benutzen Sie stattdessen `sendmail -qRexample.com` in dem oben gezeigten Skript. Das erzwingt die sofortige Verarbeitung der E-Mails in der Warteschlange für `example.com`

Eine weitere Verfeinerung der Situation kann an diesem Beispiel von [FreeBSD Internet service providers](#) entnommen werden:

```
> wir stellen einem Kunden den sekundären MX zur Verfügung.
> Der Kunde verbindet sich mit unseren Diensten mehrmals am Tag
> automatisch um die E-Mails zu seinem primären MX zu holen
> (wir wählen uns nicht bei ihm ein, wenn E-Mails für seine
> Domäne eintreffen). Unser sendmail sendet den Inhalt der
> E-Mail-Warteschlange alle 30 Minuten. Momentan muss er 30 Minuten
> eingewählt bleiben um sicher zu sein, dass alle seine E-Mails
> beim primären MX eingetroffen sind.
>
> Gibt es einen Befehl, der sendmail dazu bringt, alle E-Mails sofort
> zu senden? Der Benutzer hat natürlich keine root-Rechte auf
> unserer Maschine.
```

In der „privacy flags“ Sektion von `sendmail.cf` befindet sich die Definition `Opgoaway,restrictqrun`

Entferne `restrictqrun` um nicht-root Benutzern zu erlauben, die Verarbeitung der Nachrichten-Warteschlangen zu starten. Möglicherweise willst du auch die MX neu sortieren. Wir sind der primäre MX für unsere Kunden mit diesen Wünschen und haben definiert:

```
# Wenn wir der beste MX für einen Rechner sind, versuche es direkt
# anstatt einen lokalen Konfigurationsfehler zu generieren.
OwTrue

Auf diesem Weg liefern Gegenstellen direkt zu dir, ohne die Kundenverbindung
zu versuchen. Dann sendest du zu deinem Kunden. Das funktioniert nur
für „Rechner“, du musst also deinen Kunden dazu bringen,
ihre E-Mail Maschine „customer.com“ zu nennen, sowie
„hostname.customer.com“ im DNS. Setze einfach einen A-Eintrag
in den DNS für „customer.com“.
```

28.7. Weiterführende Themen

Dieser Abschnitt behandelt kompliziertere Themen wie E-Mail-Konfiguration und Einrichtung von E-Mail für eine ganze Domäne.

28.7.1. Grundlegende Konfiguration

Mit der Software im Auslieferungszustand sollte es möglich sein, E-Mails an externe Rechner zu senden, vorausgesetzt `/etc/resolv.conf` ist konfiguriert, oder das Netzwerk hat Zugriff auf einen konfigurierten DNS-Server. Um E-Mails an den MTA auf dem Rechner auszuliefern, stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl:

- Betreiben Sie einen DNS-Server für die Domäne.
- Lassen Sie die E-Mails direkt über den FQDN des Rechners ausliefern.

Um E-Mails direkt zu einem Rechner geliefert zu bekommen, wird eine permanente statische IP-Adresse (keine dynamische IP-Adresse) benötigt. Befindet sich das System hinter einer Firewall, muss diese den SMTP-Verkehr weiterleiten. Um E-Mails direkt am Rechner zu empfangen, muss eines der folgenden Dinge konfiguriert werden:

- Vergewissern Sie sich, dass der MX-Eintrag mit der kleinsten Nummer im DNS auf die statische IP-Adresse des Rechners zeigt.
- Stellen Sie sicher, dass für den Rechner kein MX-Eintrag im DNS existiert.

Jede der erwähnten Konfigurationsmöglichkeiten erlaubt es, E-Mails direkt auf dem Rechner zu empfangen.

Versuchen Sie das:

```
# hostname
example.FreeBSD.org
# host example.FreeBSD.org
example.FreeBSD.org has address 204.216.27.XX
```

In diesem Beispiel sollte es funktionieren, E-Mails direkt an [<yourlogin@example.FreeBSD.org>](mailto:yourlogin@example.FreeBSD.org) zu senden, vorausgesetzt dass Sendmail auf `example.FreeBSD.org` korrekt läuft.

In diesem Beispiel:

```
# host example.FreeBSD.org
example.FreeBSD.org has address 204.216.27.XX
example.FreeBSD.org mail is handled (pri=10) by devnull.FreeBSD.org
```

Hier wird jede an den Rechner `example.FreeBSD.org` gesandte E-Mail auf `hub` unter dem gleichen Benutzernamen gesammelt, anstatt diese direkt zu Ihrem Rechner zu senden.

Die obige Information wird von einem DNS-Server verwaltet. Der DNS-Eintrag, der die Information zum E-Mail-Routing enthält, ist der MX-Eintrag. Existiert kein MX-Eintrag, werden E-Mails direkt über die IP-Adresse an den Rechner geliefert.

Der MX-Eintrag für `freefall.FreeBSD.org` sah einmal so aus:

```
freefall MX 30 mail.crl.net
freefall MX 40 agora.rdrop.com
freefall MX 10 freefall.FreeBSD.org
freefall MX 20 who.cdrom.com
```

`freefall` hatte viele MX-Einträge. Die kleinste MX-Nummer definiert den Rechner, der die E-Mails direkt empfängt, wobei die anderen Rechner temporär E-Mails in Warteschlangen einreihen, falls `freefall` beschäftigt oder unerreichbar ist.

Es ist sehr sinnvoll, dass stellvertretende MX-Seiten separate Internet-Verbindungen verwenden. Ihr ISP kann diesen Dienst zur Verfügung stellen.

28.7.2. E-Mails für eine Domäne

Wird ein MTA für ein Netzwerk konfiguriert, dann sollte jede E-Mail die an einen Rechner in dieser Domäne geschickt wird, an den MTA umgeleitet werden, damit die Benutzer ihre E-Mails vom zentralen Mail-Server empfangen können.

Am einfachsten ist es, wenn Accounts mit gleichen *Benutzernamen* sowohl auf dem MTA, als auch auf dem System mit dem MUA existieren. Verwenden Sie [adduser\(8\)](#), um Benutzerkonten anzulegen.

Der MTA muss auf jeder Workstation im Netzwerk als der zuständige Rechner für den E-Mail-Austausch gekennzeichnet werden. Dies wird in der DNS-Konfiguration über den MX-Eintrag gesteuert:

```
example.FreeBSD.org A 204.216.27.XX ; Workstation
MX 10 devnull.FreeBSD.org ; Mailhost
```

Diese Einstellung wird E-Mails für die Workstations zum MTA weiterleiten, egal wo der A-Eintrag hinzeigt. Die E-Mails werden zum MX-Rechner gesendet.

Diese Einstellung muss auf dem DNS-Server konfiguriert werden. Besitzt das Netzwerk keinen eigenen DNS-Server, kontaktieren Sie Ihren ISP oder DNS-Verwalter.

Im Folgenden ist ein Beispiel für virtuelles E-Mail-Hosting. Nehmen wir an, dass für einen Kunden mit der Domäne `customer1.org`, alle E-Mails für `customer1.org` an `mail.myhost.com` gesendet werden sollen. Der entsprechende DNS-Eintrag sollte wie folgt aussehen:

```
customer1.org MX 10 mail.myhost.com
```

Wenn für die Domäne nur E-Mails verarbeitet werden sollen, wird für `customer1.org` *kein* A-Eintrag benötigt. Allerdings wird ein `ping` gegen `customer1.org` nur dann funktionieren, wenn ein A-Eintrag existiert.

Teilen Sie dem MTA mit, für welche Domänen bzw. Hostnamen Post entgegengenommen werden soll. Die beiden folgenden Methoden funktionieren für Sendmail:

- Fügen Sie die Rechnernamen in `/etc/mail/local-host-names` hinzu, wenn `FEATURE(use_cw_file)` verwendet wird.
- Fügen Sie eine Zeile `Cyour.host.com` in `/etc/sendmail.cf` hinzu.

28.8. Ausgehende E-Mail über einen Relay versenden

Beigetragen von Bill Moran.

In vielen Fällen möchte man E-Mail nur über einen Relay verschicken. Zum Beispiel:

- Der Rechner ist ein Arbeitsplatzrechner und benutzt Programme wie [send-pr\(1\)](#) über ein Relay des ISP.
- Ein Server, der E-Mails nicht selbst verarbeitet, soll alle E-Mails zu einem Relay schicken.

Obwohl jeder MTA diese Aufgabe erfüllen kann, ist es oft schwierig einen vollwertigen MTA so zu konfigurieren, dass er lediglich ausgehende E-Mails weiterleitet. Es ist übertrieben, Programme wie Sendmail und Postfix nur für diesen Zweck einzusetzen.

Weiterhin kann es sein, dass die Bestimmungen des Internetzugangs es verbieten, einen eigenen Mail-Server zu betreiben.

Um die hier beschriebenen Anforderungen zu erfüllen, installieren Sie einfach den Port [mail/ssmtp](#):

```
# cd /usr/ports/mail/ssmtp
# make install replace clean
```

Nach der Installation kann [mail/ssmtp](#) über `/usr/local/etc/ssmtp/ssmtp.conf` konfiguriert werden:

```
root=yourrealemail@example.com
mailhub=mail.example.com
rewriteDomain=example.com
hostname=_HOSTNAME_
```

Verwenden Sie eine gültige E-Mail-Adresse für `root`. Geben Sie für `mail.example.com` den Mail-Relay des ISPs an. Einige ISPs nennen den Relay „Postausgangsserver“ oder „SMTP-Server“.

Deaktivieren Sie Sendmail, einschließlich des Services für den Postausgang. Details finden Sie in [Abschnitt 28.5.1](#), „Sendmail deaktivieren“.

[mail/ssmtp](#) verfügt über weitere Optionen. Die Beispiele in `/usr/local/etc/ssmtp` oder die Manualpage von `ssmtp` enthalten weitere Informationen.

Wird `ssmtp` wie hier beschrieben eingerichtet, können Anwendungen E-Mails von dem lokalen Rechner verschicken. Man verstößt damit auch nicht gegen Bestimmungen des ISPs und läuft nicht Gefahr, dass der Rechner zum Versenden von Spam missbraucht wird.

28.9. E-Mail über Einwahl-Verbindungen

Wird eine feste IP-Adresse verwendet, müssen die Standardeinstellungen wahrscheinlich gar nicht geändert werden. Stellen Sie den Hostnamen auf den entsprechend zugeordneten Internetnamen ein und Sendmail übernimmt das Übrige.

Bei der Verwendung einer dynamisch zugewiesenen IP-Adresse und einer PPP-Wählverbindung mit dem Internet, hat man in der Regel ein Postfach auf dem Mailserver des ISP. In diesem Beispiel ist die Domäne des ISP `example.net`, der Benutzername ist `user`, der Rechnernamen ist `bsd.home` und der ISP erlaubt es, `relay.example.net` als Mail-Relayhost zu benutzen.

Um Mails aus der Mailbox des ISPs abzuholen, muss ein gesondertes Programm aus der Ports-Sammlung installiert werden. [mail/fetchmail](#) ist eine gute Wahl, weil es viele verschiedene Protokolle unterstützt. Für gewöhnlich stellt der ISP POP zur Verfügung. Falls User-PPP verwendet wird, können durch folgenden Eintrag in `/etc/ppp/ppp.linkup` E-Mails automatisch abgerufen werden, sobald eine Verbindung zum Netz aufgebaut wird:

```
MYADDR:
!bg su user -c fetchmail
```

Wird Sendmail benutzt, um E-Mails an nicht-lokale Benutzer zu versenden, konfigurieren Sie es so, dass die Warteschlange abgearbeitet wird, sobald eine Verbindung mit dem Internet besteht. Um dies zu erreichen, müssen folgende Zeilen nach dem `fetchmail`-Eintrag in `/etc/ppp/ppp.linkup` hinzugefügt werden.

```
!bg su user -c "sendmail -q"
```

In diesem Beispiel existiert auf `bsd.home` ein Benutzer `user`. Erstellen Sie auf `bsd.home` im Heimatverzeichnis von `user` die Datei `.fetchmailrc` mit folgender Zeile:

```
poll example.net protocol pop3 fetchall pass MySecret;
```

Diese Datei sollte für niemandem außer `user` lesbar sein, weil sie das Passwort `MySecret` enthält.

Um Mails mit dem richtigen `from`-Header zu versenden, müssen Sie Sendmail so konfigurieren, dass es `<user@example.net>` und nicht `<user@bsd.home>` benutzen soll und das alle Mails über `relay.example.net` versendet werden, um eine schnellere Übertragung von Mails zu gewährleisten.

Die folgende `.mc` sollte ausreichen:

```
VERSIONID(`bsd.home.mc version 1.0')
OSTYPE(bsd4.4)dnl
FEATURE(nouucp)dnl
MAILER(local)dnl
MAILER(smtp)dnl
Cwlocalhost
Cwbsd.home
MASQUERADE_AS(`example.net')dnl
FEATURE(allmasquerade)dnl
FEATURE(masquerade_envelope)dnl
FEATURE(nocanonify)dnl
FEATURE(nodns)dnl
define(`SMART_HOST', `relay.example.net')
Dmbsd.home
define(`confDOMAIN_NAME', `bsd.home')dnl
define(`confDELIVERY_MODE', `deferred')dnl
```

Im vorherigen Abschnitt finden Sie Details dazu, wie Sie diese Datei in das Format `sendmail.cf` konvertieren können. Vergessen Sie nicht, Sendmail neu zu starten, nachdem `sendmail.cf` verändert wurde.

28.10. SMTP-Authentifizierung

Geschrieben von James Gorham.

Die Konfiguration von SMTP-Authentifizierung auf dem MTA bietet einige Vorteile. Die erforderliche Authentifizierung erhöht die Sicherheit von Sendmail und mobilen Benutzern, die auf entfernten Rechnern arbeiten. Diese Benutzer können denselben MTA verwenden, ohne jedes Mal das Benutzerprogramm neu konfigurieren zu müssen.

1. Installieren Sie [security/cyrus-sasl2](#) aus der Ports-Sammlung. Dieser Port verfügt über einige Optionen, die während der Übersetzung festgelegt werden. Für die in diesem Abschnitt beschriebene Methode zur SMTP-Authentifizierung muss die Option `LOGIN` aktiviert werden.
2. Nach der Installation von [security/cyrus-sasl2](#) editieren Sie `/usr/local/lib/sasl2/Sendmail.conf`. Erstellen Sie die Datei, wenn sie nicht existiert und fügen Sie die folgende Zeile hinzu:

```
pwcheck_method: saslauthd
```

3. Als nächstes installieren Sie [security/cyrus-sasl2-saslauthd](#), und fügen die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
saslauthd_enable="YES"
```

Abschließend starten Sie den `saslauthd`-Dämon:

```
# service saslauthd start
```

Dieser Dämon agiert als Broker zwischen Sendmail und der FreeBSD-passwd-Datenbank. Dadurch müssen zum Versenden von E-Mails keine zusätzlichen Accounts und Passwörter angelegt werden. Die Benutzer verwenden dasselbe Passwort zum Anmelden wie zum Verschicken von E-Mails.

4. Fügen Sie danach in `/etc/make.conf` die folgenden Zeilen hinzu:

```
SENDMAIL_CFLAGS=-I/usr/local/include/sasl -DSASL
SENDMAIL_LDFLAGS=-L/usr/local/lib
SENDMAIL_LDADD=-lsasl2
```

Beim Übersetzen von Sendmail werden damit die [cyrus-sasl2](#)-Bibliotheken benutzt. Stellen Sie daher vor dem Übersetzen von Sendmail sicher, dass [cyrus-sasl2](#) installiert ist.

5. Übersetzen Sie Sendmail mit den nachstehenden Kommandos:

```
# cd /usr/src/lib/libsmutil
# make cleandir && make obj && make
# cd /usr/src/lib/libsm
# make cleandir && make obj && make
# cd /usr/src/usr.sbin/sendmail
# make cleandir && make obj && make && make install
```

Die Übersetzung sollte keine Probleme bereiten, wenn `/usr/src` nicht umfangreich verändert wurde und die benötigten Bibliotheken installiert sind.

6. Nachdem Sendmail übersetzt und installiert wurde, editieren Sie `/etc/mail/freebsd.mc` beziehungsweise die lokale `.mc`-Datei. Viele Administratoren verwenden die Ausgabe von [hostname\(1\)](#), um der `.mc` einen eindeutigen Namen zu geben. Fügen Sie die folgenden Zeilen hinzu:

```
dn1 set SASL options
TRUST_AUTH_MECH(`GSSAPI DIGEST-MD5 CRAM-MD5 LOGIN')dn1
define(`confAUTH_MECHANISMS', `GSSAPI DIGEST-MD5 CRAM-MD5 LOGIN')dn1
```

Diese Anweisungen konfigurieren die Methoden, die Sendmail zur Authentifizierung von Benutzern verwendet. Lesen Sie die Sendmail Dokumentation, wenn eine andere Methode als `pwcheck` verwendet werden soll.

7. Abschließend rufen Sie [make\(1\)](#) in `/etc/mail` auf. Damit wird aus der `.mc`-Datei eine neue `.cf`-Datei erzeugt. Der Name ist entweder `freebsd.cf` oder der Name der lokalen `.mc`-Datei. `make install restart` installiert die Datei nach `/etc/mail/sendmail.cf` und startet Sendmail neu. Weitere Informationen zu diesem Vorgang entnehmen Sie bitte `/etc/mail/Makefile`.

Um die Konfiguration zu testen, verwenden Sie einen MUA, um eine Testnachricht zu senden. Mail-Benutzerprogramm das Passwort für die Authentifizierung ein und versenden Sie zum Testen eine E-Mail. Zur Fehlersuche, setzen Sie den `LogLevel` von Sendmail auf 13 und untersuchen die Fehlermeldungen in `/var/log/maillog`.

Weitere Information finden Sie unter [SMTP-Authentifizierung](#).

28.11. E-Mail-Programme

Beigetragen von Marc Silver.

Anwendungen, die E-Mails versenden und empfangen, werden als E-Mail-Programme oder Mail-User-Agents (MUA) bezeichnet. Mit der Entwicklung und Ausbreitung von E-Mail wachsen auch die E-Mail-Programme und bieten Benutzern mehr Funktionen und höhere Flexibilität. Die Kategorie `mail` der FreeBSD Ports-Sammlung enthält zahlreiche E-Mail-Programme. Dazu gehören grafische Programme, wie beispielsweise Evolution oder Balsa und Konsolenbasierte Programme wie `mutt` oder `alpine`.

28.11.1. mail

Das standardmäßig unter FreeBSD installierte E-Mail-Programm ist [mail\(1\)](#). Das Programm ist konsolenorientiert und enthält alle Funktionen, die zum Versand und Empfang textbasierter E-Mails erforderlich sind. Es bietet eine begrenzte Unterstützung für Anhänge und kann auf lokale Postfächer zugreifen.

`mail` kann nicht direkt auf POP- oder IMAP-Server zugreifen. Entfernte Postfächer können aber mit einer Anwendung wie `fetchmail` in eine lokale `mbox` geladen werden.

Um E-Mails zu versenden oder zu empfangen, starten Sie einfach `mail` wie im nachstehenden Beispiel:

```
% mail
```

`mail` liest automatisch den Inhalt des Benutzer-Postfachs im Verzeichnis `/var/mail`. Sollte das Postfach leer sein, beendet sich `mail` mit der Nachricht, dass keine E-Mails vorhanden sind. Wenn E-Mails vorhanden sind, wird die Benutzeroberfläche gestartet und eine Liste der E-Mails angezeigt. Die E-Mails werden automatisch nummeriert wie im folgenden Beispiel gezeigt:

```
Mail version 8.1 6/6/93.  Type ? for help.
"/var/mail/marcs": 3 messages 3 new
>N  1 root@localhost      Mon Mar  8 14:05  14/510  "test"
   N  2 root@localhost      Mon Mar  8 14:05  14/509  "user account"
   N  3 root@localhost      Mon Mar  8 14:05  14/509  "sample"
```

Einzelne Nachrichten können nun durch Eingabe von `t` gefolgt von der Nummer der Nachricht gelesen werden. Im nachstehenden Beispiel wird die erste E-Mail gelesen:

```
& t 1
Message 1:
From root@localhost Mon Mar  8 14:05:52 2004
X-Original-To: marcs@localhost
Delivered-To: marcs@localhost
To: marcs@localhost
Subject: test
Date: Mon,  8 Mar 2004 14:05:52 +0200 (SAST)
From: root@localhost (Charlie Root)

Das ist eine Test-Nachricht.  Antworte bitte!
```

Wie in diesem Beispiel zu sehen ist, wird die Nachricht zusammen mit dem vollständigen Nachrichtenkopf angezeigt. Um die Liste der E-Mails erneut zu sehen, drücken Sie wieder die Taste `h`.

Um auf eine E-Mail zu antworten, benutzen Sie entweder `R` oder `r`. `R` weist `mail` an, dem Versender der Nachricht zu antworten, während mit `r` allen Empfängern der Nachricht geantwortet wird. Den Kommandos kann die Zahl der E-Mail, auf die geantwortet werden soll, mitgegeben werden. Nachdem die Antwort E-Mail verfasst worden ist, sollte die Eingabe mit einem einzelnen Punkt (`.`) auf einer neuen Zeile abgeschlossen werden. Hierzu ein Beispiel:

```
& R 1
To: root@localhost
Subject: Re: test

Danke, ich habe deine E-Mail erhalten.
.
EOT
```

Neue E-Mails können mit `m`, gefolgt von der E-Mail-Adresse des Empfängers verschickt werden. Mehrere Empfänger werden durch Kommata (`,`) getrennt, angegeben. Der Betreff (*subject*) der Nachricht kann dann, gefolgt vom Inhalt der Nachricht eingegeben werden. Die Nachricht wird dann mit einem einzelnen Punkt (`.`) auf einer neuen Zeile abgeschlossen.

```
& mail root@localhost
Subject: Ich habe die E-Mails im Griff!
```

Jetzt kann ich E-Mails versenden und empfangen ... :)

.
EOT

Die Taste ? zeigt zu jeder Zeit einen Hilfetext an. Lesen Sie [mail\(1\)](#), wenn Sie weitere Hilfe zur Benutzung von mail erhalten möchten.



Anmerkung

[mail\(1\)](#) wurde nicht für den Umgang mit Anhängen entworfen und kann daher sehr schlecht mit Anhängen umgehen. Neuere MUAs gehen wesentlich besser mit Anhängen um. Benutzer, die mail bevorzugen, werden vielleicht den Port [converters/mpack](#) zu schätzen wissen.

28.11.2. mutt

mutt ist ein leistungsfähiges E-Mail-Programm mit vielen Funktionen, darunter:

- mutt kann den Verlauf einer Diskussion (*threading*) darstellen.
- Unterstützung von PGP für das digitale signieren und verschlüsseln von E-Mail.
- MIME-Unterstützung.
- Maildir-Unterstützung.
- mutt lässt sich im höchsten Maße an lokale Bedürfnisse anpassen.

Mehr über mutt erfahren Sie auf der Seite <http://www.mutt.org>.

mutt kann über den Port [mail/mutt](#) installiert werden. Nachdem der Port installiert ist, kann mutt mit dem folgenden Befehl gestartet werden:

```
% mutt
```

mutt liest automatisch den Inhalt des Benutzer-Postfachs im Verzeichnis /var/mail. Sind keine E-Mails vorhanden, wartet mutt auf Benutzereingaben. Das folgende Beispiel zeigt, wie mutt eine Nachrichten-Liste darstellt:

```
q:Quit d:Del u:Undel s:Save m:Mail r:Reply g:Group ?:Help
1 N Mar 09 Super-User ( 1) test
2 N Mar 09 Super-User ( 1) user account
3 N Mar 09 Super-User ( 1) sample

--*Mutt: /var/mail/marcs [Msgs:3 New:3 1.6K]--(date/date)----- (all)-----
```

Um eine E-Mail zu lesen, wählen Sie die Nachricht einfach mit den Pfeiltasten aus und drücken Enter. mutt zeigt E-Mails wie folgt an:

```

i:Exit  -:PrevPg <Space>:NextPg u:View Attachm. d:Del r:Reply j:Next ?:Help
X-Original-To: marcs@localhost
Delivered-To: marcs@localhost
To: marcs@localhost
Subject: test
Date: Tue, 9 Mar 2004 10:28:36 +0200 (SAST)
From: Super-User <root@localhost>

This is a test message, please reply if you receive it.

--N - 1/1: Super-User          test          -- (all)

```

Ähnlich wie [mail\(1\)](#), kann auch mutt verwendet werden, um nur dem Absender, oder auch allen anderen Empfängern zu antworten. Um nur dem Absender der E-Mail zu antworten, drücken Sie r. Um sowohl dem Absender, als auch allen anderen Empfängern zu antworten, drücken Sie g.



Anmerkung

Zum Erstellen oder zum Beantworten von E-Mails ruft mutt den Editor [vi\(1\)](#) auf. Jeder Benutzer kann diese Einstellung anpassen, indem die Variable `editor` in `.muttrc` im Heimatverzeichnis gesetzt wird, oder die Umgebungsvariable `EDITOR` entsprechend angepasst wird. Weitere Informationen zur Konfiguration von mutt finden Sie unter <http://www.mutt.org/>.

Drücken Sie m, um eine neue Nachricht zu verfassen. Nachdem der Betreff (*subject*) eingegeben wurde, startet mutt den [vi\(1\)](#) und die Nachricht kann verfasst werden. Wenn Sie fertig sind, speichern Sie die Nachricht und verlassen den [vi\(1\)](#). mutt wird dann wieder aktiv und zeigt eine Zusammenfassung der zu sendenden Nachricht an. Drücken Sie y, um die E-Mail zu versenden. Der nachstehende Bildschirmabzug zeigt die Zusammenfassung der E-Mail:

```

y:Send q:Abort t:To c:CC s:Subj a:Attach file d:Descrip ?:Help
  From: Marc Silver <marcs@localhost>
  To: Super-User <root@localhost>
  Cc:
  Bcc:
  Subject: Re: test
  Reply-To:
  Fcc:
  Security: Clear

-- Attachments
-- I      1 /tmp/mutt-bsd-c0hobscQ      [text/plain, 7bit, us-ascii, 1.1K]

-- Mutt: Compose [Approx. msg size: 1.1K  Atts: 1]

```

mutt verfügt über eine umfangreiche Hilfestellung. Aus fast jedem Menü können Hilfeseiten mit ? aufgerufen werden. In der oberen Statuszeile werden zudem die verfügbaren Tastenkombinationen angezeigt.

28.11.3. alpine

alpine wendet sich an Anfänger bietet aber ebenfalls einige Funktionen für Profis.



Warnung

In der Vergangenheit wurden in alpine mehrere Schwachstellen gefunden. Die Schwachstellen gestatteten entfernten Benutzern, durch das Versenden einer besonders verfassten E-Mail, Programme auf dem lokalen System laufen zu lassen. Alle *bekannten* Schwachstellen sind beseitigt worden, doch wird im Quellcode von alpine ein sehr riskanter Programmierstil verwendet, sodass der FreeBSD-Security-Officer von weiteren unbekannten Schwachstellen ausgeht. Benutzer installieren alpine auf eigene Verantwortung!

Der Port mail/alpine enthält die aktuelle Version von alpine. Nach der Installation können Sie alpine mit dem nachstehenden Kommando starten:

```
% alpine
```

Beim ersten Start von alpine, zeigt das Programm eine Seite mit einer kurzen Einführung an. Um die alpine-Benutzer zu zählen, bitten die Entwickler auf dieser Seite um eine anonyme E-Mail. Sie können diese anonyme E-Mail senden, indem Sie Enter drücken oder den Begrüßungsbildschirm mit der Taste E verlassen, ohne die anonyme E-Mail zu senden. Der Begrüßungsbildschirm sieht wie folgt aus:

```
PINE 4.58  GREETING TEXT  No Messages

<<<This message will appear only once>>>

Welcome to Pine ... a Program for Internet News and Email

We hope you will explore Pine's many capabilities. From the Main Menu,
select Setup/Config to see many of the options available to you. Also
note that all screens have context-sensitive help text available.

SPECIAL REQUEST: This software is made available world-wide as a public
service of the University of Washington in Seattle. In order to justify
continuing development, it is helpful to have an idea of how many people
are using Pine. Are you willing to be counted as a Pine user? Pressing
Return will send an anonymous (meaning, your real email address will not
be revealed) message to the Pine development team at the University of
Washington for purposes of tallying.

Pine is a trademark of the University of Washington.

[ALL of greeting text]
? Help      E Exit this greeting  - PrevPage  P Print
Ret [Be Counted!]  Spc NextPage
```

Nach dem Begrüßungsbildschirm wird das Hauptmenü dargestellt, das sich mit den Pfeiltasten bedienen lässt. Über Tastenkombinationen können aus dem Hauptmenü neue E-Mails erstellt, Postfächer angezeigt und das Adressbuch verwaltet werden. Unterhalb des Menüs werden die Tastenkombinationen für die verfügbaren Aktionen angezeigt.

In der Voreinstellung öffnet alpine das Verzeichnis inbox. Die Taste I oder der Menüpunkt MESSAGE INDEX führt zu einer Nachrichten-Liste:

```

PINE 4.58  MAIN MENU                                Folder: INBOX  3 Messages

?  HELP                - Get help using Pine
C  COMPOSE MESSAGE      - Compose and send a message
I  MESSAGE INDEX        - View messages in current folder
L  FOLDER LIST          - Select a folder to view
A  ADDRESS BOOK         - Update address book
S  SETUP               - Configure Pine Options
Q  QUIT                - Leave the Pine program

Copyright 1989-2003.  PINE is a trademark of the University of Washington.

? Help      P PrevCmd      R RelNotes
O OTHER CMDS > [Index]  N NextCmd    K KBlock

```

Die Liste zeigt die Nachrichten im Arbeitsverzeichnis. Sie können Nachrichten mit den Pfeiltasten markieren. Um eine Nachricht zu lesen, drücken Sie Enter.

```

PINE 4.58  MESSAGE INDEX                            Folder: INBOX  Message 1 of 3 ANS

A  1 Mar  9 Super-User      (471) test
A  2 Mar  9 Super-User      (479) user account
A  3 Mar  9 Super-User      (473) sample

? Help      < FldrList  P PrevMsg      PrePage  D Delete  R Reply
O OTHER CMDS > [ViewMsg] N NextMsg    Spc NextPage U Undelete F Forward

```

Im nächsten Bildschirmabzug sehen Sie, wie alpine eine Nachricht darstellt. Die unteren Bildschirmzeilen zeigen die verfügbaren Tastenkombinationen. Mit r können Sie zum Beispiel auf die gerade angezeigte Nachricht antworten.

```

PINE 4.58  MESSAGE TEXT                             Folder: INBOX  Message 1 of 3 ALL ANS

Date: Tue,  9 Mar 2004 10:28:36 +0200 (SAST)
From: Super-User <root@localhost>
To: marcs@localhost
Subject: test

This is a test message, please reply if you receive it.

[ALL of message]

? Help      < MsgIndex  P PrevMsg      PrePage  D Delete  R Reply
O OTHER CMDS > ViewAtch  N NextMsg    Spc NextPage U Undelete F Forward

```


Zum Antworten auf eine E-Mail wird in alpine der Editor pico, der mit installiert wird, benutzt. pico ist leicht zu bedienen und gerade für Anfänger besser geeignet als [vi\(1\)](#) oder [mail\(1\)](#). Die Antwort wird mit der Tastenkombination Ctrl+X versendet. Vor dem Versand bittet alpine noch um eine Bestätigung.

```

PINE 4.58  COMPOSE MESSAGE REPLY          Folder: INBOX  3 Messages
To       : Super-User <root@localhost>
Cc       :
Attchmnt:
Subject  : Re: test
----- Message Text -----
I did recieve your message...

G Get Help  ^X Send      ^R Read File ^Y Prev Pg  ^K Cut Text  ^O Postpone
C Cancel    ^J Justify   ^W Where is ^N Next Pg  ^U UnCut Text ^I To Spell

```

Über den Menüpunkt SETUP des Hauptmenüs können Sie alpine an Ihre Bedürfnisse anpassen. Erläuterungen dazu finden Sie auf der Seite <http://www.washington.edu/pine/>.

28.12. E-Mails mit fetchmail abholen

Beigetragen von Marc Silver.

fetchmail ist ein vollwertiger IMAP- und POP-Client. Mit fetchmail können Benutzer E-Mails von entfernten IMAP- und POP-Servern in leichter zugängliche lokale Postfächer laden. fetchmail wird aus dem Port [mail/fetchmail](#) installiert. Das Programm bietet unter anderem folgende Funktionen:

- fetchmail beherrscht die Protokolle POP3, APOP, KPOP, IMAP, ETRN und ODMR.
- E-Mails können mit SMTP weiterverarbeitet werden. Dadurch ist garantiert, dass Filter, Weiterleitungen und Aliase weiterhin funktionieren.
- Das Programm kann als Dienst laufen und periodisch neue Nachrichten abrufen.
- fetchmail kann mehrere Postfächer abfragen und je nach Konfiguration die E-Mails an verschiedene lokale Benutzer zustellen.

Dieser Abschnitt erklärt einige grundlegende Funktionen von fetchmail. Das Programm benötigt eine Konfigurationsdatei `.fetchmailrc` im Heimatverzeichnis des Benutzers. In dieser Datei werden Informationen über Server wie auch Benutzerdaten und Passwörter hinterlegt. Wegen des kritischen Inhalts dieser Datei ist es ratsam, diese nur für den Benutzer lesbar zu machen:

```
% chmod 600 .fetchmailrc
```

Die folgende `.fetchmailrc` zeigt, wie das Postfach eines einzelnen Benutzers mit POP heruntergeladen wird. fetchmail wird angewiesen, eine Verbindung zu `example.com` herzustellen und sich dort als Benutzer `joesoap` mit dem Passwort `XXX` anzumelden. Das Beispiel setzt voraus, dass der Benutzer `joesoap` auch auf dem lokalen System existiert.

```
poll example.com protocol pop3 username "joesoap" password "XXX"
```

Im folgenden Beispiel werden mehrere POP- und IMAP-Server benutzt. Wo notwendig, werden E-Mails auf andere lokale Konten umgeleitet:

```
poll example.com proto pop3:
user "joesoap", with password "XXX", is "jsoap" here;
user "andrea", with password "XXXX";
poll example2.net proto imap:
user "john", with password "XXXXX", is "myth" here;
```

fetchmail kann als Dämon gestartet werden. Verwendet wird dazu die Kommandozeilenoption `-d` gefolgt von einer Zeitspanne in Sekunden, die angibt, wie oft die Server aus `.fetchmailrc` abgefragt werden sollen. Mit dem nachstehenden Befehl fragt fetchmail die Server alle 600 Sekunden ab:

```
% fetchmail -d 600
```

Mehr über fetchmail erfahren Sie auf der Seite <http://www.fetchmail.info/>.

28.13. E-Mails mit procmail filtern

Beigetragen von Marc Silver.

procmail ist ein mächtiges Werkzeug, mit dem sich eingehende E-Mails filtern lassen. Benutzer können Regeln für eingehende E-Mails definieren, die E-Mails zu anderen Postfächern oder anderen E-Mail-Adressen umleiten. procmail befindet sich im Port [mail/procmail](#). procmail kann leicht in die meisten MTAs integriert werden. Lesen Sie dazu bitte die Dokumentation des verwendeten MTAs. Alternativ kann procmail in das E-Mail-System eingebunden werden, indem die nachstehende Zeile in die Datei `.forward` im Heimatverzeichnis eines Benutzers eingefügt wird:

```
"|exec /usr/local/bin/procmail || exit 75"
```

Der folgende Abschnitt zeigt einige einfache procmail-Regeln sowie eine kurze Beschreibung dessen, was sie tun. Regeln müssen in `.procmailrc` im Heimatverzeichnis des Benutzers eingefügt werden.

Den Großteil dieser Regeln finden Sie auch in [procmailex\(5\)](#).

Um E-Mails von `<user@example.com>` an die externe Adresse `<goodmail@example2.com>` weiterzuleiten:

```
:0
* ^From.*user@example.com
! goodmail@example2.com
```

Um E-Mails, die kürzer als 1000 Bytes sind, an `<goodmail@example2.com>` weiterzuleiten:

```
:0
* < 1000
! goodmail@example2.com
```

Um E-Mails, die an `<alternate@example.com>` geschickt werden, im Postfach `alternate` zu speichern:

```
:0
* ^TOalternate@example.com
alternate
```

Um E-Mails, die im Betreff Spam enthalten, nach `/dev/null` zu verschieben:

```
:0
^Subject:.*Spam
/dev/null
```

Zuletzt ein nützliches Rezept, das eingehende E-Mails von den `FreeBSD.org`-Mailinglisten in ein separates Postfach für jede Liste einsortiert:

```
:0
* ^Sender:.owner-freebsd-\[^\@]+\@FreeBSD.ORG
{
LISTNAME=${MATCH}
```

```
:0
* LISTNAME??^\[^@]+
FreeBSD-${MATCH}
}
```


Kapitel 29. Netzwerkserver

29.1. Übersicht

Dieses Kapitel beschreibt einige der häufiger verwendeten Netzwerkdienste auf UNIX®-Systemen. Dazu zählen Installation und Konfiguration sowie Test und Wartung verschiedener Netzwerkdienste. Zusätzlich sind im ganzen Kapitel Beispielkonfigurationen als Referenz enthalten.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- Den `inetd`-Daemon konfigurieren können.
- Wissen, wie das *Network File System* (NFS) eingerichtet wird.
- Einen *Network Information Server* (NIS) einrichten können, um damit Benutzerkonten im Netzwerk zu verteilen.
- Wissen, wie Sie FreeBSD einrichten, um als LDAP-Server oder -Client zu agieren.
- Rechner durch Nutzung von DHCP automatisch für ein Netzwerk konfigurieren können.
- In der Lage sein, einen *Domain Name Server* (DNS) einzurichten.
- Den Apache HTTP-Server konfigurieren können.
- Wissen, wie man einen *File Transfer Protocol* (FTP)-Server einrichtet.
- Mit Samba einen Datei- und Druckserver für Windows®-Clients konfigurieren können.
- Unter Nutzung des NTP-Protokolls Datum und Uhrzeit synchronisieren sowie einen Zeitserver installieren können.
- Wissen, wie iSCSI eingerichtet wird.

Dieses Kapitel setzt folgende Grundkenntnisse voraus:

- `/etc/rc`-Skripte.
- Netzwerkterminologie
- Installation zusätzlicher Software von Drittanbietern ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).

29.2. Der `inetd` „Super-Server“

Der `inetd(8)`-Daemon wird manchmal auch als „Internet Super-Server“ bezeichnet, weil er Verbindungen für viele Dienste verwaltet. Anstatt mehrere Anwendungen zu starten, muss nur der `inetd`-Dienst gestartet werden. Wenn eine Verbindung für einen Dienst eintrifft, der von `inetd` verwaltet wird, bestimmt `inetd`, welches Programm für die eingetretene Verbindung zuständig ist, aktiviert den entsprechenden Prozess und reicht den Socket an ihn weiter. Der Einsatz von `inetd` an Stelle vieler einzelner Daemons kann auf nicht komplett ausgelasteten Servern zu einer Verringerung der Systemlast führen.

`inetd` wird vor allem dazu verwendet, andere Daemons zu aktivieren, einige Protokolle werden aber auch intern verwaltet. Dazu gehören `chargen`, `auth`, `time`, `echo`, `discard` sowie `daytime`.

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfiguration von `inetd`.

29.2.1. Konfigurationsdatei

Die Konfiguration von `inetd` erfolgt über `/etc/inetd.conf`. Jede Zeile dieser Datei repräsentiert eine Anwendung, die von `inetd` gestartet werden kann. In der Voreinstellung beginnt jede Zeile mit einem Kommentar (`#`), was bedeu-

tet dass inetd keine Verbindungen für Anwendungen akzeptiert. Entfernen Sie den Kommentar am Anfang der Zeile, damit inetd Verbindungen für diese Anwendung entgegennimmt.

Nachdem Sie die Änderungen gespeichert haben, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein, damit inetd bei Booten automatisch gestartet wird:

```
inetd_enable="YES"
```

Starten Sie jetzt inetd, so dass er Verbindungen für die von Ihnen konfigurierten Dienste entgegennimmt:

```
# service inetd start
```

Sobald inetd gestartet ist, muss der Dienst benachrichtigt werden, wenn eine Änderung in `/etc/inetd.conf` gemacht wird:

Beispiel 29.1. Die Konfigurationsdatei von inetd neu einlesen

```
# service inetd reload
```

Normalerweise müssen Sie lediglich den Kommentar vor der Anwendung entfernen. In einigen Situationen kann es jedoch sinnvoll sein, den Eintrag weiter zu bearbeiten.

Als Beispiel dient hier der Standardeintrag für [ftpd\(8\)](#) über IPv4:

```
ftp      stream  tcp      nowait  root    /usr/libexec/ftpd      ftpd -l
```

Die sieben Spalten in diesem Eintrag haben folgende Bedeutung:

```
service-name
socket-type
protocol
{wait|nowait}[/]
server-program
server-program-arguments
```

service-name

Der Dienstname eines bestimmten Daemons. Er muss einem in `/etc/services` aufgelisteten Dienst entsprechen. Hier wird festgelegt, auf welchen Port inetd eingehende Verbindungen für diesen Dienst entgegennimmt. Wenn ein neuer Dienst benutzt wird, muss er zuerst in `/etc/services` eingetragen werden.

socket-type

Entweder `stream`, `dgram`, `raw`, oder `seqpacket`. Nutzen Sie `stream` für TCP-Verbindungen und `dgram` für UDP-Dienste.

protocol

Benutzen Sie eines der folgenden Protokolle:

Protokoll	Bedeutung
tcp oder tcp4	TCP (IPv4)
udp oder udp4	UDP (IPv4)
tcp6	TCP (IPv6)
udp6	UDP (IPv6)
tcp46	TCP sowohl unter IPv4 als auch unter IPv6
udp46	UDP sowohl unter IPv4 als auch unter IPv6

```
{wait|nowait}[/max-child[/max-connections-per-ip-per-minute[/max-child-per-ip]]]
```

In diesem Feld muss `wait` oder `nowait` angegeben werden. `max-child`, `max-connections-per-ip-per-minute` sowie `max-child-per-ip` sind optional.

`wait|nowait` gibt an, ob der Dienst seinen eigenen Socket verwalten kann oder nicht. `dgram`-Sockets müssen `wait` verwenden, während Daemons mit `stream`-Sockets, die normalerweise auch aus mehreren Threads bestehen, `nowait` verwenden sollten. `wait` gibt in der Regel mehrere Sockets an einen einzelnen Daemon weiter, während `nowait` für jeden neuen Socket einen Childdaemon erzeugt.

Die maximale Anzahl an Child-Daemonen, die `inetd` erzeugen kann, wird durch die Option `max-child` festgelegt. Wenn ein bestimmter Daemon 10 Instanzen benötigt, wird der Wert `/10` hinter die Option `nowait` gesetzt. Der Wert `/0` gibt an, dass es keine Beschränkung gibt.

`max-connections-per-ip-per-minute` legt die maximale Anzahl von Verbindungsversuchen pro Minute fest, die von einer bestimmten IP-Adresse aus unternommen werden können. Sobald das Limit erreicht ist, werden weitere Verbindungen von dieser IP-Adresse geblockt, bis die Minute vorüber ist. Ein Wert von `/10` würde die maximale Anzahl der Verbindungsversuche einer bestimmten IP-Adresse auf zehn Versuche in der Minute beschränken. `max-child-per-ip` legt fest, wie viele Child-Daemonen von einer bestimmten IP-Adresse aus gestartet werden können. Durch diese Optionen lassen sich Ressourcenverbrauch sowie die Auswirkungen eines Denial of Service (DoS) -Angriffs begrenzen.

Ein Beispiel finden Sie in den Voreinstellungen für [fingerd\(8\)](#):

```
finger stream tcp      nowait/3/10 nobody /usr/libexec/fingerd fingerd -k -s
```

user

Der Benutzername, unter dem der jeweilige Daemon laufen soll. Meistens laufen Daemons als `root`, `daemon` oder `nobody`.

server-program

Der vollständige Pfad des Daemons. Wird der Daemon von `inetd` intern bereitgestellt, verwenden Sie `internal`.

server-program-arguments

Dieser Eintrag legt die Argumente fest, die bei der Aktivierung an den Daemon übergeben werden. Wenn es sich beim Daemon um einen internen Dienst handelt, verwenden Sie wiederum `internal`.

29.2.2. Kommandozeilenoptionen

Wie die meisten anderen Server-Daemonen lässt sich auch `inetd` über verschiedene Optionen steuern. In der Voreinstellung wird `inetd` mit `-wW -C 60` gestartet. Durch das Setzen dieser Werte wird das TCP-Wrapping für alle `inetd`-Dienste aktiviert. Zudem wird verhindert, dass eine IP-Adresse eine Dienst öfter als 60 Mal pro Minute anfordern kann.

Um die Voreinstellungen für `inetd` zu ändern, fügen Sie einen Eintrag für `inetd_flags` in `/etc/rc.conf` hinzu. Wenn `inetd` bereits ausgeführt wird, starten Sie ihn mit `service inetd restart` neu.

Die verfügbaren Optionen sind:

`-c maximum`

Legt die maximale Anzahl von parallelen Aufrufen eines Dienstes fest; in der Voreinstellung gibt es keine Einschränkung. Diese Einstellung kann für jeden Dienst durch Setzen des Parameters `max-child` in `/etc/inetd.conf` festgelegt werden.

`-C rate`

Legt fest, wie oft ein Dienst von einer einzelnen IP-Adresse in einer Minute aufgerufen werden kann; in der Voreinstellung gibt es keine Einschränkung. Dieser Wert kann für jeden Dienst durch das Setzen des Parameters `max-connections-per-ip-per-minute` in `/etc/inetd.conf` festgelegt werden.

-R rate

Legt fest, wie oft ein Dienst in der Minute aktiviert werden kann; in der Voreinstellung sind dies 256 Aktivierungen pro Minute. Ein Wert von 0 erlaubt unbegrenzt viele Aktivierungen.

-s maximum

Legt fest, wie oft ein Dienst in der Minute von einer einzelnen IP-Adresse aus aktiviert werden kann; in der Voreinstellung gibt es hier keine Beschränkung. Diese Einstellung kann für jeden Dienst durch die Angabe von `max-child-per-ip` in `/etc/inetd.conf` angepasst werden.

Es sind noch weitere Optionen verfügbar. Eine vollständige Liste der Optionen finden Sie in [inetd\(8\)](#).

29.2.3. Sicherheitsbedenken

Viele Daemonen, die von `inetd` verwaltet werden, sind nicht auf Sicherheit bedacht. Einige Daemonen, wie beispielsweise `fingerd`, liefern Informationen, die für einen Angreifer nützlich sein könnten. Aktivieren Sie nur erforderliche Dienste und überwachen Sie das System auf übermäßige Verbindungsversuche. `max-connections-per-ip-per-minute`, `max-child` und `max-child-per-ip` können verwendet werden, um solche Angriffe zu begrenzen.

TCP-Wrapper ist in der Voreinstellung aktiviert. Lesen Sie [hosts.access\(5\)](#), wenn Sie weitere Informationen zum Setzen von TCP-Beschränkungen für verschiedene von `inetd` aktivierte Daemonen benötigen.

29.3. Network File System (NFS)

Reorganisiert und erweitert von Tom Rhodes.

Geschrieben von Bill Swingle.

FreeBSD unterstützt das Netzwerkdateisystem NFS, das es einem Server erlaubt, Dateien und Verzeichnisse über ein Netzwerk mit Clients zu teilen. Mit NFS können Benutzer und Programme auf Daten entfernter Systeme zugreifen, und zwar so, als ob es sich um lokal gespeicherte Daten handeln würde.

Die wichtigsten Vorteile von NFS sind:

- Daten, die sonst auf jeden Client dupliziert würden, können an einem zentralen Ort aufbewahrt, und von den Clients über das Netzwerk aufgerufen werden.
- Verschiedene Clients können auf ein gemeinsames Verzeichnis `/usr/ports/distfiles` zugreifen. Die gemeinsame Nutzung dieses Verzeichnisses ermöglicht einen schnellen Zugriff auf die Quelldateien, ohne sie auf jede Maschine zu kopieren zu müssen.
- In größeren Netzwerken ist es praktisch, einen zentralen NFS-Server einzurichten, auf dem die Heimatverzeichnisse der Benutzer gespeichert werden. Dadurch steht den Benutzern immer das gleiche Heimatverzeichnis zur Verfügung, unabhängig davon, an welchem Client im Netzwerk sie sich anmelden.
- Die Verwaltung der NFS-Exporte wird vereinfacht. Zum Beispiel gibt es dann nur noch ein Dateisystem, für das Sicherheits- oder Backup-Richtlinien festgelegt werden müssen.
- Wechselmedien können von anderen Maschinen im Netzwerk verwendet werden. Dies reduziert die Anzahl von Geräten im Netzwerk und bietet einen zentralen Ort für die Verwaltung. Oft ist es einfacher, über ein zentrales Installationsmedium Software auf mehreren Computern zu installieren.

NFS besteht aus einem Server und einem oder mehreren Clients. Der Client greift über das Netzwerk auf die Daten zu, die auf dem Server gespeichert sind. Damit dies korrekt funktioniert, müssen einige Prozesse konfiguriert und gestartet werden:

Folgende Daemonen müssen auf dem Server ausgeführt werden:

Daemon	Beschreibung
<code>nfsd</code>	Der NFS-Daemon. Er bearbeitet Anfragen der NFS-Clients.

Daemon	Beschreibung
mountd	Der NFS-Mount-Daemon. Er bearbeitet die Anfragen von nfsd.
rpcbind	Der Portmapper-Daemon. Durch ihn erkennen die NFS-Clients, welchen Port der NFS-Server verwendet.

Der Einsatz von [nfsiod\(8\)](#) ist nicht zwingend erforderlich, kann aber die Leistung auf dem Client verbessern.

29.3.1. Konfiguration des Servers

Die Dateisysteme, die der NFS-Server exportieren soll, werden in `/etc/exports` festgelegt. Jede Zeile in dieser Datei beschreibt ein zu exportierendes Dateisystem, Clients, die darauf Zugriff haben sowie alle Zugriffsoptionen. Die Optionen eines auf einen anderen Rechner exportierten Dateisystems müssen alle in einer Zeile stehen. Wird in einer Zeile kein Rechner festgelegt, dürfen alle Clients im Netzwerk das exportierte Dateisystem einhängen.

Wie Dateisysteme exportiert werden, ist in der folgenden `/etc/exports` zu sehen. Diese Beispiele müssen natürlich an die Arbeitsumgebung und die Netzwerkkonfiguration angepasst werden. Es existieren viele verschiedene Optionen, allerdings werden hier nur wenige von ihnen erwähnt. Eine vollständige Liste der Optionen finden Sie in [exports\(5\)](#).

Dieses Beispiel exportiert `/cdrom` für drei Clients, *alpha*, *bravo* und *charlie*:

```
/cdrom -ro alpha bravo charlie
```

Die Option `-ro` kennzeichnet das exportierte Dateisystem als schreibgeschützt. Dadurch sind Clients nicht in der Lage, das exportierte Dateisystem zu verändern. Dieses Beispiel geht davon aus, dass die Hostnamen entweder über DNS oder über `/etc/hosts` aufgelöst werden können. Lesen Sie [hosts\(5\)](#) falls das Netzwerk über keinen DNS-Server verfügt.

Das nächste Beispiel exportiert `/home` auf drei durch IP-Adressen bestimmte Clients. Diese Einstellung kann für Netzwerke ohne DNS-Server und `/etc/hosts` nützlich sein. Die Option `-alldirs` ermöglicht es, auch Unterverzeichnisse als Mountpunkte festzulegen. Dies bedeutet aber nicht, dass alle Unterverzeichnisse eingehängt werden, vielmehr wird es dem Client ermöglicht, nur diejenigen Verzeichnisse einzuhängen, die auch benötigt werden.

```
/home -alldirs 10.0.0.2 10.0.0.3 10.0.0.4
```

Das nächste Beispiel exportiert `/a`, damit Clients von verschiedenen Domänen auf das Dateisystem zugreifen können. Die Option `-maproot=root` erlaubt es dem Benutzer `root` des Clients, als `root` auf das exportierte Dateisystem zu schreiben. Wenn diese Option nicht gesetzt ist, wird der `root`-Benutzer des Clients dem `nobody`-Konto des Servers zugeordnet und unterliegt somit den Zugriffsbeschränkungen dieses Kontos.

```
/a -maproot=root host.example.com box.example.org
```

Ein Client kann für jedes Dateisystem nur einmal definiert werden. Wenn beispielsweise `/usr` ein gesondertes Dateisystem ist, dann wären die folgenden Einträge falsch, da in beiden Einträgen der gleiche Rechner angegeben wird:

```
#Nicht erlaubt, wenn /usr ein einziges Dateisystem ist
/usr/src client
/usr/ports client
```

Das richtige Format für eine solche Situation ist:

```
/usr/src /usr/ports client
```

Das Folgende ist ein Beispiel für eine gültige Exportliste, in der `/usr` und `/exports` lokale Dateisysteme sind:

```
# Export src and ports to client01 and client02, but only
# client01 has root privileges on it
/usr/src /usr/ports -maproot=root client01
/usr/src /usr/ports client02
```

```
# The client machines have root and can mount anywhere
# on /exports. Anyone in the world can mount /exports/obj read-only
/exports -alldirs -maproot=root      client01 client02
/exports/obj -ro
```

Damit die vom NFS-Server benötigten Prozesse beim Booten gestartet werden, fügen Sie folgende Optionen in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
rpcbind_enable="YES"
nfs_server_enable="YES"
mountd_flags="-r"
```

Der Server kann jetzt mit diesem Kommando gestartet werden:

```
# service nfsd start
```

Wenn der NFS-Server startet, wird auch mountd automatisch gestartet. Allerdings liest mountd `/etc/exports` nur, wenn der Server gestartet wird. Um nachfolgende Änderungen an `/etc/exports` wirksam werden zu lassen, kann mountd angewiesen werden, die Datei neu einzulesen:

```
# service mountd reload
```

29.3.2. Konfiguration des Clients

Um den NFS-Client zu aktivieren, setzen Sie folgende Option in `/etc/rc.conf` auf jedem Client:

```
nfs_client_enable="YES"
```

Der Client ist nun in der Lage, ein entferntes Dateisystem einzuhängen. In diesen Beispielen ist der Name des Servers `server` und der Name des Clients `client`. Fügen Sie folgenden Befehl aus, um das Verzeichnis `/home` vom `server` auf dem `client` ins Verzeichnis `/mnt` einzuhängen:

```
# mount server:/home /mnt
```

Die Dateien und Verzeichnisse in `/home` stehen dem Rechner `client` nun im Verzeichnis `/mnt` zur Verfügung.

Um ein entferntes Dateisystem bei jedem Systemstart automatisch einzuhängen, fügen Sie das Dateisystem in `/etc/fstab` ein:

```
server:/home /mnt nfs rw 0 0
```

[fstab\(5\)](#) enthält eine Beschreibung aller Optionen.

29.3.3. Dateien sperren (Locking)

Einige Anwendungen erfordern die Sperrung von Dateien, damit sie korrekt arbeiten. Um diese Sperre zu aktivieren, müssen diese Zeilen in `/etc/rc.conf` sowohl auf dem Client als auch auf dem Server hinzugefügt werden:

```
rpc_lockd_enable="YES"
rpc_statd_enable="YES"
```

Danach starten Sie die beiden Anwendungen:

```
# service lockd start
# service statd start
```

Wenn keine Dateisperren zwischen den NFS-Clients und dem NFS-Server benötigt werden, können Sie den NFS-Client durch die Übergabe der Option `-L` an `mount` zu einer lokalen Sperrung von Dateien zwingen. Weitere Details finden Sie in [mount_nfs\(8\)](#).

29.3.4. Automatisches Einhängen mit amd(8)

Beigetragen von Wylie Stilwell.

Überarbeitet von Chern Lee.

[amd\(8\)](#) (Automatic Mounter Daemon) hängt ein entferntes Dateisystem automatisch ein, wenn auf eine Datei oder ein Verzeichnis in diesem Dateisystem zugegriffen wird. Dateisysteme, die über einen gewissen Zeitraum inaktiv sind, werden von amd automatisch abgehängt.

Dieser Daemon ist eine Alternative zum dauerhaften Einhängen von Dateisystemen in `/etc/fstab`. In der Voreinstellung stellt amd die Verzeichnisse `/host` und `/net` als NFS-Server bereit. Wenn auf eine Datei in diesen Verzeichnissen zugegriffen wird, sucht amd den entsprechenden Mountpunkt und hängt das Dateisystem automatisch ein. `/net` wird zum Einhängen von exportierten Dateisystemen von einer IP-Adresse verwendet, während `/host` zum Einhängen von exportierten Dateisystemen eines durch seinen Namen festgelegten Rechners dient. Ein Zugriff auf eine Datei in `/host/foobar/usr` würde amd veranlassen, das von foobar exportierte Dateisystem `/usr` einzuhängen.

Beispiel 29.2. Ein exportiertes Dateisystem mit amd in den Verzeichnisbaum einhängen

`showmount -e` zeigt in diesem Beispiel die exportierten Dateisysteme des NFS-Servers foobar an:

```
% showmount -e foobar
Exports list on foobar:
/usr                10.10.10.0
/a                 10.10.10.0
% cd /host/foobar/usr
```

Die Ausgabe von `showmount` zeigt `/usr` als exportiertes Dateisystem an. Wenn man in das Verzeichnis `/host/foobar/usr` wechselt, fängt amd die Anfrage ab und versucht den Rechnernamen foobar aufzulösen. Wenn dies gelingt, wird amd automatisch den gewünschten Export in den Verzeichnisbaum einhängen.

Um amd beim Booten zu aktivieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
amd_enable="YES"
```

Um amd direkt zu starten:

```
# service amd start
```

Individuelle Optionen können über die Umgebungsvariable `amd_flags` an amd übergeben werden. In der Voreinstellung ist `amd_flags` eingestellt auf:

```
amd_flags="-a /.amd_mnt -l syslog /host /etc/amd.map /net /etc/amd.map"
```

Die Standardoptionen, mit denen exportierte Dateisysteme in den Verzeichnisbaum eingehängt werden, werden in `/etc/amd.map` festgelegt. Einige der erweiterten Optionen von amd werden in `/etc/amd.conf` definiert.

Weitere Informationen finden Sie in [amd\(8\)](#) und [amd.conf\(5\)](#).

29.4. Network Information System (NIS)

Das Network Information System (NIS) wurde entwickelt, um UNIX®-Systeme zentral verwalten zu können. Dazu zählen beispielsweise Solaris™, HP-UX, AIX®, Linux, NetBSD, OpenBSD und FreeBSD. NIS war ursprünglich als *Yellow Pages* bekannt, aus markenrechtlichen Gründen wurde der Name aber geändert. Dies ist der Grund, warum NIS-Kommandos mit `yp` beginnen.

Bei NIS handelt es sich um ein RPC-basiertes Client/Server-System. Eine Gruppe von Rechnern greift dabei innerhalb einer NIS-Domäne auf gemeinsame Konfigurationsdateien zu. Dies erlaubt es einem Systemadministrator,

NIS-Clients mit minimalem Aufwand einzurichten, sowie Änderungen an der Systemkonfiguration von einem zentralen Ort aus durchzuführen.

FreeBSD verwendet die Version 2 des NIS-Protokolls.

29.4.1. NIS-Begriffe und -Prozesse

Tabelle 30.1 fasst die Begriffe und Anwenderprozesse zusammen, die von NIS verwendet werden:

Tabelle 29.1. NIS Begriffe

Begriff	Beschreibung
NIS-Domänenname	NIS-Masterserver und Clients benutzen einen gemeinsamen NIS-Domänennamen. In der Regel hat dieser Name nichts mit DNS zu tun.
rpcbind(8)	Dieser Dienst aktiviert RPC und muss gestartet sein, damit ein NIS-Server oder -Client ausgeführt werden kann.
ypbind(8)	Dieser Dienst „bindet“ einen NIS-Client an seinen NIS-Server. Der Client bezieht den NIS-Domänennamen vom System und stellt über das RPC-Protokoll eine Verbindung zum NIS-Server her. ypbind ist der zentrale Bestandteil der Client-Server-Kommunikation in einer NIS-Umgebung. Wird der Dienst auf einem Client beendet, ist dieser nicht mehr in der Lage, auf den NIS-Server zuzugreifen.
ypserv(8)	Dies ist der Prozess für den NIS-Server. Wenn dieser Dienst nicht mehr läuft, kann der Server nicht mehr auf NIS-Anforderungen reagieren. Wenn ein Slaveserver existiert, kann dieser als Ersatz fungieren. Einige NIS-Systeme (allerdings nicht das von FreeBSD) versuchen allerdings erst gar nicht, sich mit einem anderen Server zu verbinden, wenn der Masterserver nicht mehr reagiert. Die einzige Lösung besteht darin, den Serverprozess oder den ypbind-Prozess auf dem Client neu zu starten.
rpc.yppasswdd(8)	Dieser Prozess läuft nur auf dem NIS-Masterserver. Es handelt sich um einen Daemonprozess, der es NIS-Clients ermöglicht, ihre NIS-Passwörter zu ändern. Wenn dieser Daemon nicht läuft, müssen sich die Benutzer am NIS-Masterserver anmelden und ihre Passwörter dort ändern.

29.4.2. Arten von NIS-Rechnern

- NIS-Masterserver

Dieser Server dient als zentraler Speicherort für Rechnerkonfigurationen. Zudem verwaltet er die maßgebliche Kopie, der von den NIS-Clients gemeinsam verwendeten Dateien. `passwd`, `group`, sowie verschiedene andere von den Clients verwendete Dateien existieren auf dem Masterserver. Obwohl ein Rechner auch für mehrere NIS-Domänen als Masterserver fungieren kann, wird diese Art von Konfiguration nicht behandelt, da sich dieser Abschnitt auf eine relativ kleine NIS-Umgebung konzentriert.

- NIS-Slaveserver

NIS-Slaveserver verwalten Kopien der Daten des NIS-Masterservers um Redundanz zu bieten. Zudem entlasten Slaveserver den Masterserver: NIS-Clients verbinden sich immer mit dem NIS-Server, welcher zuerst reagiert. Dieser Server kann auch ein Slaveserver sein.

- NIS-Clients

NIS-Clients identifizieren sich gegenüber dem NIS-Server während der Anmeldung.

Mit NIS können Informationen aus verschiedenen Dateien von mehreren Rechnern gemeinsam verwendet werden. `master.passwd`, `group`, und `hosts` werden oft gemeinsam über NIS verwendet. Immer, wenn ein Prozess auf einem Client auf Informationen zugreifen will, die normalerweise in lokalen Dateien vorhanden wären, wird stattdessen eine Anfrage an den NIS-Server gestellt, an den der Client gebunden ist.

29.4.3. Planung

Dieser Abschnitt beschreibt eine einfache NIS-Umgebung, welche aus 15 FreeBSD-Maschinen besteht, für die keine zentrale Verwaltung existiert. Jeder Rechner hat also eine eigene Version von `/etc/passwd` und `/etc/master.passwd`. Diese Dateien werden manuell synchron gehalten; wird ein neuer Benutzer angelegt, so muss dies auf allen fünfzehn Rechnern manuell erledigt werden.

In Zukunft soll die Konfiguration wie folgt aussehen:

Rechnername	IP-Adresse	Rechneraufgabe
ellington	10.0.0.2	NIS-Master
coltrane	10.0.0.3	NIS-Slave
basie	10.0.0.4	Workstation der Fakultät
bird	10.0.0.5	Clientrechner
cli[1-11]	10.0.0.[6-17]	Verschiedene andere Clients

Wenn erstmalig ein NIS-Schema eingerichtet wird, sollte es im Voraus sorgfältig geplant werden. Unabhängig von der Größe des Netzwerks müssen einige Entscheidungen im Rahmen des Planungsprozesses getroffen werden.

29.4.3.1. Einen NIS-Domänennamen wählen

Wenn ein Client Informationen anfordert, ist in dieser Anforderung der Name der NIS-Domäne enthalten. Dadurch weiß jeder Server im Netzwerk, auf welche Anforderung er antworten muss. Stellen Sie sich den NIS-Domänennamen als einen Namen einer Gruppe von Rechnern vor.

Manchmal wird der Name der Internetdomäne auch für die NIS-Domäne verwendet. Dies ist allerdings nicht empfehlenswert, da es bei der Behebung von Problemen verwirrend sein kann. Der Name der NIS-Domäne sollte innerhalb des Netzwerks eindeutig sein. Hilfreich ist es, wenn der Name die Gruppe der in ihr zusammengefassten Rechner beschreibt. Die Kunstabteilung von Acme Inc. hätte daher vielleicht die NIS-Domäne „acme-art“. Für dieses Beispiel wird der Name `test-domain` verwendet.

Es gibt jedoch auch Betriebssysteme, die als NIS-Domänennamen den Namen der Internetdomäne verwenden. Wenn dies für einen oder mehrere Rechner des Netzwerks zutrifft, muss der Name der Internetdomäne als NIS-Domänennamen verwendet werden.

29.4.3.2. Anforderungen an den Server

Bei der Wahl des NIS-Servers müssen einige Dinge beachtet werden. Da die NIS-Clients auf die Verfügbarkeit des Servers angewiesen sind, sollten Sie einen Rechner wählen, der nicht regelmäßig neu gestartet werden muss. Der NIS-Server sollte idealerweise ein alleinstehender Rechner sein, dessen einzige Aufgabe es ist, als NIS-Server zu dienen. Wenn das Netzwerk nicht zu stark ausgelastet ist, ist es auch möglich, den NIS-Server als weiteren Dienst auf einem anderen Rechner laufen zu lassen. Wenn jedoch ein NIS-Server ausfällt, wirkt sich dies negativ auf *alle* NIS-Clients aus.

29.4.4. Einen NIS-Masterserver konfigurieren

Die verbindlichen Kopien aller NIS-Dateien befinden sich auf dem Masterserver. Die Datenbanken, in denen die Informationen gespeichert sind, bezeichnet man als NIS-Maps. Unter FreeBSD werden diese Maps unter `/var/yp/[domainname]` gespeichert, wobei `[domainname]` der Name der NIS-Domäne ist. Da ein NIS-Server mehrere Domänen verwalten kann, können auch mehrere Verzeichnisse vorhanden sein. Jede Domäne verfügt über ein eigenes Verzeichnis sowie einen eigenen, von anderen Domänen unabhängigen Satz von NIS-Maps.

NIS-Master- und Slaveserver verwenden `ypserv(8)`, um NIS-Anfragen zu bearbeiten. Dieser Daemon ist für eingehende Anfragen der NIS-Clients verantwortlich. Er ermittelt aus der angeforderten Domäne und Map einen Pfad zur entsprechenden Datenbank, und sendet die angeforderten Daten von der Datenbank zum Client.

Abhängig von den Anforderungen ist die Einrichtung eines NIS-Masterservers relativ einfach, da NIS von FreeBSD bereits in der Standardkonfiguration unterstützt wird. Es kann durch folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` aktiviert werden:

1. `nisdomainname="test-domain"`

Diese Zeile setzt den NIS-Domänennamen auf `test-domain`.

2. `nis_server_enable="YES"`

Dadurch werden die NIS-Serverprozesse beim Systemstart automatisch ausgeführt.

3. `nis_yppasswdd_enable="YES"`

Durch diese Zeile wird der `rpc.yppasswdd(8)`-Daemon aktiviert, der die Änderung von NIS-Passwörtern von einem Client aus ermöglicht.

Wird `ypserv` in einer Multi-Serverdomäne verwendet, in der NIS-Server gleichzeitig als NIS-Clients arbeiten, ist es eine gute Idee, diese Server zu zwingen, sich an sich selbst zu binden. Damit wird verhindert, dass Bindeanforderungen gesendet werden und sich die Server gegenseitig binden. Sonst könnten seltsame Fehler auftreten, wenn ein Server ausfällt, auf den andere Server angewiesen sind. Letztlich werden alle Clients einen Timeout melden, und versuchen, sich an andere Server zu binden. Die dadurch entstehende Verzögerung kann beträchtlich sein. Außerdem kann der Fehler erneut auftreten, da sich die Server wiederum aneinander binden könnten.

Server, die auch als Client arbeiten, können durch das Hinzufügen der folgenden Zeilen in `/etc/rc.conf` zu gezwungen werden, sich an einen bestimmten Server zu binden:

```
nis_client_enable="YES" # run client stuff as well
nis_client_flags="-S NIS domain ,server"
```

Nachdem die Parameter konfiguriert wurden, muss noch `/etc/netstart` ausgeführt werden, um alles entsprechend den Vorgaben in `/etc/rc.conf` einzurichten. Bevor die NIS-Maps einrichtet werden können, muss der `ypserv(8)`-Daemon manuell gestartet werden:

```
# service ypserv start
```

29.4.4.1. Die NIS-Maps initialisieren

NIS-Maps werden am NIS-Masterserver aus den Konfigurationsdateien unter `/etc` erzeugt. Einzige Ausnahme: `/etc/master.passwd`. Dies verhindert, dass die Passwörter für `root`- oder andere Administratorkonten an alle Server in der NIS-Domäne verteilt werden. Deshalb werden die primären Passwort-Dateien konfiguriert, bevor die NIS-Maps initialisiert werden:

```
# cp /etc/master.passwd /var/yp/master.passwd
# cd /var/yp
# vi master.passwd
```

Es ist ratsam, alle Einträge für Systemkonten sowie Benutzerkonten, die nicht an die NIS-Clients weitergegeben werden sollen, wie beispielsweise `root` und weitere administrative Konten, zu entfernen.



Anmerkung

Stellen Sie sicher, dass `/var/yp/master.passwd` weder von der Gruppe noch von der Welt gelesen werden kann, indem Sie Zugriffsmodus auf `600` einstellen.

Nun können die NIS-Maps initialisiert werden. FreeBSD verwendet dafür das Skript `ypinit(8)`. Geben Sie `-m` und den NIS-Domänennamen an, wenn Sie NIS-Maps für den Masterserver erzeugen:

```

ellington# ypinit -m test-domain
Server Type: MASTER Domain: test-domain
Creating an YP server will require that you answer a few questions.
Questions will all be asked at the beginning of the procedure.
Do you want this procedure to quit on non-fatal errors? [y/n: n] n
Ok, please remember to go back and redo manually whatever fails.
If not, something might not work.
At this point, we have to construct a list of this domains YP servers.
rod.darktech.org is already known as master server.
Please continue to add any slave servers, one per line. When you are
done with the list, type a <control D>.
master server : ellington
next host to add: coltrane
next host to add: ^D
The current list of NIS servers looks like this:
ellington
coltrane
Is this correct? [y/n: y] y

[..output from map generation..]

NIS Map update completed.
ellington has been setup as an YP master server without any errors.

```

Dadurch erzeugt ypinit /var/yp/Makefile aus /var/yp/Makefile.dist. Diese Datei geht in der Voreinstellung davon aus, dass in einer NIS-Umgebung mit nur einem Server gearbeitet wird und dass alle Clients unter FreeBSD laufen. Da test-domain aber auch über einen Slaveserver verfügt, muss /var/yp/Makefile entsprechend angepasst werden, sodass es mit einem Kommentar (#) beginnt:

```
NOPUSH = "True"
```

29.4.4.2. Neue Benutzer hinzufügen

Jedes Mal, wenn ein neuer Benutzer angelegt wird, muss er am NIS-Masterserver hinzugefügt und die NIS-Maps anschließend neu erzeugt werden. Wird dieser Punkt vergessen, kann sich der neue Benutzer *nur* am NIS-Masterserver anmelden. Um beispielsweise den neuen Benutzer jsmith zur Domäne test-domain hinzufügen wollen, müssen folgende Kommandos auf dem Masterserver ausgeführt werden:

```

# pw useradd jsmith
# cd /var/yp
# make test-domain

```

Statt pw useradd jsmith kann auch adduser jsmith verwendet werden.

29.4.5. Einen NIS-Slaveserver einrichten

Um einen NIS-Slaveserver einzurichten, melden Sie sich am Slaveserver an und bearbeiten Sie /etc/rc.conf analog zum Masterserver. Erzeugen Sie aber keine NIS-Maps, da diese bereits auf dem Server vorhanden sind. Wenn ypinit auf dem Slaveserver ausgeführt wird, benutzen Sie -s (Slave) statt -m (Master). Diese Option benötigt den Namen des NIS-Masterservers und den Domänennamen, wie in diesem Beispiel zu sehen:

```

coltrane# ypinit -s ellington test-domain

Server Type: SLAVE Domain: test-domain Master: ellington

Creating an YP server will require that you answer a few questions.
Questions will all be asked at the beginning of the procedure.

Do you want this procedure to quit on non-fatal errors? [y/n: n] n

Ok, please remember to go back and redo manually whatever fails.
If not, something might not work.
There will be no further questions. The remainder of the procedure
should take a few minutes, to copy the databases from ellington.

```

```

Transferring netgroup...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring netgroup.byuser...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring netgroup.byhost...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring master.passwd.byuid...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring passwd.byuid...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring passwd.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring group.bygid...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring group.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring services.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring rpc.bynumber...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring rpc.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring protocols.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring master.passwd.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring networks.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring networks.byaddr...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring netid.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring hosts.byaddr...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring protocols.bynumber...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring ypservers...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred
Transferring hosts.byname...
ypxfr: Exiting: Map successfully transferred

coltrane has been setup as an YP slave server without any errors.
Remember to update map ypservers on ellington.

```

Hierbei wird auf dem Slaveserver ein Verzeichnis namens `/var/yp/test-domain` erstellt, welches Kopien der NIS-Masterserver-Maps enthält. Durch hinzufügen der folgenden Zeilen in `/etc/crontab` wird der Slaveserver angewiesen, seine Maps mit den Maps des Masterservers zu synchronisieren:

20	*	*	*	*	root	/usr/libexec/ypxfr passwd.byname
21	*	*	*	*	root	/usr/libexec/ypxfr passwd.byuid

Diese Einträge sind nicht zwingend notwendig, da der Masterserver automatisch versucht, alle Änderungen seiner NIS-Maps an seine Slaveserver weiterzugeben. Da Passwortinformationen aber auch für nur vom Slaveserver abhängige Systeme vital sind, ist es eine gute Idee, diese Aktualisierungen zu erzwingen. Besonders wichtig ist dies in stark ausgelasteten Netzen, in denen Map-Aktualisierungen unvollständig sein könnten.

Um die Konfiguration abzuschließen, führen Sie `/etc/netstart` auf dem Slaveserver aus, um die NIS-Dienste erneut zu starten.

29.4.6. Einen NIS-Client einrichten

Ein NIS-Client bindet sich unter Verwendung von `ypbind` an einen NIS-Server. Dieser Daemon sendet RPC-Anfragen auf dem lokalen Netzwerk. Diese Anfragen legen den Namen der Domäne fest, die auf dem Client konfiguriert ist. Wenn der Server der entsprechenden Domäne eine solche Anforderung erhält, schickt er eine Antwort

an `ypbind`, das wiederum die Adresse des Servers speichert. Wenn mehrere Server verfügbar sind, verwendet der Client die erste erhaltene Adresse und richtet alle Anfragen an genau diesen Server. `ypbind` „pingt“ den Server gelegentlich an, um sicherzustellen, dass der Server funktioniert. Antwortet der Server innerhalb eines bestimmten Zeitraums nicht (Timeout), markiert `ypbind` die Domäne als ungebunden und beginnt erneut, RPCs über das Netzwerk zu verteilen, um einen anderen Server zu finden.

Einen FreeBSD-Rechner als NIS-Client einrichten:

1. Fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` ein, um den NIS-Domännennamen festzulegen, und um `ypbind(8)` bei der Initialisierung des Netzwerks zu starten:

```
nisdomainname="test-domain"
nis client enable="YES"
```

- Um alle Passworteinträge des NIS-Servers zu importieren, löschen Sie alle Benutzerkonten in `/etc/master.passwd` mit `vipw`. Denken Sie daran, zumindest ein lokales Benutzerkonto zu behalten. Dieses Konto sollte außerdem Mitglied der Gruppe `wheel` sein. Wenn es mit NIS Probleme gibt, können Sie diesen Zugang verwenden, um sich als Superuser anzumelden und das Problem zu beheben. Bevor Sie die Änderungen speichern, fügen Sie folgende Zeile am Ende der Datei hinzu:

+ : : : : : : : : : :

Diese Zeile legt für alle gültigen Benutzerkonten der NIS-Server-Maps einen Zugang an. Es gibt verschiedene Wege, den NIS-Client durch Änderung dieser Zeile zu konfigurieren. Eine Methode wird in [Abschnitt 29.4.8, „Netzgruppen verwenden“](#) beschrieben. Weitere detaillierte Informationen finden Sie im Buch **Managing NFS and NIS** vom O'Reilly Verlag.

- Um alle möglichen Gruppeneinträge vom NIS-Server zu importieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/group` ein:

$$+ \quad ; \quad * \quad ; \quad ;$$

Um den NIS-Client direkt zu starten, führen Sie als Superuser die folgenden Befehle aus:

```
# /etc/netstart
# service ypbind start
```

Danach sollte bei der Eingabe von `ypcat passwd` auf dem Client die `passwd`-Map des NIS-Servers angezeigt werden.

29.4.7. Sicherheit unter NIS

Da RPC ein Broadcast-basierter Dienst ist, kann jedes System innerhalb der Domäne mittels ypbind den Inhalt der NIS-Maps abrufen. Um nicht autorisierte Transaktionen zu verhindern, unterstützt `ypserv(8)` eine Funktion namens „securenets“, durch die der Zugriff auf bestimmte Rechner beschränkt werden kann. In der Voreinstellung sind diese Informationen in `/var/yp/securenets` gespeichert, es sei denn, `ypserv(8)` wurde mit der Option `-p` und einem alternativen Pfad gestartet. Diese Datei enthält Einträge, die aus einer Netzwerkadresse und einer Netzmaske bestehen. Kommentarzeilen beginnen mit „#“. `/var/yp/securenets` könnte beispielsweise so aussehen:

```
# allow connections from local host -- mandatory
127.0.0.1      255.255.255.255
# allow connections from any host
# on the 192.168.128.0 network
192.168.128.0 255.255.255.0
# allow connections from any host
# between 10.0.0.0 to 10.0.15.255
# this includes the machines in the testlab
10.0.0.0       255.255.240.0
```

Wenn `ypserv(8)` eine Anforderung von einer zu diesen Regeln passenden Adresse erhält, wird die Anforderung bearbeitet. Gibt es keine passende Regel, wird die Anforderung ignoriert und eine Warnmeldung aufgezeichnet. Wenn `securenets` nicht existiert, erlaubt `ypserv` Verbindungen von jedem Rechner.

Abschnitt 14.4, „TCP Wrapper“ beschreibt eine alternative Methode zur Zugriffskontrolle. Obwohl beide Methoden einige Sicherheit gewähren, sind sie anfällig für „IP-Spoofing“-Angriffe. Der NIS-Verkehr sollte daher von einer Firewall blockiert werden.

Server, die `securenets` verwenden, können Schwierigkeiten bei der Anmeldung von NIS-Clients haben, die ein veraltetes TCP/IP-Subsystem besitzen. Einige dieser TCP/IP-Subsysteme setzen alle Rechnerbits auf Null, wenn sie einen Broadcast durchführen oder können die Subnetzmaske nicht auslesen, wenn sie die Broadcast-Adresse berechnen. Einige Probleme können durch Änderungen der Clientkonfiguration behoben werden. Andere hingegen lassen sich nur durch das Entfernen des betreffenden Rechners aus dem Netzwerk oder den Verzicht auf `securenets` umgehen.

Die Verwendung der TCP-Wrapper verlangsamt die Reaktion des NIS-Servers. Diese zusätzliche Reaktionszeit kann in Clientprogrammen zu Timeouts führen. Dies vor allem in Netzwerken, die stark ausgelastet sind, oder nur über langsame NIS-Server verfügen. Wenn ein oder mehrere Clients dieses Problem aufweisen, sollten Sie die betreffenden Clients in NIS-Slaveserver umwandeln, und diese an sich selbst binden.

29.4.7.1. Bestimmte Benutzer an der Anmeldung hindern

In diesem Beispiel gibt es innerhalb der NIS-Domäne den Rechner `basie`, der nur für Mitarbeiter der Fakultät bestimmt ist. Die `passwd` Datenbank des NIS-Masterservers enthält Benutzerkonten sowohl für Fakultätsmitarbeiter als auch für Studenten. Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie den Mitarbeitern der Fakultät die Anmeldung am System ermöglichen, während den Studenten die Anmeldung verweigert wird.

Es gibt eine Möglichkeit, bestimmte Benutzer an der Anmeldung an einem bestimmten Rechner zu hindern, selbst wenn diese in der NIS-Datenbank vorhanden sind. Dazu kann mit `vipw` der Eintrag `-Benutzername` und die richtige Anzahl von Doppelpunkten an das Ende von `/etc/master.passwd` gesetzt werden, wobei `Benutzername` der zu blockierende Benutzername ist. Die Zeile mit dem geblockten Benutzer muss dabei vor der + Zeile, für zugelassene Benutzer stehen. In diesem Beispiel wird die Anmeldung für den Benutzer `bill` am Rechner `basie` blockiert:

```
basie# cat /etc/master.passwd
root:[password]:0:0::0:0:The super-user:/root:/bin/csh
toor:[password]:0:0::0:0:The other super-user:/root:/bin/sh
daemon:*:1:1::0:0:Owner of many system processes:/root:/sbin/nologin
operator:*:2:5::0:0:System &:/sbin/nologin
bin:*:3:7::0:0:Binaries Commands and Source,,,:/sbin/nologin
tty:*:4:65533::0:0:Tty Sandbox:/sbin/nologin
kmem:*:5:65533::0:0:KMem Sandbox:/sbin/nologin
games:*:7:13::0:0:Games pseudo-user:/usr/games:/sbin/nologin
news:*:8:8::0:0:News Subsystem:/sbin/nologin
man:*:9:9::0:0:Mister Man Pages:/usr/share/man:/sbin/nologin
bind:*:53:53::0:0:Bind Sandbox:/sbin/nologin
uucp:*:66:66::0:0:UUCP pseudo-user:/var/spool/uucppublic:/usr/libexec/uucp/uucico
xten:*:67:67::0:0:X-10 daemon:/usr/local/xten:/sbin/nologin
pop:*:68:6::0:0:Post Office Owner:/nonexistent:/sbin/nologin
nobody:*:65534:65534::0:0:Unprivileged user:/nonexistent:/sbin/nologin
-bill:::::::::
+:::::::::
basie#
```

29.4.8. Netzgruppen verwenden

Bestimmten Benutzern die Anmeldung an einzelnen Systemen zu verweigern, kann in großen Netzwerken schnell unübersichtlich werden. Dadurch verlieren Sie den Hauptvorteil von NIS: die *zentrale* Verwaltung.

Netzgruppen wurden entwickelt, um große, komplexe Netzwerke mit Hunderten Benutzern und Rechnern zu verwalten. Ihre Aufgabe ist vergleichbar mit UNIX® Gruppen. Die Hauptunterschiede sind das Fehlen einer numerischen ID sowie die Möglichkeit, Netzgruppen zu definieren, die sowohl Benutzer als auch andere Netzgruppen enthalten.

Um das Beispiel in diesem Kapitel fortzuführen, wird die NIS-Domäne um zusätzliche Benutzer und Rechner erweitert:

Tabelle 29.2. Zusätzliche Benutzer

Benutzername(n)	Beschreibung
alpha, beta	Mitarbeiter der IT-Abteilung
charlie, delta	Lehrlinge der IT-Abteilung
echo, foxtrott, golf, ...	Mitarbeiter
able, baker, ...	Praktikanten

Tabelle 29.3. Zusätzliche Rechner

Rechnername(n)	Beschreibung
war, death, famine, pollution	Nur Mitarbeiter der IT-Abteilung dürfen sich an diesen Rechnern anmelden.
pride, greed, envy, wrath, lust, sloth	Nur Mitarbeiter und Lehrlinge der IT-Abteilung dürfen sich auf diesen Rechnern anmelden.
one, two, three, four, ...	Gewöhnliche Arbeitsrechner für Mitarbeiter.
trashcan	Ein sehr alter Rechner ohne kritische Daten. Sogar Praktikanten dürfen diesen Rechner verwenden.

Bei der Verwendung von Netzgruppen wird jeder Benutzer einer oder mehreren Netzgruppen zugewiesen und die Anmeldung wird dann für die Netzgruppe erlaubt oder verwehrt. Wenn ein neuer Rechner hinzugefügt wird, müssen die Zugangsbeschränkungen nur für die Netzgruppen festgelegt werden. Wird ein neuer Benutzer angelegt, muss er einer oder mehreren Netzgruppen zugewiesen werden. Wenn die Einrichtung von NIS sorgfältig geplant wurde, muss nur noch eine zentrale Konfigurationsdatei bearbeitet werden, um den Zugriff auf bestimmte Rechner zu erlauben oder zu verbieten.

Dieses Beispiel erstellt vier Netzgruppen: IT-Mitarbeiter, IT-Lehrlinge, normale Mitarbeiter sowie Praktikanten:

```
IT_EMP    (,alpha,test-domain)    (,beta,test-domain)
IT_APP    (,charlie,test-domain)  (,delta,test-domain)
USERS     (,echo,test-domain)     (,foxtrott,test-domain) \
          (,golf,test-domain)
INTERNS   (,able,test-domain)     (,baker,test-domain)
```

Jede Zeile konfiguriert eine Netzgruppe. Die erste Spalte der Zeile bezeichnet den Namen der Netzgruppe. Die Einträge in den Klammern stehen entweder für eine Gruppe von einem oder mehreren Benutzern, oder für den Namen einer weiteren Netzgruppe. Wenn ein Benutzer angegeben wird, haben die drei Felder in der Klammer folgende Bedeutung:

1. Der Name des Rechner(s), auf dem die weiteren Felder für den Benutzer gültig sind. Wird kein Rechnername festgelegt, ist der Eintrag auf allen Rechnern gültig.
2. Der Name des Benutzerkontos, der zu dieser Netzgruppe gehört.
3. Die NIS-Domäne für das Benutzerkonto. Benutzerkonten können von anderen NIS-Domänen in eine Netzgruppe importiert werden.

Wenn eine Gruppe mehrere Benutzer enthält, müssen diese durch Leerzeichen getrennt werden. Darüber hinaus kann jedes Feld Wildcards enthalten. Weitere Einzelheiten finden Sie in [netgroup\(5\)](#).

Netzgruppennamen sollten nicht länger als 8 Zeichen sein. Es wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden. Die Verwendung von Großbuchstaben für Netzgruppennamen ermöglicht eine leichte Unterscheidung zwischen Benutzern, Rechnern und Netzgruppen.

Einige NIS-Clients (dies gilt nicht für FreeBSD) können keine Netzgruppen mit mehr als 15 Einträgen verwalten. Diese Grenze kann umgangen werden, indem mehrere Subnetzgruppen mit weniger als fünfzehn Benutzern angelegt werden und diese Subnetzgruppen wiederum in einer Netzgruppe zusammengefasst wird, wie in diesem Beispiel zu sehen:

```
BIGGRP1  (,joe1,domain)  (,joe2,domain)  (,joe3,domain) [...-]
BIGGRP2  (,joe16,domain) (,joe17,domain) [...-]
BIGGRP3  (,joe31,domain) (,joe32,domain)
BIGGROUP  BIGGRP1 BIGGRP2 BIGGRP3
```

Wiederholen Sie diesen Vorgang, wenn mehr als 225 (15*15) Benutzer in einer einzigen Netzgruppe existieren.

Die neue NIS-Map aktivieren und verteilen:

```
ellington# cd /var/yp
ellington# make
```

Dadurch werden die NIS-Maps `netgroup`, `netgroup.byhost` und `netgroup.byuser` erzeugt. Prüfen Sie die Verfügbarkeit der neuen NIS-Maps mit `yycat(1)`:

```
ellington% yycat -k netgroup
ellington% yycat -k netgroup.byhost
ellington% yycat -k netgroup.byuser
```

Die Ausgabe des ersten Befehls gibt den Inhalt von `/var/yp/netgroup` wieder. Der zweite Befehl erzeugt nur dann eine Ausgabe, wenn rechner spezifische Netzgruppen erzeugt wurden. Der dritte Befehl gibt die Netzgruppen nach Benutzern sortiert aus.

Wenn Sie einen Client einrichten, verwenden Sie `vipw(8)` um den Namen der Netzgruppe anzugeben. Ersetzen Sie beispielsweise auf dem Server namens `war` die folgende Zeile:

```
+:::~:::
```

durch

```
+@IT_EMP:::~:::
```

ersetzt werden.

Diese Zeile legt fest, dass nur noch Benutzer der Netzgruppe `IT_EMP` in die Passwortdatenbank dieses Systems importiert werden. Nur diese Benutzer dürfen sich an diesem Server anmelden.

Diese Konfiguration gilt auch für die `~`-Funktion der Shell und für alle Routinen, die auf Benutzernamen und numerische Benutzer-IDs zugreifen. Oder anders formuliert, `cd ~Benutzer` ist nicht möglich, `ls -l` zeigt die numerische Benutzer-ID statt dem Benutzernamen und `find . -user joe -print` erzeugt die Fehlermeldung `No such user`. Um dieses Problem zu beheben, müssen alle Benutzereinträge importiert werden, ohne ihnen jedoch zu erlauben, sich am Server anzumelden. Dies kann durch das Hinzufügen einer zusätzlichen Zeile erreicht werden:

```
+:::~:::/sbin/nologin
```

Diese Zeile weist den Client an, alle Einträge zu importieren, aber die Shell in diesen Einträgen durch `/sbin/nologin` zu ersetzen.

Stellen Sie sicher, dass die zusätzliche Zeile *nach* der Zeile `+@IT_EMP:::~:::` eingetragen ist. Andernfalls haben alle via NIS importierten Benutzerkonten `/sbin/nologin` als Loginshell und niemand wird sich mehr am System anmelden können.

Um die weniger wichtigen Server zu konfigurieren, ersetzen Sie den alten Eintrag `+:::~:::` auf den Servern mit diesen Zeilen:

```
+@IT_EMP:::~:::
+@IT_APP:::~:::
+:::~:::/sbin/nologin
```

Die entsprechenden Zeilen für Arbeitsplätze lauten:

```
+@IT_EMP:::::::::
+@USERS:::::::::
+:::::::::/sbin/nologin
```

NIS ist in der Lage, Netzgruppen aus anderen Netzgruppen zu bilden. Dies kann nützlich sein, wenn sich die Firmenpolitik ändert. Eine Möglichkeit ist die Erzeugung rollenbasierter Netzgruppen. Sie könnten eine Netzgruppe BIGSRV erzeugen, um den Zugang zu den wichtigsten Servern zu beschränken, eine weitere Gruppe SMALLSRV für die weniger wichtigen Server und eine dritte Netzgruppe USERBOX für die Arbeitsplatzrechner. Jede dieser Netzgruppen enthält die Netzgruppen, die sich auf diesen Rechnern anmelden dürfen. Die Einträge der Netzgruppen in der NIS-Map sollten ähnlich den folgenden aussehen:

```
BIGSRV    IT_EMP  IT_APP
SMALLSRV  IT_EMP  IT_APP  ITINTERN
USERBOX   IT_EMP  ITINTERN  USERS
```

Diese Methode funktioniert besonders gut, wenn Rechner in Gruppen mit identischen Beschränkungen eingeteilt werden können. Unglücklicherweise ist dies die Ausnahme und nicht die Regel. Meistens wird die Möglichkeit zur rechnerspezifischen Zugangsbeschränkung benötigt.

Rechnerspezifische Netzgruppen sind eine weitere Möglichkeit, um mit den oben beschriebenen Änderungen umzugehen. In diesem Szenario enthält `/etc/master.passwd` auf jedem Rechner zwei mit „+“ beginnende Zeilen. Die erste Zeile legt die Netzgruppe mit den Benutzern fest, die sich auf diesem Rechner anmelden dürfen. Die zweite Zeile weist allen anderen Benutzern `/sbin/nologin` als Shell zu. Verwenden Sie auch hier (analog zu den Netzgruppen) Großbuchstaben für die Rechnernamen:

```
+@BOXNAME:::::::::
+:::::::::/sbin/nologin
```

Sobald dies für alle Rechner erledigt ist, müssen die lokalen Versionen von `/etc/master.passwd` nie mehr verändert werden. Alle weiteren Änderungen geschehen über die NIS-Maps. Nachfolgend ein Beispiel für eine mögliche Netzgruppen-Map:

```
# Define groups of users first
IT_EMP    (,alpha,test-domain)    (,beta,test-domain)
IT_APP    (,charlie,test-domain)   (,delta,test-domain)
DEPT1     (,echo,test-domain)      (,foxtrott,test-domain)
DEPT2     (,golf,test-domain)      (,hotel,test-domain)
DEPT3     (,india,test-domain)     (,juliet,test-domain)
ITINTERN  (,kilo,test-domain)      (,lima,test-domain)
D_INTERNS (,able,test-domain)      (,baker,test-domain)
#
# Now, define some groups based on roles
USERS     DEPT1  DEPT2  DEPT3
BIGSRV    IT_EMP IT_APP
SMALLSRV  IT_EMP IT_APP ITINTERN
USERBOX   IT_EMP ITINTERN  USERS
#
# And a groups for a special tasks
# Allow echo and golf to access our anti-virus-machine
SECURITY  IT_EMP (,echo,test-domain) (,golf,test-domain)
#
# machine-based netgroups
# Our main servers
WAR       BIGSRV
FAMINE    BIGSRV
# User india needs access to this server
POLLUTION BIGSRV (,india,test-domain)
#
# This one is really important and needs more access restrictions
DEATH     IT_EMP
#
# The anti-virus-machine mentioned above
```

```
ONE      SECURITY
#
# Restrict a machine to a single user
TWO      (,hotel,test-domain)
# [...more groups to follow]
```

Es ist nicht immer ratsam, rechnerbasierte Netzgruppen zu verwenden. Wenn Dutzende oder Hunderte identische Rechner eingerichtet werden müssen, sollten rollenbasierte Netzgruppen verwendet werden, um die Größe der NIS-Maps in Grenzen zu halten.

29.4.9. Passwortformate

Alle Rechner innerhalb der NIS-Domäne müssen für die Verschlüsselung von Passwörtern das gleiche Format benutzen. Wenn Benutzer Schwierigkeiten bei der Authentifizierung auf einem NIS-Client haben, liegt dies möglicherweise an einem anderen Passwort-Format. In einem heterogenen Netzwerk muss das verwendete Format von allen Betriebssystemen unterstützt werden, wobei DES der kleinste gemeinsame Standard ist.

Welches Format die Server und Clients verwenden, steht in `/etc/login.conf`:

```
default:\
:passwd_format=des:\
:copyright=/etc/COPYRIGHT:\
[weitere Einträge]
```

In diesem Beispiel verwendet das System das Format DES. Weitere mögliche Werte sind unter anderem `blf` und `md5` (mit Blowfish und MD5 verschlüsselte Passwörter).

Wird auf einem Rechner das Format entsprechend der NIS-Domäne geändert, muss anschließend die Login-Capability Datenbank neu erstellt werden:

```
# cap_mkdb /etc/login.conf
```



Anmerkung

Das Format der schon bestehenden Passwörter wird erst aktualisiert, wenn ein Benutzer sein Passwort ändert, *nachdem* die Datenbank neu erstellt wurde.

29.5. Lightweight Access Directory Protocol (LDAP)

Geschrieben von Tom Rhodes.

Das Lightweight Directory Access Protocol (LDAP) ist ein Protokoll der Anwendungsschicht, das verwendet wird um Objekte mithilfe eines verteilten Verzeichnisdienstes abzurufen, zu verändern und zu authentifizieren. Betrachten Sie es als ein Telefonbuch, das homogene Informationen in mehreren hierarchischen Ebenen speichert. Es wird in Active Directory und OpenLDAP-Netzwerken eingesetzt, in denen Benutzer unter Verwendung eines einzigen Kontos auf diverse interne Informationen zugreifen. Beispielsweise kann E-Mail-Authentifizierung, Abfrage von Kontaktinformationen und Website-Authentifizierung über ein einzelnes Benutzerkonto aus der Datenbank des LDAP-Servers erfolgen.

Dieser Abschnitt enthält eine kompakte Anleitung, um einen LDAP-Server auf einem FreeBSD-System zu konfigurieren. Es wird vorausgesetzt, dass der Administrator bereits einen Plan erarbeitet hat, der verschiedene Punkte umfasst, unter anderem die Art der zu speichernden Informationen, für was die Informationen verwendet werden, welche Benutzer Zugriff auf die Informationen haben und wie die Informationen vor unbefugtem Zugriff geschützt werden.

29.5.1. LDAP Terminologie und Struktur

LDAP verwendet mehrere Begriffe die Sie verstehen sollten bevor Sie die Konfiguration beginnen. Alle Verzeichniseinträge bestehen aus einer Gruppe von *Attributen*. Jede Attributgruppe enthält einen eindeutigen Bezeichner, der als *distinguished name* (DN) bekannt ist. Dieser setzt sich normalerweise aus mehreren anderen Attributen, wie dem *Relative Distinguished Name* (RDN) zusammen. Wie bei Verzeichnissen gibt es auch hier absolute und relative Pfade. Betrachten Sie DN als absoluten Pfad und RDN als relativen Pfad.

Beispielsweise könnte ein LDAP-Eintrag wie folgt aussehen. Dieses Beispiel sucht nach dem Eintrag für das angegebene Benutzerkonto (uid), Organisationseinheit (ou und Organisation (o):

```
% ldapsearch -xb "uid= trhodes ,ou=users ,o=example.com "
# extended LDIF
#
# LDAPv3
# base <uid=trhodes,ou=users,o=example.com> with scope subtree
# filter: (objectclass=*)
# requesting: ALL
#
# trhodes, users, example.com
dn: uid=trhodes,ou=users,o=example.com
mail: trhodes@example.com
cn: Tom Rhodes
uid: trhodes
telephoneNumber: (123) 456-7890
# search result
search: 2
result: 0 Success
# numResponses: 2
# numEntries:1
```

Die Einträge in diesem Beispiel zeigen die Werte für die Attribute dn, mail, cn, uid und telephoneNumber. Das Attribut cn ist der RDN.

Weitere Informationen über LDAP und dessen Terminologie finden Sie unter <http://www.openldap.org/doc/admin24/intro.html>.

29.5.2. Konfiguration eines LDAP-Servers

FreeBSD integriert keinen LDAP-Server. Beginnen Sie die Konfiguration durch die Installation des Ports oder Pakets [net/openldap24-server](#). Da der Port viele konfigurierbare Optionen hat, ist es empfehlenswert zu prüfen, ob die Installation des Pakets ausreichend ist. Wenn Sie irgendwelche Optionen ändern möchten, ist es besser den Port zu übersetzen. In den meisten Fällen sollten die Standardwerte ausreichend sein. Wenn Sie jedoch SQL-Unterstützung benötigen, muss diese Option aktiviert und der Port nach den Anweisungen in [Abschnitt 5.5, „Benutzen der Ports-Sammlung“](#) übersetzt werden.

Als nächstes muss ein Verzeichnis für Daten sowie ein Verzeichnis für die Zertifikate erstellt werden:

```
# mkdir /var/db/openldap-data
# mkdir /usr/local/etc/openldap/private
```

Kopieren Sie die Konfigurationsdatei der Datenbank:

```
# cp /usr/local/etc/openldap/DB_CONFIG.example /var/db/openldap-data/DB_CONFIG
```

Im nächsten Schritt wird die Zertifizierungsstelle konfiguriert. Die folgenden Befehle müssen in /usr/local/etc/openldap/private ausgeführt werden. Dies ist wichtig, da die Dateiberechtigungen restriktiv gesetzt werden und

Benutzer keinen direkten Zugriff auf diese Daten haben sollten. Geben Sie folgenden Befehl ein, um die Zertifizierungsstelle zu erstellen und folgen Sie den Anweisungen:

```
# openssl req -days 365 -nodes -new -x509 -keyout ca.key -out ../ca.crt
```

Diese Einträge sind frei wählbar, *mit Ausnahme* von *Common Name*. Hier muss etwas anderes als der Hostname des Systems eingetragen werden. Wenn ein selbstsigniertes Zertifikat verwendet wird, stellen Sie dem Hostnamen einfach das Präfix CA für die Zertifizierungsstelle voran.

Die nächste Aufgabe besteht darin, einen Zertifikatsregistrierungsanforderung (CSR) sowie einen privaten Schlüssel zu erstellen. Geben Sie folgenden Befehl ein und folgen Sie den Anweisungen:

```
# openssl req -days 365 -nodes -new -keyout server.key -out server.csr
```

Stellen Sie hierbei sicher, dass *Common Name* richtig eingetragen wird. Anschließend muss der Schlüssel signiert werden:

```
# openssl x509 -req -days 365 -in server.csr -out ../server.crt -CA ../ca.crt -CAkey ca.key -CAcreateserial
```

Der letzte Schritt für die Erstellung der Zertifikate besteht darin, die Client-Zertifikate zu erstellen und zu signieren:

```
# openssl req -days 365 -nodes -new -keyout client.key -out client.csr
# openssl x509 -req -days 3650 -in client.csr -out ../client.crt -CAkey ca.key
```

Achten Sie wieder auf das Attribut *Common name*. Stellen Sie außerdem sicher, dass bei diesem Verfahren acht (8) neue Dateien erzeugt worden sind. Der nächste Schritt besteht darin, `/usr/local/etc/openldap/slapd.conf` zu editieren und folgende Optionen hinzuzufügen:

```
TLSCipherSuite HIGH:MEDIUM:+SSLv3
TLSCertificateFile /usr/local/etc/openldap/server.crt
TLSCertificateKeyFile /usr/local/etc/openldap/private/server.key
TLSCACertificateFile /usr/local/etc/openldap/ca.crt
```

Danach bearbeiten Sie `/usr/local/etc/openldap/ldap.conf` und fügen folgende Zeilen hinzu:

```
TLS_CACERT /usr/local/etc/openldap/ca.crt
TLS_CIPHER_SUITE HIGH:MEDIUM:+SSLv3
```

Kommentieren Sie die folgenden Einträge aus und setzen Sie sie auf die gewünschten Werte: *BASE*, *URI*, *SIZELIMIT* und *TIMELIMIT*. Setzen Sie bei *URI* `ldap://` und `ldaps://` ein. Fügen Sie danach zwei Einträge ein, die auf die Zertifizierungsstelle verweisen. Wenn Sie fertig sind, sollten die Einträge wie folgt aussehen:

```
BASE      dc=example,dc=com
URI       ldap:// ldap://

SIZELIMIT      12
TIMELIMIT      15

TLS_CACERT /usr/local/etc/openldap/ca.crt
TLS_CIPHER_SUITE HIGH:MEDIUM:+SSLv3
```

Anschließend sollte das Standardpasswort für den Server geändert werden:

```
# slappasswd -h "{SHA}" >> /usr/local/etc/openldap/slapd.conf
```

Dieser Befehl wird nach einem Passwort fragen und, wenn der Prozess nicht fehlschlägt, ein Passwort-Hash an das Ende von `slapd.conf` hinzufügen. Es werden verschiedene Hash-Formate unterstützt. Weitere Informationen hierzu finden Sie in der Manualpage von `slappasswd`.

Als nächstes bearbeiten Sie `/usr/local/etc/openldap/slapd.conf` und fügen folgende Zeilen hinzu:


```
password-hash {sha}
allow bind_v2
```

Das Suffix in dieser Datei muss `BASE` aus `/usr/local/etc/openldap/ldap.conf` entsprechen. Zudem sollte die Option `rootdn` ebenfalls gesetzt werden. Ein guter Wert ist beispielsweise `cn=Manager`. Bevor die Datei gespeichert wird, setzen Sie die Passwortausgabe von `slappasswd` hinter die Option `rootpw`. Das Endergebnis sollte in etwa wie folgt aussehen:

```
TLSCipherSuite HIGH:MEDIUM:+SSLv3
TLSCertificateFile /usr/local/etc/openldap/server.crt
TLSCertificateKeyFile /usr/local/etc/openldap/private/server.key
TLSCACertificateFile /usr/local/etc/openldap/ca.crt
rootpw {SHA}W6ph5Mm5Pz8GgiULbPgZG37mj9g=
```

Aktivieren Sie abschließend OpenLDAP in `/etc/rc.conf` und setzen Sie die URI:

```
slapd_enable="YES"
slapd_flags="-4 -h ldaps://"
```

An dieser Stelle kann der Server gestartet und getestet werden:

```
# service slapd start
```

Wenn alles richtig konfiguriert ist, sollte eine Suche im Verzeichnis, wie in diesem Beispiel, eine erfolgreiche Verbindung mit einer Antwort liefern:

```
# ldapsearch -Z
# extended LDIF
#
# LDAPv3
# base <dc=example,dc=com> (default) with scope subtree
# filter: (objectclass=*)
# requesting: ALL
#
# search result
search: 3
result: 32 No such object
# numResponses: 1
```



Anmerkung

Wenn der Befehl fehlschlägt, aber die Konfiguration richtig aussieht, stoppen Sie den `slapd`-Dienst. Starten Sie anschließend den Dienst mit *Debugging*-Optionen:

```
# service slapd stop
# /usr/local/libexec/slapd -d -1
```

Sobald der Dienst antwortet, kann das Verzeichnis mit dem Befehl `ldapadd` bestückt werden. In diesem Beispiel gibt es eine Datei mit einer Liste von Benutzern, die diesem Verzeichnis hinzugefügt werden. Die Einträge sollten das folgende Format haben:

```
dn: dc=example,dc=com
objectclass: dcObject
objectclass: organization
o: Example
dc: Example

dn: cn=Manager,dc=example,dc=com
objectclass: organizationalRole
```

```
cn: Manager
```

Um diese Datei zu importieren, geben Sie den Dateinamen an. Bei dem folgenden Befehl werden Sie wieder zur Eingabe des Passworts aufgefordert, das Sie zuvor eingegeben haben. Die Ausgabe sollte wie folgt aussehen:

```
# ldapadd -Z -D "cn= Manager ,dc=example ,dc=com" -W -f import.ldif
Enter LDAP Password:
adding new entry "dc=example,dc=com"

adding new entry "cn=Manager,dc=example,dc=com"
```

Stellen Sie mit einer Suche auf dem Server sicher, dass die Daten importiert wurden. Nutzen Sie dazu `ldapsearch`:

```
% ldapsearch -Z
# extended LDIF
#
# LDAPv3
# base <dc=example,dc=com> (default) with scope subtree
# filter: (objectclass=*)
# requesting: ALL
#
# example.com
dn: dc=example,dc=com
objectClass: dcObject
objectClass: organization
o: Example
dc: Example

# Manager, example.com
dn: cn=Manager,dc=example,dc=com
objectClass: organizationalRole
cn: Manager

# search result
search: 3
result: 0 Success

# numResponses: 3
# numEntries: 2
```

An dieser Stelle sollte der Server konfiguriert sein und ordnungsgemäß funktionieren.

29.6. Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

Das Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) ermöglicht es einem System, sich mit einem Netzwerk zu verbinden und die für die Kommunikation mit diesem Netzwerk nötigen Informationen zu beziehen. FreeBSD verwendet den von OpenBSD stammenden `dhclient`, um die Adressinformationen zu beziehen. FreeBSD installiert keinen DHCP-Server, aber es stehen einige Server in der FreeBSD Ports-Sammlung zu Verfügung. Das DHCP-Protokoll wird vollständig im [RFC 2131](#) beschrieben. Eine weitere, lehrreiche Informationsquelle existiert unter isc.org/downloads/dhcp/.

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie der integrierte DHCP-Client verwendet wird. Anschließend wird erklärt, wie ein DHCP-Server zu installieren und konfigurieren ist.



Anmerkung

Unter FreeBSD wird das Gerät `bpf(4)` für den DHCP-Server und den DHCP-Client benötigt. Das Gerät ist bereits im GENERIC-Kernel enthalten. Benutzer, die es vorziehen einen angepassten Kernel zu erstellen, müssen dieses Gerät behalten, wenn DHCP verwendet wird.

Es sei darauf hingewiesen, dass `bpf` es privilegierten Benutzern ermöglicht einen Paket-Sniffer auf dem System auszuführen.

29.6.1. Einen DHCP-Client konfigurieren

Die Unterstützung für den DHCP-Client ist im Installationsprogramm von FreeBSD enthalten, sodass ein neu installiertes System automatisch die Adressinformationen des Netzwerks vom DHCP-Server erhält. In [Abschnitt 3.9, „Arbeiten nach der Installation“](#) finden Sie Beispiele für eine Netzwerkkonfiguration.

`dhclient` beginnt von einem Clientrechner aus über den UDP-Port 68 Konfigurationsinformationen anzufordern. Der Server antwortet auf dem UDP-Port 67, indem er dem Client eine IP-Adresse zuweist und ihm weitere relevante Informationen über das Netzwerk, wie Netzmasken, Router und DNS-Server mitteilt. Diese Informationen werden als *DHCP-Lease* bezeichnet und sind nur für bestimmte Zeit, die vom Administrator des DHCP-Servers vorgegeben wird, gültig. Dadurch fallen verwaiste IP-Adressen, deren Clients nicht mehr mit dem Netzwerk verbunden sind, automatisch an den Server zurück. DHCP-Clients können sehr viele Informationen von einem DHCP-Server erhalten. Eine ausführliche Liste finden Sie in [dhcp-options\(5\)](#).

Das Gerät `bpf` ist im `GENERIC`-Kernel bereits enthalten. Für die Nutzung von DHCP muss also kein angepasster Kernel erzeugt werden. In einer angepassten Kernelkonfigurationsdatei muss das Gerät enthalten sein, damit DHCP ordnungsgemäß funktioniert.

Standardmäßig läuft die DHCP-Konfiguration bei FreeBSD im Hintergrund oder auch *asynchron*. Andere Startskripte laufen weiter, während DHCP fertig abgearbeitet wird, was den Systemstart beschleunigt.

DHCP im Hintergrund funktioniert gut, wenn der DHCP-Server schnell auf Anfragen der Clients antwortet. Jedoch kann DHCP eine lange Zeit benötigen, um auf manchen Systemen fertig zu werden. Falls Netzwerkdienste gestartet werden, bevor DHCP die Informationen und Netzwerkadressen gesetzt hat, werden diese fehlschlagen. Durch die Verwendung von DHCP im *asynchronen* Modus wird das Problem verhindert, so dass die Startskripte pausiert werden, bis die DHCP-Konfiguration abgeschlossen ist.

Diese Zeile wird in `/etc/rc.conf` verwendet, um den asynchronen Modus zu aktivieren:

```
ifconfig_fxp0="DHCP"
```

Die Zeile kann bereits vorhanden sein, wenn bei der Installation des Systems DHCP konfiguriert wurde. Ersetzen Sie `fxp0` durch die entsprechende Schnittstelle. Die dynamische Konfiguration von Netzwerkkarten wird in [Abschnitt 12.5, „Einrichten von Netzwerkkarten“](#) beschrieben.

Um stattdessen den synchronen Modus zu verwenden, der während des Systemstarts pausiert bis die DHCP-Konfiguration abgeschlossen ist, benutzen Sie „SYNCDHCP“:

```
ifconfig_fxp0="SYNCDHCP"
```

Es stehen weitere Optionen für den Client zur Verfügung. Suchen Sie in [rc.conf\(5\)](#) nach `dhclient`, wenn Sie an Einzelheiten interessiert sind.

Der DHCP-Client verwendet die folgenden Dateien:

- `/etc/dhclient.conf`

Die Konfigurationsdatei von `dhclient`. Diese Datei enthält normalerweise nur Kommentare, da die Vorgabewerte zumeist ausreichend sind. Diese Konfigurationsdatei wird in [dhclient.conf\(5\)](#) beschrieben.

- `/sbin/dhclient`

Weitere Informationen über dieses Kommando finden Sie in [dhclient\(8\)](#).

- `/sbin/dhclient-script`

Das FreeBSD-spezifische Konfigurationsskript des DHCP-Clients. Es wird in [dhclient-script\(8\)](#) beschrieben und kann meist unverändert übernommen werden.

- `/var/db/dhclient.leases.interface`

Der DHCP-Client verfügt über eine Datenbank, die alle derzeit gültigen Leases enthält und als Logdatei erzeugt wird. Diese Datei wird in [dhclient.leases\(5\)](#) beschrieben.

29.6.2. Einen DHCP-Server installieren und einrichten

Dieser Abschnitt beschreibt die Einrichtung eines FreeBSD-Systems als DHCP-Server. Dazu wird die DHCP-Implementation von ISC (Internet Systems Consortium) verwendet. Diese Implementation und die Dokumentation können als Port oder Paket [net/isc-dhcp43-server](#) installiert werden.

Der Port [net/isc-dhcp43-server](#) installiert eine Beispiel-Konfigurationsdatei. Kopieren Sie `/usr/local/etc/dhcpd.conf.example` nach `/usr/local/etc/dhcpd.conf` und nehmen Sie die Änderungen an der neuen Datei vor.

Diese Konfigurationsdatei umfasst Deklarationen für Subnetze und Rechner, die den DHCP-Clients zur Verfügung gestellt wird. Die folgenden Zeilen konfigurieren Folgendes:

```
option domain-name "example.org";❶
option domain-name-servers ns1.example.org;❷
option subnet-mask 255.255.255.0;❸

default-lease-time 600;❹
max-lease-time 72400;❺
ddns-update-style none;❻

subnet 10.254.239.0 netmask 255.255.255.224 {
    range 10.254.239.10 10.254.239.20;❼
    option routers rtr-239-0-1.example.org;❽
}

host fantasia {
    hardware ethernet 08:00:07:26:c0:a5;❾
    fixed-address fantasia.fugue.com;❿
}
```

- ❶ Diese Option beschreibt die Standardsuchdomäne, die den Clients zugewiesen wird. Weitere Informationen finden Sie in [resolv.conf\(5\)](#).
- ❷ Diese Option legt eine, durch Kommata getrennte Liste von DNS-Servern fest, die von den Clients verwendet werden sollen. Die Server können über den Namen (FQDN) oder die IP-Adresse spezifiziert werden.
- ❸ Die den Clients zugewiesene Subnetzmaske.
- ❹ Die Voreinstellung für die Ablaufzeit des Lease in Sekunden. Ein Client kann diesen Wert in der Konfiguration überschreiben.
- ❺ Die maximale Zeitdauer, für die der Server Leases vergibt. Sollte ein Client eine längere Zeitspanne anfordern, wird dennoch nur der Wert `max-lease-time` zugewiesen.
- ❻ Die Voreinstellung `none` deaktiviert dynamische DNS-Updates. Bei der Einstellung `interim` aktualisiert der DHCP-Server den DNS-Server, wenn ein Lease vergeben oder zurückgezogen wurde. Ändern Sie die Voreinstellung nicht, wenn der Server so konfiguriert wurde, dynamische DNS-Updates zu unterstützen.
- ❼ Diese Zeile erstellt einen Pool der verfügbaren IP-Adressen, die für die Zuweisung der DHCP-Clients reserviert sind. Der Bereich muss für das angegebene Netz oder Subnetz aus der vorherigen Zeile gültig sein.
- ❽ Legt das Standard-Gateway für das Netz oder Subnetz fest, das nach der öffnenden Klammer `{` gültig ist.
- ❾ Bestimmt die Hardware-MAC-Adresse eines Clients, durch die der DHCP-Server den Client erkennt, der eine Anforderung an ihn stellt.
- ❿ Einem Rechner soll immer die gleiche IP-Adresse zugewiesen werden. Hier ist auch ein Rechnernamen gültig, da der DHCP-Server den Rechnernamen auflöst, bevor er das Lease zuweist.

Die Konfigurationsdatei unterstützt viele weitere Optionen. Lesen Sie [dhcpd.conf\(5\)](#), die mit dem Server installiert wird, für Details und Beispiele.

Nachdem `dhcpd.conf` konfiguriert ist, aktivieren Sie den DHCP-Server `/etc/rc.conf` :

```
dhcpd_enable="YES"
dhcpd_ifaces="dc0"
```

Dabei müssen Sie `dc0` durch die Gerätedatei (mehrere Gerätedateien müssen durch Leerzeichen getrennt werden) ersetzen, die der DHCP-Server auf Anfragen von DHCP-Clients hin überwachen soll.

Starten Sie den Server mit folgenden Befehl:

```
# service isc-dhcpd start
```

Künftige Änderungen an der Konfiguration des Servers erfordern, dass der Dienst `dhcpd` gestoppt und anschließend mit [service\(8\)](#) gestartet wird.

- `/usr/local/sbin/dhcpd`

Weitere Informationen zu `dhcpd` finden Sie in [dhcpd\(8\)](#).

- `/usr/local/etc/dhcpd.conf`

Die Konfigurationsdatei des Servers muss alle Informationen enthalten, die an die Clients weitergegeben werden soll. Außerdem sind hier Informationen zur Konfiguration des Servers enthalten. Diese Konfigurationsdatei wird in [dhcpd.conf\(5\)](#) beschrieben.

- `/var/db/dhcpd.leases`

Der DHCP-Server hat eine Datenbank, die alle vergebenen Leases enthält. Diese wird als Logdatei erzeugt. [dhcpd.leases\(5\)](#) enthält eine ausführliche Beschreibung.

- `/usr/local/sbin/dhcrelay`

Dieser Daemon wird in komplexen Umgebungen verwendet, in denen ein DHCP-Server eine Anfrage eines Clients an einen DHCP-Server in einem separaten Netzwerk weiterleitet. Wenn Sie diese Funktion benötigen, müssen Sie [net/isc-dhcp43-relay](#) installieren. Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in [dhcrelay\(8\)](#).

29.7. Domain Name System (DNS)

DNS ist das für die Umwandlung von Rechnernamen in IP-Adressen zuständige Protokoll. Im Internet wird DNS durch ein komplexes System von autoritativen Root-Nameservern, Top Level Domain-Servern (TLD) sowie anderen kleineren Nameservern verwaltet, die individuelle Domaininformationen speichern und untereinander abgleichen. Für einfache DNS-Anfragen wird auf dem lokalen System kein Nameserver benötigt.

In FreeBSD 10 wurde Berkeley Internet Name Domain (BIND) aus dem Basissystem entfernt und durch Unbound ersetzt. Unbound ist für die lokale Namensauflösung zuständig. In der Ports-Sammlung ist BIND immer noch als [dns/bind99](#) und [dns/bind98](#) verfügbar und in FreeBSD 9 und älteren Versionen ist BIND im Basissystem enthalten. Die Version in FreeBSD bietet erweiterte Sicherheitsfunktionen, ein neues Dateisystem-Layout und eine automatisierte [chroot\(8\)](#) Konfiguration. BIND wird betreut vom [Internet Systems Consortium](#).

Die folgende Tabelle beschreibt einige mit DNS verbundenen Begriffe:

Tabelle 29.4. DNS-Begriffe

Begriff	Bedeutung
Forward-DNS	Rechnernamen in IP-Adressen umwandeln.
Origin (Ursprung)	Die in einer bestimmten Zonendatei beschriebene Domäne.

Begriff	Bedeutung
named, BIND	Gebräuchliche Namen für das unter FreeBSD verwendete BIND-Nameserverpaket.
Resolver	Ein Systemprozess, durch den ein Rechner Zoneninformationen von einem Nameserver anfordert.
Reverse-DNS	die Umwandlung von IP-Adressen in Rechnernamen
Root-Zone	Der Beginn der Internet-Zonenhierarchie. Alle Zonen befinden sich innerhalb der Root-Zone. Dies ist analog zu einem Dateisystem, in dem sich alle Dateien und Verzeichnisse innerhalb des Wurzelverzeichnisses befinden.
Zone	Eine individuelle Domäne, Unterdomäne, oder ein Teil von DNS, der von der gleichen Autorität verwaltet wird.

Es folgen nun einige Zonenbeispiele:

- Innerhalb der Dokumentation wird die Root-Zone in der Regel mit `.` bezeichnet.
- `org.` ist eine Top level Domain (TLD) innerhalb der Root-Zone.
- `example.org.` ist eine Zone innerhalb der `org.`-TLD.
- `1.168.192.in-addr.arpa.` ist die Zone mit allen IP-Adressen des `192.168.1.*`-IP-Bereichs.

Wie man an diesen Beispielen erkennen kann, befindet sich der spezifischere Teil eines Rechnernamens auf der linken Seite der Adresse. `example.org.` beschreibt einen Rechner also genauer als `org.`, während `org.` genauer als die Root-Zone ist. Jeder Teil des Rechnernamens hat Ähnlichkeiten mit einem Dateisystem, in dem etwa `/dev` dem Wurzelverzeichnis untergeordnet ist.

29.7.1. Gründe für die Verwendung eines Nameservers

Es gibt zwei Arten von Nameservern: Autoritative Nameserver sowie zwischenspeichernde (cachende, auch bekannt als auflösende) Nameserver.

Ein autoritativer Nameserver ist notwendig, wenn

- Sie anderen verbindliche DNS-Auskünfte erteilen wollen.
- eine Domain, beispielsweise `example.org`, registriert wird, und den zu dieser Domain gehörenden Rechnern IP-Adressen zugewiesen werden müssen.
- ein IP-Adressblock reverse-DNS-Einträge benötigt, um IP-Adressen in Rechnernamen auflösen zu können.
- ein Backup-Nameserver (auch Slaveserver genannt) oder ein zweiter Nameserver auf Anfragen antworten soll.

Ein cachender Nameserver ist notwendig, weil

- ein lokaler DNS-Server Daten zwischenspeichern und daher schneller auf Anfragen reagieren kann als ein entfernter Server.

Wird nach `www.FreeBSD.org` gesucht, leitet der Resolver diese Anfrage an den Nameserver des ISPs weiter und nimmt danach das Ergebnis der Abfrage entgegen. Existiert ein lokaler, zwischenspeichernder DNS-Server, muss dieser die Anfrage nur einmal nach außen weitergeben. Für alle weiteren Anfragen ist dies nicht mehr nötig, da diese Information nun lokal gespeichert ist.

29.7.2. Wie funktioniert DNS?

Unter FreeBSD wird der BIND-Daemon als `named` bezeichnet.

Datei	Beschreibung
<code>named</code>	Der BIND-Daemon.

Datei	Beschreibung
rndc(8)	Das Steuerprogramm für named.
/etc/namedb	Das Verzeichnis, in dem sich die Zoneninformationen für BIND befinden.
/etc/namedb/named.conf	Die Konfigurationsdatei für named.

Je nachdem, wie eine Zone auf dem Server konfiguriert wurde, finden sich die zur Zone gehörenden Dateien in den Unterverzeichnissen `master`, `slave`, oder `dynamic` des Verzeichnisses `/etc/namedb`. Diese Dateien enthalten die DNS-Informationen, die der Nameserver für die Beantwortung von Anfragen benötigt.

29.7.3. BIND starten

Da BIND automatisch installiert wird, ist die Konfiguration relativ einfach.

In der Voreinstellung wird ein in einer [chroot\(8\)](#)-Umgebung betriebener named-Server zur einfachen Namensauflösung eingerichtet, der nur im lokalen IPv4-Loopback-Adressbereich (127.0.0.1) lauscht. Um den Server manuell zu starten, verwenden Sie den folgenden Befehl:

```
# service named onestart
```

Um den named-Daemon beim Systemstart automatisch zu starten, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
named_enable="YES"
```

`/etc/namedb/named.conf` bietet zahlreiche Konfigurationsoptionen, die in diesem Dokument nicht alle beschrieben werden können. Weitere Startoptionen von named unter FreeBSD finden Sie in den `named_*`-Flags in `/etc/defaults/rc.conf` sowie in [rc.conf\(5\)](#). Zusätzliche Informationen finden Sie im [Abschnitt 12.4, „Dienste unter FreeBSD verwalten“](#).

29.7.4. Konfigurationsdateien

Die Konfigurationsdateien von named finden sich unter `/etc/namedb` und müssen in der Regel an Ihre Bedürfnisse angepasst werden. Es sei denn, Sie benötigen nur einen einfachen Resolver. Ein Großteil der Konfigurationsarbeiten erfolgt dabei in diesem Verzeichnis.

29.7.4.1. /etc/namedb/named.conf

```
// $FreeBSD$
//
// Refer to the named.conf(5) and named(8) man pages, and the documentation
// in /usr/share/doc/bind9 for more details.
//
// If you are going to set up an authoritative server, make sure you
// understand the hairy details of how DNS works. Even with
// simple mistakes, you can break connectivity for affected parties,
// or cause huge amounts of useless Internet traffic.

options {
    // All file and path names are relative to the chroot directory,
    // if any, and should be fully qualified.
    directory "/etc/namedb/working";
    pid-file "/var/run/named/pid";
    dump-file "/var/dump/named_dump.db";
    statistics-file "/var/stats/named.stats";

    // If named is being used only as a local resolver, this is a safe default.
    // For named to be accessible to the network, comment this option, specify
    // the proper IP address, or delete this option.
    listen-on { 127.0.0.1; };

    // If you have IPv6 enabled on this system, uncomment this option for
```

```
// use as a local resolver. To give access to the network, specify
// an IPv6 address, or the keyword "any".
// listen-on-v6 { ::1; };

// These zones are already covered by the empty zones listed below.
// If you remove the related empty zones below, comment these lines out.
disable-empty-zone "255.255.255.255.IN-ADDR.ARPA";
disable-empty-zone "0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.IP6.ARPA";
IP6.ARPA";
disable-empty-zone "1.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.IP6.ARPA";

// If you've got a DNS server around at your upstream provider, enter
// its IP address here, and enable the line below. This will make you
// benefit from its cache, thus reduce overall DNS traffic in the Internet.
/*
forwarders {
    127.0.0.1;
};
*/

// If the 'forwarders' clause is not empty the default is to 'forward first'
// which will fall back to sending a query from your local server if the name
// servers in 'forwarders' do not have the answer. Alternatively you can
// force your name server to never initiate queries of its own by enabling the
// following line:
// forward only;

// If you wish to have forwarding configured automatically based on
// the entries in /etc/resolv.conf, uncomment the following line and
// set named_auto_forward=yes in /etc/rc.conf. You can also enable
// named_auto_forward_only (the effect of which is described above).
// include "/etc/namedb/auto-forward.conf";
```

Um vom Cache Ihres Internetproviders zu profitieren, können hier **forwarders** aktiviert werden. Normalerweise sucht ein Nameserver das Internet rekursiv ab, bis er die gesuchte Antwort findet. Durch diese Option wird stets der Nameserver Ihres Internetproviders zuerst abgefragt, um von dessen Cache zu profitieren. Wenn es sich um einen schnellen, viel benutzten Nameserver handelt, kann dies zu einer Geschwindigkeitssteigerung führen.



Warnung

127.0.0.1 funktioniert hier *nicht*. Ändern Sie diese Adresse in einen Nameserver des Einwahlproviders.

```

/*
    Modern versions of BIND use a random UDP port for each outgoing
    query by default in order to dramatically reduce the possibility
    of cache poisoning. All users are strongly encouraged to utilize
    this feature, and to configure their firewalls to accommodate it.

    AS A LAST RESORT in order to get around a restrictive firewall
    policy you can try enabling the option below. Use of this option
    will significantly reduce your ability to withstand cache poisoning
    attacks, and should be avoided if at all possible.

    Replace NNNNN in the example with a number between 49160 and 65530.
*/
// query-source address * port NNNNN;
};

// If you enable a local name server, don't forget to enter 127.0.0.1

```



```
// first in your /etc/resolv.conf so this server will be queried.
// Also, make sure to enable it in /etc/rc.conf.

// The traditional root hints mechanism. Use this, OR the slave zones below.
zone "." { type hint; file "/etc/namedb/named.root"; };

/* Slaving the following zones from the root name servers has some
   significant advantages:
   1. Faster local resolution for your users
   2. No spurious traffic will be sent from your network to the roots
   3. Greater resilience to any potential root server failure/DDoS

   On the other hand, this method requires more monitoring than the
   hints file to be sure that an unexpected failure mode has not
   incapacitated your server. Name servers that are serving a lot
   of clients will benefit more from this approach than individual
   hosts. Use with caution.

   To use this mechanism, uncomment the entries below, and comment
   the hint zone above.

   As documented at http://dns.icann.org/services/axfr/ these zones:
   "." (the root), ARPA, IN-ADDR.ARPA, IP6.ARPA, and ROOT-SERVERS.NET
   are available for AXFR from these servers on IPv4 and IPv6:
   xfr.lax.dns.icann.org, xfr.cjr.dns.icann.org
*/
/*
zone "." {
    type slave;
    file "/etc/namedb/slave/root.slave";
    masters {
        192.5.5.241; // F.ROOT-SERVERS.NET.
    };
    notify no;
};
zone "arpa" {
    type slave;
    file "/etc/namedb/slave/arpa.slave";
    masters {
        192.5.5.241; // F.ROOT-SERVERS.NET.
    };
    notify no;
};
*/

/* Serving the following zones locally will prevent any queries
   for these zones leaving your network and going to the root
   name servers. This has two significant advantages:
   1. Faster local resolution for your users
   2. No spurious traffic will be sent from your network to the roots
*/
// RFCs 1912 and 5735 (and BCP 32 for localhost)
zone "localhost" { type master; file "/etc/namedb/master/localhost-forward.db"; };
zone "127.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/localhost-reverse.db"; };
zone "255.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// RFC 1912-style zone for IPv6 localhost address
zone "0.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/localhost-reverse.db"; };

// "This" Network (RFCs 1912 and 5735)
zone "0.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// Private Use Networks (RFCs 1918 and 5735)
zone "10.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "16.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "17.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

```

```
zone "18.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "19.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "20.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "21.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "22.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "23.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "24.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "25.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "26.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "27.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "28.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "29.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "30.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "31.172.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "168.192.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// Link-local/APIPA (RFCs 3927 and 5735)
zone "254.169.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IETF protocol assignments (RFCs 5735 and 5736)
zone "0.0.192.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// TEST-NET-[1-3] for Documentation (RFCs 5735 and 5737)
zone "2.0.192.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "100.51.198.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "113.0.203.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IPv6 Range for Documentation (RFC 3849)
zone "8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// Domain Names for Documentation and Testing (BCP 32)
zone "test" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "example" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "invalid" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "example.com" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "example.net" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "example.org" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// Router Benchmark Testing (RFCs 2544 and 5735)
zone "18.198.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "19.198.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IANA Reserved - Old Class E Space (RFC 5735)
zone "240.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "241.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "242.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "243.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "244.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "245.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "246.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "247.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "248.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "249.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "250.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "251.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "252.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "253.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "254.in-addr.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IPv6 Unassigned Addresses (RFC 4291)
zone "1.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "3.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "4.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "5.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
```

```

zone "6.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "7.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "8.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "9.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "a.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "b.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "c.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "d.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "e.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "0.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "1.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "2.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "3.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "4.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "5.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "6.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "7.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "8.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "9.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "a.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "b.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "0.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "1.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "2.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "3.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "4.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "5.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "6.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "7.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IPv6 ULA (RFC 4193)
zone "c.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "d.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IPv6 Link Local (RFC 4291)
zone "8.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "9.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "a.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "b.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IPv6 Deprecated Site-Local Addresses (RFC 3879)
zone "c.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "d.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "e.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };
zone "f.e.f.ip6.arpa" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// IP6.INT is Deprecated (RFC 4159)
zone "ip6.int" { type master; file "/etc/namedb/master/empty.db"; };

// NB: Do not use the IP addresses below, they are faked, and only
// serve demonstration/documentation purposes!
//
// Example slave zone config entries. It can be convenient to become
// a slave at least for the zone your own domain is in. Ask
// your network administrator for the IP address of the responsible
// master name server.
//
// Do not forget to include the reverse lookup zone!
// This is named after the first bytes of the IP address, in reverse
// order, with ".IN-ADDR.ARPA" appended, or ".IP6.ARPA" for IPv6.
//
// Before starting to set up a master zone, make sure you fully
// understand how DNS and BIND work. There are sometimes
// non-obvious pitfalls. Setting up a slave zone is usually simpler.
//
// NB: Don't blindly enable the examples below. :-) Use actual names

```

```
// and addresses instead.

/* An example dynamic zone
key "exampleorgkey" {
    algorithm hmac-md5;
    secret "sf87HJqjkqh8ac87a02lla==";
};
zone "example.org" {
    type master;
    allow-update {
        key "exampleorgkey";
    };
    file "/etc/named/dynamic/example.org";
};
*/

/* Example of a slave reverse zone
zone "1.168.192.in-addr.arpa" {
    type slave;
    file "/etc/namedb/slave/1.168.192.in-addr.arpa";
    masters {
        192.168.1.1;
    };
};
*/
```

Hierbei handelt es sich um Slave-Einträge für eine Reverse- und Forward-DNS-Zone, die in der Datei `named.conf` definiert sind.

Für jede neue Zone muss ein zusätzlicher Eintrag in `named.conf` erstellt werden.

Ein einfacher Eintrag für eine Zone `example.org` könnte beispielsweise so aussehen:

```
zone "example.org" {
    type master;
    file "master/example.org";
};
```

Die Option `type` legt fest, dass es sich um eine Master-Zone handelt, deren Zoneninformationen sich in der Datei `/etc/namedb/master/example.org` befinden. Diese Datei wird durch die Option `file` festgelegt.

```
zone "example.org" {
    type slave;
    file "slave/example.org";
};
```

Hier handelt es sich um einen Slaveserver, der seine Informationen vom Masterserver der betreffenden Zone bezieht und diese in der angegebenen Datei speichert. Wenn der Masterserver nicht erreichbar ist, verfügt der Slaveserver über die transferierten Zoneninformationen und kann diese an andere Rechner weitergeben.

29.7.4.2. Zonendateien

Die in der Datei `/etc/namedb/master/example.org` definierte Zonendatei für `example.org` könnte etwa so aussehen:

```
$TTL 3600      -; 1 hour default TTL
example.org.  IN      SOA      ns1.example.org. admin.example.org. (
                                2006051501      -; Serial
                                10800           -; Refresh
                                3600            -; Retry
                                604800          -; Expire
                                300             -; Negative Response TTL
                                )

; DNS Servers
```

```

                IN      NS      ns1.example.org.
                IN      NS      ns2.example.org.

; MX Records
                IN      MX 10   mx.example.org.
                IN      MX 20   mail.example.org.

                IN      A       192.168.1.1

; Machine Names
localhost      IN      A       127.0.0.1
ns1            IN      A       192.168.1.2
ns2            IN      A       192.168.1.3
mx             IN      A       192.168.1.4
mail           IN      A       192.168.1.5

; Aliases
www            IN      CNAME    example.org.

```

Beachten Sie, dass jeder mit einem „.“ endende Rechnername ein exakter Rechnername ist, während sich alles ohne einen abschließenden „.“ relativ auf den Ursprung bezieht. ns1 steht daher beispielsweise für ns1.example.org..

Eine Zonendatei hat folgenden Aufbau:

recordname	IN	recordtype	value
------------	----	------------	-------

Die am häufigsten verwendeten DNS-Einträge sind:

SOA

Start der Zonenautorität

NS

Ein autoritativer Nameserver

A

Eine Rechneradresse

CNAME

Der kanonische Name eines Alias

MX

Mail Exchanger

PTR

Ein (bei Reverse-DNS verwendeter) Domain Name Pointer

```

example.org. IN SOA ns1.example.org. admin.example.org. (
                        2006051501      -; Serial
                        10800           -; Refresh after 3 hours
                        3600            -; Retry after 1 hour
                        604800          -; Expire after 1 week
                        300 )           -; Negative Response TTL

```

example.org.

Der Name der Domäne und damit der Ursprung dieser Zonendatei.

ns1.example.org.

Der primäre/autoritative Nameserver dieser Zone.

admin.example.org.

Die für diese Zone verantwortliche Person. Das Zeichen „.“ wird dabei ersetzt (<admin@example.org> wird also zu admin.example.org).

2006051501

Die Seriennummer der Datei. Sie muss stets inkrementiert werden, wenn die Zonendatei geändert wird. Viele Administratoren bevorzugen ein JJJJMMTTTRR-Format, um die Seriennummer festzulegen. 2006051501 steht also für den 15.05.2006, die beiden letzten Stellen für die erste Modifikation der Zonendatei an diesem Tag. Die Seriennummer ist von großer Bedeutung, da Slaveserver daran eine aktualisierte Zonendatei erkennen können.

```
IN NS      ns1.example.org.
```

Ein NS-Eintrag. Jeder Nameserver, der für eine Zone verantwortlich ist, muss über einen solchen Eintrag verfügen.

```
localhost    IN      A      127.0.0.1
ns1          IN      A      192.168.1.2
ns2          IN      A      192.168.1.3
mx           IN      A      192.168.1.4
mail         IN      A      192.168.1.5
```

Der Eintrag A bezieht sich auf Rechnernamen. ns1.example.org würde also zu 192.168.1.2 aufgelöst werden.

```
IN      A      192.168.1.1
```

Diese Zeile weist die IP-Adresse 192.168.1.1 dem aktuellen Ursprung, in unserem Fall also example.org, zu.

```
www          IN CNAME    @
```

Der Eintrag für den kanonischen Namen wird dazu verwendet, Aliase für einen Rechner zu vergeben. Im Beispiel ist www ein Alias für den „Master“-Rechner, dessen Name dem Domainnamen example.org (oder 192.168.1.1) entspricht. CNAMEs können daher niemals gleichzeitig mit einem anderen Eintrag für denselben Hostname eingerichtet werden.

```
IN MX  10      mail.example.org.
```

Der MX-Eintrag legt fest, welcher Mailserver für eintreffende Mails der Zone verantwortlich ist. mail.example.org ist der Rechnernamen des Mailservers, der eine Priorität von 10 hat.

Es können auch mehrere Mailserver mit verschiedener Priorität (10, 20, ...) vorhanden sein. Ein Mailserver, der eine Mail an example.org verschicken will, verwendet zuerst den MX mit der höchsten Priorität (das heißt den mit der niedrigsten Prioritätsnummer), danach den mit der nächsthöheren Priorität. Und dies solange, bis die E-Mail zugestellt werden kann.

Für (bei Reverse-DNS verwendete) in-addr.arpa-Zonendateien wird das gleiche Format verwendet. Der einzige Unterschied besteht in der Verwendung der Option PTR an Stelle der Optionen A und CNAME.

```
$TTL 3600
1.168.192.in-addr.arpa. IN SOA ns1.example.org. admin.example.org. (
                                2006051501      -; Serial
                                10800            -; Refresh
                                3600             -; Retry
                                604800           -; Expire
                                300 )            -; Negative Response TTL

                                IN      NS      ns1.example.org.
                                IN      NS      ns2.example.org.

1      IN      PTR      example.org.
2      IN      PTR      ns1.example.org.
3      IN      PTR      ns2.example.org.
```

4	IN	PTR	mx.example.org.
5	IN	PTR	mail.example.org.

Durch diese Datei werden den Rechnernamen der fiktiven Domäne IP-Adressen zugewiesen.

Beachten Sie bitte, dass es sich bei allen Namen auf der rechten Seite eines PTR-Eintrags um absolute (*fully qualified*) Domainnamen handeln muss, die mit „.“ enden.

29.7.5. Zwischenspeichernde (caching) Nameserver

Ein cachender Nameserver hat primär die Aufgabe, rekursive Abfragen aufzulösen. Er stellt lediglich eigene Anfragen und speichert deren Ergebnisse ab.

29.7.6. DNSSEC

Domain Name System Security Extensions, oder kurz DNSSEC, ist eine Sammlung von Spezifikationen, um auflösende Nameserver von gefälschten DNS-Daten, wie beispielsweise vorgetäuschte DNS-Einträge, zu schützen. Durch die Verwendung von digitalen Signaturen kann ein Resolver die Integrität des Eintrages überprüfen. Wichtig dabei ist, dass DNSSEC nur die Integrität über digital signierte Resource Records (RRe) bereitstellt. Weder wird die Vertraulichkeit noch der Schutz vor falschen Annahmen des Endbenutzers sichergestellt. Dies bedeutet, dass es Leute nicht davor schützen kann, zu `example.net` anstatt zu `example.com` zu gelangen. Das einzige, was DNSSEC tut, ist die Authentifizierung, dass die Daten während der Übertragung nicht verändert wurden. Die Sicherheit von DNS ist ein wichtiger Schritt in der generellen Absicherung des Internets. Für weitere, tiefergehende Details über die Funktionsweise von DNSSEC sind die dazugehörigen RFCs ein guter Einstieg in die Thematik. Sehen Sie sich dazu die Liste in [Abschnitt 29.7.8, „Weitere Informationsquellen“](#) an.

Der folgende Abschnitt wird zeigen, wie man DNSSEC für einen autoritativen DNS-Server und einen rekursiven (oder cachenden) DNS-Server, der jeweils BIND 9 verwenden, einrichten kann. Obwohl alle Versionen von BIND 9 DNSSEC unterstützen, ist es notwendig, mindestens die Version 9.6.2 zu verwenden, um in der Lage zu sein, die signierten Root-Zonen zu benutzen, wenn DNS-Abfragen geprüft werden. Der Grund dafür ist, dass früheren Versionen die Algorithmen fehlen, um die Überprüfung des Root-Zonenschlüssels zu aktivieren. Es wird dringend empfohlen, die letzte Version von BIND 9.7 oder höher einzusetzen, um von den Vorteilen der automatischen Schlüsselaktualisierung des Root-Zonenschlüssels Gebrauch zu machen, genauso wie andere Eigenschaften, um automatisch Zonen signieren zu lassen und Signaturen aktuell zu halten. Unterschiede zwischen den Versionen 9.6.2 und 9.7 und höher werden an den betreffenden Stellen angesprochen.

29.7.6.1. Rekursive DNS-Server Konfiguration

Die Aktivierung der DNSSEC-Überprüfung von Anfragen, die von einem rekursiven DNS-Server stammen, benötigt ein paar Änderungen in der `named.conf`. Bevor man jedoch diese Änderungen durchführt, muss der Root-Zonenschlüssel oder Vertrauensanker erworben werden. Momentan ist der Root-Zonenschlüssel nicht in einem Dateiformat verfügbar, dass von BIND benutzt werden kann, so dass dieser manuell in das richtige Format konvertiert werden muss. Der Schlüssel selbst kann durch Abfrage an die Root-Zone erhalten werden, indem man dazu dig verwendet. Durch Aufruf von

```
% dig +multi +noall +answer DNSKEY . > root.dnskey
```

wird der Schlüssel in `root.dnskey` abgelegt. Der Inhalt sollte so ähnlich wie folgt aussehen:

```
. 93910 IN DNSKEY 257 3 8 (
AwEAAgAIIKLVZrpC6Ia7gEzah0R+9W29euxhJhVVL0yQ
bSEW008gcCjFFVQUTf6v58fLjwBd0YI0EzrAcQqBGCzh
/RStIo08g0NfnfL2MTJRkxoXbfDaUeVPQuYEhg37NZWA
JQ9VnMVDxP/VHL496M/QZxkj f5/Efucp2gaDX6RS6CXp
oY68LsvPVjR0ZSwzz1apAvN9dLzEheX7ICJBBtuA6G3
LQpzW5h0A2hzCTMjJPJ8LbqF6dsV6DoBQzgul0sGICG0
YL70yQdXfZ57reLSQageu+ipAdTTJ25AsRTAoub80NGC
LmqrAmRLKBP1dfwhYB4N7knNnulqQxA+Uk1ihz0=
) -; key id = 19036
```

```
. 93910 IN DNSKEY 256 3 8 (
AwEAAcaGQEA+OJm0zfzVfoYN249JIId7gx+OZMbxY69Hf
UyuGBbRN0+HuT0pBxxBCKN0L+EJB9qJxt+0FEY6ZUVjE
g58sRr4ZQ6Iu6b1xTBKgc193zUARK4mmQ/PPGxn7Cn5V
EGJ/1h6dNaiXuRHwR+7oWh7DnzkJJChcTqLFrXDw3tjt
) -; key id = 34525
```

Seien Sie nicht alarmiert, wenn der von Ihnen bezogene Schlüssel anders als in diesem Beispiel aussieht. Diese könnten sich in der Zwischenzeit geändert haben. In dieser Ausgabe sind eigentlich zwei Schlüssel enthalten. Der erste Schlüssel mit dem Wert 257 nach dem DNSKEY-Eintrag ist derjenige, der benötigt wird. Der Wert zeigt an, dass es sich um einen sicheren Einstiegspunkt (SEP), gemein auch als Schlüsselsignierungsschlüssel (KSK) bekannt, handelt. Der zweite Schlüssel mit dem Wert 256 ist der untergeordnete Schlüssel, im allgemeinen auch als Zonen-Signaturschlüssel (ZSK) bezeichnet. Weitere Schlüsselarten werden später in [Abschnitt 29.7.6.2, „Autoritative DNS-Server Konfiguration“](#) erläutert.

Nun muss der Schlüssel verifiziert und so formatiert werden, dass BIND diesen verwenden kann. Um den Schlüssel zu verifizieren, erzeugen Sie einen DS RR-Satz. Erstellen Sie eine Datei, welche die RRs enthält, mittels

```
% dnssec-dsfromkey -f root.dnskey . > root.ds
```

Diese Einträge verwenden SHA-1 sowie SHA-256 und sollten ähnlich zu folgendem Beispiel aussehen, in dem der längere, SHA-256, benutzt wird.

```
. IN DS 19036 8 1 B256BD09DC8DD59F0E0F0D8541B8328DD986DF6E
. IN DS 19036 8 2 49AAC11D7B6F6446702E54A1607371607A1A41855200FD2CE1CDDE32F24E8FB5
```

Der SHA-256 RR kann nun mit dem Abriss in <https://data.iana.org/root-anchors/root-anchors.xml> verglichen werden. Um absolut sicher zu sein, dass der Schlüssel nicht zusammen mit den XML-Daten verändert wurde, kann die Datei mittels der PGP Signatur in <https://data.iana.org/root-anchors/root-anchors.asc> überprüft werden.

Als nächstes muss der Schlüssel in das passende Format gebracht werden. Dies unterscheidet sich ein bisschen von den BIND Versionen 9.6.2 und 9.7 und höhere. In Version 9.7 wurde die Unterstützung zur automatischen Verfolgung und notwendigen Aktualisierung von Änderungen am Schlüssel eingebaut. Dies wird durch den Einsatz von managed-keys erreicht, wie in dem Beispiel unten gezeigt ist. Wenn die ältere Version eingesetzt wird, kann der Schlüssel durch eine trusted-keys -Anweisung eingebaut werden und die Aktualisierung muss händisch erfolgen. In BIND 9.6.2 sollte das Format folgendermassen aussehen:

```
trusted-keys {
"." 257 3 8
"AwEAAagAIKlVZrpC6Ia7gEzah0R+9W29euxhJhVVL0yQbSEW008gcCjF
FVQUTf6v58fLjwBd0YI0EzrAcQqBGCzh/RStIo08g0NfnfL2MTJRkxoX
bfDaUeVPQuYEhg37NZWAJQ9VnMVDxP/VHL496M/QZxkj f5/Efucp2gaD
X6RS6CXpoY68LsvPVjR0ZSwzz1apAzvN9dlzEheX7ICJBbtuA6G3LQpz
W5h0A2hzCTMjJPJ8LbqF6dsV6DoBQzgul0sGIcG0Yl70yQdXfZ57reLS
Qageu+ipAdTTJ25AsRTAoub80NGcLmqrAmRLKBP1dfwhYB4N7knNnuLq
QxA+Uk1ihz0=";
};
```

In 9.7 wird das Format stattdessen wie folgt aussehen:

```
managed-keys {
"." initial-key 257 3 8
"AwEAAagAIKlVZrpC6Ia7gEzah0R+9W29euxhJhVVL0yQbSEW008gcCjF
FVQUTf6v58fLjwBd0YI0EzrAcQqBGCzh/RStIo08g0NfnfL2MTJRkxoX
bfDaUeVPQuYEhg37NZWAJQ9VnMVDxP/VHL496M/QZxkj f5/Efucp2gaD
X6RS6CXpoY68LsvPVjR0ZSwzz1apAzvN9dlzEheX7ICJBbtuA6G3LQpz
W5h0A2hzCTMjJPJ8LbqF6dsV6DoBQzgul0sGIcG0Yl70yQdXfZ57reLS
Qageu+ipAdTTJ25AsRTAoub80NGcLmqrAmRLKBP1dfwhYB4N7knNnuLq
QxA+Uk1ihz0=";
};
```

Der Root-Schlüssel kann nun zu named.conf hinzugefügt werden, entweder direkt oder durch Inkludierung der Datei, die den Schlüssel enthält. Nachdem diese Schritte absolviert sind, muss BIND konfiguriert werden, um

DNSSEC-Validierung für Anfragen durchzuführen, indem `named.conf` bearbeitet und die folgende `options`-Direktive hinzugefügt wird:

```
dnssec-enable yes;
dnssec-validation yes;
```

Um zu prüfen, dass es tatsächlich funktioniert, benutzen Sie `dig`, um eine Anfrage zu einer signierten Zone durch den Resolver, der gerade konfiguriert wurde, zu stellen. Eine erfolgreiche Antwort wird den AD-Eintrag aufweisen, um anzudeuten, dass die Daten authentisiert sind. Eine Anfrage wie

```
% dig @resolver +dnssec se ds
```

sollte den DS RR für die `.se`-Zone zurückgeben. In dem Abschnitt `flags`: sollte der AD-Eintrag gesetzt sein, wie im folgenden zu sehen ist:

```
...
;; flags: qr rd ra ad; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1
...
```

Der Resolver ist nun in der Lage, Anfragen ans DNS zu authentisieren.

29.7.6.2. Autoritative DNS-Server Konfiguration

Um einen autoritativen Nameserver dazu zu bringen, als eine DNSSEC-signierte Zone zu fungieren, ist ein wenig mehr Aufwand nötig. Eine Zone ist durch kryptographische Schlüssel signiert, die erzeugt werden müssen. Es ist möglich, nur einen Schlüssel dazu zu verwenden. Die vorgeschlagene Methode ist jedoch, einen starken, gut geschützten Schlüsselsignierungsschlüssel (KSK) einzusetzen, der nicht oft gewechselt wird und einen Zonensignierungsschlüssel (ZSK), der öfter ausgewechselt wird. Informationen zu vorgeschlagenen Einsatzarten können in [RFC 4641: DNSSEC Operational Practices](#) nachgelesen werden. Einsatzszenarien, welche die Root-Zone betreffen, finden Sie in [DNSSEC Practice Statement for the Root Zone KSK operator](#) sowie [DNSSEC Practice Statement for the Root Zone ZSK operator](#). Der KSK wird dazu verwendet, um eine Kette von Autorität für die Daten, die diese Validierung benötigen, zu erschaffen und wird als solche auch als sicherer Einstiegspunkt (SEP)-Schlüssel bezeichnet. Ein Nachrichtenabriss dieses Schlüssels, der auch Delegation Signer (DS)-Eintrag genannt wird, muss in der Elternzone veröffentlicht werden, um die Vertrauenskette herzustellen. Wie dies erreicht wird, hängt von dem Besitzer der Elternzone ab. Der ZSK wird verwendet, um die Zone zu signieren und muss nur dort öffentlich zugänglich gemacht werden.

Um DNSSEC für die `example.com`-Zone, welche in den vorherigen Beispielen verwendet wird, zu aktivieren, muss als erster Schritt `dnssec-keygen` benutzt werden, um das KSK und ZSK Schlüsselpaar zu generieren. Dieses Schlüsselpaar kann unterschiedliche kryptographische Algorithmen nutzen. Es wird empfohlen, RSA/SHA256 für die Schlüssel zu nutzen. Eine Schlüssellänge von 2048 Bits sollte genügen. Um den KSK für `example.com` zu generieren, geben Sie

```
% dnssec-keygen -f KSK -a RSASHA256 -b 2048 -n ZONE example.com
```

ein und um den ZSK zu erzeugen, setzen Sie folgenden Befehl ab:

```
% dnssec-keygen -a RSASHA256 -b 2048 -n ZONE example.com
```

`dnssec-keygen` gibt zwei Dateien aus, den öffentlichen und den privaten Schlüssel und zwar in Dateinamen, die ähnlich lauten wie `Kexample.com.+005+nnnnn.key` (öffentlich) und `Kexample.com.+005+nnnnn.private` (privat). Der `nnnnn`-Teil des Dateinamens ist eine fünfstellige Schlüsselkennung. Passen Sie genau auf, welche Kennung zu welchem Schlüssel gehört. Das ist besonders wichtig, wenn mehrere Schlüssel in einer Zone vorliegen. Es ist auch möglich, die Schlüssel umzubenennen. Für jede KSK-Datei tun Sie folgendes:

```
% mv Kexample.com.+005+nnnnn.key Kexample.com.+005+nnnnn.KSK.key
% mv Kexample.com.+005+nnnnn.private Kexample.com.+005+nnnnn.KSK.private
```

Für die ZSK-Dateien ersetzen Sie KSK für ZSK wenn nötig. Die Dateien können nun in der Zonendatei inkludiert werden, indem die `$include` Anweisung verwendet wird. Es sollte folgendermassen aussehen:

```
$include Kexample.com.+005+nnnnn.KSK.key -; KSK
```

```
$include Kexample.com.+005+nnnnn.ZSK.key -; ZSK
```

Schliesslich signieren Sie die Zone und weisen BIND an, die signierte Zonendatei zu benutzen. Um eine Zone zu signieren, wird `dnssec-signzone` eingesetzt. Der Befehl, um eine Zone `example.com` zu signieren, die in `example.com.db` liegt, sollte wie folgt aussehen:

```
% dnssec-signzone -o example.com -k Kexample.com.+005+nnnnn.KSK example.com.db Kexample.com.+005+nnnnn.ZSK.key
```

Der Schlüssel, welcher mit dem Argument `-k` übergeben wird, ist der KSK und die andere Schlüsseldatei ist der ZSK, welcher für die Signatur benutzt werden soll. Es ist möglich, mehr als einen KSK und ZSK anzugeben, was das Ergebnis zur Folge hat, dass die Zone mit allen übergebenen Schlüsseln signiert wird. Dies kann dann benötigt werden, um Zonendaten mit mehr als einem Algorithmus zur Signierung zu verwenden. Die Ausgabe von `dnssec-signzone` ist eine Zonendatei mit allen signierten RRs. Diese Ausgabe wird in einer Datei mit der Endung `.signed` abgelegt, wie beispielsweise `example.com.db.signed`. Die DS-Einträge werden ebenfalls in eine separate Datei `dsset-example.com` geschrieben. Um diese signierte Zone zu verwenden, ändern Sie die Zonendirektive in `named.conf`, so dass `example.com.db.signed` benutzt wird. Standardmässig sind die Signaturen nur 30 Tage gültig, was bedeutet, dass die Zone in etwa 15 Tagen erneut signiert werden muss, um sicher zu stellen, dass Resolver keine Einträge mit veralteten Signaturen zwischenspeichern. Es ist möglich, ein Skript und einen cron-Job zu schreiben, um dies zu erledigen. Lesen Sie dazu die relevanten Anleitungen, um Details zu erfahren.

Stellen Sie sicher, dass die privaten Schlüssel vertraulich bleiben, genau wie mit allen anderen kryptographischen Schlüsseln auch. Wenn ein Schlüssel geändert wird, ist es gute Praxis den neuen Schlüssel in die Zone zu inkludieren, noch während der alte Schlüssel noch zum signieren eingesetzt wird, um dann auf den neuen Schlüssel zum signieren zu wechseln. Nachdem diese Schritte erfolgt sind, kann der alte Schlüssel aus der Zone entfernt werden. Wenn das nicht geschieht, können DNS-Daten für einige Zeit nicht verfügbar sein, bis der neue Schlüssel durch die DNS-Hierarchie propagiert wurde. Für weitere Informationen bezüglich Schlüsselübergabe und andere DNSSEC-Einsatzszenarien lesen Sie [RFC 4641: DNSSEC Operational practices](#).

29.7.6.3. Automatisierung mittels BIND 9.7 oder höher

Beginnend mit der Version 9.7 von BIND wurde eine neue Eigenschaft vorgestellt, die *Smart Signing* genannt wird. Diese zielt darauf ab, das Schlüsselmanagement und den Signierungsprozess einfacher zu gestalten und zu automatisieren. Durch ablegen der Schlüssel in ein Verzeichnis, genannt *key repository* und die Verwendung der neuen Option `auto-dnssec`, ist es möglich eine dynamische Zone zu erzeugen, welche dann erneut signiert wird, wenn dazu der Bedarf besteht. Um diese Zone zu aktualisieren, benutzen Sie `nsupdate` mit der neuen Option `-l`. Es hat also `rndc` die Fähigkeit gewonnen, Zonen mit Schlüsseln im Key Repository zu verwenden, indem die Option `sign` eingesetzt wird. Um BIND anzuweisen, diese automatische Signierung und Zonenaktualisierung für `example.com` zu nutzen, fügen Sie die folgenden Zeilen zur `named.conf` hinzu:

```
zone example.com {
    type master;
    key-directory "/etc/named/keys";
    update-policy local;
    auto-dnssec maintain;
    file "/etc/named/dynamic/example.com.zone";
};
```

Nachdem diese Änderungen durchgeführt wurden, erzeugen Sie die Schlüssel für die Zone wie in [Abschnitt 29.7.6.2, „Autoritative DNS-Server Konfiguration“](#) beschrieben wird, legen diese Schlüssel im Key Repository ab, dass als Argument `key-directory` in der Zonenkonfiguration steht und die Zone wird automatisch signiert. Aktualisierungen für eine Zone, die auf diese Art und Weise konfiguriert wurde, muss mittels `nsupdate` erfolgen, dass sich um die erneute Signierung der Zone mit den hinzugefügten Daten kümmern wird. Für weitere Details, lesen Sie [Abschnitt 29.7.8, „Weitere Informationsquellen“](#) und die Dokumentation von BIND.

29.7.7. Sicherheit

Obwohl BIND die am meisten verwendete Implementierung von DNS darstellt, werden dennoch manchmal neue Sicherheitsprobleme entdeckt.

Zwar startet FreeBSD named automatisch in einer [chroot\(8\)](#)-Umgebung, es gibt aber noch weitere Sicherheitsmechanismen, mit denen Sie potentielle DNS-Serviceattacks erschweren können.

Es ist daher eine gute Idee, die Sicherheitshinweise von [CERT](#) zu lesen sowie die Mailingliste [FreeBSD security notifications](#) zu abonnieren, um sich über Sicherheitsprobleme im Zusammenhang mit dem Internet und FreeBSD zu informieren.



Tipp

Tritt ein Problem auf, kann es nie schaden, die Quellen zu aktualisieren und named neu zu kompilieren.

29.7.8. Weitere Informationsquellen

Hilfeseiten zu BIND/named: [rndc\(8\)](#) [named\(8\)](#) [named.conf\(5\)](#) [nsupdate\(1\)](#) [dnssec-signzone\(8\)](#) [dnssec-keygen\(8\)](#)

- [Offizielle ISC-Seite zu BIND](#)
- [Offizielles Forum zu ISC- BIND](#)
- [O'Reilly DNS and BIND 5th Edition](#)
- [Root DNSSEC](#)
- [DNSSEC Vertrauensanker-Publikation für die Root-Zone](#)
- [RFC1034 - Domain Names - Concepts and Facilities](#)
- [RFC1035 - Domain Names - Implementation and Specification](#)
- [RFC4033 - DNS Security Introduction and Requirements](#)
- [RFC4034 - Resource Records for the DNS Security Extensions](#)
- [RFC4035 - Protocol Modifications for the DNS Security Extensions](#)
- [RFC4641 - DNSSEC Operational Practices](#)
- [RFC 5011 - Automated Updates of DNS Security \(DNSSEC\) Trust Anchors](#)

29.8. Apache HTTP-Server

Beigetragen von Murray Stokely.

Der Open Source Apache HTTP-Server ist der am weitesten verbreitete Webserver. Dieser Webserver ist nicht im Basissystem von FreeBSD enthalten, kann aber als Paket oder Port [www/apache24](#) installiert werden.

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfiguration der Version 2.x des Apache HTTP-Server. Weiterführende Informationen und Konfigurationsanweisungen für Apache 2.X finden Sie unter [httpd.apache.org](#).

29.8.1. Apache konfigurieren und starten

Der Apache HTTP-Server wird unter FreeBSD primär in `/usr/local/etc/apache2 x/httpd.conf` konfiguriert, wobei das x die Versionsnummer darstellt. In dieser Textdatei leitet ein # einen Kommentar ein. Die am häufigsten verwendeten Optionen sind:

ServerRoot `"/usr/local"`

Legt das Standardwurzelverzeichnis für die Apache-Installation fest. Binärdateien werden in die Verzeichnisse `bin` und `sbin` unterhalb des Serverwurzelverzeichnisses installiert, während sich Konfigurationsdateien im Unterverzeichnis `etc/apache2` befinden.

ServerAdmin `you@example.com`

Die E-Mail-Adresse, an die Mitteilungen über Serverprobleme geschickt werden. Diese Adresse erscheint auf vom Server erzeugten Seiten, beispielsweise auf Fehlerseiten.

ServerName `www.example.com:80`

Erlaubt dem Administrator, einen Rechnernamen festzulegen, den der Server an die Clients sendet. Beispielsweise könnte `www` statt des richtigen Rechnernamens verwendet werden. Wenn das System keinen eingetragenen DNS-Namen hat, kann stattdessen die IP-Adresse eingetragen werden. Lauscht der Server auf einem anderen Port, tauschen Sie die `80` gegen eine entsprechende Portnummer.

DocumentRoot `"/usr/local/www/apache2_x/data"`

Das Verzeichnis, in dem die Dokumente abgelegt sind. In der Voreinstellung befinden sich alle Seiten in diesem Verzeichnis, durch symbolische Links oder Aliase lassen sich aber auch andere Orte festlegen.

Es ist empfehlenswert, eine Sicherungskopie der Apache-Konfigurationsdatei anzulegen, bevor Änderungen durchgeführt werden. Wenn die Konfiguration von Apache abgeschlossen ist, speichern Sie die Datei und überprüfen Sie die Konfiguration mit `apachectl`. Der Befehl `apachectl configtest` sollte `Syntax OK` zurückgeben.

Um den Apache beim Systemstart zu starten, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
apache24_enable="YES"
```

Wenn Sie während des Systemstarts weitere Parameter an den Apache übergeben wollen, können Sie diese durch eine zusätzliche Zeile in `rc.conf` angeben:

```
apache24_flags=""
```

Wenn `apachectl` keine Konfigurationsfehler meldet, starten Sie `httpd`:

```
# service apache 24 start
```

Sie können den `httpd`-Dienst testen, indem Sie `http://localhost` in einen Browser eingeben, wobei Sie `localhost` durch den vollqualifizierte Domainnamen der Maschine ersetzen, auf dem der `httpd` läuft. Die Standard Webseite, die angezeigt wird, ist `/usr/local/www/apache_24/data/index.html`.

Die Konfiguration von Apache kann bei nachfolgenden Änderungen an der Konfigurationsdatei bei laufendem `httpd`, auf Fehler überprüft werden. Geben Sie dazu folgendes Kommando ein:

```
# service apache 24 configtest
```



Anmerkung

Es ist wichtig zu beachten, dass `configtest` kein `rc(8)`-Standard ist, und somit nicht zwingend mit anderen `rc(8)`-Startskripten funktioniert.

29.8.2. Virtual Hosting

Virtual Hosting ermöglicht es, mehrere Webseiten auf einem Apache-Server laufen zu lassen. Die virtuellen Hosts können *IP-basiert* oder *namensbasiert* sein. IP-basiertes virtual Hosting verwendet eine IP-Adresse für jede Webseite. Beim namensbasierten virtual Hosting wird der HTTP/1.1-Header der Clients dazu verwendet, den Rechnernamen zu bestimmen. Dadurch wird es möglich, mehrere Domains unter der gleichen IP-Adresse zu betreiben.

Damit der Apache namenbasierte virtuelle Domains verwalten kann, fügen Sie für jede Webseite einen separaten VirtualHost-Block ein. Wenn der Webserver beispielsweise `www.domain.tld` heißt und die virtuelle Domain `www.someotherdomain.tld` einrichtet werden soll, ergänzen Sie `httpd.conf` um folgende Einträge:

```
<VirtualHost *>
    ServerName www.domain.tld
    DocumentRoot /www/domain.tld
</VirtualHost>

<VirtualHost *>
    ServerName www.someotherdomain.tld
    DocumentRoot /www/someotherdomain.tld
</VirtualHost>
```

Setzen Sie für jeden virtuellen Host die entsprechenden Werte für `ServerName` und `DocumentRoot`.

Ausführliche Informationen zum Einrichten von virtuellen Hosts finden Sie in der offiziellen Apache-Dokumentation unter <http://httpd.apache.org/docs/vhosts/>.

29.8.3. Häufig verwendete Apache-Module

Apache verwendet Module, die den Server um zusätzliche Funktionen erweitern. Eine vollständige Auflistung der zur Verfügung stehenden Module und Konfigurationsdetails finden Sie unter <http://httpd.apache.org/docs/current/mod/>.

In FreeBSD können einige Module mit dem Port [www/apache24](#) kompiliert werden. Geben Sie in `/usr/ports/www/apache24` `make config` ein, um zu sehen, welche Module zur Verfügung stehen und welche Module in der Voreinstellung aktiviert sind. Wenn ein Modul nicht zusammen mit dem Port kompiliert wird, bietet die Ports-Sammlung die Möglichkeit viele Module zu installieren. Dieser Abschnitt beschreibt drei der am häufigsten verwendeten Module.

29.8.3.1. mod_ssl

Das Modul `mod_ssl` verwendet die OpenSSL-Bibliothek, um über die Protokolle Secure Sockets Layer (SSLv3) sowie Transport Layer Security (TLSv1) eine starke Verschlüsselung zu ermöglichen. Mit diesem Modul können Sie ein signiertes Zertifikat von einer Zertifizierungsstelle anfordern, damit Sie einen sicheren Webserver unter FreeBSD betreiben können.

Unter FreeBSD wird das Modul `mod_ssl` standardmäßig im Port und auch im Paket aktiviert. Die verfügbaren Konfigurationsanweisungen werden in http://httpd.apache.org/docs/current/mod/mod_ssl.html beschrieben.

29.8.3.2. mod_perl

Das Modul `mod_perl` macht es möglich, vollständig in Perl geschriebene Apache-Module zu erzeugen. Da der Perl-Interpreter in den Server eingebettet wird, muss weder ein externer Interpreter noch Perl zusätzlich aufgerufen werden.

`mod_perl` wird über den Port oder das Paket [www/mod_perl2](#) installiert. Dokumentation für dieses Modul finden Sie unter <http://perl.apache.org/docs/2.0/index.html>.

29.8.3.3. mod_php

Geschrieben von Tom Rhodes.

PHP: Hypertext Preprocessor (PHP) ist eine vielseitig verwendbare Skriptsprache, die besonders für die Web-Entwicklung geeignet ist. PHP kann in HTML eingebettet werden und ähnelt von der Syntax her Sprachen wie C, Java™ und Perl. Das Hauptanliegen von PHP ist es, Web-Entwicklern die rasche Erstellung von dynamisch erzeugten Internetseiten zu ermöglichen.

Damit der Apache-Webserver PHP5 unterstützt, der Port oder das Paket [lang/php56](#) installiert werden. Dies wird die Module installieren und konfigurieren, die für die Unterstützung von dynamischen PHP-Anwendungen benö-

tigt werden. Die Installation wird automatisch folgende Zeilen in `/usr/local/etc/apache2 4/httpd.conf` hinzufügen:

```
LoadModule php5_module          libexec/apache24/libphp5.so
```

Danach rufen Sie `apachectl` auf, um das PHP-Modul zu laden:

```
# apachectl graceful
```

Die PHP-Unterstützung von [www/mod_php56](#) verfügt nur über wenige Funktionen. Zusätzliche Funktionen können mit dem Port [lang/php56-extensions](#) installiert werden. Der Port bietet ein Auswahlmenü, über das Sie verschiedene PHP-Erweiterungen installieren können.

Alternativ können einzelne Erweiterungen über den jeweiligen Port installieren. Um beispielsweise die Unterstützung des Datenbankservers MySQL in PHP zu aktivieren, installieren Sie den Port `databases/php56-mysql`.

Nachdem Sie eine Erweiterung installiert haben, müssen Sie den Apache-Server neu starten, damit die Erweiterung auch erkannt wird:

```
# apachectl graceful
```

Ab nun wird MySQL von PHP unterstützt.

29.8.4. Dynamische Webseiten

Neben `mod_perl` und `mod_php` stehen noch weitere Sprachen zur Erstellung von dynamischen Inhalten zur Verfügung. Dazu gehören auch Django und Ruby on Rails.

29.8.4.1. Django

Bei Django handelt es sich um ein unter der BSD-Lizenz verfügbares Framework zur schnellen Erstellung von mächtigen Internet-Applikationen. Es beinhaltet einen objekt-relationalen Mapper (wodurch Datentypen als Python-Objekte entwickelt werden können) sowie eine API für den dynamischen Datenbankzugriff auf diese Objekte, ohne dass Entwickler jemals SQL-Code schreiben müssen. Zusätzlich existiert ein umfangreiches Template-System, wodurch die Programmlogik von der HTML-Präsentation getrennt werden kann.

Django setzt das Modul `mod_python` und eine SQL-Datenbank voraus. In FreeBSD wird bei der Installation von [www/py-django](#) automatisch `mod_python` installiert. Als Datenbanken werden PostgreSQL, MySQL und SQLite unterstützt, wobei SQLite die Voreinstellung ist. Wenn Sie die Datenbank ändern möchten, geben Sie in `/usr/ports/www/py-django` `make config` ein und installieren Sie den Port neu.

Nachdem Django installiert ist, benötigt die Anwendung ein Projektverzeichnis und die Apache-Konfiguration, um den eingebetteten Python-Interpreter zu nutzen. Dieser Interpreter wird verwendet um die Anwendung für spezifische URLs der Seite aufrufen.

Damit Apache Anfragen für bestimmte URLs an die Web-Applikation übergeben kann, müssen Sie den vollständigen Pfad zum Projektverzeichnis in `httpd.conf` festlegen:

```
<Location "/">
    SetHandler python-program
    PythonPath "['/pfad/zu/den/django/paketen/ ' ] + sys.path"
    PythonHandler django.core.handlers.modpython
    SetEnv DJANGO_SETTINGS_MODULE mysite.settings
    PythonAutoReload On
    PythonDebug On
</Location>
```

Weitere Informationen zur Verwendung von Django finden Sie unter <https://docs.djangoproject.com/en/1.6/>.

29.8.4.2. Ruby on Rails

Ruby on Rails ist ein weiteres, als Open Source verfügbares Webframework. Es bietet einen kompletten Entwicklungsstack und erlaubt es Webentwicklern, umfangreiche und mächtige Applikationen in kurzer Zeit zu programmieren. Unter FreeBSD kann das Framework über den Port oder das Paket [www/rubygem-rails](http://www.rubygem-rails.org) installiert werden.

Weitere Informationen zur Verwendung von Ruby on Rails finden Sie unter <http://rubyonrails.org/documentation>.

29.9. File Transfer Protocol (FTP)

Das File Transfer Protocol (FTP) ermöglicht auf einfache Art und Weise den Dateiaustausch mit einem FTP-Server. Der FTP-Server `ftpd` ist bei FreeBSD bereits im Basissystem enthalten.

FreeBSD verwendet mehrere Konfigurationsdateien, um den Zugriff auf den FTP zu kontrollieren. Dieser Abschnitt fasst diese Dateien zusammen. In [ftpd\(8\)](#) finden Sie weitere Informationen über den integrierten FTP-Server.

29.9.1. Konfiguration

Der wichtigste Punkt ist hier die Entscheidung darüber, welche Benutzer auf den FTP-Server zugreifen dürfen. Ein FreeBSD-System verfügt über diverse Systembenutzerkonten, die jedoch nicht auf den FTP-Server zugreifen sollen. Die Datei `/etc/ftpusers` enthält alle Benutzer, die vom FTP-Zugriff ausgeschlossen sind. In der Voreinstellung gilt dies auch die gerade erwähnten Systembenutzerkonten. Sie können über diese Datei weitere Benutzer vom FTP-Zugriff ausschließen.

In einigen Fällen kann es wünschenswert sein, den Zugang für manche Benutzer einzuschränken, ohne dabei FTP komplett zu verbieten. Dazu passen Sie `/etc/ftpchroot`, wie in [ftpchroot\(5\)](#) beschrieben, entsprechend an. Diese Datei enthält Benutzer und Gruppen sowie die für sie geltenden Einschränkungen für FTP.

Um anonymen FTP-Zugriff auf dem Server zu aktivieren, muss ein Benutzer `ftp` auf dem FreeBSD-System angelegt werden. Danach können sich Benutzer mit dem Benutzernamen `ftp` oder `anonymous` am FTP-Server anmelden. Das Passwort ist dabei beliebig, allerdings wird dazu in der Regel eine E-Mail-Adresse verwendet. Meldet sich ein anonym Benutzer an, aktiviert der FTP-Server [chroot\(2\)](#), um den Zugriff auf das Heimatverzeichnis des Benutzers `ftp` zu beschränken.

Es gibt zwei Textdateien, deren Inhalt den FTP-Clients bei der Anmeldung angezeigt wird. Der Inhalt von `/etc/ftpwelcome` wird angezeigt, bevor der Login-Prompt erscheint. Nach einer erfolgreichen Anmeldung wird der Inhalt von `/etc/ftpmotd` angezeigt. Beachten Sie aber, dass es dabei um einen Pfad relativ zur Umgebung des anzumeldenden Benutzers handelt. Bei einer anonymen Anmeldung würde also der Inhalt von `~ftp/etc/ftpmotd` angezeigt.

Sobald der FTP-Server konfiguriert ist, setzen Sie die entsprechende Variable in `/etc/rc.conf`, damit der Dienst beim Booten gestartet wird:

```
ftpd_enable="YES"
```

Starten Sie den Dienst:

```
# service ftpd start
```

Testen Sie die Verbindung zum FTP-Server, indem Sie folgendes eingeben:

```
% ftp localhost
```

29.9.2. Wartung

Der `ftpd`-Daemon verwendet [syslog\(3\)](#), um Protokolldateien zu erstellen. In der Voreinstellung werden alle FTP betreffenden Nachrichten nach `/var/log/xferlog` geschrieben. Dies lässt sich aber durch das Einfügen der folgenden Zeile in `/etc/syslog.conf` ändern:

ftp.info /var/log/xferlog



Anmerkung

Beachten Sie, dass mit dem Betrieb eines anonymen FTP-Servers verschiedene Sicherheitsrisiken verbunden sind. Problematisch ist hier vor allem die Erlaubnis zum anonymen Upload von Dateien. Dadurch könnte der Server zur Verbreitung von illegaler oder nicht lizenzierter Software oder noch Schlimmeren missbraucht werden. Wenn anonyme FTP-Uploads dennoch erforderlich sind, sollten Sie die Zugriffsrechte so setzen, dass solche Dateien erst nach Zustimmung eines Administrators von anderen Benutzern heruntergeladen werden können.

29.10. Datei- und Druckserver für Microsoft® Windows®-Clients (Samba)

Samba ist ein beliebtes Open Source Softwarepaket, das Datei- und Druckdienste über das SMB/CIFS-Protokoll zur Verfügung stellt. Dieses Protokoll ist in Microsoft® Windows®-Systemen enthalten und kann über die Installation der Samba-Client-Bibliotheken in andere Betriebssysteme integriert werden. Das Protokoll ermöglicht es Clients auf freigegebene Daten und Drucker zuzugreifen, so als ob es sich um lokale Drucker und Festplatten handeln würde.

Unter FreeBSD können die Samba-Client-Bibliotheken über den Port oder das Paket [net/samba-smbclient](#) installiert werden. Der Client ermöglicht es einem FreeBSD-System auf SMB/CIFS-Freigaben in einem Microsoft® Windows®-Netzwerk zuzugreifen.

Ein FreeBSD-System kann auch als Samba-Server agieren. Der Administrator kann SMB/CIFS-Freigaben auf dem FreeBSD-System einrichten, auf welche dann Clients mit Microsoft® Windows® oder den Samba-Client-Bibliotheken zugreifen können. Damit ein Samba-Server konfiguriert werden kann, muss zunächst der Port oder das Paket [net/samba36](#) installiert werden. Der Rest dieses Kapitels beschreibt, wie ein Samba-Server unter FreeBSD konfiguriert wird.

29.10.1. Konfiguration

Die Standardkonfigurationsdatei von Samba heißt `/usr/local/share/examples/samba36/smb.conf.default`. Diese Datei muss nach `/usr/local/etc/smb.conf` kopiert und angepasst werden, bevor Samba verwendet werden kann.

Die Datei `smb.conf` enthält Laufzeitinformationen für Samba, beispielsweise Druckerdefinitionen oder *file system shares*, also Bereiche des Dateisystems, die mit Windows®-Clients geteilt werden sollen. Die Konfiguration der Datei `smb.conf` erfolgt webbasiert über das im Samba-Paket enthaltene Programm `swat`.

29.10.1.1. Das Samba Web Administration Tool (SWAT) verwenden

Das *Samba Web Administration Tool* (SWAT) wird als Daemon von `inetd` aktiviert. Daher muss `inetd`, wie in [Abschnitt 29.2, „Der inetd „Super-Server““](#) beschrieben, aktiviert werden. Um `swat` zu aktivieren, entfernen Sie das Kommentarzeichen aus folgender Zeile in `/etc/inetd.conf`:

```
swat    stream  tcp     nowait/400    root    /usr/local/sbin/swat    swat
```

Wie bereits in [Beispiel 29.1, „Die Konfigurationsdatei von inetd neu einlesen“](#) beschrieben, müssen Sie die `inetd`-Konfiguration neu einlesen, nachdem Sie diese Änderung durchgeführt haben.

Nachdem `swat` aktiviert wurde, rufen Sie im Browser die Adresse `http://localhost:901` auf. Bei der ersten Anmeldung muss das `root`-Benutzerkonto verwendet werden.

Nach der Anmeldung an der Konfigurationseite von Samba steht die Systemdokumentation zur Verfügung. Beginnen Sie die Konfiguration mit einem Klick auf die Globals-Karteikarte. Die Einstellungen entsprechen denen des Abschnitts [global] aus `/usr/local/etc/smb.conf`.

29.10.1.2. Globale Einstellungen

Unabhängig davon, ob `swat` verwendet, oder `/usr/local/etc/smb.conf` direkt editiert wird, sollten zuerst folgende Richtlinien angepasst werden:

workgroup

Der Domänenname oder der Arbeitsgruppenname der Rechner, die auf den Server Zugriff haben sollen.

netbios name

Der NetBIOS-Namen fest, unter dem der Samba-Server bekannt ist. In der Regel handelt es sich dabei um den ersten Teil des DNS-Namens des Servers.

server string

Legt die Beschreibung fest, die angezeigt wird, wenn mit `net view` oder anderen Netzwerkprogrammen Informationen über den Server angefordert werden.

29.10.1.3. Samba absichern

Zwei der wichtigsten Einstellungen in `/usr/local/etc/smb.conf` betreffen das zu verwendende Sicherheitsmodell sowie das Backend-Passwortformat für die Benutzer der Samba-Clients. Die folgenden Direktiven steuern diese Optionen:

security

Die häufigsten Optionen sind `security = share` und `security = user`. Wenn die Clients Benutzernamen verwenden, die den Benutzernamen auf dem FreeBSD-Rechner entsprechen, dann sollte die Einstellung `user level` verwendet werden. Dies ist die Standardeinstellung. Allerdings ist es dazu erforderlich, dass sich die Clients auf dem Rechner anmelden, bevor sie auf gemeinsame Ressourcen zugreifen können.

In der Einstellung `share level` müssen sich Clients nicht unter Verwendung eines gültigen Logins auf dem Rechner anmelden, bevor sie auf gemeinsame Ressourcen zugreifen können. In früheren Samba-Versionen war dies die Standardeinstellung.

passdb backend

Samba erlaubt verschiedene Backend-Authentifizierungsmodelle. Clients können sich durch LDAP, NIS+, eine SQL-Datenbank oder eine Passwortdatei authentifizieren. In der Voreinstellung wird `smbpasswd` verwendet. Diese Methode wird im folgenden Abschnitt näher beschrieben.

Wenn `smbpasswd` benutzt wird, muss die Datei `/usr/local/etc/samba/smbpasswd` erzeugt werden, damit Samba in der Lage ist, Clients zu authentifizieren. Um den Zugriff auf UNIX®-Benutzerkonten von einem Windows®-Client aus zu ermöglichen, verwenden Sie den folgenden Befehl für die entsprechenden Benutzer:

```
# smbpasswd -a username
```



Anmerkung

Als Backend wird inzwischen `tddb` empfohlen. Wenn Sie sich für dieses Backend entscheiden, können Sie mit dem folgenden Befehl neue Benutzerkonten anlegen:

```
# pdbedit -a -u username
```

Ausführliche Informationen zur Konfiguration von Samba finden Sie im [Official Samba HOWTO](#).

29.10.2. Samba starten

Damit Samba beim Systemstart automatisch aktiviert wird, fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
samba_enable="YES"
```

Alternativ können die beiden Dienste auch separat gestartet werden:

```
nmbd_enable="YES"
```

```
smbd_enable="YES"
```

Jetzt kann Samba direkt gestartet werden:

```
# service samba start
Starting SAMBA: removing stale tdb's :
Starting nmbd.
Starting smbd.
```

Samba verwendet drei Daemonen. Sowohl `nmbd` als auch `smbd` werden durch `samba_enable` gestartet. Wurde *winbind name resolution services* in `smb.conf` aktiviert, wird zusätzlich der `winbindd`-Daemon gestartet.

Samba kann jederzeit durch folgenden Befehl beendet werden:

```
# service samba stop
```

Samba ist ein komplexes Softwarepaket mit umfassenden Funktionen, die eine weitreichende Integration von Microsoft® Windows®-Netzwerken ermöglichen. Für eine Beschreibung dieser Zusatzfunktionen sollten Sie sich auf <http://www.samba.org> umsehen.

29.11. Die Uhrzeit mit NTP synchronisieren

Die interne Uhrzeit eines Computers ist nie ganz exakt. Dies ist problematisch, da viele Dienste darauf angewiesen sind, dass die Computer im Netzwerk die exakte Uhrzeit übermitteln. Die exakte Uhrzeit ist auch erforderlich um sicherzustellen, dass die Zeitstempel der Dateien konsistent bleiben. Das *Network Time Protocol* (NTP) bietet die Möglichkeit, die exakte Uhrzeit in einem Netzwerk zur Verfügung zu stellen.

Mit [ntpd\(8\)](#) enthält FreeBSD ein Werkzeug, das andere NTP-Server abfragen kann um die Uhrzeit auf diesem Computer zu synchronisieren, oder um selbst die Uhrzeit für andere Computer im Netzwerk bereitzustellen. Die Server, die abgefragt werden, können lokal oder von einem ISP zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus gibt es eine [Liste von öffentlich zugänglichen NTP-Servern](#). Falls Sie sich für einen solchen öffentlichen Server entscheiden, wählen Sie einen nahegelegenen Server und prüfen Sie die Nutzungsbedingungen.

Die Auswahl von mehreren NTP-Servern wird empfohlen, falls sich ein Server nicht erreichbar ist oder sich als unzuverlässig herausstellt. `ntpd` verwendet die Antworten anderer Server, um zuverlässige Server zu bestimmen, die dann bevorzugt abgefragt werden.

Dieser Abschnitt beschreibt die Konfiguration von `ntpd` unter FreeBSD. Zusätzliche Dokumentation im HTML-Format finden Sie in `/usr/share/doc/ntp/`.

29.11.1. NTP konfigurieren

FreeBSD enthält mit `ntpd` ein Werkzeug, das zur Synchronisation der Uhrzeit verwendet werden kann. Um `ntpd` beim Booten zu aktivieren, fügen Sie den Eintrag `ntpd_enable="YES"` in `/etc/rc.conf` ein. Zusätzliche Variablen können ebenfalls in `/etc/rc.conf` gesetzt werden. Weitere Details finden Sie in [rc.conf\(5\)](#) und [ntpd\(8\)](#).

Das Programm liest `/etc/ntp.conf` um herauszufinden, welche NTP-Server abgefragt werden müssen. Hier ist ein einfaches Beispiel einer `/etc/ntp.conf`:

Beispiel 29.3. Beispiel einer `/etc/ntp.conf`

```
server ntplocal.example.com prefer
server timeserver.example.org
server ntp2a.example.net

driftfile /var/db/ntp.drift
```

Das Format dieser Datei wird in [ntp.conf\(5\)](#) beschrieben. Die Option `server` legt die zu verwendenden Server fest, wobei jeder Server in einer eigenen Zeile steht. Wenn ein Server mit der Option `prefer` versehen ist, wird dieser Server bevorzugt verwendet. Eine Antwort von einem bevorzugten Server wird verworfen, wenn sie signifikant von den Antworten anderer Server abweicht, ansonsten wird sie akzeptiert. Die Option `prefer` sollte nur für sehr zuverlässige und genaue NTP-Server verwendet werden, die über eine spezielle Hardware zur Zeitüberwachung verfügen.

Die Option `driftfile` legt fest, in welcher Datei die Abweichungen der Systemuhr protokolliert werden. `ntpd` verwendet diese Datei, um die Systemzeit automatisch anzupassen, selbst wenn kurzzeitig kein NTP-Server zur Synchronisation verfügbar ist. Weiterhin werden in dieser Datei Informationen über frühere Antworten von NTP-Server. Da diese Datei interne Informationen für NTP enthält, sollte sie nicht verändert werden.

In der Voreinstellung ist der NTP-Server für alle Rechner im Netzwerk erreichbar. Die Option `restrict` in `/etc/ntp.conf` steuert, welche Rechner auf den Server zugreifen können. Wenn Sie beispielsweise alle Rechner vom Zugriff auf den NTP-Server ausschließen wollen, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/ntp.conf` ein:

```
restrict default ignore
```



Anmerkung

Dieser Eintrag verhindert auch den Zugriff von anderen NTP-Servern. Besteht die Notwendigkeit, sich mit einem externen NTP-Server zu synchronisieren, muss dieser Server explizit zugelassen werden. Weitere Informationen finden Sie in [ntp.conf\(5\)](#).

Wenn Sie nur Rechnern innerhalb des Netzwerks die Synchronisation mit dem Server erlauben, gleichzeitig aber verhindern wollen, dass diese den Server konfigurieren oder als Server für andere Rechner dienen können, fügen Sie folgende Zeile ein:

```
restrict 192.168.1.0 mask 255.255.255.0 nomodify notrap
```

`192.168.1.0` ist die lokale Adresse des Netzwerks, `255.255.255.0` ist die Netzmaske des Netzwerks.

Es werden mehrere `restrict`-Einträge unterstützt. Weitere Details finden Sie im Abschnitt `Access Control Support` von [ntp.conf\(5\)](#).

Sobald `ntp_enable="YES"` in `/etc/rc.conf` hinzugefügt wurde, kann `ntpd` direkt gestartet werden:

```
# service ntpd start
```

29.11.2. NTP mit einer PPP-Verbindung verwenden

`ntpd` benötigt keine ständige Internetverbindung. Wenn Sie sich über eine PPP-Verbindung ins Internet einwählen, sollten Sie verhindern, dass NTP-Verkehr eine Verbindung aufbauen oder aufrechterhalten kann. Dies kann in den `filter`-Direktiven von `/etc/ppp/ppp.conf` festgelegt werden. Ein Beispiel:

```
set filter dial 0 deny udp src eq 123
# Prevent NTP traffic from initiating dial out
set filter dial 1 permit 0 0
set filter alive 0 deny udp src eq 123
# Prevent incoming NTP traffic from keeping the connection open
set filter alive 1 deny udp dst eq 123
# Prevent outgoing NTP traffic from keeping the connection open
set filter alive 2 permit 0/0 0/0
```

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt **PACKET FILTERING** von [ppp\(8\)](#) sowie in den Beispielen unter `/usr/share/examples/ppp/`.



Anmerkung

Einige Internetprovider blockieren Ports mit niedrigen Nummern. In solchen Fällen funktioniert NTP leider nicht, da Antworten eines NTP-Servers den Rechner nicht erreichen werden.

29.12. iSCSI Initiator und Target Konfiguration

iSCSI bietet die Möglichkeit, Speicherkapazitäten über ein Netzwerk zu teilen. Im Gegensatz zu NFS, das auf Dateisystemebene arbeitet, funktioniert iSCSI auf Blockgeräteebene.

In der iSCSI-Terminologie wird das System, das den Speicherplatz zur Verfügung stellt, als *Target* bezeichnet. Der Speicherplatz selbst kann aus einer physischen Festplatte bestehen, oder auch aus einem Bereich, der mehrere Festplatten, oder nur Teile einer Festplatte, repräsentiert. Wenn beispielsweise die Festplatte(n) mit ZFS formatiert ist, kann ein zvol erstellt werden, welches dann als iSCSI-Speicher verwendet werden kann.

Die Clients, die auf den iSCSI-Speicher zugreifen, werden *Initiator* genannt. Ihnen steht der verfügbare Speicher als rohe, nicht formatierte Festplatte, die auch als LUN bezeichnet wird, zur Verfügung. Die Gerätedateien für die Festplatten erscheinen in `/dev/` und müssen separat formatiert und eingehangen werden.

Seit 10.0-RELEASE enthält FreeBSD einen nativen, kernelbasierten iSCSI *Target* und *Initiator*. Dieser Abschnitt beschreibt, wie ein FreeBSD-System als Target oder Initiator konfiguriert wird.

29.12.1. Ein iSCSI-Target konfigurieren



Anmerkung

Ein natives iSCSI-Target wird seit FreeBSD 10.0-RELEASE unterstützt. Um iSCSI mit älteren Versionen zu benutzen, installieren Sie ein Target aus der Ports-Sammlung, beispielsweise [net/istgt](#). Dieses Kapitel beschreibt nur das native Target.

Um ein iSCSI-Target zu konfigurieren, erstellen Sie die Konfigurationsdatei `/etc/ctl.conf` und fügen Sie eine Zeile in `/etc/rc.conf` hinzu, um sicherzustellen, dass [ctld\(8\)](#) automatisch beim Booten gestartet wird. Starten Sie dann den Daemon.

Das folgende Beispiel zeigt eine einfache `/etc/ctl.conf`. Eine vollständige Beschreibung dieser Datei und der verfügbaren Optionen finden Sie in [ctl.conf\(5\)](#).

```
portal-group pg0 {
  discovery-auth-group no-authentication
  listen 0.0.0.0
  listen [::]
```

```

}

target iqn.2012-06.com.example:target0 {
    auth-group no-authentication
    portal-group pg0

    lun 0 {
        path /data/target0-0
        size 4G
    }
}

```

Der erste Eintrag definiert die Portalgruppe `pg0`. Portalgruppen legen fest, auf welchen Netzwerk-Adressen der `ctld(8)`-Daemon Verbindungen entgegennehmen wird. Der Eintrag `discovery-auth-group no-authentication` zeigt an, dass jeder Initiator iSCSI-Targets suchen darf, ohne sich authentifizieren zu müssen. Die dritte und vierte Zeilen konfigurieren `ctld(8)` so, dass er auf allen IPv4- (listen `0.0.0.0`) und IPv6-Adressen (listen `:::`) auf dem Standard-Port 3260 lauscht.

Es ist nicht zwingend notwendig eine Portalgruppe zu definieren, da es bereits eine integrierte Portalgruppe namens `default` gibt. In diesem Fall ist der Unterschied zwischen `default` und `pg0` der, dass bei `default` eine Authentifizierung nötig ist, während bei `pg0` die Suche nach Targets immer erlaubt ist.

Der zweite Eintrag definiert ein einzelnes Target. Ein Target hat zwei mögliche Bedeutungen: eine Maschine die iSCSI bereitstellt, oder eine Gruppe von LUNs. Dieses Beispiel verwendet die letztere Bedeutung, wobei `iqn.2012-06.com.example:target0` der Name des Targets ist. Dieser Name ist nur für Testzwecke geeignet. Für den tatsächlichen Gebrauch ändern Sie `com.example` auf einen echten, rückwärts geschriebenen Domainnamen. `2012-06` steht für das Jahr und den Monat, an dem die Domain erworben wurde. `target0` darf einen beliebigen Wert haben und in der Konfigurationsdatei darf eine beliebige Anzahl von Targets definiert werden.

Der Eintrag `auth-group no-authentication` erlaubt es allen Initiatoren sich mit dem angegebenen Target zu verbinden und `portal-group pg0` macht das Target über die Portalgruppe `pg0` erreichbar.

Die nächste Sektion definiert die LUN. Jede LUN wird dem Initiator als separate Platte präsentiert. Für jedes Target können mehrere LUNs definiert werden. Jede LUN wird über eine Nummer identifiziert, wobei LUN 0 verpflichtend ist. Die Zeile mit dem Pfad `path /data/target0-0` definiert den absoluten Pfad zu der Datei oder des zvols für die LUN. Der Pfad muss vorhanden sein, bevor `ctld(8)` gestartet wird. Die zweite Zeile ist optional und gibt die Größe der LUN an. Als nächstes fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein, um `ctld(8)` automatisch beim Booten zu starten:

```
ctld_enable="YES"
```

Um `ctld(8)` jetzt zu starten, geben Sie dieses Kommando ein:

```
# service ctld start
```

Der `ctld(8)`-Daemon liest beim Start `/etc/ctl.conf`. Wenn diese Datei nach dem Starten des Daemons bearbeitet wird, verwenden Sie folgenden Befehl, damit die Änderungen sofort wirksam werden:

```
# service ctld reload
```

29.12.1.1. Authentifizierung

Die vorherigen Beispiele sind grundsätzlich unsicher, da keine Authentifizierung verwendet wird und jedermann vollen Zugriff auf alle Targets hat. Um für den Zugriff auf die Targets einen Benutzernamen und ein Passwort vorzusetzen, ändern Sie die Konfigurationsdatei wie folgt:

```

auth-group ag0 {
    chap username1 secretsecret
    chap username2 anothersecret
}

```

```
portal-group pg0 {
  discovery-auth-group no-authentication
  listen 0.0.0.0
  listen [::]
}

target iqn.2012-06.com.example:target0 {
  auth-group ag0
  portal-group pg0
  lun 0 {
    path /data/target0-0
    size 4G
  }
}
```

Die Sektion `auth-group` definiert die Benutzernamen und Passwörter. Um sich mit `iqn.2012-06.com.example:target0` zu verbinden, muss ein Initiator zuerst einen Benutzernamen und ein Passwort angeben. Eine Suche nach Targets wird jedoch immer noch ohne Authentifizierung gestattet. Um eine Authentifizierung zu erfordern, setzen Sie `discovery-auth-group` auf eine definierte `auth-group` anstelle von `no-authentication`.

In der Regel wird für jeden Initiator ein einzelnes Target exportiert. In diesem Beispiel wird der Benutzername und das Passwort direkt im Target-Eintrag festgelegt:

```
target iqn.2012-06.com.example:target0 {
  portal-group pg0
  chap username1 secretsecret

  lun 0 {
    path /data/target0-0
    size 4G
  }
}
```

29.12.2. Einen iSCSI-Initiator konfigurieren



Anmerkung

Der in dieser Sektion beschriebene iSCSI-Initiator wird seit FreeBSD 10.0-RELEASE unterstützt. Lesen Sie [iscontrol\(8\)](#), wenn Sie den iSCSI-Initiator mit älteren Versionen benutzen möchten.

Um den Initiator zu verwenden, muss zunächst ein iSCSI-Daemon gestartet sein. Der Daemon des Initiators benötigt keine Konfigurationsdatei. Um den Daemon automatisch beim Booten zu starten, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
iscsid_enable="YES"
```

Um [iscsid\(8\)](#) jetzt zu starten, geben Sie dieses Kommando ein:

```
# service iscsid start
```

Die Verbindung mit einem Target kann mit, oder ohne eine Konfigurationsdatei `/etc/iscsi.conf` durchgeführt werden. Dieser Abschnitt beschreibt beide Möglichkeiten.

29.12.2.1. Verbindung zu einem Target herstellen - ohne Konfigurationsdatei

Um einen Initiator mit einem Target zu verbinden, geben Sie die IP-Adresse des Portals und den Namen des Ziels an:

```
# iscsictl -A -p 10.10.10.10 -t iqn.2012-06.com.example:target0
```

Um zu überprüfen, ob die Verbindung gelungen ist, rufen Sie `iscsictl` ohne Argumente auf. Die Ausgabe sollte in etwa wie folgt aussehen:

Target name	Target portal	State
<code>iqn.2012-06.com.example:target0</code>	<code>10.10.10.10</code>	Connected: <code>da0</code>

In diesem Beispiel wurde die iSCSI-Sitzung mit der LUN `/dev/da0` erfolgreich hergestellt. Wenn das Target `iqn.2012-06.com.example:target0` mehr als nur eine LUN exportiert, werden mehrere Gerädateien in der Ausgabe angezeigt:

```
Connected: da0 da1 da2.
```

Alle Fehler werden auf die Ausgabe und in die Systemprotokolle geschrieben. Diese Meldung deutet beispielsweise darauf hin, dass der `iscsid(8)`-Daemon nicht ausgeführt wird:

Target name	Target portal	State
<code>iqn.2012-06.com.example:target0</code>	<code>10.10.10.10</code>	Waiting for <code>iscsid(8)</code>

Die folgende Meldung deutet auf ein Netzwerkproblem hin, zum Beispiel eine falsche IP-Adresse oder einen falschen Port:

Target name	Target portal	State
<code>iqn.2012-06.com.example:target0</code>	<code>10.10.10.11</code>	Connection refused

Diese Meldung bedeutet, dass der Name des Targets falsch angegeben wurde:

Target name	Target portal	State
<code>iqn.2012-06.com.example:target0</code>	<code>10.10.10.10</code>	Not found

Diese Meldung bedeutet, dass das Target eine Authentifizierung erfordert:

Target name	Target portal	State
<code>iqn.2012-06.com.example:target0</code>	<code>10.10.10.10</code>	Authentication failed

Verwenden Sie diese Syntax, um einen CHAP-Benutzernamen und ein Passwort anzugeben:

```
# iscsictl -A -p 10.10.10.10 -t iqn.2012-06.com.example:target0 -u user -s secretsecret
```

29.12.2.2. Verbindung mit einem Target herstellen - mit Konfigurationsdatei

Wenn Sie für die Verbindung eine Konfigurationsdatei verwenden möchten, erstellen Sie `/etc/iscsi.conf` mit etwa folgendem Inhalt:

```
t0 {
  TargetAddress = 10.10.10.10
  TargetName    = iqn.2012-06.com.example:target0
  AuthMethod    = CHAP
  chapIName     = user
  chapSecret    = secretsecret
}
```

`t0` gibt den Namen der Sektion in der Konfigurationsdatei an. Dieser Name wird vom Initiator benutzt, um zu bestimmen, welche Konfiguration verwendet werden soll. Die anderen Einträge legen die Parameter fest, die während der Verbindung verwendet werden. `TargetAddress` und `TargetName` müssen angegeben werden, die restlichen sind optional. In diesen Beispiel wird der CHAP-Benutzername und das Passwort angegeben.

Um sich mit einem bestimmten Target zu verbinden, geben Sie dessen Namen an:

```
# iscsictl -An t0
```

Um sich stattdessen mit allen definierten Targets aus der Konfigurationsdatei zu verbinden, verwenden Sie:

```
# iscsictl -Aa
```

Damit sich der Initiator automatisch mit allen Targets aus `/etc/iscsi.conf` verbindet, fügen Sie folgendes in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
iscsictl_enable="YES"  
iscsictl_flags="-Aa"
```


Kapitel 30. Firewalls

Beigetragen von Joseph J. Barbish.

Nach SGML konvertiert und aktualisiert von Brad Davis.

Übersetzt von Michael Bunzel, Johann Kois und Benjamin Lukas.

30.1. Einführung

Firewalls ermöglichen es, den ein- und ausgehenden Netzwerkverkehr eines Systems zu filtern. Dazu verwendet eine Firewall eine oder mehrere Gruppen von „Regeln“, um ankommende Netzwerkpakete zu untersuchen und entweder durchzulassen oder zu blockieren. Die Regeln einer Firewall untersuchen charakteristische Eigenschaften von Datenpaketen, darunter den Protokolltyp, die Quell- und Zieladresse sowie den Quell- und Zielpport.

Firewalls können die Sicherheit eines Rechners oder eines Netzwerks erhöhen, indem sie folgende Aufgaben übernehmen:

- Den Schutz der Anwendungen, Dienste und Rechner eines internen Netzwerks vor unerwünschtem Datenverkehr aus dem Internet.
- Die Beschränkung des Zugriffs von Rechnern des internen Netzwerks auf Rechner oder Dienste des öffentlichen Internets.
- Den Einsatz von Network Address Translation (NAT), welches es durch die Verwendung von privaten IP-Adressen ermöglicht, eine einzige gemeinsame Internetverbindung für mehrere Rechner zu nutzen. Dies geschieht entweder über eine einzige IP-Adresse oder über eine Gruppe von jeweils automatisch zugewiesenen öffentlichen Adressen.

Das Basissystem von FreeBSD enthält drei Firewalls: PF, IPFW und IPFILTER (auch als IPF bekannt). FreeBSD enthält ebenfalls zwei *Traffic-Shaper* zur Kontrolle der Bandbreite: [altq\(4\)](#) und [dummynet\(4\)](#). ALTQ ist traditionell eng an PF gebunden, während dummynet zusammen mit IPFW verwendet wird. Gemeinsam ist allen Firewalls, dass sie Regeln einsetzen, um den Transfer von ein- und ausgehenden Datenpaketen des Systems zu steuern. Unterschiedlich ist aber die Art und Weise, wie dies realisiert wird. Auch die für diese Regeln verwendete Syntax ist unterschiedlich.

FreeBSD besitzt mehrere Firewalls, um den unterschiedlichen Anforderungen und Vorlieben von Benutzern gerecht zu werden. Jeder Benutzer sollte selbst beurteilen, welche Firewall seinen Bedürfnissen am besten entspricht.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie wissen:

- Wie man Paketfilterregeln erstellt.
- Was die Unterschiede zwischen den in FreeBSD eingebauten Firewalls sind.
- Wie die PF-Firewall konfiguriert und eingesetzt wird.
- Wie die IPFW-Firewall konfiguriert und eingesetzt wird.
- Wie die IPFILTER-Firewall konfiguriert und eingesetzt wird.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie:

- Die grundlegenden Konzepte von FreeBSD und dem Internet verstehen.



Anmerkung

Da alle Firewalls auf der Inspektion ausgewählter Kontrollfelder in Datenpaketen basieren, muss für die Erstellung von Firewallregeln ein grundlegendes Verständnis von TCP/IP vorhanden sein. Eine gute Einführung finden Sie in [Daryl's TCP/IP Primer](#).

30.2. Firewallkonzepte

Ein Regelsatz besteht aus einer Gruppe von Regeln, die Pakete basierend auf ihren Inhalt entweder blockieren oder durchlassen. Der bidirektionale Austausch von Paketen zwischen zwei Rechnern wird als Sitzung (*Session*) bezeichnet. Der Regelsatz verarbeitet sowohl ankommende Pakete aus dem Internet, als auch die vom System erzeugten Antwortpakete. Jeder TCP/IP-Dienst hat ein festgelegtes Protokoll und einen vorgegebenen Port. Pakete für einen bestimmten Dienst stammen von einer Quelladresse und einem unprivilegierten Port und gehen an einen spezifischen Port auf der Zieladresse. Alle oben genannten Parameter können als Selektionskriterien verwendet werden, um einen Regelsatz zu erstellen, der den Zugriff auf bestimmte Dienste gewährt oder blockiert.

Unbekannte Portnummern können Sie in `/etc/services` nachschlagen. Alternativ finden Sie die Portnummern und deren Verwendungszweck auf http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_TCP_and_UDP_port_numbers.

Die Seite <http://www.sans.org/security-resources/idfaq/oddports.php> enthält eine Liste der Portnummern, die auch von Trojanern benutzt werden.

FTP hat zwei Modi: Aktiv und Passiv. Unterschied liegt in der Bestimmung des Datenkanals. Der Passiv-Modus ist sicherer, da der Datenkanal vom Client bestimmt wird. Eine ausführliche Erklärung von FTP und den verschiedenen Modi finden Sie unter <http://www.slacksite.com/other.ftp.html>.

Ein Firewall-Regelsatz kann entweder „einschließend“ (*inclusive firewall*) oder „ausschließend“ (*exclusive Firewall*) sein. Eine ausschließende Firewall lässt jeden Datenverkehr durch, der nicht durch eine Regel ausgeschlossen wurde. Eine einschließende Firewall macht das genaue Gegenteil. Sie lässt Datenverkehr nur dann passieren, wenn dieser einer der definierten Regeln entspricht.

Eine einschließende Firewall bietet eine wesentlich bessere Kontrolle des ausgehenden Verkehrs, was sie zur besseren Wahl für Systeme macht, welche Dienste für das Internet anbieten. Sie kontrolliert auch den Verkehr aus dem öffentlichen Internet zum privaten Netzwerk. Jeder Verkehr, der keiner Regel entspricht wird geblockt und protokolliert. Einschließende Firewalls sind generell sicherer als ausschließende Firewalls, da sie das Risiko, dass unerwünschter Verkehr hindurch geht, drastisch reduzieren.



Anmerkung

Wenn nicht anders vermerkt, verwenden alle Konfigurationen und Regelsätze in diesem Kapitel einschließende Firewalls.

Die Sicherheit kann durch den Einsatz einer „zustandsorientierten Firewall“ (*stateful firewall*) weiter erhöht werden. Dieser Typ Firewall überwacht alle offenen Verbindungen und erlaubt nur Datenverkehr von bereits bestehenden Verbindungen oder wenn eine neue Verbindung aufgebaut wird.

Eine zustandsorientierte Firewall behandelt den Verkehr als einen bidirektionalen Austausch von Paketen während einer Session. Wenn ein Zustand für eine passende Regel angegeben wird, erstellt die Firewall dynamisch interne Regeln für jedes Paket, das während dieser Session ausgetauscht wird. Die Firewall hat ausreichend Mög-

lichkeiten, um zu bestimmen, ob ein Paket zu einer Session gehört. Alle Pakete, die nicht zu dieser Session passen, werden automatisch abgelehnt.

Sobald die Session beendet ist, wird sie aus der dynamischen Zustandstabelle entfernt.

Eine zustandsorientierte Filterung erlaubt es, sich auf die Sperrung bzw. Freigabe von neuen Sessions zu konzentrieren. Wenn eine neue Session genehmigt wird, werden alle nachfolgenden Pakete dieser Session automatisch erlaubt und betrügerische Pakete werden automatisch abgelehnt. Wenn eine neue Session nicht genehmigt wird, werden alle nachfolgenden Pakete dieser Session abgelehnt. Die zustandsorientierte Filterung bietet fortgeschrittene Fähigkeiten zur Abwehr von verschiedensten Angriffsmethoden, die von Angreifern eingesetzt werden.

NAT steht für *Network Address Translation*. Die NAT-Funktion ermöglicht es einem privaten LAN hinter einer Firewall, sich eine einzelne vom ISP zugewiesene IP-Adresse zu teilen, auch wenn die Adresse dynamisch zugewiesen wird. NAT ermöglicht den Internetzugriff für jeden Rechner im LAN, ohne dass der ISP für mehrere Internet-Konten bezahlt wird.

NAT übersetzt automatisch die private IP-Adresse auf die öffentliche IP-Adresse, sobald ein Paket für das öffentliche Internet die Firewall passiert. Zusätzlich führt es auch die Übersetzung der Antwortpakete durch.

Gemäß RFC 1918 sind die folgenden IP-Adressbereiche für private Netzwerke reserviert und werden nie ins öffentliche Internet weitergeleitet. Daher sind diese Bereiche für den Einsatz mit NAT geeignet:

- 10.0.0.0/8
- 172.16.0.0/12
- 192.168.0.0/16



Warnung

Seien Sie *äußerst vorsichtig* wenn Sie mit Firewallregeln arbeiten. Durch eine falsche Konfiguration kann der Administrator den Zugriff auf den Server verlieren. Um auf der sicheren Seite zu sein, sollten Sie die anfängliche Konfiguration der Firewall von der lokalen Konsole durchführen, anstatt dass Sie dies aus der Ferne über ssh tun.

30.3. PF

Überarbeitet und aktualisiert von John Ferrell.

In FreeBSD 5.3 wurde PF von OpenBSD in das Basissystem integriert. Bei PF handelt es sich um eine komplette, voll ausgestattete Firewall, die optional auch ALTQ (Alternatives Queuing) unterstützt. ALTQ stellt *Quality of Service* (QoS) zur Verfügung.

Das OpenBSD-Projekt pflegt die maßgebliche Referenz von PF in der [PF FAQ](#). Peter Hansteen betreut ein sehr ausführliches PF-Tutorial unter <http://home.nuug.no/~peter/pf/>.



Warnung

Bedenken Sie beim Studium der [PF FAQ](#), dass FreeBSD die PF-Version aus OpenBSD 4.5 enthält.

Die [FreeBSD packet filter mailing list](#) ist ein guter Anlaufpunkt für Fragen zur Konfiguration und dem Einsatz der PF-Firewall. Überprüfen Sie aber zunächst die Archive der Mailingliste, bevor Sie eine Frage stellen. Vielleicht wurde die Frage dort schon beantwortet.

Weitere Informationen über die Portierung von PF nach FreeBSD finden Sie unter <http://pf4freebsd.love2party.net/>.

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf PF in FreeBSD. Es wird beschrieben, wie PF und ALTQ aktiviert werden. Anschließend wird demonstriert, wie Regelsätze auf einem FreeBSD-System erstellt werden.

30.3.1. PF aktivieren

Damit PF benutzt werden kann, muss zunächst das Kernelmodul geladen werden. Dieser Abschnitt beschreibt die Einträge für `/etc/rc.conf`, die verwendet werden können um PF zu aktivieren.

Beginnen Sie mit folgender Zeile in `/etc/rc.conf`:

```
pf_enable="YES"
```

[pfctl\(8\)](#) beschreibt zusätzliche Optionen, die beim Start an PF übergeben werden können. Fügen Sie diesen Eintrag in `/etc/rc.conf` hinzu und schreiben Sie die benötigten Optionen zwischen die Anführungszeichen:

```
pf_flags="" # additional flags for pfctl startup
```

PF kann nicht gestartet werden, wenn es seine Konfigurationsdatei nicht findet. In der Voreinstellung existiert bereits ein Regelsatz namens `/etc/pf.conf`. Wenn bereits ein Regelsatz an anderer Stelle gespeichert wurde, fügen Sie in `/etc/rc.conf` einen Eintrag mit dem vollständigen Pfad zur Datei ein:

```
pf_rules="/path/to/pf.conf"
```

Protokollierungsfunktionen für PF werden von [pflog\(4\)](#) zur Verfügung gestellt. Fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein, um diese Funktion zu aktivieren:

```
pflog_enable="YES"
```

Die folgenden Zeilen können ebenfalls hinzugefügt werden, um den Speicherort der Protokolldatei zu bestimmen und weitere Optionen beim Start an [pflog\(4\)](#) zu übergeben:

```
pflog_logfile="/var/log/pflog" # where pflogd should store the logfile
pflog_flags="" # additional flags for pflogd startup
```

Falls ein LAN hinter der Firewall existiert und die Pakete an die Rechner im LAN weitergeleitet werden müssen, oder wenn NAT benötigt wird, fügen Sie die folgende Option hinzu:

```
gateway_enable="YES" # Enable as LAN gateway
```

Nachdem die Änderungen gespeichert wurden, kann PF mit Unterstützung für Protokollierung gestartet werden:

```
# service pf start
# service pflog start
```

In der Voreinstellung liest PF seine Konfiguration aus `/etc/pf.conf` und modifiziert, verwirft oder akzeptiert Pakete anhand der Definitionen in dieser Datei. FreeBSD enthält mehrere Beispieldateien unter `/usr/share/examples/pf/`. Auch die [PF FAQ](#) enthält sehr ausführliche Beispiele für PF-Regeln.

Zur Steuerung von PF wird `pfctl` verwendet. [Tabelle 30.1, „Nützliche pfctl Optionen“](#) fasst einige nützliche Optionen für diesen Befehl zusammen. Eine Beschreibung aller verfügbaren Optionen finden Sie in [pfctl\(8\)](#).

Tabelle 30.1. Nützliche `pfctl` Optionen

Kommando	Aufgabe
<code>pfctl -e</code>	PF aktivieren

Kommando	Aufgabe
<code>pfctl -d</code>	PF deaktivieren
<code>pfctl -F all -f /etc/pf.conf</code>	Alle Filterregeln zurücksetzen (NAT, Filter, Zustandstabelle) und <code>/etc/pf.conf</code> erneut einlesen.
<code>pfctl -s [rules nat states]</code>	Zusammenfassung der Filterregeln, NAT-Regeln, oder der Zustandstabelle.
<code>pfctl -vnf /etc/pf.conf</code>	Überprüft <code>/etc/pf.conf</code> auf Fehler, lädt aber die Filterregeln nicht neu.



Tipp

[security/sudo](#) ist nützlich um Kommandos mit erhöhten Berechtigungen auszuführen, wie beispielsweise `pfctl`. Das Programm kann aus der Ports-Sammlung installiert werden.

Um den ein- und ausgehenden Verkehr im Auge zu behalten, können Sie ein Werkzeug wie [sysutils/pftop](#) benutzen. Sobald das Programm installiert ist, können Sie `pftop` ausführen, um einen Snapshot des Datenverkehrs zu sehen. Das Format der Ausgabe ist der von [top\(1\)](#) sehr ähnlich.

30.3.2. ALTQ aktivieren

Unter FreeBSD kann ALTQ zusammen mit PF benutzt werden, um Quality of Service (QoS) bereitzustellen. Sobald ALTQ aktiviert ist, können Warteschlangen definiert werden, mit denen Sie die Priorität für ausgehende Pakete festlegen können.

Bevor Sie ALTQ aktivieren, sollten Sie [altq\(4\)](#) lesen und sicherstellen, dass der Treiber der Netzwerkkarte diese Funktion unterstützt.

ALTQ steht nicht als ladbares Kernelmodul zur Verfügung. Wenn die Netzwerkkarte des Systems ALTQ unterstützt, erstellen Sie nach den Anweisungen in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) einen angepassten Kernel. Als erstes muss ALTQ aktiviert werden. Zudem ist mindestens eine weitere Option nötig, um den Algorithmus für die Warteschlange zu bestimmen:

```
options      ALTQ
options      ALTQ_CBQ      # Class Based Queuing (CBQ)
options      ALTQ_RED      # Random Early Detection (RED)
options      ALTQ_RIO      # RED In/Out
options      ALTQ_HFSC     # Hierarchical Packet Schedule (HFSC)
options      ALTQ_PRIQ     # Priority Queuing (PRIQ)
```

Die folgenden Algorithmen stehen zur Verfügung:

CBQ

Class Based Queuing (CBQ) erlaubt es, die Bandbreite einer Verbindung in verschiedene Klassen oder Warteschlangen zu unterteilen, um die Priorität von Datenpaketen basierend auf Filterregeln zu beeinflussen.

RED

Random Early Detection (RED) wird eingesetzt, um eine Überlastung des Netzwerks zu vermeiden. Dazu ermittelt RED die Größe der Warteschlange und vergleicht diesen Wert mit den minimalen und maximalen Grenzwerten der Warteschlange. Ist die Warteschlange größer als das erlaubte Maximum, werden alle neuen Pakete nach dem Zufallsprinzip verworfen.

RIO

Random Early Detection In and Out (RIO). Dieser Modus verwaltet mehrere Warteschlangen durchschnittlicher Größe mit mehreren Schwellwerten, eine für jedes QoS-Level.

HFSC

Hierarchical Fair Service Curve Packet Scheduler (HFSC) wird in <http://www-2.cs.cmu.edu/~hzhang/HFSC/main.html> beschrieben.

PRIQ

Priority Queuing (PRIQ) lässt den Verkehr einer Warteschlange mit höherer Priorität zuerst durch.

Weitere Informationen über diese Algorithmen und Beispiele für Regelsätze finden Sie unter <http://www.openbsd.org/faq/pf/queueing.html>.

30.3.3. PF Regelsätze

Beigetragen von Peter N. M. Hansteen.

Dieser Abschnitt beschreibt die Erstellung von angepassten Regelsätzen. Es wird mit dem einfachsten Regelsatz begonnen auf dem dann weitere aufgebaut werden, um die Konzepte und Funktionen von PF an einigen konkreten Beispielen zu verdeutlichen.

Der einfachste Regelsatz gilt für einen Rechner, der keine Dienste anbietet und Zugriff auf das Internet haben soll. Für diesen minimalen Regelsatz wird `/etc/pf.conf` wie folgt konfiguriert:

```
block in all
pass out all keep state
```

Die erste Regel blockiert jeglichen eingehenden Datenverkehr. Die zweite Regel erlaubt ausgehende Verbindungen von diesem Rechner, während die Zustandsinformationen dieser Verbindungen gespeichert werden. Diese Zustandsinformationen machen es möglich, den Antwortverkehr für diese Verbindungen zu erlauben. Der Regelsatz wird mit dem folgenden Befehl geladen:

```
# pfctl -e -; pfctl -f /etc/pf.conf
```

Neben den Zustandsinformationen verfügt PF über *Listen* und *Makros*. Diese können bei der Erstellung der Regeln definiert werden. Makros können Listen enthalten und sie müssen vor ihrer ersten Benutzung definiert sein. Fügen Sie beispielsweise folgende Zeilen an den Anfang des Regelsatzes:

```
tcp_services = "{ ssh, smtp, domain, www, pop3, auth, pop3s }"
udp_services = "{ domain }"
```

PF versteht sowohl Portnamen als auch Portnummern, solange die Namen in `/etc/services` aufgeführt sind. Dieses Beispiel erstellt zwei Makros. Das erste ist eine Liste mit sieben TCP-Portnamen, die zweite Liste enthält einen UDP-Portnamen. Sobald ein Makro definiert ist, kann es in den Regeln verwendet werden. In diesem Beispiel wird der gesamte Datenverkehr geblockt, mit Ausnahme der Verbindungen die von diesem Rechner initiiert wurden und sich auf einen der angegebenen TCP-Dienste oder den UDP-Dienst beziehen:

```
tcp_services = "{ ssh, smtp, domain, www, pop3, auth, pop3s }"
udp_services = "{ domain }"
block all
pass out proto tcp to any port $tcp_services keep state
pass proto udp to any port $udp_services keep state
```

Obwohl UDP als zustandsloses Protokoll betrachtet wird, ist PF in der Lage einige Zustandsinformationen zu verfolgen. Wenn beispielsweise eine UDP-Abfrage für einen Nameserver das System verlässt, wird PF nach der Antwort Ausschau halten und das Antwortpaket durch lassen.

Nachdem der Regelsatz verändert wurde, muss er neu geladen werden:

```
# pfctl -f /etc/pf.conf
```

Wenn keine Syntaxfehler festgestellt werden, wird `pfctl` keine Ausgabe erzeugen. Die Syntax kann auch getestet werden, bevor der Regelsatz geladen wird:

```
# pfctl -nf /etc/pf.conf
```

Die Option `-n` bewirkt, dass die Regeln nur interpretiert, jedoch nicht geladen werden. Dies bietet die Möglichkeit, alle Fehler zu korrigieren. Es wird immer der letzte gültige Regelsatz geladen, bis PF entweder deaktiviert, oder ein neuer Regelsatz geladen wird.



Tipp

Wenn Sie beim Laden oder Prüfen des Regelsatzes noch die Option `-v` hinzufügen, wird `pfctl` den komplett interpretierten Regelsatz anzeigen. Dies ist äußerst nützlich, wenn Sie versuchen Fehler im Regelsatz zu finden.

30.3.3.1. Einfaches Gateway mit NAT

Dieser Abschnitt zeigt wie ein FreeBSD-System mit PF als Gateway konfiguriert wird. Das Gateway muss über mindestens zwei Netzwerkkarten verfügen, die jeweils mit einem separaten Netzwerk verbunden sind. In diesem Beispiel ist `x11` mit dem Internet verbunden und `x10` ist mit dem internen Netzwerk verbunden.

Aktivieren Sie zunächst das Gateway, damit der Rechner den Netzwerkverkehr von einer Schnittstelle zur nächsten weiterleiten kann. Diese `sysctl`-Einstellung sorgt dafür, dass IPv4-Pakete weitergeleitet werden:

```
# sysctl net.inet.ip.forwarding=1
```

So leiten Sie IPv6-Datenverkehr weiter:

```
# sysctl net.inet6.ip6.forwarding=1
```

Um diese Einstellungen beim Systemstart zu aktivieren, fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` ein:

```
gateway_enable="YES" #für ipv4
ipv6_gateway_enable="YES" #für ipv6
```

Prüfen Sie mit `ifconfig`, dass beide Schnittstellen vorhanden und aktiv sind.

Als nächstes erstellen Sie die nötigen PF-Regeln, damit das Gateway den Datenverkehr weiterleiten kann. Die folgende Regel erlaubt den zustandsorientierten Verkehr aus dem Internet zu den Rechnern im Netzwerk:

```
pass in on x11 from x11:network to x10:network port $ports keep state
```

Diese Regel erlaubt lediglich den Datenverkehr über das Gateway auf der internen Schnittstelle. Damit die Pakete noch weiter gehen, wird eine passende Regel benötigt:

```
pass out on x10 from x11:network to x10:network port $ports keep state
```

Obwohl diese beiden Regeln funktionieren, werden sie in der Praxis so spezifisch selten benötigt. Ein lesbarer Regelsatz ist oft ein sicherer Regelsatz. Der Rest dieses Abschnitts zeigt, wie Sie die Regeln so einfach und lesbar wie möglich halten. Zum Beispiel könnten die beiden Regeln zu einer Regel zusammengefasst werden:

```
pass from x11:network to any port $ports keep state
```

Die Notation `interface:network` kann durch ein Makro ersetzt werden, um den Regelsatz besser lesbar zu machen. Zum Beispiel könnte für das Netzwerk an der internen Schnittstelle (`x10:network`) ein Makro namens `$localnet` definiert werden. Alternativ könnte für die Definition von `$localnet` auch eine *IP-Adresse/Netzmaske* Notation verwendet werden, um ein Netzwerk zu bezeichnen, beispielsweise `192.168.100.1/24` für ein privates Subnetz.

Bei Bedarf kann für `$localnet` auch eine Liste von Netzwerken definiert werden. Abhängig von den Bedürfnissen kann `$localnet` auch für eine typische Regel wie folgt verwendet werden:

```
pass from $localnet to any port $ports keep state
```

Der folgende Regelsatz erlaubt sämtlichen Verkehr, der von den Rechnern im internen Netzwerk initiiert wird. Zunächst werden zwei Makros definiert, die die externen und internen 3COM-Schnittstellen repräsentieren.



Anmerkung

Bei Einwählverbindungen wird tun0 für die externe Schnittstelle verwendet. Bei ADSL-Verbindungen, insbesondere denen die PPP over Ethernet (PPPoE) verwenden, ist die richtige externe Schnittstelle tun0 und nicht die physische Ethernet-Schnittstelle.

```
ext_if = "xl0" # macro for external interface - use tun0 for PPPoE
int_if = "xl1" # macro for internal interface
localnet = $int_if:network
# ext_if IP address could be dynamic, hence ($ext_if)
nat on $ext_if from $localnet to any -> ($ext_if)
block all
pass from { lo0, $localnet } to any keep state
```

Dieser Regelsatz führt die NAT-Regel ein, die verwendet wird, um die Übersetzung der Netzwerkadressen von den nicht-routebaren Adressen im internen Netzwerk auf die IP-Adresse der externen Schnittstelle zu handhaben. Die Klammern im letzten Teil der NAT-Regel (\$ext_if) werden angegeben, wenn die IP-Adresse der externen Schnittstelle dynamisch zugewiesen wird. Damit wird sichergestellt, dass der Netzwerkverkehr ohne schwerwiegende Unterbrechungen weiterläuft, auch wenn sich die externe IP-Adresse ändert.

Beachten Sie, dass dieser Regelsatz wahrscheinlich mehr Verkehr aus dem Netzwerk zulässt, als eigentlich nötig ist. Bei einem angemessenen Aufbau könnte folgendes Makro erstellt werden:

```
client_out = "{ ftp-data, ftp, ssh, domain, pop3, auth, nntp, http, \
https, cvspserver, 2628, 5999, 8000, 8080 }"
```

Dieses Makro wird dann in der Filterregel benutzt:

```
pass inet proto tcp from $localnet to any port $client_out \
flags S/SA keep state
```

Weitere pass Regeln werden vielleicht noch benötigt. Diese Regel aktiviert SSH auf der externen Schnittstelle:

```
pass in inet proto tcp to $ext_if port ssh
```

Dieses Makrodefinition und Regel erlaubt DNS und NTP für interne Clients:

```
udp_services = "{ domain, ntp }"
pass quick inet proto { tcp, udp } to any port $udp_services keep state
```

Beachten Sie das Schlüsselwort quick in dieser Regel. Da der Regelsatz aus mehreren Regeln besteht, ist es wichtig, die Beziehungen zwischen den einzelnen Regeln zu verstehen. Die Regeln werden von oben nach unten ausgewertet, in der Reihenfolge wie sie geschrieben sind. Für jedes Paket oder jede Verbindung, das PF ausgewertet wird, wird die letzte übereinstimmende Regel im Regelsatz angewendet. Wenn jedoch ein Paket auf eine Regel passt, welche das Schlüsselwort quick enthält, wird das Paket entsprechend dieser Regel behandelt und die Regelverarbeitung wird gestoppt. Diese Vorgehensweise ist sehr nützlich, wenn eine Ausnahme von den allgemeinen Regeln erforderlich ist.

30.3.3.2. Einen FTP-Proxy einrichten

Die Konfiguration einer funktionierenden Regel für FTP kann aufgrund der Beschaffenheit des FTP-Protokolls problematisch sein. FTP ist sehr viel älter als Firewalls und schon vom Design her unsicher. Die häufigsten Argumente gegen eine Verwendung von FTP sind:

- Passwörter werden im Klartext übertragen.
- Das Protokoll erfordert die Verwendung von mindestens zwei TCP-Verbindungen (Steuerung und Daten) auf separaten Ports.
- Wenn eine Sitzung aufgebaut wird, werden die Daten auf zufällig ausgewählten Ports übermittelt.

All diese Punkte stellen Herausforderungen dar, noch bevor die Client- oder Server-Software auf potenzielle Sicherheitslücken überprüft wurde. Es existieren aber auch sichere Alternativen für die Dateiübertragung, wie [sftp\(1\)](#) oder [scp\(1\)](#), wo die Authentifizierung und die Datenübertragung über eine verschlüsselte Verbindung erfolgt.

Für Situationen, in denen FTP erforderlich ist, kann PF den FTP-Datenverkehr an ein kleines Proxy-Programm namens [ftp-proxy\(8\)](#) weiterleiten. Dieses Programm ist im Basissystem von FreeBSD enthalten. Die Aufgabe des Proxies ist das dynamische Einfügen und Entfernen von Regeln im Regelsatz. Dies wird durch den Einsatz von Anknern erreicht, damit der FTP-Verkehr korrekt verarbeitet werden kann.

Fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` ein, um den Proxy zu aktivieren:

```
ftpproxy_enable="YES"
```

Danach kann der Proxy mit `service ftp-proxy start` gestartet werden.

Für die Grundkonfiguration müssen drei weitere Einträge in `/etc/pf.conf` hinzugefügt werden. Zunächst werden die Anker hinzugefügt, die der Proxy für die FTP-Sitzungen verwendet:

```
nat-anchor "ftp-proxy/*"  
rdr-anchor "ftp-proxy/*"
```

Dann wird eine `pass`-Regel benötigt, damit der FTP-Datenverkehr durch den Proxy geleitet werden kann.

Die Regeln für Umleitung und NAT müssen vor den eigentlichen Filterregeln definiert werden. Fügen Sie diese `rdr`-Regel unmittelbar nach der NAT-Regel ein:

```
rdr pass on $int_if proto tcp from any to any port ftp -> 127.0.0.1 port 8021
```

Zum Schluss muss der umgeleitete Verkehr die Firewall passieren dürfen:

```
pass out proto tcp from $proxy to any port ftp
```

`$proxy` enthält die Adresse, an dem der Proxy-Daemon gebunden ist.

Speichern Sie `/etc/pf.conf` und laden Sie die Regeln neu. Prüfen Sie von einem Client, ob die FTP-Verbindungen funktionieren:

```
# pfctl -f /etc/pf.conf
```

Dieses Beispiel umfasst eine Grundkonfiguration, in der die Rechner im lokalen Netzwerk Zugriff auf entfernte FTP-Server benötigen. Diese Konfiguration sollte mit den meisten FTP-Clients und -Servern gut funktionieren. Das Verhalten von [ftp-proxy\(8\)](#) kann durch diverse Optionen in `ftpproxy_flags` beeinflusst werden. Einige Clients und Server haben bestimmte Marotten, die bei der Konfiguration berücksichtigt werden müssen. Es kann zum Beispiel notwendig sein, den FTP-Datenverkehr für den Proxy einer bestimmten Warteschlange zuzuweisen.

Es besteht auch die Möglichkeit einen FTP-Server mit PF und [ftp-proxy\(8\)](#) zu schützen. Konfigurieren Sie einen separaten `ftp-proxy` mit `-R` für den Reverse-Modus auf einem separaten Port und einer eigenen Umleitungsregel.

30.3.3.3. ICMP verwalten

Viele Werkzeuge zur Fehlerbehebung in TCP/IP-Netzwerken verlassen sich auf das *Internet Control Message Protocol* (ICMP), das speziell für diese Zwecke entwickelt wurde.

Das ICMP-Protokoll sendet und empfängt Kontrollnachrichten zwischen Rechnern und Gateways, hauptsächlich um ungewöhnliche Bedingungen auf dem Weg zum Zielrechner zu berichten. Router verwenden ICMP um Paketgrößen und andere Übertragungsparameter zu ermitteln. Dieser Prozess ist auch als *Path MTU Discovery* bekannt.

Aus der Sicht einer Firewall sind einige ICMP-Kontrollnachrichten anfällig für bekannte Angriffsmethoden. Zwar ist die Fehlerbehebung einfacher, wenn alle ICMP-Pakete bedingungslos durch gelassen werden, aber das macht es auch für Angreifer leichter, Informationen über das Netzwerk zu extrahieren. Aus diesen Gründen ist die folgende Regel nicht optimal:

```
pass inet proto icmp from any to any
```

Eine Lösung besteht darin, nur den ICMP-Verkehr aus dem lokalen Netz zu akzeptieren, während ICMP-Pakete von außerhalb des Netzwerks verworfen werden:

```
pass inet proto icmp from $localnet to any keep state
pass inet proto icmp from any to $ext_if keep state
```

Es stehen noch weitere Optionen zur Verfügung, die die Flexibilität von PF demonstrieren. Anstatt beispielsweise alle ICMP-Nachrichten zu erlauben, kann man die Nachrichten angeben, die von `ping(8)` und `traceroute(8)` verwendet werden. Beginnen Sie damit, ein Makro für diese Art von Nachrichten zu definieren:

```
icmp_types = "echoreq"
```

Erstellen Sie dann eine Regel, die das eben erstellte Makro benutzt:

```
pass inet proto icmp all icmp-type $icmp_types keep state
```

Wenn weitere Arten von ICMP-Nachrichten benötigt werden, kann die Liste `icmp_types` einfach erweitert werden. Geben Sie `more /usr/src/contrib/pf/pfctl/pfctl_parser.c` ein, um eine Liste der von PF unterstützten ICMP-Nachrichten zu sehen. Die Webseite <http://www.iana.org/assignments/icmp-parameters/icmp-parameters.xhtml> enthält eine Erklärung für jeden Nachrichtentyp.

Da UNIX® `traceroute` in der Voreinstellung UDP verwendet, wird eine weitere Regel benötigt:

```
# allow out the default range for traceroute(8):
pass out on $ext_if inet proto udp from any to any port 33433 >< 33626 keep state
```

Da `TRACERT.EXE` unter Microsoft® Windows®-Systemen ICMP Echo Request Meldungen verwendet, ist nur die erste Regel notwendig um Traces für solche Systeme zu ermöglichen. UNIX® `traceroute` kann aber auch andere Protokolle verwenden, zum Beispiel ICMP Echo Request, wenn der Schalter `-I` benutzt wird. Details finden Sie in [traceroute\(8\)](#).

30.3.3.3.1. Path MTU Discovery

Internet-Protokolle sind so ausgelegt, dass sie geräteunabhängig sind. Eine Folge davon ist, dass die optimale Paketgröße nicht immer zuverlässig vorhergesagt werden kann. Das größte Hindernis ist hier die *Maximum Transmission Unit (MTU)*, welche die Obergrenze für die Paketgröße festlegt. Die MTU für die Schnittstelle des Systems können Sie sich mit `ifconfig` anzeigen lassen.

TCP/IP benutzt ein Verfahren, das als *path MTU discovery* bekannt ist, um die korrekte Paketgröße für eine Verbindung zu bestimmen. Dieses Verfahren sendet Pakete unterschiedlicher Größe mit dem Flag „do not fragment“ und erwartet ein ICMP-Antwortpaket vom Typ „type 3, code 4“, wenn die Obergrenze erreicht worden ist. Typ 3 bedeutet „Ziel nicht erreichbar“ und Code 4 ist die Abkürzung für „Fragmentierung nötig, aber Do-not-Fragment Flag ist gesetzt“. Um *path MTU discovery* zu erlauben und damit Verbindungen zu anderen MTUs zu unterstützen, fügen Sie dem Makro `icmp_types` den Typ `destination unreachable` hinzu:

```
icmp_types = "{ echoreq, unreach }"
```

Da die `pass`-Regel bereits das Makro verwendet, braucht es nicht geändert werden um den neuen ICMP-Typ zu unterstützen:

```
pass inet proto icmp all icmp-type $icmp_types keep state
```

PF kann alle Variationen von ICMP-Typen und Codes filtern. Eine Liste der verfügbaren Typen und Codes ist in [icmp\(4\)](#) und [icmp6\(4\)](#) dokumentiert.

30.3.3.4. Tabellen benutzen

Manchmal sind bestimmte Daten für die Filterung und Weiterleitung interessant, jedoch wäre eine Definition einer solchen Filterregel für einen Regelsatz viel zu lang. PF unterstützt die Verwendung von Tabellen. Dies sind definierte Listen, die verändert werden können, ohne den gesamten Regelsatz neu laden zu müssen. Zudem können diese Listen sehr schnell durchsucht werden. Tabellennamen sind immer in `< >` eingeschlossen und sehen wie folgt aus:

```
table <clients> { 192.168.2.0/24, !192.168.2.5 }
```

In diesem Beispiel ist das Netzwerk 192.168.2.0/24 Teil der Tabelle. 192.168.2.5 wurde im dem Operator `!` ausgeschlossen und ist somit nicht Teil der Tabelle. Es ist auch möglich Tabellen aus Dateien zu laden, wo jeder Eintrag in einer separaten Zeile steht. Dieses Beispiel verwendet dazu die Datei `/etc/clients`:

```
192.168.2.0/24
!192.168.2.5
```

Um sich auf diese Datei zu beziehen, definieren Sie die Tabelle wie folgt:

```
table <clients> persist file "/etc/clients"
```

Sobald die Tabelle definiert ist, kann eine Filterregel Bezug darauf nehmen:

```
pass inet proto tcp from <clients> to any port $client_out flags S/SA keep state
```

Die Inhalte einer Tabelle können mit `pfctl` direkt verändert werden. Dieses Beispiel fügt ein weiteres Netzwerk zur Tabelle hinzu:

```
# pfctl -t clients -T add 192.168.1.0/16
```

Beachten Sie, dass auf diese Weise vorgenommene Änderungen direkt übernommen werden, jedoch bei einem Neustart des Systems oder bei einem Stromausfall verloren gehen. Um die Änderungen dauerhaft zu speichern, müssen sie in der Definition der Tabelle oder in der Datei, auf die sich die Tabelle bezieht, bearbeitet werden. Mit einem [cron\(8\)](#) Job und einem Befehl wie `pfctl -t clients -T show >/etc/clients` können Sie auch eine Kopie der Tabelle auf Platte speichern und dann in regelmäßigen Abständen aktualisieren. Alternativ kann `/etc/clients` auch mit den Tabelleneinträgen, die sich aktuell im Speicher befinden, aktualisiert werden.

```
# pfctl -t clients -T replace -f /etc/clients
```

30.3.3.5. Verwendung von Tabellen zum Schutz von SSH

Benutzer, die SSH auf einer externen Schnittstelle ausführen, haben wahrscheinlich schon einmal ähnliche Meldungen in den Protokolldateien gesehen:

```
Sep 26 03:12:34 skapet sshd[25771]: Failed password for root from 200.72.41.31 port 40992 ssh2
Sep 26 03:12:34 skapet sshd[5279]: Failed password for root from 200.72.41.31 port 40992 ssh2
Sep 26 03:12:35 skapet sshd[5279]: Received disconnect from 200.72.41.31: 11: Bye Bye
Sep 26 03:12:44 skapet sshd[29635]: Invalid user admin from 200.72.41.31
Sep 26 03:12:44 skapet sshd[24703]: input_userauth_request: invalid user admin
Sep 26 03:12:44 skapet sshd[24703]: Failed password for invalid user admin from 200.72.41.31 port 41484 ssh2
```

Diese Meldungen deuten auf einen Brute-Force-Angriff hin, bei dem ein Angreifer oder ein Programm versucht, den Benutzernamen und das Passwort zu erraten, um Zugriff auf das System zu bekommen.

Wenn der Zugriff über SSH für berechtigte Benutzer erforderlich ist, kann eine Änderung des Standard-Ports für SSH einen gewissen Schutz bieten. Allerdings bietet PF eine elegantere Lösung für dieses Problem. `pass`-Regeln können Einschränkungen für Dinge enthalten, die ein verbindender Rechner tun kann. Bei einem Verstoß gegen diese Einschränkungen kann dann dem betroffenen Rechner der Zugriff teilweise oder ganz entzogen werden. Es ist sogar möglich, alle bestehenden Verbindungen zu trennen, falls die Grenze überschritten wird.

Um dies zu konfigurieren, erstellen Sie folgende Tabelle im Regelsatz:

```
table <bruteforce> persist
```

Fügen Sie dann ziemlich am Anfang der Filterregeln folgende Regeln hinzu, um die Brute-Force-Angriffe zu blocken und gleichzeitig berechtigte Verbindungen zu erlauben:

```
block quick from <bruteforce>
pass inet proto tcp from any to $localnet port $tcp_services \
    flags S/SA keep state \
    (max-src-conn 100, max-src-conn-rate 15/5, \
    overload <bruteforce> flush global)
```

Der Teil in Klammern definiert die Grenzwerte. Die Zahlen sollten an die lokalen Anforderungen angepasst werden. Die Zeilen können wie folgt interpretiert werden:

`max-src-conn` definiert die maximal erlaubte Anzahl gleichzeitiger Verbindungen von einem Rechner.

`max-src-conn-rate` definiert die maximal erlaubte Anzahl neuer Verbindungen eines einzelnen Rechners (15) pro Anzahl von Sekunden (5).

`overload <bruteforce>` bedeutet, dass jeder Rechner, der diesen Grenzwert überschreitet, zur Tabelle `bruteforce` hinzugefügt wird. Diese Filterregel blockiert jeglichen Datenverkehr von Adressen aus der Tabelle `bruteforce`.

`flush global` besagt, dass alle (`global`) Verbindungen dieses Rechners getrennt (`flush`) werden, wenn der Grenzwert erreicht wird.



Anmerkung

Diese Filterregeln helfen nicht bei langsamen Brute-Force-Angriffen, wie sie in <http://home.nuug.no/~peter/hailmary2013/> beschrieben sind.

Dieser Beispielregelsatz dient lediglich als Illustration. Wenn Sie allgemein eine große Anzahl an Verbindungen erlauben wollen, aber gleichzeitig bei SSH etwas restriktiver vorgehen möchten, können Sie die obige Regel ergänzen:

```
pass quick proto { tcp, udp } from any to any port ssh \
    flags S/SA keep state \
    (max-src-conn 15, max-src-conn-rate 5/3, \
    overload <bruteforce> flush global)
```



Es ist möglicherweise nicht notwendig, alle aggressiven Rechner zu blockieren

Es ist zu erwähnen, dass der `overload`-Mechanismus eine allgemeine Technik darstellt, die nicht auf SSH beschränkt ist. Außerdem ist es nicht immer optimal, Datenverkehr von aggressiven Rechnern zu blockieren.

Eine `overload`-Regel kann beispielsweise benutzt werden, um einen Mail- oder Webserver zu schützen. Die `overload`-Tabelle könnte dann in einer Regel verwendet werden, um aggress-

sive Rechner einer Warteschlange mit geringerer Bandbreite zuzuweisen, oder den Rechner auf eine bestimmte Webseite umzuleiten.

Im Laufe der Zeit werden die Tabellen durch die `overload`-Regeln immer größer und belegen immer mehr Speicher. Manchmal wird eine geblockte IP-Adresse einem Rechner dynamisch zugewiesen, der eigentlich berechtigt ist, mit den Rechnern im lokalen Netzwerk zu kommunizieren.

Für solche Situationen bietet `pfctl` die Möglichkeit, Tabelleneinträge auslaufen zu lassen. Dieses Kommando würde beispielsweise Einträge aus der Tabelle `<bruteforce>` löschen, die seit 86400 Sekunden nicht mehr referenziert wurden:

```
# pfctl -t bruteforce -T expire 86400
```

Eine ähnliche Funktionalität bietet [security/expiretable](#), welches Einträge entfernt, die für einen bestimmten Zeitraum nicht referenziert wurden.

Nach der Installation kann `expiretable` benutzt werden, um Einträge aus der Tabelle `<bruteforce>` nach einer bestimmten Zeit zu entfernen. Dieses Beispiel entfernt alle Einträge, die älter sind als 24 Stunden:

```
/usr/local/sbin/expiretable -v -d -t 24h bruteforce
```

30.3.3.6. Schutz vor SPAM

Im Gegensatz zum `spamd`-Daemon von `spamassassin`, kann [mail/spamd](#) zusammen mit PF den SPAM direkt an der Firewall abwehren. Dieser `spamd` wird in PF über einen Satz von Umleitungen konfiguriert.

Spammer neigen dazu, eine große Anzahl von Nachrichten zu versenden. Dabei nutzen Sie SPAM-freundliche Netzwerke und gekaperte Rechner, welche dann ziemlich schnell bei sogenannten *Blacklists* gemeldet werden.

Wenn eine SMTP-Verbindung von einer Adresse in der Blacklist empfangen wird, präsentiert `spamd` einen Banner und schaltet sofort in einen Modus, in dem die Antworten auf den SMTP-Verkehr jeweils ein Byte groß sind. Diese Technik, die möglichst viel Zeit des Spammers verschwenden soll, wird *Tarpitting* genannt. Die spezifische Implementierung, welche ein Byte SMTP-Antworten verwendet, wird als *Stuttering* bezeichnet.

Dieses Beispiel zeigt das grundlegende Verfahren zur Konfiguration von `spamd` mit automatisch aktualisierten Blacklists. Für weitere Informationen lesen die Manualpages, die zusammen mit [mail/spamd](#) installiert werden.

Prozedur 30.1. Konfiguration von `spamd`

1. Installieren Sie das Paket oder den Port [mail/spamd](#). Um `spamd`'s Greylisting-Funktion zu nutzen, muss [fdescfs\(5\)](#) in `/dev/fd` eingehängt werden. Fügen Sie folgende Zeile in `/etc/fstab` ein:

```
fdescfs /dev/fd fdescfs rw 0 0
```

Danach hängen Sie das Dateisystem ein:

```
# mount fdescfs
```

2. Fügen Sie folgende Zeilen in den PF-Regelsatz ein:

```
table <spamd> persist
table <spamd-white> persist
rdr pass on $ext_if inet proto tcp from <spamd> to \
{ $ext_if, $localnet } port smtp -> 127.0.0.1 port 8025
rdr pass on $ext_if inet proto tcp from !<spamd-white> to \
{ $ext_if, $localnet } port smtp -> 127.0.0.1 port 8025
```

Die beiden Tabellen `<spamd>` und `<spam-white>` sind von großer Bedeutung. SMTP-Verkehr von einer Adresse, die in `<spamd>` aber nicht in `<spamd-white>` ist, wird an den `spamd`-Daemon auf Port 8025 umgeleitet.

3. Im nächsten Schritt wird `spamd` in `/usr/local/etc/spamd.conf` konfiguriert und einige Parameter werden in `/etc/rc.conf` hinzugefügt.

Die Installation von [mail/spamd](#) enthält eine Beispielkonfiguration (`/usr/local/etc/spamd.conf.sample`) und eine Manualpage für `spamd.conf`. Beziehen Sie sich für zusätzliche Konfigurationsoptionen auf diese Dokumentation.

Die Konfigurationsdatei enthält einen Block, in dem die `all`-Liste definiert ist, die wiederum weitere Listen spezifiziert:

```
all:\
:traplist:whitelist:
```

Dieser Eintrag fügt die gewünschten Blacklists, getrennt durch einen Doppelpunkt (:), hinzu. Um auch eine Whitelist zu verwenden, fügen Sie den Namen unmittelbar hinter dem Namen der Blacklist ein. Zum Beispiel: `:Blacklist:Whitelist:`.

Danach folgt die Definition der verwendeten Blacklist:

```
traplist:\
:black:\
:msg="SPAM. Your address %A has sent spam within the last 24 hours":\
:method=http:\
:file=www.openbsd.org/spamd/traplist.gz
```

In der ersten Zeile steht der Name der Blacklist und die zweite Zeile gibt den Typ an. Das Feld `msg` enthält die Nachricht, die dem Absender während des SMTP-Dialogs angezeigt wird. Das Feld `method` legt fest, wie `spamd-setup` die Listen bezieht; unterstützte Methoden sind `http`, `ftp`, `file` und ein externes Programm via `exec`. Im letzten Feld gibt `file` den Namen der Datei an, die `spamd` erwartet.

Die Definition der Whitelist ist ähnlich. Das Feld `msg` wird jedoch nicht definiert, da eine Meldung hier nicht erforderlich ist:

```
whitelist:\
:white:\
:method=file:\
:file=/var/mail/whitelist.txt
```



Wählen Sie die Datenquellen mit Sorgfalt:

Bei der Verwendung von sämtlichen Blacklists aus der Beispieldatei `spamd.conf` würden große Teile des Internets geblockt. Der Administrator muss diese Datei bearbeiten, um eine optimale Konfiguration zu erzielen. Dazu gehört auch die Auswahl von geeigneten Blacklists und, wenn nötig, die Erstellung von benutzerdefinierten Listen.

Als nächstes fügen Sie folgenden Eintrag in `/etc/rc.conf` hinzu. Zusätzliche Optionen sind in der Manualpage beschrieben:

```
spamd_flags="-v" # use "" and see spamd-setup(8) for flags
```

Wenn Sie fertig sind, starten Sie `spamd` durch die Eingabe von `service obspamd start`. Führen Sie die weitere Konfiguration mit `spamd-setup` durch. Erstellen Sie zum Schluss einen [cron\(8\)](#)-Job, der `spamd-setup` in regelmäßigen Abständen aufruft, um die Listen zu aktualisieren.

Auf einem typischen Gateway vor dem Mailserver, werden Rechner innerhalb von wenigen Minuten geblockt.

PF unterstützt auch *Greylisting*, das Nachrichten von unbekannten Rechnern vorübergehend mit `45n`-Codes ablehnt. Nachrichten von diesen Rechnern werden bei einem erneuten Versuch nach einer angemessenen Zeit

durchgelassen. Nachrichten von Rechnern, die nach RFC 1123 und RFC 2821 konfiguriert sind, werden sofort durchgelassen.

Weitere Informationen über Greylisting finden Sie unter greylisting.org. Das Erstaunlichste an Greylisting ist, neben der einfachen Benutzung, dass es immer noch funktioniert. Spammer und Malware-Autoren gelingt es bislang nur schwer, diese Technik zu umgehen.

Die grundsätzliche Vorgehensweise zur Konfiguration von Greylisting ist wie folgt:

Prozedur 30.2. Konfiguration von Greylisting

1. Stellen Sie sicher, dass `fdescfs(5)` eingehängt ist. Dies wird in Schritt 1 der vorherigen Prozedur beschrieben.
2. Um `spamd` im Greylisting-Modus auszuführen, fügen Sie folgende Zeilen in `/etc/rc.conf` ein:

```
spamd_grey="YES" # use spamd greylisting if YES
```

Lesen Sie die Manualpage von `spamd` für Beschreibungen von zusätzlichen Parametern.

3. Starten Sie die Dienste, um die Konfiguration von Greylisting abzuschließen:

```
# service obspamd restart
# service spamlogd start
```

Hinter den Kulissen führen die `spamdb`-Datenbank und `spamlogd` wesentliche Aufgaben der Greylisting-Funktion aus. `spamdb` ist die Schnittstelle für den Administrator, der über den Inhalt der Datenbank `/var/db/spamdb` Blaklists, Whitelists und Greylists verwaltet.

30.3.3.7. Netzwerk-Hygiene

Dieser Abschnitt beschreibt die Verwendung von `block-policy`, `scrub` und `antispoof`, mit denen das Verhalten des Regelsatzes weiter optimiert werden kann.

Die Option `block-policy` kann im Teil `options` des Regelwerks konfiguriert werden, vor den Umleitungen und den eigentlichen Filterregeln. Diese Option legt fest, welche Rückmeldung PF an einen geblockten Rechner sendet. Es existieren zwei mögliche Werte: `drop` verwirft das Paket ohne Rückmeldung und `return` gibt eine Statusmeldung, wie etwa `Connection refused` zurück.

Die Voreinstellung ist `drop`. Geben Sie den gewünschten Wert ein, um die `block-policy`-Richtlinie zu ändern:

```
set block-policy return
```

`scrub` ist ein Schlüsselwort in PF, das die Paket-Normalisierung aktiviert. Dieser Prozess fügt fragmentierte Pakete wieder zusammen und blockt TCP-Pakete mit ungültigen Flag-Kombinationen. Ein aktiviertes `scrub` bietet einen gewissen Schutz gegen Angriffe, die auf die falsche Handhabung von fragmentierten Paketen aufbauen. Es stehen viele Optionen zur Verfügung, jedoch sollte die einfachste Form für die meisten Konfigurationen ausreichend sein:

```
scrub in all
```

Einige Dienste, wie beispielsweise NFS, erfordern eine bestimmte Handhabung von fragmentierten Paketen. Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.openbsd.org/faq/pf/scrub.html>.

Dieses Beispiel fügt fragmentierte Pakete wieder zusammen, löscht das „do not fragment“-Bit und setzt die maximale Segmentgröße auf 1440 Bytes:

```
scrub in all fragment reassemble no-df max-mss 1440
```

Der `antispoof`-Mechanismus bietet einen Schutz gegen gefälschte IP-Adressen. Dabei werden hauptsächlich Pakete verworfen, die auf der falschen Schnittstellen ankommen.

Folgende Regeln verwerfen gefälschte Adressen, wenn sie aus dem Internet oder dem lokalen Netzwerk stammen:

```
antispoof for $ext_if
antispoof for $int_if
```

30.3.3.8. Handhabung von nicht-routebaren Adressen

Sogar bei einem richtig konfigurierten NAT-Gateway müssen Sie vielleicht die Fehlkonfiguration anderer Personen ausgleichen. Ein typischer Fehler besteht darin, nicht-routebare Adressen ins Internet zu lassen. Da der Verkehr von nicht-routebaren Adressen Teil eines DoS-Angriffs sein kann, sollten Sie in Betracht ziehen, diesen Verkehr explizit an der externen Schnittstelle des Netzwerks zu blockieren.

In diesem Beispiel wird ein Makro erstellt, das die nicht-routebaren Adressen enthält. Datenverkehr von und zu diesen Adressen wird dann an der externen Schnittstelle des Gateways verworfen.

```
martians = "{ 127.0.0.0/8, 192.168.0.0/16, 172.16.0.0/12, \
10.0.0.0/8, 169.254.0.0/16, 192.0.2.0/24, \
0.0.0.0/8, 240.0.0.0/4 }"

block drop in quick on $ext_if from $martians to any
block drop out quick on $ext_if from any to $martians
```

30.4. Die IPFILTER-Firewall (IPF)

Geschrieben wurde IPFILTER von Darren Reed. IPFILTER ist vom Betriebssystem unabhängig: Es ist eine Open Source Anwendung, die auf die Betriebssysteme FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, SunOS™, HP/UX und Solaris™ portiert wurde. IPFILTER wird aktiv betreut und gepflegt. Es werden regelmäßig neue Versionen herausgegeben.

IPFILTER basiert auf einer kernelseitigen Firewall und einem NAT Mechanismus, der durch Anwenderprogramme betreut und gesteuert werden kann. Die Regeln der Firewall werden mit dem Programm `ipf(8)` gesetzt oder gelöscht. Für die Manipulation der NAT Regeln verwendet man `ipnat(8)`. Mit `ipfstat(8)` werden Laufzeitstatistiken der kernelseitigen Anteile von IPFILTER aufgelistet. Und mit dem Programm `ipmon(8)` kann man die Aktionen von IPFILTER in die Protokolldateien des Systems speichern.

IPF funktionierte ursprünglich mit einer Regel-Prozess-Logik à la „die letzte Regel, die passt, entscheidet“ und verwendete ausschließlich Regeln ohne feste Zustände. Inzwischen wurde die Regel-Prozess-Logik drastisch modernisiert: Es gibt eine `quick` und eine zustandsorientierte `keep-state` Option. Die offizielle Dokumentation beinhaltet leider nur die veralteten Parameter zur Regelerstellung - die neuen Funktionen werden nur als Zusatzoptionen aufgelistet, was ihre Vorteile beim Erstellen einer weit überlegenen und viel sichereren Firewall völlig untergräbt.

Die Anweisungen in diesem Kapitel basieren darauf, Regeln mit den Optionen `quick` und `keep-state` zu erstellen. Mit diesem Grundwissen wird man einen kompletten einschließenden Regelsatz erstellen können.

Für eine ausführliche Erläuterung der alten Methode zur Regelverarbeitung schauen Sie bitte auf <http://www.munk.me.uk/ipf/ipf-howto.html> oder <http://coombs.anu.edu.au/~avalon/ip-filter.html>.

Antworten auf häufige Fragen finden Sie unter <http://www.phildev.net/ipf/index.html>.

Und ein durchsuchbares Archiv der Mailingliste zu IPFILTER gibt es unter <http://marc.theaimsgroup.com/?l=ipfilter>.

30.4.1. Aktivieren von IPF

FreeBSD enthält IPF in der Standardversion als ladbares Kernelmodul. Dieses Modul wird vom System automatisch geladen, wenn in der `rc.conf` der Eintrag `ipfilter_enable="YES"` angelegt wird. In dieser ursprünglichen Konfiguration ist die Protokollierung aktiv und die Option `default pass all` ("Pakete passieren lassen") als Standard gesetzt. Um die `block all` ("alles Blockieren") Option zu setzen, muss man nicht gleich einen neuen Kernel bauen - es reicht, `block all` als letzte Position des Regelsatzes aufzulisten.

30.4.2. Kernel-Optionen

Es ist nicht unbedingt notwendig, IPF durch die folgenden Optionen direkt in der Kernel einzubinden. Diese Möglichkeit der Verwendung von IPF wird hier mehr als Hintergrundwissen angeboten. Man sollte nur wissen, dass dadurch nicht mehr das Kernelmodul geladen wird - und dementsprechend auch nicht mehr entladen werden kann.

Die Beschreibung der einzelnen Optionen von IPF für die Verwendung in der Kernelkonfiguration finden Sie auch in der Datei `/usr/src/sys/conf/NOTES`.

```
options IPFILTER
options IPFILTER_LOG
options IPFILTER_DEFAULT_BLOCK
```

`options IPFILTER` aktiviert die Verwendung der „IPFILTER“ Firewall.

`options IPFILTER_LOG` aktiviert den Logging-Mechanismus. Das bedeutet, dass jedes Paket geloggt wird, auf das eine Regel passt, die das Schlüsselwort `log` enthält. Dazu wird der Pseudo-Device `ipl` verwendet.

`options IPFILTER_DEFAULT_BLOCK` ändert das Verhalten der Firewall dahingehend, dass jedes Paket, das nicht explizit von einer `pass` Regel Zugang erhält, abgewiesen, bzw. geblockt, wird.

Diese Einstellungen werden erst aktiv, wenn der Kernel, in den sie eingebunden wurden, kompiliert, installiert und gebootet wurde.

30.4.3. Optionen in rc.conf

Um IPF während des Bootvorgangs einzubinden, braucht man lediglich die folgenden Zeilen der Datei `/etc/rc.conf` anzufügen:

```
ipfilter_enable="YES"           # Startet IPF
ipfilter_rules="/etc/ipf.rules" # liest den Regelsatz aus einer Datei
ipmon_enable="YES"              # Startet das IP-Monitor Log
ipmon_flags="-Ds"               # D = Als Da:mon starten
                                # s = Protokollierung via syslog
                                # v = Protokollierung von tcp window, ack, seq
                                # n = Namen statt IP & port ausgeben
```

Falls sich hinter der Firewall ein lokales Netzwerk befindet, das den reservierten privaten Adressbereich verwendet, müssen die folgenden Zeilen zur Aktivierung von NAT ebenfalls in `/etc/rc.conf` eingetragen werden:

```
gateway_enable="YES"           # Aktivierung des LAN-Gateways
ipnat_enable="YES"              # Startet die ipnat Funktion
ipnat_rules="/etc/ipnat.rules" # Liest die ipnat-Regeldefinitionen aus einer Datei
```

30.4.4. Der Befehl ipf

Mit dem Befehl `ipf(8)` liest man die Datei, die den Regelsatz enthält ein. Mit dem folgenden Befehl können Sie Ihre eigenen, für Ihr System maßgeschneiderten Regeln einlesen und so in einem Schritt alle Regeln der laufenden Firewall ersetzen:

```
# ipf -Fa -f /etc/ipf.rules
```

`-Fa` bedeutet, dass alle intern gespeicherten Tabellen mit Regeln gelöscht werden.

`-f` gibt die Datei an, aus der die neuen Regeln gelesen werden sollen.

Mit diesen beiden Optionen erhalten Sie die Möglichkeit, Änderungen an der Datei mit Ihrem Regelsatz vorzunehmen und gleich die Firewall mit den neuen Regeln zu bestücken, ohne den Rechner neu starten zu müssen. Da

dieser Vorgang beliebig wiederholt werden kann, ist es ein sehr bequemer Weg, neue Regeln einzuarbeiten und zu testen.

Um mehr über diese und weitere Optionen von `ipf(8)` zu erfahren, konsultieren Sie bitte die Manpage.

`ipf(8)` erwartet, dass es sich bei der Datei mit dem Regelsatz um eine Standard-Textdatei handelt. Eine Datei, die ein Skript oder Variablen enthält, wird nicht verarbeitet.

Es gibt allerdings doch einen Weg, IPF Regeln mit Hilfe von Skripten und Variablen zu erstellen. Weitere Informationen dazu finden Sie unter [Abschnitt 30.4.9, „Die Erstellung eines Regelsatzes mit Variablen“](#).

30.4.5. IPFSTAT

Das normale Verhalten von `ipfstat(8)` ist, die Zusammenfassung der angefallenen Statistiken, die als Resultat der Anwendung von nutzerspezifischen Regeln auf ein- und ausgehende Pakete seit dem letzten Start der Firewall oder seit dem letzten Zurücksetzen der Zähler auf Null durch das Kommando `ipf -Z` angesammelt wurden, abzurufen und anzuzeigen.

Für weiterführende Informationen schauen Sie bitte auf die Manpage von `ipfstat(8)`!

Die Ausgabe von `ipfstat(8)`, wenn keine Parameter übergeben wurden, sieht etwa so aus:

```
input packets: blocked 99286 passed 1255609 nomatch 14686 counted 0
output packets: blocked 4200 passed 1284345 nomatch 14687 counted 0
input packets logged: blocked 99286 passed 0
output packets logged: blocked 0 passed 0
packets logged: input 0 output 0
log failures: input 3898 output 0
fragment state(in): kept 0 lost 0
fragment state(out): kept 0 lost 0
packet state(in): kept 169364 lost 0
packet state(out): kept 431395 lost 0
ICMP replies: 0 TCP RSTs sent: 0
Result cache hits(in): 1215208 (out): 1098963
IN Pullups succeeded: 2 failed: 0
OUT Pullups succeeded: 0 failed: 0
Fastroute successes: 0 failures: 0
TCP cksum fails(in): 0 (out): 0
Packet log flags set: (0)
```

Wenn die Option `-i` für „eingehend“ oder `-o` für „ausgehend“ übergeben wird, liefert das Kommando eine entsprechende Liste von Filter-Regeln, die gerade installiert sind und vom Kernel verwendet werden.

`ipfstat -in` zeigt alle aktive Regeln für eingehende Verbindungen zusammen mit ihren Nummern.

`ipfstat -on` erledigt dasselbe für die ausgehenden Verbindungen.

Die Ausgabe sieht in etwa folgendermaßen aus:

```
@1 pass out on xl0 from any to any
@2 block out on dc0 from any to any
@3 pass out quick on dc0 proto tcp/udp from any to any keep state
```

`ipfstat -ih` zeigt die Tabelle der aktiven Regeln für eingehende Verbindungen zusammen mit der Anzahl, wie oft jeder einzelnen Regel entsprochen wurde.

`ipfstat -oh` zeigt das Gleiche für die ausgehenden Verbindungen.

Hier wird die Ausgabe so oder so ähnlich aussehen:

```
2451423 pass out on xl0 from any to any
354727 block out on dc0 from any to any
430918 pass out quick on dc0 proto tcp/udp from any to any keep state
```

Einer der wichtigsten Funktionen von `ipfstat` wird über die Option `-t` bereitgestellt. Mit ihr wird eine Status-tabelle vergleichbar der Prozess-Tabelle von `top(1)` ausgegeben. Mit dieser Funktion erhalten Sie im Falle eines Angriffs die Möglichkeit, die angreifenden Pakete zu identifizieren, abzufangen und auszuwerten. Weitere Unteroptionen eröffnen, die IP-Adresse, den Port oder das Protokoll, geteilt nach Herkunft und Ziel, auszuwählen und dann in Echtzeit zu beobachten. Lesen Sie dazu bitte auch die Manpage von `ipfstat(8)`.

30.4.6. IPMON

Damit der Befehl `ipmon` korrekt arbeiten kann, muss die Option `IPFILTER_LOG` in die Kernelkonfiguration einge-
arbeitet werden. Das Kommando selbst arbeitet in zwei verschiedenen Modi. Für den nativen Modus startet man `ipmon` auf der Kommandozeile ohne die Option `-D`.

Der Hintergrundmodus (`daemon mode`) dient der Erstellung eines stetigen Systemprotokolls, so dass Einträge vergangener Ereignisse inspiiziert werden können. So sollen FreeBSD und IPFILTER entsprechend ihrer Konfiguration zusammen arbeiten. FreeBSD kann mit einem eingebauten Mechanismus Systemprotokolle turnusmäßig abspeichern. Aus diesem Grund sollte man besser `syslogd(8)` verwenden anstatt die Protokollinformationen in eine Datei zu schreiben, wie es als Standard vorgesehen ist. In der Standard-`rc.conf`-Datei (im Ordner `/etc/defaults/`) wird dem Eintrag `ipmon_flags` die Option `-Ds` übergeben:

```
ipmon_flags="-Ds" # D = Als Da:mon starten
# s = Protokollierung via syslog
# v = Protokollierung von tcp window, ack, seq
# n = Namen statt IP & port ausgeben
```

Die Vorteile des Protokollierens liegen auf der Hand: Sie versetzen den Administrator in die Lage, nach einem Vorfall Informationen abzurufen, etwa welche Pakete aussortiert wurden, welche Adressen diese Pakete gesendet haben oder wohin sie gesendet werden sollten. Alles in allem erhält er ein sehr gutes Werkzeug zum Aufspüren von Angreifern.

Jedoch, auch wenn die Protokollierung aktiviert ist, wird IPF keine einzige Regel zum Protokollieren von alleine entwerfen und umsetzen. Der Administrator der Firewall entscheidet, welche Regeln in seinem Regelsatz mitgeschrieben werden sollen und er muss dementsprechend das Schlüsselwort `log` in dieser Regel angeben. Normalerweise werden nur Treffer auf abweisende Regeln protokolliert.

Es ist üblich, als letzte Regel eine alles blockierende Regel mit dem Schlüsselwort `log` in den Regelsatz einzutragen. Dadurch erkennt man alle Pakete, die keiner Regel im Regelsatz entsprachen.

30.4.7. IPMON Logging

Syslogd verwendet seine eigene Methode zum Sortieren der gesammelten Protokolldaten - spezielle Gruppierungen namens „facility“ und „level“. IPMON verwendet im `daemon`-Modus als „facility“ den Wert `security`. Die folgenden „level“ können für eine genauere Trennung der Protokolldaten verwendet werden:

```
LOG_INFO - Alle zu protokollierenden Pakete
LOG_NOTICE - Protokollierte Pakete, die passieren durften
LOG_WARNING - Protokollierte Pakete, die blockiert wurden
LOG_ERR - Protokollierte Pakete, deren Headerdaten nicht komplett vorlagen
```

Damit IPFILTER angewiesen werden kann, alle Protokolldaten in die Datei `/var/log/ipfilter.log` zu schreiben, muss diese erst erstellt werden. Folgendes Kommando übernimmt diese Aufgabe:

```
# touch /var/log/ipfilter.log
```

Die Funktionen von `syslogd(8)` werden durch Definition in der Datei `/etc/syslog.conf` gesteuert. In dieser Datei kann sehr weitläufig eingestellt werden, wie syslog mit den Systemnachrichten umgehen soll, die ihm von Anwendungen wie IPF übergeben werden.

Fügen Sie folgende Definition in die Datei `/etc/syslog.conf` ein, um die Protokollierung für IPF via syslog zu aktivieren:

```
security.* /var/log/ipfilter.log
```

security.* bedeutet, dass alle Nachrichten der Klasse security.* am angegebenen Ort (hier eine Datei) geschrieben werden sollen.

Um Änderungen an der Datei /etc/syslog.conf zu aktivieren müssen Sie den Rechner neu starten, oder den Befehl

```
# /etc/rc.d/syslogd reload
```

ausführen.

Vergessen Sie nicht, /etc/newsyslog.conf anzupassen, damit die neuen Protokolldateien, die eben konfiguriert wurden, auch in den Rotationsturnus eingefügt werden!

30.4.8. Die Formatierung der Logdatei

Nachrichten, die durch ipmon erzeugt werden, bestehen aus durch Leerstellen getrennten Datenfeldern. Folgende Felder sind in allen Nachrichten enthalten:

1. Das Datum der Paketerstellung.
2. Die Uhrzeit der Paketerstellung in der Form HH:MM:SS.F, mit Stunden, Minuten, Sekunden und Sekundenbruchteilen, wobei letztere mehrere Stellen lang sein können.
3. Der Name der Schnittstelle, die das Paket verarbeitet hat, bspw. dc0.
4. Die Gruppe und die Nummer der angewandten Regel, bspw. @0:17.
5. Die ausgeführte Aktion: p für passed (zugelassen), b für blockiert, S für short packet (unvollständiger Header), n für no match (gar keine Regel wurde berührt) und L für Log-Regel. Die Reihe, in der die Flags angezeigt werden ist: S, p, b, n, L. Ein groß geschriebenes P oder B bedeutet, dass das Paket aufgrund einer globalen Einstellung protokolliert wurde und nicht wegen einer einzelnen Regel.
6. Die Adressen. Diese bestehen aus drei Feldern: Der Quelladresse mit Port (getrennt durch ein Komma), dem Symbol „->“ und der Zieladresse. Also bspw. 209.53.15.22,80 -> 198.64.221.18,1722 .
7. PR gefolgt vom Namen eines Netzwerk-Protokolls oder dessen Nummer. Bspw. PR tcp.
8. len gefolgt von der Länge des Headers und der Gesamtlänge des Paketes, beispielsweise len 20 40.

Wenn es sich um ein TCP-Paket handelt, wird ein weiteres Feld, beginnend mit einem Querstrich und gefolgt von Buchstaben, die den gesetzten Flags entsprechen, angezeigt. Lesen Sie bitte die Manpage [ipmon\(8\)](#) für eine Liste der Buchstaben und deren Bedeutungen.

Falls das Paket ein ICMP-Paket ist, werden zwei Felder am Ende hinzugefügt - das erstere ist immer „ICMP“, das zweite enthält die ICMP-Nachricht und den Nachrichtentyp, getrennt durch einen Schrägstrich. ICMP 3/3 steht beispielsweise für „Port nicht erreichbar“.

30.4.9. Die Erstellung eines Regelsatzes mit Variablen

Erfahrenere IPF Anwender erstellen sich eine Datei, die die Regeln enthält und gestalten diese als ein Skript, in dem Variablen verwendet werden. Der wichtigste Vorteil besteht darin, dass man lediglich den Wert der Variablen anpassen muss und diese, sobald das Skript gestartet wird, durch die entsprechenden Werte ersetzt und die Regeln entsprechend formuliert werden. In Skripten kann man so häufig verwendete Werte einfach als Variable in mehreren Regeln zuweisen. Am folgenden Beispiel soll das verdeutlicht werden.

Die Syntax dieses Skriptes ist kompatibel mit den Shells [sh\(1\)](#), [csh\(1\)](#) und [tcsh\(1\)](#).

Variablen beginnen mit einem Dollar-Zeichen: \$Variablenname. Im Beispiel unten steht \$oif für die Variable, in der der Name der Schnittstelle abgelegt wird, über die der Verkehr nach außen erfolgt.

In Variablenzuweisungen fehlt das beginnende \$-Zeichen. Alleine der Name der Variable wird angegeben, gefolgt von einem Gleichheitszeichen, und dem Wert, der der Variablen zugewiesen werden soll. Dieser muss in doppelten Anführungszeichen (") stehen. Also folgt eine Zuweisung dem Schema Variablenname = "Wert".

```
##### Start of IPF rules script #####

oif="dc0"           # Name der Internet-Schnittstelle
odns="192.0.2.11"   # IP des DNS-Servers unseres ISPs
myip="192.0.2.7"    # die statische IP, die uns der ISP zugeteilt hat
ks="keep state"
fks="flags S keep state"

# Sie haben die Wahl, aus diesem Skript eine eigene
# /etc/ipf.rules erstellen zu lassen oder es einfach
# direkt als Skript laufen zu lassen.
#
# Entfernen Sie dazu das eine Kommentarzeichen
# und kommentieren Sie die andere Zeile aus!
#
# 1) Diese Zeile verwenden Sie zur Erstellung von /etc/ipf.rules
#cat > /etc/ipf.rules << EOF
#
# 2) Diese Zeile, wenn Sie direkt mit dem Skript arbeiten wollen
/sbin/ipf -Fa -f - << EOF

# Erlaubnis ausgehenden Verkehrs an den Nameserver des ISPs
pass out quick on $oif proto tcp from any to $odns port = 53 $fks
pass out quick on $oif proto udp from any to $odns port = 53 $ks

# Erlaubnis ausgehenden unsicheren www-Verkehrs
pass out quick on $oif proto tcp from $myip to any port = 80 $fks

# Erlaubnis ausgehenden sicheren www-Verkehrs https via TLS SSL
pass out quick on $oif proto tcp from $myip to any port = 443 $fks
EOF
##### End of IPF rules script #####
```

Das ist schon alles. Die Regeln selbst sind im Beispiel nicht so wichtig - achten Sie auf die Anwendung der Variablenzuweisung am Anfang und die Verwendung der Variablen im Skript. Falls das obige Beispiel in einer Datei namens /etc/ipf.rules.script gespeichert wurde, können die Regeln mit folgenden Kommando neu geladen werden:

```
# sh /etc/ipf.rules.script
```

Es gibt ein Problem mit Regelsatz-Dateien, die Variablen verwenden: IPF kann mit Variablen nichts anfangen - und kann derartige Skripte nicht direkt einlesen.

Unser kleines Skript kann daher nur auf eine der beiden folgenden Weisen verwendet werden:

- Entfernen Sie das Kommentarzeichen der Zeile, die mit cat beginnt. Kommentieren Sie die Zeile aus, die mit /sbin/ipf beginnt. Schreiben Sie die Zeile ipfilter_enable="YES" in die Datei /etc/rc.conf und rufen Sie dann das Skript auf, um /etc/ipf.rules zu erstellen oder zu erneuern.
- Deaktivieren Sie IPFILTER in den Systemstart-Skripten, indem Sie die Zeile ipfilter_enable="NO" in die Datei /etc/rc.conf eintragen (was auch der Standard-Einstellung entspricht).

Fügen Sie ein Skript ähnlich dem folgenden in Ihr Verzeichnis /usr/local/etc/rc.d/. Es sinnvoll, dem Skript einen offensichtlichen Namen zu geben, wie etwa ipf.loadrules.sh. Die Endung .sh ist dabei verbindlich.

```
#!/bin/sh
sh /etc/ipf.rules.script
```

Die Zugriffsrechte für die Datei, die das Skript enthält, müssen für den Eigentümer root auf Lesen, Schreiben und Ausführen gesetzt werden.

```
# chmod 700 /usr/local/etc/rc.d/ipf.loadrules.sh
```

Wenn nun Ihr System startet, werden Ihre IPF-Regeln geladen.

30.4.10. IPF Regelsätze

Ein Regelsatz ist eine Gruppe von IPF-Regeln, die anhand der Werte eines Netzwerkpaketes entscheiden, ob dieses Paket durchgelassen oder blockiert wird. Der Austausch von Paketen erfolgt immer zweiseitig in Form einer sogenannten Session. Der Regelsatz der Firewall verarbeitet sowohl die eingehenden Pakete aus dem öffentlichen Internet als auch die Pakete, die vom System als Antwort auf die Ersteren gesendet werden. Jeder Dienst, der via TCP/IP arbeitet, zum Beispiel `telnet`, `www` oder `mail`, ist vordefiniert durch sein Protokoll und seinen privilegierten Port, an dem er auf Anfragen wartet und reagieren kann. Pakete, die gezielt einen Dienst ansprechen sollen, werden von einem unprivilegierten Port des Senders an einen konkreten privilegierten Port des Zielsystems geschickt. Alle genannten Parameter (Ports, Adressen usw.) können als Auswahlkriterien zum Erstellen von Regeln eingesetzt werden, die Dienste erlauben oder blockieren.

IPF wurde ursprünglich mit einer Regel-Prozess-Logik geschrieben, die ausschließlich statusfreie Regeln zuließ und nach dem Prinzip „die letzte Regel, die passt, entscheidet“ arbeitete. Mit der Zeit erhielt IPF eine `quick` Option sowie `keep-state` Option für die Anwendung von zustandsorientierten Regeln, was die Regel-Prozess-Logik signifikant modernisierte.

Die Anweisungen in diesem Kapitel basieren auf der Verwendung von Regeln, die diese beiden neuen Optionen verarbeiten. Dies ist das Framework zur Entwicklung eines Firewallregelsatzes.



Warnung

Wenn Sie mit einer Firewall arbeiten, seien Sie *sehr vorsichtig*. Durch wenige Einstellungen können Sie sich aus Ihrem System *aussperren*. Wenn Sie auf der sicheren Seite sein wollen, führen Sie die Firewall-Konfiguration direkt am entsprechenden Gerät aus und nicht über eine Netzwerkverbindung wie bspw. `ssh`.

30.4.11. IPF Regel-Syntax

Die Syntax zur Erstellung der Regeln, die hier vorgestellt wird, ist dahingehend vereinfacht worden, dass sie ausschließlich auf den modernen Regelkontext, mit statusbehafteten Regeln und einer „die erste Regel, die passt, gewinnt“-Logik, zurückgreift. Um alles über die veraltete Syntax zu erfahren, lesen Sie bitte die Man-Page von [ipf\(8\)](#).

Ein `#`-Zeichen markiert den Beginn eines Kommentars. Es darf nach einer Regel stehen oder als erstes Zeichen einer Zeile. Leere Zeilen werden von der Regel-Prozess-Logik ignoriert.

Regeln enthalten Schlüsselwörter. Diese Schlüsselwörter müssen in einer bestimmten Reihenfolge von links nach rechts in einer Zeile erscheinen. Als solche identifizierte Schlüsselwörter werden fett wiedergegeben. Einige Schlüsselwörter haben Unteroptionen, die wiederum selbst Schlüsselwörter sein und ebenfalls weiter Unteroptionen einschließen können.

`ACTION IN-OUT OPTIONS SELECTION STATEFUL PROTO SRC_ADDR, DST_ADDR OBJECT PORT_NUM TCP_FLAG STATEFUL`

`ACTION` = `block` | `pass`

`IN-OUT` = `in` | `out`

`OPTIONS` = `log` | `quick` | `on interface-name`

`SELECTION` = `proto value` | `source/destination IP` | `port = number` | `flags flag-value`

PROTO = tcp/udp | udp | tcp | icmp

SRC_ADD, DST_ADDR = all | from object to object

OBJECT = IP address | any

PORT_NUM = port number

TCP_FLAG = S

STATEFUL = keep state

30.4.11.1. ACTION

Die „ACTION“ bestimmt, was mit dem Paket passieren soll, wenn der Rest der Regel zutrifft. Dieser Teil muss für jede Regel angegeben werden.

Das Schlüsselwort `block` gibt an, dass das Paket verfallen soll, wenn die Auswahlparameter zutreffen.

Das Schlüsselwort `pass` gibt an, dass das Paket durch die Firewall durchgelassen werden soll, wenn die Auswahlparameter zutreffen.

30.4.11.2. IN-OUT

Ebenfalls verbindlich ist die Angabe, welchen Teil der Verbindung, Ein- oder Ausgang, die Regel beeinflussen soll. Das nächste Schlüsselwort muss daher entweder `in`, für eingehend, oder `out`, für ausgehend, lauten - oder die Regel wird aufgrund eines Syntaxfehlers nicht umgesetzt.

`in` bedeutet, dass diese Regel auf eingehende Pakete angewendet wird, die gerade an der dem öffentlichen Internet zugewandten Schnittstelle empfangen wurden.

`out` bedeutet, dass diese Regel auf ausgehende Pakete angewendet wird, also Pakete die gerade gesendet werden und deren Zieladresse im öffentlichen Internet liegt.

30.4.11.3. OPTIONS



Anmerkung

Die Optionen müssen in der hier aufgeführten Reihenfolge verwendet werden.

`log` bestimmt, dass die Kopfdaten des Paketes an die Systemschnittstelle `ipl(4)` geschrieben werden sollen. Genaueres dazu weiter unten im Abschnitt LOGGING.

`quick` bestimmt, dass, *wenn* die Auswahlkriterien der Regel auf das Paket zutreffen, keine weiteren Regeln ausgewertet werden. So vermeidet man das Abarbeiten des gesamten Regelsatzes. Diese Option ist eine verbindliche Voraussetzung der modernen Regel-Prozess-Logik.

`on` bestimmt den Namen der Schnittstelle, der als Auswahlkriterium hinzugefügt werden soll. Die Namen aller verfügbaren Schnittstellen werden durch den Befehl `ifconfig(8)` angezeigt. wenn man diese Option verwendet, passt die Regeln nur auf Pakete, die durch diese Schnittstelle empfangen (`in`) oder gesendet (`out`) wurden. Für die modernisierte Regel-Prozess-Logik ist die Verwendung dieser Option verbindlich.

Wenn ein Paket protokolliert wird, werden die Kopfdaten in die Pseudo-Schnittstelle `ipl(4)` geschrieben. Folgende Parameter können zusätzlich übergeben werden, müssen dazu aber direkt nach dem Schlüsselwort `log` und in gleicher Reihenfolge stehen:

body bestimmt, dass die ersten 128 Bytes des Paketinhaltes zusätzlich zu den Kopfdaten protokolliert werden.

first trifft nur zu, wenn das Schlüsselwort `log` zusammen mit `keep-state` verwendet wird. Es bestimmt, dass nur das auslösende Paket protokolliert wird und nicht jedes weitere Paket, dass von der gespeicherten Status-Regel betroffen ist.

30.4.11.4. SELECTION

Die Schlüsselwörter, die in diesem Abschnitt vorgestellt werden, dienen zur Beschreibung von Attributen, anhand derer geprüft und entschieden wird, ob eine Regel zutrifft oder nicht. Es gibt ein Schlüsselwort, und das hat mehrere Optionen, von denen eine ausgewählt werden muss. Die folgenden allgemeinen Attribute können beliebig zum Erstellen einer Regel verwendet werden, allerdings nur in der vorgestellten Reihenfolge:

30.4.11.5. PROTO

`proto` ist das Schlüsselwort für das im Paket angewendete Protokoll. Als Option ein Protokoll aus Auswahlkriterium übergeben. Diese Option ist verbindlich, wenn man die moderne Regel-Prozess-Logik verwendet.

`tcp/udp` | `udp` | `tcp` | `icmp` oder irgendein Protokollname, der in der Datei `/etc/protocols` zu finden ist, kann übergeben werden. Außerdem kann das Schlüsselwort `tcp/udp` verwendet werden, wenn sowohl TCP als auch UDP von der Regel betroffen sein sollen. Dieses Schlüsselwort wurde eingeführt, um Duplikate sonst identischer Regeln zu vermeiden.

30.4.11.6. SRC_ADDR/DST_ADDR

Das Schlüsselwort `all` ist ein Synonym für „from any to any“ ohne weitere Auswahlkriterien.

from src to dst : Die Schlüsselwörter `from` und `to` dienen zur Angabe von Quelle und Ziel in Form von IP-Adressen oder -Bereichen. Innerhalb einer Regel muss immer beides angegeben werden. Statt einer Adresse kann auch das Schlüsselwort `any` übergeben werden, das für jede beliebige IP-Adresse steht. Zum Beispiel: `from any to any` oder `from 0.0.0.0/0 to any` oder `from any to 0.0.0.0/0` oder `from 0.0.0.0 to any` oder `from any to 0.0.0.0` bedeuten alle das Gleiche.

IP-Bereiche können nur in der CIDR-Notation angegeben werden. Der Port [net-mgmt/ipcalc](#) hilft Ihnen bei der Berechnung der richtigen Angaben. Weiterführende Informationen zu CIDR finden Sie auf der Webseite von [ipcalc](#).

30.4.11.7. PORT

Wenn ein Port als Auswahlkriterium übergeben wurde, bei Quelle und/oder Ziel, wird er nur bei TCP und UDP Paketen verwendet. Angegeben werden kann entweder die Portnummer oder der Dienstname aus `/etc/services`. Die Verwendung der Portoption mit dem `to`-Objekt ist verbindlich für die Verwendung der modernisierten Regel-Prozess-Logik. Ein Beispiel für die Filterung Paketen von allen Quell-IPs mit beliebiger Portnummer auf beliebige Ziel-IPs mit der Portnummer 80 (dem `www`-Port): `from any to any port = 80`.

Einfache Portvergleiche können auf verschiedenen Wegen erfolgen. Mehrere Vergleichsoperatoren stehen dafür zur Verfügung. Genauso können Bereiche angegeben werden.

port `"="` | `"!="` | `"<"` | `">"` | `"<="` | `">="` | `"eq"` | `"ne"` | `"lt"` | `"gt"` | `"le"` | `"ge"`.

Um einen Bereich anzugeben: port `"<>"` | `"><"`



Warnung

Genau wie die Trefferspezifikation für Quelle und Ziel sind auch die beiden folgenden Parameter obligatorisch bei der Verwendung der modernen Regel-Prozess-Logik.

30.4.11.8. TCP_FLAG

Flags spielen nur beim Filtern von TCP eine Rolle. Die Buchstaben entsprechen jeweils einem möglichen Flag, dass in den Kopfdaten der TCP-Pakete geprüft werden soll.

Die moderne Regel-Prozess-Logik verwendet den Parameter `flags S` um eine Anfrage zum Start einer TCP-Session zu identifizieren.

30.4.11.9. STATEFUL

`keep state` zeigt bei einer Passage-Regel an, dass für alle Pakete, die die Selektion erfolgreich durchlaufen, `Stateful Filtering` eingerichtet werden soll.



Anmerkung

Diese Option ist obligatorisch für die Verwendung der modernen Prozess-Regel-Logik.

30.4.12. Stateful Filtering

Stateful filtering treats traffic as a bi-directional exchange of packets comprising a session conversation. When activated, `keep-state` dynamically generates internal rules for each anticipated packet being exchanged during the bi-directional session conversation. It has sufficient matching capabilities to determine if the session conversation between the originating sender and the destination are following the valid procedure of bi-directional packet exchange. Any packets that do not properly fit the session conversation template are automatically rejected as impostors.

Keep state will also allow ICMP packets related to a TCP or UDP session through. So if you get ICMP type 3 code 4 in response to some web surfing allowed out by a keep state rule, they will be automatically allowed in. Any packet that IPF can be certain is part of an active session, even if it is a different protocol, will be let in.

What happens is:

Packets destined to go out through the interface connected to the public Internet are first checked against the dynamic state table. If the packet matches the next expected packet comprising an active session conversation, then it exits the firewall and the state of the session conversation flow is updated in the dynamic state table. Packets that do not belong to an already active session, are simply checked against the outbound ruleset.

Packets coming in from the interface connected to the public Internet are first checked against the dynamic state table. If the packet matches the next expected packet comprising an active session conversation, then it exits the firewall and the state of the session conversation flow is updated in the dynamic state table. Packets that do not belong to an already active session, are simply checked against the inbound ruleset.

When the conversation completes it is removed from the dynamic state table.

Stateful filtering allows you to focus on blocking/passing new sessions. If the new session is passed, all its subsequent packets will be allowed through automatically and any impostors automatically rejected. If a new session is blocked, none of its subsequent packets will be allowed through. Stateful filtering has technically advanced matching abilities capable of defending against the flood of different attack methods currently employed by attackers.

30.4.13. Inclusive Ruleset Example

The following ruleset is an example of how to code a very secure inclusive type of firewall. An inclusive firewall only allows services matching `pass` rules through, and blocks all others by default. Firewalls intended to protect

other machines, also called „network firewalls“, should have at least two interfaces, which are generally configured to trust one side (the LAN) and not the other (the public Internet). Alternatively, a firewall might be configured to protect only the system it is running on—this is called a „host based firewall“, and is particularly appropriate for servers on an untrusted network.

All UNIX® flavored systems including FreeBSD are designed to use interface `lo0` and IP address `127.0.0.1` for internal communication within the operating system. The firewall rules must contain rules to allow free unmolested movement of these special internally used packets.

The interface which faces the public Internet is the one to place the rules that authorize and control access of the outbound and inbound connections. This can be your user PPP `tun0` interface or your NIC that is connected to your DSL or cable modem.

In cases where one or more NICs are cabled to private network segments, those interfaces may require rules to allow packets originating from those LAN interfaces transit to each other and/or to the outside (Internet).

The rules should be organized into three major sections: first trusted interfaces, then the public interface outbound, and last the public untrusted interface inbound.

The rules in each of the public interface sections should have the most frequently matched rules placed before less commonly matched rules, with the last rule in the section blocking and logging all packets on that interface and direction.

The Outbound section in the following ruleset only contains `pass` rules which contain selection values that uniquely identify the service that is authorized for public Internet access. All the rules have the `quick`, `on`, `proto`, `port`, and `keep state` options set. The `proto tcp` rules have the `flag` option included to identify the session start request as the triggering packet to activate the stateful facility.

The Inbound section has all the blocking of undesirable packets first, for two different reasons. The first is that malicious packets may be partial matches for legitimate traffic. These packets have to be discarded rather than allowed in, based on their partial matches against `allow` rules. The second reason is that known and uninteresting rejects may be blocked silently, rather than being caught and logged by the last rules in the section. The final rule in each section, blocks and logs all packets and can be used to create the legal evidence needed to prosecute the people who are attacking your system.

Another thing that should be taken care of, is to ensure there is no response returned for any of the undesirable traffic. Invalid packets should just get dropped and vanish. This way the attacker has no knowledge if his packets have reached your system. The less the attackers can learn about your system, the more time they must invest before actually doing something bad. Rules that include a `log first` option, will only log the event the first time they are triggered. This option is included in the sample `nmap OS fingerprint` rule. The [security/nmap](#) utility is commonly used by attackers who attempt to identify the operating system of your server.

Any time there are logged messages on a rule with the `log first` option, an `ipfstat -hio` command should be executed to evaluate how many times the rule has actually matched. Large number of matches usually indicate that the system is being flooded (i.e.: under attack).

The `/etc/services` file may be used to lookup unknown port numbers. Alternatively, visit http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_TCP_and_UDP_port_numbers and do a port number lookup to find the purpose of a particular port number.

Check out this link for port numbers used by Trojans <http://www.sans.org/security-resources/idfaq/odd-ports.php>.

The following ruleset creates a complete and very secure inclusive type of firewall ruleset that has been tested on production systems. It can be easily modified for your own system. Just comment out any `pass` rules for services that should not be authorized.

To avoid logging unwanted messages, just add a `block` rule in the inbound section.

The `dc0` interface name has to be changed in every rule to the real interface name of the NIC card that connects your system to the public Internet. For user PPP it would be `tun0`.

Add the following statements to `/etc/ipf.rules`:

```
#####
# No restrictions on Inside LAN Interface for private network
# Not needed unless you have LAN
#####

#pass out quick on xl0 all
#pass in quick on xl0 all

#####
# No restrictions on Loopback Interface
#####
pass in quick on lo0 all
pass out quick on lo0 all

#####
# Interface facing Public Internet (Outbound Section)
# Match session start requests originating from behind the
# firewall on the private network
# or from this gateway server destined for the public Internet.
#####

# Allow out access to my ISP's Domain name server.
# xxx must be the IP address of your ISP's DNS.
# Dup these lines if your ISP has more than one DNS server
# Get the IP addresses from /etc/resolv.conf file
pass out quick on dc0 proto tcp from any to xxx port = 53 flags S keep state
pass out quick on dc0 proto udp from any to xxx port = 53 keep state

# Allow out access to my ISP's DHCP server for cable or DSL networks.
# This rule is not needed for 'user ppp' type connection to the
# public Internet, so you can delete this whole group.
# Use the following rule and check log for IP address.
# Then put IP address in commented out rule & delete first rule
pass out log quick on dc0 proto udp from any to any port = 67 keep state
#pass out quick on dc0 proto udp from any to z.z.z.z port = 67 keep state

# Allow out non-secure standard www function
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 80 flags S keep state

# Allow out secure www function https over TLS SSL
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 443 flags S keep state

# Allow out send & get email function
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 110 flags S keep state
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 25 flags S keep state

# Allow out Time
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 37 flags S keep state

# Allow out nntp news
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 119 flags S keep state

# Allow out gateway & LAN users' non-secure FTP ( both passive & active modes)
# This function uses the IPNAT built in FTP proxy function coded in
# the nat rules file to make this single rule function correctly.
# If you want to use the pkg_add command to install application packages
# on your gateway system you need this rule.
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 21 flags S keep state

# Allow out ssh/sftp/scp (telnet/rlogin/FTP replacements)
```

```

# This function is using SSH (secure shell)
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 22 flags S keep state

# Allow out insecure Telnet
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 23 flags S keep state

# Allow out FreeBSD CVSup
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 5999 flags S keep state

# Allow out ping to public Internet
pass out quick on dc0 proto icmp from any to any icmp-type 8 keep state

# Allow out whois from LAN to public Internet
pass out quick on dc0 proto tcp from any to any port = 43 flags S keep state

# Block and log only the first occurrence of everything
# else that's trying to get out.
# This rule implements the default block
block out log first quick on dc0 all

#####
# Interface facing Public Internet (Inbound Section)
# Match packets originating from the public Internet
# destined for this gateway server or the private network.
#####

# Block all inbound traffic from non-routable or reserved address spaces
block in quick on dc0 from 192.168.0.0/16 to any      #RFC 1918 private IP
block in quick on dc0 from 172.16.0.0/12 to any      #RFC 1918 private IP
block in quick on dc0 from 10.0.0.0/8 to any         #RFC 1918 private IP
block in quick on dc0 from 127.0.0.0/8 to any        #loopback
block in quick on dc0 from 0.0.0.0/8 to any          #loopback
block in quick on dc0 from 169.254.0.0/16 to any     #DHCP auto-config
block in quick on dc0 from 192.0.2.0/24 to any       #reserved for docs
block in quick on dc0 from 204.152.64.0/23 to any    #Sun cluster interconnect
block in quick on dc0 from 224.0.0.0/3 to any        #Class D & E multicast

##### Block a bunch of different nasty things. #####
# That I do not want to see in the log

# Block frags
block in quick on dc0 all with frags

# Block short tcp packets
block in quick on dc0 proto tcp all with short

# block source routed packets
block in quick on dc0 all with opt lsrr
block in quick on dc0 all with opt ssrr

# Block nmap OS fingerprint attempts
# Log first occurrence of these so I can get their IP address
block in log first quick on dc0 proto tcp from any to any flags FUP

# Block anything with special options
block in quick on dc0 all with ipopts

# Block public pings
block in quick on dc0 proto icmp all icmp-type 8

# Block ident
block in quick on dc0 proto tcp from any to any port = 113

# Block all Netbios service. 137=name, 138=datagram, 139=session
# Netbios is MS/Windows sharing services.
# Block MS/Windows hosts2 name server requests 81

```

```

block in log first quick on dc0 proto tcp/udp from any to any port = 137
block in log first quick on dc0 proto tcp/udp from any to any port = 138
block in log first quick on dc0 proto tcp/udp from any to any port = 139
block in log first quick on dc0 proto tcp/udp from any to any port = 81

# Allow traffic in from ISP's DHCP server. This rule must contain
# the IP address of your ISP's DHCP server as it is the only
# authorized source to send this packet type. Only necessary for
# cable or DSL configurations. This rule is not needed for
# 'user ppp' type connection to the public Internet.
# This is the same IP address you captured and
# used in the outbound section.
pass in quick on dc0 proto udp from z.z.z.z to any port = 68 keep state

# Allow in standard www function because I have apache server
pass in quick on dc0 proto tcp from any to any port = 80 flags S keep state

# Allow in non-secure Telnet session from public Internet
# labeled non-secure because ID/PW passed over public Internet as clear text.
# Delete this sample group if you do not have telnet server enabled.
#pass in quick on dc0 proto tcp from any to any port = 23 flags S keep state

# Allow in secure FTP, Telnet, and SCP from public Internet
# This function is using SSH (secure shell)
pass in quick on dc0 proto tcp from any to any port = 22 flags S keep state

# Block and log only first occurrence of all remaining traffic
# coming into the firewall. The logging of only the first
# occurrence avoids filling up disk with Denial of Service logs.
# This rule implements the default block.
block in log first quick on dc0 all
##### End of rules file #####

```

30.4.14. NAT

NAT stands for *Network Address Translation*. To those familiar with Linux®, this concept is called IP Masquerading; NAT and IP Masquerading are the same thing. One of the many things the IPF NAT function enables is the ability to have a private Local Area Network (LAN) behind the firewall sharing a single ISP assigned IP address on the public Internet.

You may ask why would someone want to do this. ISPs normally assign a dynamic IP address to their non-commercial users. Dynamic means that the IP address can be different each time you dial in and log on to your ISP, or for cable and DSL modem users, when the modem is power cycled. This dynamic IP address is used to identify your system to the public Internet.

Now lets say you have five PCs at home and each one needs Internet access. You would have to pay your ISP for an individual Internet account for each PC and have five phone lines.

With NAT only a single account is needed with your ISP. The other four PCs may then be cabled to a switch and the switch to the NIC in your FreeBSD system which is going to service your LAN as a gateway. NAT will automatically translate the private LAN IP address for each separate PC on the LAN to the single public IP address as it exits the firewall bound for the public Internet. It also does the reverse translation for returning packets.

There is a special range of IP addresses reserved for NATed private LANs. According to RFC 1918, the following IP ranges may be used for private nets which will never be routed directly to the public Internet:

Start IP 10.0.0.0	-	Ending IP 10.255.255.255
Start IP 172.16.0.0	-	Ending IP 172.31.255.255
Start IP 192.168.0.0	-	Ending IP 192.168.255.255

30.4.15. IPNAT

NAT rules are loaded by using the `ipnat` command. Typically the NAT rules are stored in `/etc/ipnat.rules`. See [ipnat\(8\)](#) for details.

When changing the NAT rules after NAT has been started, make your changes to the file containing the NAT rules, then run the `ipnat` command with the `-CF` flags to delete the internal in use NAT rules and flush the contents of the translation table of all active entries.

To reload the NAT rules issue a command like this:

```
# ipnat -CF -f /etc/ipnat.rules
```

To display some statistics about your NAT, use this command:

```
# ipnat -s
```

To list the NAT table's current mappings, use this command:

```
# ipnat -l
```

To turn verbose mode on, and display information relating to rule processing and active rules/table entries:

```
# ipnat -v
```

30.4.16. IPNAT Rules

NAT rules are very flexible and can accomplish many different things to fit the needs of commercial and home users.

The rule syntax presented here has been simplified to what is most commonly used in a non-commercial environment. For a complete rule syntax description see the [ipnat\(5\)](#) manual page.

The syntax for a NAT rule looks something like this:

```
map IF LAN_IP_RANGE -> PUBLIC_ADDRESS
```

The keyword `map` starts the rule.

Replace `IF` with the external interface.

The `LAN_IP_RANGE` is what your internal clients use for IP Addressing, usually this is something like `192.168.1.0/24`.

The `PUBLIC_ADDRESS` can either be the external IP address or the special keyword `0/32`, which means to use the IP address assigned to `IF`.

30.4.17. How NAT works

A packet arrives at the firewall from the LAN with a public destination. It passes through the outbound filter rules, NAT gets its turn at the packet and applies its rules top down, first matching rule wins. NAT tests each of its rules against the packet's interface name and source IP address. When a packet's interface name matches a NAT rule then the source IP address (i.e.: private LAN IP address) of the packet is checked to see if it falls within the IP address range specified to the left of the arrow symbol on the NAT rule. On a match the packet has its source IP address rewritten with the public IP address obtained by the `0/32` keyword. NAT posts an entry in its internal NAT table so when the packet returns from the public Internet it can be mapped back to its original private IP address and then passed to the filter rules for processing.

30.4.18. Enabling IPNAT

To enable IPNAT add these statements to `/etc/rc.conf`.

To enable your machine to route traffic between interfaces:

```
gateway_enable="YES"
```

To start IPNAT automatically each time:

```
ipnat_enable="YES"
```

To specify where to load the IPNAT rules from:

```
ipnat_rules="/etc/ipnat.rules"
```

30.4.19. NAT for a very large LAN

For networks that have large numbers of PC's on the LAN or networks with more than a single LAN, the process of funneling all those private IP addresses into a single public IP address becomes a resource problem that may cause problems with the same port numbers being used many times across many NATed LAN PC's, causing collisions. There are two ways to relieve this resource problem.

30.4.19.1. Assigning Ports to Use

A normal NAT rule would look like:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 0/32
```

In the above rule the packet's source port is unchanged as the packet passes through IPNAT. By adding the `portmap` keyword, IPNAT can be directed to only use source ports in the specified range. For example the following rule will tell IPNAT to modify the source port to be within the range shown:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 0/32 portmap tcp/udp 20000:60000
```

Additionally we can make things even easier by using the `auto` keyword to tell IPNAT to determine by itself which ports are available to use:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 0/32 portmap tcp/udp auto
```

30.4.19.2. Using a Pool of Public Addresses

In very large LANs there comes a point where there are just too many LAN addresses to fit into a single public address. If a block of public IP addresses is available, these addresses can be used as a „pool“, and IPNAT may pick one of the public IP addresses as packet-addresses are mapped on their way out.

For example, instead of mapping all packets through a single public IP address, as in:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 204.134.75.1
```

A range of public IP addresses can be specified either with a netmask:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 204.134.75.0/255.255.255.0
```

or using CIDR notation:

```
map dc0 192.168.1.0/24 -> 204.134.75.0/24
```

30.4.20. Port Redirection

A very common practice is to have a web server, email server, database server and DNS server each segregated to a different PC on the LAN. In this case the traffic from these servers still have to be NATed, but there has to be some way to direct the inbound traffic to the correct LAN PCs. IPNAT has the redirection facilities of NAT to solve this problem. For example, assuming a web server operating on LAN address 10.0.10.25 and using a single public IP address of 20.20.20.5 the rule would be coded as follows:

```
rdr dc0 20.20.20.5/32 port 80 -> 10.0.10.25 port 80
```

or:

```
rdr dc0 0.0.0.0/0 port 80 -> 10.0.10.25 port 80
```

or for a LAN DNS Server on LAN address of 10.0.10.33 that needs to receive public DNS requests:

```
rdr dc0 20.20.20.5/32 port 53 -> 10.0.10.33 port 53 udp
```

30.4.21. FTP and NAT

FTP is a dinosaur left over from the time before the Internet as it is known today, when research universities were leased lined together and FTP was used to share files among research Scientists. This was a time when data security was not a consideration. Over the years the FTP protocol became buried into the backbone of the emerging Internet and its username and password being sent in clear text was never changed to address new security concerns. FTP has two flavors, it can run in active mode or passive mode. The difference is in how the data channel is acquired. Passive mode is more secure as the data channel is acquired by the ordinal ftp session requester. For a real good explanation of FTP and the different modes see <http://www.slacksite.com/other/ftp.html> .

30.4.21.1. IPNAT Rules

IPNAT has a special built in FTP proxy option which can be specified on the NAT map rule. It can monitor all outbound packet traffic for FTP active or passive start session requests and dynamically create temporary filter rules containing only the port number really in use for the data channel. This eliminates the security risk FTP normally exposes the firewall to from having large ranges of high order port numbers open.

This rule will handle all the traffic for the internal LAN:

```
map dc0 10.0.10.0/29 -> 0/32 proxy port 21 ftp/tcp
```

This rule handles the FTP traffic from the gateway:

```
map dc0 0.0.0.0/0 -> 0/32 proxy port 21 ftp/tcp
```

This rule handles all non-FTP traffic from the internal LAN:

```
map dc0 10.0.10.0/29 -> 0/32
```

The FTP map rule goes before our regular map rule. All packets are tested against the first rule from the top. Matches on interface name, then private LAN source IP address, and then is it a FTP packet. If all that matches then the special FTP proxy creates temp filter rules to let the FTP session packets pass in and out, in addition to also NATing the FTP packets. All LAN packets that are not FTP do not match the first rule and fall through to the third rule and are tested, matching on interface and source IP, then are NATed.

30.4.21.2. IPNAT FTP Filter Rules

Only one filter rule is needed for FTP if the NAT FTP proxy is used.

Without the FTP Proxy, the following three rules will be needed:

```
# Allow out LAN PC client FTP to public Internet
# Active and passive modes
pass out quick on rl0 proto tcp from any to any port = 21 flags S keep state

# Allow out passive mode data channel high order port numbers
pass out quick on rl0 proto tcp from any to any port > 1024 flags S keep state

# Active mode let data channel in from FTP server
pass in quick on rl0 proto tcp from any to any port = 20 flags S keep state
```

30.5. IPFW

Die *IPFIREWALL* (IPFW) ist eine vom FreeBSD Project gesponserte Software-Firewall. Sie wurde und wird freiwillig von Mitgliedern des FreeBSD Projects geschrieben und gewartet. Mit zustandslosen Regeln und einer Grammatik für Regeln implementiert sie eine sogenannte „Einfache Zustandsgesteuerte Logik“.

Die Standardinstallation von IPFW enthält einen beispielhaften Regelsatz (*/etc/rc.firewall* und */etc/rc.firewall6*). Dieser ist eher einfach gehalten; es ist nicht zu erwarten, dass dieser ohne Modifikationen angewandt werden kann. Dieses Beispiel nutzt keine zustandsorientierte Filterung, von der allerdings die meisten Installationen profitieren sollten. Deshalb wird sich dieser Abschnitt auch nicht auf diese Beispiele stützen.

Die zustandslose IPFW Regel-Syntax ist durch ihre technisch ausgefeilten Selektions-Fähigkeiten, die über das Niveau der gebräuchlichen Firewall-Installationsprogramme weit hinausgehen, sehr mächtig. IPFW richtet sich an professionelle oder technisch versierte Nutzer mit weitergehenden Anforderungen an die Paket-Auswahl. Um die Ausdrucksstärke der IPFW zu nutzen, ist sehr detailliertes Wissen über die Art und Weise, wie verschiedene Protokolle ihre jeweilige Paket-Header-Information erzeugen und nutzen, erforderlich. Im Rahmen dieses Abschnitts ist es nicht möglich, auf alle diese Punkte detailliert einzugehen.

IPFW besteht aus sieben Komponenten: Hauptbestandteil ist der Kernel Firewall Filter, ein Regel-Prozessor mit integrierter Paket-Buchführung. Außerdem enthalten ist eine Komponente zur Protokollierung der Aktivitäten der Firewall (also ein Logfunktion). Weiters besteht die IPFW aus einer Regel zum Umleiten des Datenverkehrs (*divert*), die auch Network Address Translation (NAT) unterstützt. Die restlichen Bestandteile dienen verschiedenen fortgeschrittenen Zwecken. Der *Traffic Shaper* [dummynet\(4\)](#) gestattet es beispielsweise, den Datenverkehr zu lenken, während die *fwd*-Regel zum Weiterleiten von Datenpaketen dient. Komplettiert wird IPFW durch Funktionen zum Überbrücken von Netzwerkgrenzen (*Bridge*-Funktion) sowie *ipstealth*, das es gestattet, bridging-Funktionen durchzuführen, ohne dabei das TTL-Feld im IP-Paket zu erhöhen. IPFW unterstützt IPv4 und IPv6.

30.5.1. IPFW aktivieren

IPFW ist in der FreeBSD-Installation standardmäßig als ein zur Laufzeit ladbares Kernelmodul enthalten, das vom System automatisch geladen wird, wenn in der Datei *rc.conf* die Option *firewall_enable="YES"* gesetzt wird. Es ist daher nicht notwendig, IPFW statisch in den Kernel zu kompilieren.

Während des Systemstart wird bei gesetzter Option *firewall_enable="YES"* (in der Datei *rc.conf*) folgende Nachricht ausgegeben:

```
ipfw2 initialized, divert disabled, rule-based forwarding disabled, default to deny, 0
logging disabled
```

Das Kernelmodul hat eine Protokollierungsfunktion. Um diese zu aktivieren und einen Schwellwert für die Protokollierung zu definieren, ist es erforderlich, folgende Ausdrücke der */etc/sysctl.conf* hinzuzufügen:

```
net.inet.ip.fw.verbose=1
net.inet.ip.fw.verbose_limit=5
```

30.5.2. Kerneloptionen

Es ist für die Aktivierung von IPFW nicht zwingend erforderlich, die folgenden Optionen in den Kernel zu kompilieren. Es wird hier lediglich als Hintergrundinformation aufgeführt.

```
options IPFIREWALL
```

Diese Option aktiviert IPFW als Bestandteil des Kernels.

```
options IPFIREWALL_VERBOSE
```

Diese Option aktiviert die Funktion, alle Pakete, die durch IPFW verarbeitet werden und bei denen das Schlüsselwort *log* gesetzt ist, zu protokollieren.

```
options IPFIREWALL_VERBOSE_LIMIT=5
```

Diese Option limitiert die Anzahl der durch `syslogd(8)` protokollierten Pakete auf das angegebene Maximum. Sie wird in feindlichen Umgebungen verwandt, in denen die Protokollierung der Firewall-Aktivität erwünscht ist. Dadurch wird ein möglicher Denial-of-Service-Angriff durch Überflutung von `syslogd(8)` verhindert.

```
options IPFWALL_DEFAULT_TO_ACCEPT
```

Diese Option erlaubt allen Paketen, die Firewall zu passieren. Diese Einstellung kann beispielsweise bei der ersten Konfiguration der Firewall hilfreich sein.

```
options IPDIVERT
```

Dies aktiviert die Nutzung der NAT-Funktionalität.



Anmerkung

Die Firewall wird alle eingehenden oder ausgehenden Pakete blockieren, wenn entweder die Kernel-Option `IPFWALL_DEFAULT_TO_ACCEPT` fehlt oder aber keine Regel, die die betreffenden Verbindungen explizit gestattet, existiert. Dies entspricht im Wesentlichen der Einstellung „default to deny“

30.5.3. Optionen in `/etc/rc.conf`

Der Eintrag

```
firewall_enable="YES"
```

aktiviert die Firewall während des Systemstarts.

Die Auswahl einer für FreeBSD verfügbaren Firewall erfolgt durch einen entsprechenden Eintrag in der Datei `/etc/rc.firewall`, durch den der Firewalltyp festgelegt wird.

```
firewall_type="open"
```

Konkret sind folgende Einträge erlaubt:

- `open` — gestattet jeglichen Datenverkehr
- `client` — schützt nur die jeweilige Maschine (Client/Mandant)
- `simple` — schützt das gesamte Netzwerk
- `closed` — unterbindet jeglichen IP-Datenverkehr mit Ausnahme des Verkehrs über die Loopback-Schnittstelle.
- `UNKNOWN` — deaktiviert das Laden von Firewallregeln
- `filename` — absoluter Pfad zu einer Datei, in der die Firewallregeln definiert sind

Angepasste Regeln für `ipfw(8)` können auf zwei verschiedene Arten geladen werden. Einerseits kann man durch die Variable `firewall_type` den absoluten Pfad der Datei angeben, welche die *Firewallregeln* (ohne weitere Optionen) für `ipfw(8)` enthält. Ein einfaches Beispiel für einen Regelsatz, der jeglichen eingehenden und ausgehenden Datenverkehr blockiert, könnte beispielsweise so aussehen:

```
add deny in add deny out
```

Andererseits ist es möglich, den Wert der `firewall_type`-Variable mit dem absoluten Pfad einer Datei zu belegen, die (als ausführbares Skript) die `ipfw(8)`-Kommandos enthält, die beim Booten ausgeführt werden sollen. Ein gültiges Skript (das die gleiche Funktion hat wie die Zeile im letzten Beispiel) könnte beispielsweise so aussehen:

```
#!/bin/sh

ipfw -q flush

ipfw add deny in
ipfw add deny out
```



Anmerkung

Wenn die Variable `firewall_type` entweder auf `client` oder `simple` gesetzt ist, sollten die Standardregeln in der Datei `/etc/rc.firewall` geprüft und an die Konfiguration der gegebenen Maschine angepasst werden. Beachten Sie dabei bitte, dass die Beispiele dieses Kapitels davon ausgehen, dass das `firewall_script` auf `/etc/ipfw.rules` gesetzt ist.

Das Logging wird durch folgenden Eintrag aktiviert:

```
firewall_logging="YES"
```



Warnung

Die Variable `firewall_logging` definiert lediglich die `sysctl`-Variable als `net.inet.ip.fw.verbose = 1` (lesen Sie dazu bitte auch den Abschnitt [Abschnitt 30.5.1, „IPFW aktivieren“](#) des Handbuchs). Es gibt keine `rc.conf`-Variable, mit der man Protokollierungsschwellen setzen könnte. Dies kann lediglich über [sysctl\(8\)](#) geschehen, wobei Sie in der Datei `/etc/sysctl.conf` nur Werte > 1 angeben sollten:

```
net.inet.ip.fw.verbose_limit=5
```

Sollte Ihre Maschinen als Gateway fungieren (also mittels [natd\(8\)](#) *Network Address Translation* (NAT) durchführen), finden Sie weitere Optionen in `/etc/rc.conf`.

30.5.4. Der Befehl IPFW

Mit [ipfw\(8\)](#) ist es möglich, im laufenden Betrieb einzelne Regeln hinzuzufügen oder zu entfernen. Problematisch ist allerdings, dass diese Änderungen verloren gehen, wenn das System neu gestartet wird. Daher ist es empfehlenswert, eigene Regeln in einer Datei zu definieren und diese zu laden, um die Regeln der Firewall im laufenden Betrieb anzupassen.

[ipfw\(8\)](#) ist jedoch hilfreich, um die Regeln der laufenden Firewall in der Konsole auszugeben. IPFW erzeugt dynamisch einen Zähler, der jedes Paket, auf das eine Regel zutrifft, zählt. Dadurch wird es möglich, die Funktion einer Regel zu überprüfen.

Eine sequentielle Liste aller Regeln erhalten Sie mit:

```
# ipfw list
```

Eine Liste aller Regeln inklusive des letzten Treffers erhalten Sie durch den folgenden Befehl:

```
# ipfw -t list
```

Um eine Liste aller Regeln inklusive der Anzahl der Pakete, die von einer Regel gefiltert wurden, zu erhalten, geben Sie den folgenden Befehl ein:

```
# ipfw -a list
```

Eine Liste, die zusätzlich allen dynamischen Regeln enthält, erhalten Sie mit:

```
# ipfw -d list
```

Um diese Liste um alle „abgelaufenen“ Regeln zu erweitern, ändern Sie diesen Befehl wie folgt ab:

```
# ipfw -d -e list
```

Alle Zähler auf Null zurücksetzen:

```
# ipfw zero
```

Es ist auch möglich, einen spezifischen Zähler auszuwählen und zurückzusetzen:

```
# ipfw zero NUM
```

30.5.5. IPFW-Regeln

Ein Regelwerk ist eine Menge von IPFW-Regeln, die in Abhängigkeit von bestimmten Paketeigenschaften Pakete entweder passieren lassen oder abweisen. Der zustandshafte bidirektionale Transfer von Paketen zwischen Rechnern wird als Sitzung bezeichnet. Das Regelwerk der Firewall verarbeitet sowohl ankommende Pakete (aus dem öffentlichen Internet) als auch Pakete, deren Ursprung in einer Antwort des Systems auf empfangene Pakete liegt. Jeder TCP/IP-Dienst (wie telnet, www, mail) ist durch sein Protokoll und durch den privilegierten (eingehenden) Port definiert. An einen spezifischen Dienst adressierte Pakete kommen von einer Quelladresse und einem unprivilegierten (high order) Port. Sie adressieren den spezifischen Port des Dienstes an der Zieladresse. Alle weiter oben aufgeführten Parameter (also Ports und Adressen) können als Selektionskriterium zur Erzeugung von Regeln genutzt werden, die ein Passieren der Firewall für oder ein Blockieren von Diensten bewirken.

Wenn ein Paket die Firewall „betritt“, also von der Firewall geprüft und verarbeitet wird, wird die erste Regel des Regelwerkes auf das Paket angewandt. Auf diese Weise wird in aufsteigender Reihenfolge der Regelnummer mit allen weiteren Regeln verfahren. Falls die Selektionsparameter einer Regel auf ein Paket zutreffen, wird das Aktionsfeld der Regel ausgeführt und die Prüfung des Pakets beendet, nachfolgende Regeln werden also nicht mehr geprüft. Diese Suchmethode wird als „erster Treffer gewinnt“ bezeichnet. Falls keine Regel auf das betreffende Paket zutrifft, wird die obligatorische IPFW-Rückfallregel (also Regel 65535) angewendet und das Paket wird ohne Rückantwort verworfen.



Anmerkung

Die Prüfung der Regeln wird nach Treffern von mit `count`, `skipto` und `tee` parametrisierten Regeln ungeachtet des „erster Treffer gewinnt“-Prinzips weiter fortgeführt.

Die Anweisungen basieren auf der Nutzung von Regeln mit den zustandsgesteuerten Optionen `keep`, `state`, `limit`, `in` und `out`. Diese bilden die Basis für die Spezifikation von Firewallregeln.



Warnung

Bei der Arbeit mit Firewallregeln ist Vorsicht geboten. Es ist sehr einfach, sich selbst auszuschließen.

30.5.5.1. Syntax der Firewallregeln

Mit der in diesem Abschnitt dargestellten Syntax der Regeln kann ein Standardregelsatz für eine „einschließende“ Firewall erstellt werden. Für eine vollständige Beschreibung der Regelsyntax lesen Sie bitte die Manualpage [ipfw\(8\)](#)

Regelausdrücke werden „von links nach rechts“ ausgewertet. Schlüsselwörter werden in fetter Schrift dargestellt. Manche Schlüsselwörter beinhalten Unteroptionen, die wiederum selbst aus Schlüsselworten samt Optionen bestehen können.

Kommentare sind mit einem führenden Doppelkreuz (#) ausgezeichnet. Sie können am Ende einer Regel oder in einzelnen, separaten Zeilen stehen. Leerzeilen werden ignoriert.

CMD RULE_NUMBER ACTION LOGGING SELECTION STATEFUL

30.5.5.1.1. CMD

Jede neue Regel benötigt das Präfix `add`, um die Regel der internen Tabelle hinzuzufügen.

30.5.5.1.2. RULE_NUMBER

Zu jeder Regel gehört eine Regelnummer zwischen 1 und 65535.

30.5.5.1.3. ACTION

Eine Regel kann mit einer der vier folgenden Aktionen verbunden sein, die ausgeführt werden, wenn ein Paket den Selektionskriterien der Regel entspricht.

allow | accept | pass | permit

Alle diese Aktionen bewirken das Gleiche: Pakete, die den Selektionskriterien der Regel entsprechen, verlassen den Regelprüfungsabschnitt der Firewall und die Regelprüfung wird beendet.

check-state

Diese Aktion prüft das Paket gegen die Regeln aus den dynamischen Regeltabellen. Trifft ein Selektionskriterium zu, wird die zur dynamischen Regel gehörende Aktion ausgeführt. Anderenfalls wird gegen die nächste Regel geprüft. Die *check-state*-Regel selbst hat kein Selektionskriterium. Sollte eine *check-state*-Regel im Regelwerk fehlen, wird gegen die erste *keep-state*- oder *limit*-Regel in den dynamischen Regeln geprüft.

deny | drop

Beide Schlüsselwörter bewirken dieselbe Aktion: Ein Paket, das die Selektionskriterien der Regel erfüllt, wird verworfen und die Regelprüfung wird beendet.

30.5.5.1.4. Protokollierung

log oder *logamount*

Erfüllt ein Paket die Selektionskriterien mit dem Schlüsselwort `log`, wird dies von [syslogd\(8\)](#) mit der Annotation `SECURITY` protokolliert. Dies erfolgt allerdings nur, wenn die Anzahl der protokollierten Pakete der betreffenden Regel die im `logamount`-Parameter definierte Schwelle nicht übersteigt. Ist der Parameter `logamount` nicht definiert, wird diese Grenze aus der `sysctl`-Variable `net.inet.ip.fw.verbose_limit` ermittelt. Ist einer dieser beiden Werte auf „Null“ gesetzt, wird unbegrenzt protokolliert. Wurde hingegen ein definierter Schwellenwert erreicht, wird die Protokollierung deaktiviert. Um sie zu reaktivieren, können Sie entweder den Protokoll- oder den Paketzähler zurücksetzen (und zwar über den Befehl `ipfw reset log`).



Anmerkung

Die Protokollierung findet statt, nachdem alle Paketselektionskriterien geprüft und bevor die daraus folgende, endgültige Aktion (`accept` oder `deny`) auf das Paket ausgeführt wird. Die Entscheidung, welche Regel protokolliert werden soll, bleibt Ihnen überlassen.

30.5.5.1.5. Selektion

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Schlüsselwörter beschreiben die Attribute eines Pakets, durch die bestimmt wird, ob eine Regel auf ein Paket zutrifft. Die folgenden Attribute dienen der Bestimmung des Protokolls und müssen in der angegebenen Reihenfolge verwendet werden.

udp | tcp | icmp

Weitere in `/etc/protocols` angegebene Protokolle werden ebenfalls erkannt und können daher verwendet werden, um das Protokoll zu definieren, gegen das Pakete geprüft werden. Die Angabe des Protokolls ist verpflichtend.

from src to dst

Die Schlüsselwörter *from* und *to* beziehen sich auf IP-Adressen und definieren sowohl Ursprungs- als auch Zieladresse einer Datenverbindung. Firewallregeln müssen Parameter für den Ursprung *und* das Ziel enthalten. Das Schlüsselwort *any* steht für beliebige IP-Adressen. Bei *me* handelt es sich um ein spezielles Schlüsselwort, das alle IP-Adressen beschreibt, die einer bestimmten Netzwerkschnittstelle Ihres Systems (auf dem die Firewall läuft) zugeordnet sind. Beispiele hierfür sind *from me to any*, *from any to me*, *from 0.0.0.0/0 to any*, *from any to 0.0.0.0/0*, *from 0.0.0.0 to any*, *from any to 0.0.0.0* oder *from me to 0.0.0.0*. IP-Adressen werden entweder in CIDR-Notation oder durch Punkte getrennt mit Suffixen (`192.168.2.101/24`) für die Netzmaske oder als einzelne numerische, durch Punkte getrennte Adressen (`192.168.2.101`) angegeben. Die dafür notwendigen Berechnungen erleichtert der Port [net-mgmt/ipcalc](http://jodies.de/ipcalc). Weiterführende Informationen finden sich auf <http://jodies.de/ipcalc>.

port number

Bei der Verarbeitung von Protokollen wie TCP oder UDP, die Portnummern verwenden, muss die Portnummer des betreffenden Dienstes angegeben werden. Anstelle der Portnummer kann auch der in der Datei `/etc/services` definierte Name des Dienstes angegeben werden.

in | out

Diese Schlüsselwörter beziehen sich auf die Richtung des Datenverkehrs. Jede Regel *muss* eines dieser beiden Schlüsselwörter enthalten.

via IF

Eine Regel mit dem Schlüsselwort *via IF* betrifft nur Pakete, die über die angegebene Schnittstelle geroutet werden (ersetzen Sie *IF* durch den Namen Ihrer Netzwerkschnittstelle). Die Angabe des Schlüsselwortes *via* bewirkt, dass die Netzwerkschnittstelle in die Regelprüfung aufgenommen wird.

setup

Dieses obligatorische Schlüsselwort bezeichnet die Anforderung des Sitzungsstarts für TCP-Pakete.

keep-state

Dieses obligatorische Schlüsselwort bewirkt, dass die Firewall eine dynamische Regel erzeugt, die bidirektionalen Datenverkehr zwischen Ursprungs- und Zieladresse sowie Ursprungs- und Zielport prüft, der das gleiche Protokoll verwendet.

limit {src-addr | src-port | dst-addr | dst-port}

Wird das Schlüsselwort *limit* verwendet, sind nur *N* durch diese Regel definierte Verbindungen erlaubt. Es können dabei ein oder mehrere Ursprungs- und Zieladressen sowie ein oder mehrere Ports angegeben werden. Die Schlüsselwörter *limit* und *keep-state* können nicht in derselben Regel verwendet werden. Die Option *limit* bewirkt dieselbe Zustandsteuerung wie die Option *keep-state*, erweitert diese jedoch um eigene Regeln.

30.5.5.2. Optionen für zustandsgesteuerte Regeln

Eine zustandsgesteuerte Filterung behandelt Datenverkehr als einen bidirektionalen Austausch von Datenpaketen (die eine sogenannte Konversation innerhalb einer Sitzung darstellen). Sie ist in der Lage, zu bestimmen, ob die Konversation von originärem Sender und Empfänger gültigen Prozeduren des bidirektionalen Pakettausches entspricht. Pakete, die dem Muster von Konversationen in Sitzungen nicht folgen, werden automatisch als „Betrüger“ abgelehnt.

Die `check-state`-Option wird verwendet, wo genau innerhalb des IPFW-Regelwerks die Prüfung dynamischer Regeln stattfinden soll. Erfüllt ein Datenpaket die Selektionskriterien der Regel, verlässt das Paket die Firewall. Gleichzeitig wird eine neue dynamische Regel erzeugt, die für das nächste Paket der bidirektionalen Konversation in der Sitzung vorgesehen ist. Falls ein Paket die (dynamische) Regel nicht erfüllt, wird es gegen die nächste Regel im Regelwerk geprüft.

Dynamische Regeln sind für einem sogenannten *SYN-flood*-Angriff anfällig, bei dem eine riesige Anzahl „schwebender“ dynamischer Regelprüfungsinstanzen erzeugt wird. Um einem solchen Angriff zu begegnen, wurde in FreeBSD die neue Option `limit` geschaffen. Diese Option begrenzt die Anzahl der gleichzeitig möglichen Sitzungen und/oder Konversationen. Es handelt sich dabei um einen Zähler, der die Anzahl von Instanzen dynamischer Regelprüfungen in Abhängigkeit von einer eindeutigen Ursprungs- und Quelladresskombination zählt. Übersteigt der Zähler den durch `limit` definierten Schwellenwert, wird das Paket verworfen.

30.5.5.3. Protokollierung von Firewall-Nachrichten

Die Vorteile einer Protokollierung sind offensichtlich. Sie ermöglicht nach Aktivierung von Regeln zu untersuchen, welche Pakete verworfen wurden, von wo diese stammen und für welche Systeme sie bestimmt waren. Diese Informationen sind sehr nützlich bei der Erkennung eventueller Angriffe sowie bei deren Abwehr.

IPFW protokolliert nur jene Regeln, für die ein Administrator dies explizit aktiviert. Ein Aktivieren der Protollfunktion führt also nicht dazu, dass automatisch alle Regeln protokolliert werden. Vielmehr entscheidet der Administrator der Firewall, welche Regeln protokolliert werden sollen. Dazu wird die Option `log` für diese Regeln aktiviert. Im Regelfall werden nur `deny`-Regeln protokolliert, beispielsweise die `deny`-Regel für eintreffende ICMP-Nachrichten. Üblicherweise wird die „`ipfw default deny everything`“-Regel doppelt angelegt. Einmal mit und einmal ohne aktivierte Option `log`. Dadurch erhält man eine Auflistung aller Pakete, auf die keine Regel zutraf.

Protokollierung ist allerdings ein zweischneidiges Schwert, bei mangelnder Vorsicht wird man mit einer enormen Flut von Protokollierungsdaten förmlich *überschwemmt* und belastet zusätzlich die Festplatte des Systems durch rasch wachsende Protokolldateien. DoS-Angriffe, die auf diese Art und Weise Festplatten an die Kapazitätsgrenze treiben, gehören zu den ältesten Angriffen überhaupt. Außerdem werden Protokollnachrichten nicht nur an `syslogd(8)` geschickt, sondern auch auf einem `root`-Terminal angezeigt.

Die Kerneloption `IPFW_VERBOSE_LIMIT=5` begrenzt die Anzahl gleicher Nachrichten an `syslogd(8)` für eine gegebene Regel auf fünf Nachrichten. Ist diese Option im Kernel aktiviert, wird nach Erreichen der festgelegten Anzahl die Protokollierung einer (sich unmittelbar hintereinander wiederholenden) Nachricht auf den angegebenen Schwellenwert begrenzt, da beispielsweise die Speicherung von 200 gleichen Protokollnachrichten durch `syslogd(8)` sinnlos ist. Daher werden durch diesen nur fünf derartige Nachrichten protokolliert. Alle weiteren derartigen Nachrichten werden nur gezählt und deren Gesamtzahl wird schließlich von `syslogd(8)` durch folgenden Ausdruck ausgegeben:

```
last message repeated 45 times
```

Alle protokollierten Nachrichten für Datenpakete werden in der Voreinstellung in die Datei `/var/log/security` (die in der Datei `/etc/syslog.conf` definiert wird), geschrieben.

30.5.5.4. Skripte zur Regeldefinition erstellen

Die meisten fortgeschrittenen IPFW-Nutzer erzeugen eine Datei, die die Regeln für die Firewall enthält, um diese als Skript ausführen zu können. Der Hauptvorteil einer derartigen Konfiguration ist es, dass dadurch mehrere

Regeln gleichzeitig geändert und (re-)aktiviert werden können, ohne dass dazu das System neu gestartet werden muss. Dies ist auch beim Testen von Regeländerungen sehr hilfreich. Weil es sich bei der Datei, in der die Regeln gespeichert sind, um ein Skript handelt, ist es auch möglich, häufig verwendete Werte/Befehle durch Aliase zu ersetzen und diese so in mehreren Regeln zu nutzen. Diese Funktion wird im folgenden Beispiel näher vorgestellt.

Die Syntax des folgenden Skripts entspricht der Syntax von `sh(1)`, `csh(1)` sowie `tcsh(1)`. Felder, die symbolisch substituiert werden, haben das Präfix `$` (das Dollarzeichen). Symbolische Felder haben dieses `$`-Präfix nicht. Der Wert, mit dem das symbolische Feld belegt wird, muss in „doppelten Anführungszeichen“ eingeschlossen sein.

Beginnen Sie Ihre Regeldatei wie folgt:

```
##### start of example ipfw rules script #####
#
ipfw -q -f flush      # Delete all rules
# Set defaults
oif="tun0"            # out interface
odns="192.0.2.11"     # ISP's DNS server IP address
cmd="ipfw -q add "    # build rule prefix
ks="keep-state"       # just too lazy to key this each time
$cmd 00500 check-state
$cmd 00502 deny all from any to any frag
$cmd 00501 deny tcp from any to any established
$cmd 00600 allow tcp from any to any 80 out via $oif setup $ks
$cmd 00610 allow tcp from any to $odns 53 out via $oif setup $ks
$cmd 00611 allow udp from any to $odns 53 out via $oif $ks
##### End of example ipfw rules script #####
```

Die Regeln in diesem Beispiel sind nicht wichtig. Wichtig ist es, zu zeigen, wie die symbolische Substitution innerhalb der Regeln verwendet wird.

Wurde dieses Beispiel in der Datei `/etc/ipfw.rules` gespeichert, so können alle Regeln durch die Ausführung des folgenden Befehls neu geladen werden:

```
# sh /etc/ipfw.rules
```

Statt `/etc/ipfw.rules` können Sie auch einen beliebigen anderen Namen und/oder Speicherort verwenden.

Alternativ könnten Sie die einzelnen Befehle dieses Skripts auch manuell starten:

```
# ipfw -q -f flush
# ipfw -q add check-state
# ipfw -q add deny all from any to any frag
# ipfw -q add deny tcp from any to any established
# ipfw -q add allow tcp from any to any 80 out via tun0 setup keep-state
# ipfw -q add allow tcp from any to 192.0.2.11 53 out via tun0 setup keep-state
# ipfw -q add 00611 allow udp from any to 192.0.2.11 53 out via tun0 keep-state
```

30.5.5.5. Zustandsgesteuertes Regelwerk

Das folgende Regelwerk (ohne NAT-Funktionalität) ist ein Beispiel dafür, wie man eine sehr sichere „einschließende“ Firewall aufsetzen kann. Eine einschließende Firewall erlaubt es nur Diensten, für die explizite Regeln existieren, die Firewall zu passieren. Alle anderen Dienste und Pakete werden hingegen blockiert. Firewalls, die ganze Netzwerksegmente schützen sollen, benötigen mindestens zwei Netzwerkschnittstellen, für die jeweils eigene Regeln definiert werden müssen, damit die Firewall ordnungsgemäß funktioniert.

Alle unixoiden Betriebssysteme (aber auch solche, die Konzepte aus UNIX® implementieren), darunter auch FreeBSD, verwenden die Schnittstelle `lo0` mit der IP-Adresse `127.0.0.1` zur internen Kommunikation mit dem Betriebssystem. Die Firewall muss so eingestellt sein, dass sie den Datenverkehr dieser speziellen (und nur intern genutzten) Pakete ungehindert durchlässt.

Die Regeln, die den Zugriff auf eingehende und ausgehende Verbindungen regeln, autorisieren und kontrollieren, müssen mit der für die Verbindung zum öffentlichen Internet verantwortlichen Schnittstelle assoziiert werden.

Bei dieser Schnittstelle kann es sich beispielsweise um PPP/tun0 oder die Netzwerkkarte handeln, über, die mit Ihrem DSL- oder Kabelmodem verbunden ist.

Falls mehr als eine Netzwerkkarte mit einem privaten Netzwerk (hinter der Firewall) verbunden sind, müssen die Firewallregeln für alle diese Schnittstellen entstammenden Datenpakete freien und ungehinderten Datenverkehr erlauben.

Es ist sinnvoll, die Regeln in drei Abschnitte aufzuteilen. Der erste Abschnitt enthält die freien, von der Firewall nicht zu überwachenden Netzwerkschnittstellen. Danach folgen die öffentlichen, für den ausgehenden Verkehr verantwortlichen Schnittstellen. Zuletzt kommen dann die Schnittstellen, die für den eingehenden Datenverkehr verantwortlich sind.

Innerhalb der einzelnen Abschnitte ist es sinnvoll, die am häufigsten verwendeten Regeln vor den seltener verwendeten Regel zu platzieren. Jeder Abschnitt sollte mit einer letzten Regel (die alle Pakete, auf die keine Regel zutraf, verwirft) abgeschlossen werden.

Der Abschnitt für den ausgehenden Datenverkehr des folgenden Beispiels enthält nur `allow`-Regeln, in denen der Dienst, dem der Zugriff auf das öffentliche Internet gewährt wird, eindeutig definiert ist. Alle Regeln verwenden die Optionen `proto`, `port`, `in/out`, `via` sowie `keep state` kodiert. Die Regeln mit `proto tcp` verwenden zusätzlich die Option `setup`, damit die initiale, eine Sitzung beginnende Anfrage identifiziert werden kann, damit die die Zustandstabelle gefüllt werden kann.

Der Abschnitt für den eingehenden Datenverkehr beginnt mit allen Regeln, die zur Blockierung unerwünschten Datenverkehrs benötigt werden. Für diese Vorgehensweise gibt es zwei Gründe: Zum einen könnten böartige Pakete legitimen Datenverkehr so sehr ähneln, dass sie die Bedingungen von `allow`-Regeln erfüllen und daher die Firewall passieren dürfen. Daher sollten derartige Pakete direkt verworfen werden. Zum anderen sollten unerwünschte Pakete mit bekannten (und somit uninteressanten Mustern) sofort ohne Rückmeldung blockiert werden, anstatt erst von der letzten, generischen Regel blockiert (und, was noch wichtiger ist, auch noch protokolliert). Die letzte Regel jedes Abschnittes blockiert und protokolliert; sie kann daher dazu verwendet werden, vor Gericht haltbare Beweise zu erhalten, damit sie gegen Personen vorgehen können, die versuchen, Ihre Systeme anzugreifen.

Achten Sie darauf, dass Sie keine Netzwerkantworten für geblockte Pakete senden. Diese müssen ohne Rückmeldung verworfen werden, damit ein Angreifer keine Informationen darüber erhält, ob seine Datenpakete Ihr System erreicht hat. Je weniger Information ein Angreifer über Ihr System erhält, desto sicherer ist Ihr System. Datenpakete an Ports, die nicht bekannten Diensten zugeordnet werden können, können über die Datei `/etc/services` identifiziert werden. Alternativ kann eine Anfrage an http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_TCP_and_UDP_port_numbers Klarheit über die Aufgabe/Funktion einer bestimmten Portnummer bringen. Auf der Seite <http://www.sans.org/security-resources/idfaq/oddports.php> kann man Information über bekannte Trojaner und von diesen verwendete Portnummern erhalten.

30.5.5.6. Ein Beispiel für einschließende Regeln

Das folgende Regelwerk (ohne NAT-Funktionalität) beschreibt ein vollständiges, einschließendes Regelwerk. Dieses Regelwerk kann direkt auf Ihren eigenen Systemen eingesetzt werden, wenn alle `pass`-Regeln für von Ihnen nicht benötigten Dienste auskommentiert werden. Falls Sie keine Protokollierung benötigen, können Sie diese im Abschnitt für den eingehenden Datenverkehr durch eine `deny` deaktivieren. Die im Beispiel verwendete Netzwerkschnittstelle `dc0` müssen Sie durch die auf Ihrem System für ausgehenden Datenverkehr vorgesehenen Netzwerkschnittstelle ersetzen. Im Falle von benutzergesteuertem PPPs wäre dies beispielsweise `tun0`.

Alle Regeln folgen einem bestimmten Muster.

- Alle Ausdrücke, die eine Anfrage zum Beginn einer zustandsgesteuerten darstellen, beinhalten den Ausdruck `keep-state`.
- Alle Dienste aus dem öffentlichen Internet beinhalten die Option `limit`, um gegebenenfalls *flooding* zu unterbinden.
- Alle Regeln bezeichnen die Richtung durch der Ausdrücke `in` oder `out`.

- Alle Regeln legen die verwendete Netzwerkschnittstelle die Ausdrücke *via* und *interface-name* fest.

Die folgenden Regeln werden in der Datei `/etc/ipfw.rules` definiert.

```
##### Start of IPFW rules file #####
# Flush out the list before we begin.
ipfw -q -f flush

# Set rules command prefix
cmd="ipfw -q add"
pif="dc0"      # public interface name of NIC
               # facing the public Internet

#####
# No restrictions on Inside LAN Interface for private network
# Not needed unless you have LAN.
# Change xl0 to your LAN NIC interface name
#####
$cmd 00005 allow all from any to any via xl0

#####
# No restrictions on Loopback Interface
#####
$cmd 00010 allow all from any to any via lo0

#####
# Allow the packet through if it has previous been added to the
# the "dynamic" rules table by a allow keep-state statement.
#####
$cmd 00015 check-state

#####
# Interface facing Public Internet (Outbound Section)
# Interrogate session start requests originating from behind the
# firewall on the private network or from this gateway server
# destined for the public Internet.
#####

# Allow out access to my ISP's Domain name server.
# x.x.x.x must be the IP address of your ISP's DNS
# Dup these lines if your ISP has more than one DNS server
# Get the IP addresses from /etc/resolv.conf file
$cmd 00110 allow tcp from any to x.x.x.x 53 out via $pif setup keep-state
$cmd 00111 allow udp from any to x.x.x.x 53 out via $pif keep-state

# Allow out access to my ISP's DHCP server for cable/DSL configurations.
# This rule is not needed for .user ppp. connection to the public Internet.
# so you can delete this whole group.
# Use the following rule and check log for IP address.
# Then put IP address in commented out rule & delete first rule
$cmd 00120 allow log udp from any to any 67 out via $pif keep-state
#$cmd 00120 allow udp from any to x.x.x.x 67 out via $pif keep-state

# Allow out non-secure standard www function
$cmd 00200 allow tcp from any to any 80 out via $pif setup keep-state

# Allow out secure www function https over TLS SSL
$cmd 00220 allow tcp from any to any 443 out via $pif setup keep-state

# Allow out send & get email function
$cmd 00230 allow tcp from any to any 25 out via $pif setup keep-state
$cmd 00231 allow tcp from any to any 110 out via $pif setup keep-state

# Allow out FBSD (make install & CVSUP) functions
# Basically give user root "GOD" privileges.
$cmd 00240 allow tcp from me to any out via $pif setup keep-state uid root
```

```

# Allow out ping
$cmd 00250 allow icmp from any to any out via $pif keep-state

# Allow out Time
$cmd 00260 allow tcp from any to any 37 out via $pif setup keep-state

# Allow out nntp news (i.e. news groups)
$cmd 00270 allow tcp from any to any 119 out via $pif setup keep-state

# Allow out secure FTP, Telnet, and SCP
# This function is using SSH (secure shell)
$cmd 00280 allow tcp from any to any 22 out via $pif setup keep-state

# Allow out whois
$cmd 00290 allow tcp from any to any 43 out via $pif setup keep-state

# deny and log everything else that.s trying to get out.
# This rule enforces the block all by default logic.
$cmd 00299 deny log all from any to any out via $pif

#####
# Interface facing Public Internet (Inbound Section)
# Check packets originating from the public Internet
# destined for this gateway server or the private network.
#####

# Deny all inbound traffic from non-routable reserved address spaces
$cmd 00300 deny all from 192.168.0.0/16 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 00301 deny all from 172.16.0.0/12 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 00302 deny all from 10.0.0.0/8 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 00303 deny all from 127.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 00304 deny all from 0.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 00305 deny all from 169.254.0.0/16 to any in via $pif #DHCP auto-config
$cmd 00306 deny all from 192.0.2.0/24 to any in via $pif #reserved for docs
$cmd 00307 deny all from 204.152.64.0/23 to any in via $pif #Sun cluster interconnect
$cmd 00308 deny all from 224.0.0.0/3 to any in via $pif #Class D & E multicast

# Deny public pings
$cmd 00310 deny icmp from any to any in via $pif

# Deny ident
$cmd 00315 deny tcp from any to any 113 in via $pif

# Deny all Netbios service. 137=name, 138=datagram, 139=session
# Netbios is MS/Windows sharing services.
# Block MS/Windows hosts2 name server requests 81
$cmd 00320 deny tcp from any to any 137 in via $pif
$cmd 00321 deny tcp from any to any 138 in via $pif
$cmd 00322 deny tcp from any to any 139 in via $pif
$cmd 00323 deny tcp from any to any 81 in via $pif

# Deny any late arriving packets
$cmd 00330 deny all from any to any frag in via $pif

# Deny ACK packets that did not match the dynamic rule table
$cmd 00332 deny tcp from any to any established in via $pif

# Allow traffic in from ISP's DHCP server. This rule must contain
# the IP address of your ISP.s DHCP server as it.s the only
# authorized source to send this packet type.
# Only necessary for cable or DSL configurations.
# This rule is not needed for .user ppp. type connection to
# the public Internet. This is the same IP address you captured
# and used in the outbound section.
#$cmd 00360 allow udp from any to x.x.x.x 67 in via $pif keep-state

```

```
# Allow in standard www function because I have apache server
$cmd 00400 allow tcp from any to me 80 in via $pif setup limit src-addr 2

# Allow in secure FTP, Telnet, and SCP from public Internet
$cmd 00410 allow tcp from any to me 22 in via $pif setup limit src-addr 2

# Allow in non-secure Telnet session from public Internet
# labeled non-secure because ID & PW are passed over public
# Internet as clear text.
# Delete this sample group if you do not have telnet server enabled.
$cmd 00420 allow tcp from any to me 23 in via $pif setup limit src-addr 2

# Reject & Log all incoming connections from the outside
$cmd 00499 deny log all from any to any in via $pif

# Everything else is denied by default
# deny and log all packets that fell through to see what they are
$cmd 00999 deny log all from any to any
##### End of IPFW rules file #####
```

30.5.5.7. Ein Beispiel für zustandshafte NAT-Regeln

Es müssen einige zusätzliche Konfigurationseinstellungen vorgenommen werden, um die die NAT-Funktion von IPFW zu nutzen. Die Kernelquellen müssen mit der Option IPDIVERT (im IPFIREWALL-Abschnitt der Kernelkonfigurationsdatei) neu gebaut werden, um den benötigten angepassten Kernel zu erzeugen.

Zusätzlich werden folgende Optionen in der `/etc/rc.conf` benötigt:

```
natd_enable="YES"           # Enable NATD function
natd_interface="rl0"        # interface name of public Internet NIC
natd_flags="-dynamic -m"    # -m = preserve port numbers if possible
```

Zustandshafte Regeln bei aktiviertem `divert natd` (*Network Address Translation*) verkomplizieren die Formulierung des Regelwerkes beträchtlich. Damit Ihre Firewall funktioniert, kommt es insbesondere auf die Position der Ausdrücke `check-state` sowie `divert natd` an. Sie können nicht länger einen einfachen, kaskadierenden Ablauf verwenden (also einen Regelsatz, bei dem einfach auf eine Regel nach der anderen geprüft wird. Vielmehr wird der neue Aktionstyp `skipto` benötigt. Dies erfordert, dass jede Regel über eine eindeutige Nummer verfügt, um so eindeutige Sprungziele zu erhalten.

Im Folgenden wird anhand eines unkommentierten Beispiels der Paketfluss durch das Regelwerk verdeutlicht.

Die Verarbeitung beginnt mit der ersten Regel (also am Anfang der Regeldatei. Sie setzt sich Regel für Regel weiter fort, bis das Ende der Datei erreicht ist oder eine Regel für das Paket einen Treffer erzielt und das Paket so die Firewall verlassen kann. Achten Sie besonders auf die Position der Regeln mit den Nummern 100, 101, 450, 500 sowie 510. Diese Regeln steuern die Adressumsetzung ausgehender und eingehender Pakete, so dass deren entsprechende Einträge in der Zustandstabelle immer die private LAN-Adressen abbilden. Zusätzlich werden in allen Regeln die Richtung des Pakets (eingehend oder ausgehend) so die vom Paket zu verwendende Netzwerkschnittstelle definiert. Ausgehende Anfragen, die eine Sitzung starten, rufen immer `skipto rule 500`, damit NAT verwendet werden kann.

Nehmen wir nun an, dass ein Nutzer einen Webbrowser verwendet, um eine Internetseite aufzurufen. Derartige Anfragen werden in der Regel über Port 80 geleitet. Die zugehörigen Pakete werden durch die Firewall verarbeitet. Regel 100 trifft nicht zu, denn das Paket geht nach außen, nicht nach innen. Regel 101 trifft ebenfalls nicht zu, denn es handelt sich um das erste Paket. Folglich wird die Sitzung erst initiiert und kann somit noch nicht in der Zustandstabelle enthalten sein kann. Die erste Regel, die zutrifft, ist Regel 125. Das Paket will das lokale Netzwerk über die Schnittstelle zum öffentlichen Internet (das heißt nach außen) verlassen, es hat aber noch die Quelladresse des privaten lokalen Netzwerks. Da Regel 125 zutrifft, werden zwei Aktionen ausgeführt: Die Option `keep-state` bewirkt, dass das Paket in der internen Tabelle für zustandshafte, dynamische Regeln registriert wird. Danach wird der Aktionsteil der Regel ausgeführt. Dieser ist Bestandteil der Informationen, die in die in der Tabelle für dynamische Regeln aufgenommen wird und lautet `skipto rule 500`. Die Regel 500 führt NATs auf die IP-Adresse des Paketes durch. Danach verlässt das Paket das LAN nach außen in Richtung des öffentlichen Internets. Dieser

letzte Teil ist für funktionierendes NAT von entscheidender Bedeutung. Nachdem dieses Paket am Bestimmungsort angekommen ist, wird dort eine Antwort generiert und zurückgeschickt. Dieses Paket wird auf die gleiche Art und Weise durch das gegebene Regelwerk verarbeitet. Dieses Mal trifft Regel 100 auf das Paket zu, damit wird die Bestimmungsadresse auf die zugehörige (lokale) LAN-Adresse (rück-)abgebildet. Danach wird es von der check-state-Regel verarbeitet, die Zustandstabelle erkennt, dass eine zugehörige aktive Sitzung vorliegt und das Paket wird freigegeben und in das LAN geleitet. Es wird innerhalb des LANs von dem PC, der die zugehörige Sitzung hält, empfangen, der ein neues Paket absendet und ein weiteres Datensegment vom entfernten Server anfordert. Dieses Mal wird bei der Prüfung der check-state-Regel ein nach außen gehender zugehöriger Eintrag in der Zustandstabelle gefunden und die entsprechende Aktion (also skipto 500) wird ausgeführt. Das Paket springt zu Regel 500 und wird durch diese Regel für das öffentliche Internet freigegeben.

Innerhalb des durch die Firewall geschützten Netzwerks werden alle eingehenden Pakete, die zu einer existierenden Sitzung gehören, durch die Regel check-state sowie entsprechend platzierte divert natd-Regeln verarbeitet. Die notwendige Arbeit beschränkt sich darauf, alle „schlechten“ Pakete zu blockieren und nur autorisierten Diensten zugehörige Pakete durchzulassen. In Umkehrung des bisherigen Beispiels nehmen wir nun, dass auf dem Rechner, auf dem die Firewall läuft, auch ein Apache Webserver läuft, auf den von außen, also aus dem öffentlichen Internet, zugegriffen werden kann. Das erste von außen eintreffende Paket (das auch eine neue Sitzung startet) erfüllt Regel 100. Die Zieladresse des Paketes wird daher auf die LAN-Adresse des Firewallrechners abgebildet. Das Paket wird dann weiter auf alle in der Firewall definierten Regeln geprüft und trifft schließlich auf Regel 425. Durch diese Regel werden zwei Aktionen ausgelöst: Erstens wird aus dem Paket eine dynamische Regel generiert und in die Zustandstabelle geschrieben. Zusätzlich wird jedoch die Anzahl neuer Sitzungsanfragen (von der gleichen Quell-IP-Adresse) auf 2 begrenzt, um so DoS-Angriffe auf Dienste, die auf diesem Port laufen, zu verhindern. Die Aktion dieser Regel ist allow, daher wird das Paket freigegeben und in das LAN weitergeleitet. Das als Antwort generierte Paket wird durch die check-state-Regel als zu einer Sitzung gehörend erkannt. Damit wird es der Regel 500 zugeführt, NAT wird durchgeführt und über die Schnittstelle zum öffentlichen Internet nach außen geroutet.

Beispiel 1 für einen Regelsatz:

```
#!/bin/sh
cmd="ipfw -q add"
skip="skipto 500"
pif=rl0
ks="keep-state"
good_tcpo="22,25,37,43,53,80,443,110,119"

ipfw -q -f flush

$cmd 002 allow all from any to any via xl0 # exclude LAN traffic
$cmd 003 allow all from any to any via lo0 # exclude loopback traffic

$cmd 100 divert natd ip from any to any in via $pif
$cmd 101 check-state

# Authorized outbound packets
$cmd 120 $skip udp from any to xx.168.240.2 53 out via $pif $ks
$cmd 121 $skip udp from any to xx.168.240.5 53 out via $pif $ks
$cmd 125 $skip tcp from any to any $good_tcpo out via $pif setup $ks
$cmd 130 $skip icmp from any to any out via $pif $ks
$cmd 135 $skip udp from any to any 123 out via $pif $ks

# Deny all inbound traffic from non-routable reserved address spaces
$cmd 300 deny all from 192.168.0.0/16 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 301 deny all from 172.16.0.0/12 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 302 deny all from 10.0.0.0/8 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 303 deny all from 127.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 304 deny all from 0.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 305 deny all from 169.254.0.0/16 to any in via $pif #DHCP auto-config
$cmd 306 deny all from 192.0.2.0/24 to any in via $pif #reserved for docs
$cmd 307 deny all from 204.152.64.0/23 to any in via $pif #Sun cluster
$cmd 308 deny all from 224.0.0.0/3 to any in via $pif #Class D & E multicast
```

```
# Authorized inbound packets
$cmd 400 allow udp from xx.70.207.54 to any 68 in $ks
$cmd 420 allow tcp from any to me 80 in via $pif setup limit src-addr 1

$cmd 450 deny log ip from any to any

# This is skipto location for outbound stateful rules
$cmd 500 divert natd ip from any to any out via $pif
$cmd 510 allow ip from any to any

##### end of rules #####
```

Das folgende Beispiel ist praktisch identisch mit dem ersten Regelsatz. Allerdings wurden die Regel umfassend kommentiert und umgeschrieben, damit sie für weniger erfahrene Benutzer leichter verständlich werden.

Beispiel 2 für einen Regelsatz:

```
#!/bin/sh
##### Start of IPFW rules file #####
# Flush out the list before we begin.
ipfw -q -f flush

# Set rules command prefix
cmd="ipfw -q add"
skip="skipto 800"
pif="rl0"      # public interface name of NIC
               # facing the public Internet

#####
# No restrictions on Inside LAN Interface for private network
# Change xl0 to your LAN NIC interface name
#####
$cmd 005 allow all from any to any via xl0

#####
# No restrictions on Loopback Interface
#####
$cmd 010 allow all from any to any via lo0

#####
# check if packet is inbound and nat address if it is
#####
$cmd 014 divert natd ip from any to any in via $pif

#####
# Allow the packet through if it has previous been added to the
# the "dynamic" rules table by a allow keep-state statement.
#####
$cmd 015 check-state

#####
# Interface facing Public Internet (Outbound Section)
# Check session start requests originating from behind the
# firewall on the private network or from this gateway server
# destined for the public Internet.
#####

# Allow out access to my ISP's Domain name server.
# x.x.x.x must be the IP address of your ISP's DNS
# Dup these lines if your ISP has more than one DNS server
# Get the IP addresses from /etc/resolv.conf file
$cmd 020 $skip tcp from any to x.x.x.x 53 out via $pif setup keep-state

# Allow out access to my ISP's DHCP server for cable/DSL configurations.
```

```

$cmd 030 $skip udp from any to x.x.x.x 67 out via $pif keep-state

# Allow out non-secure standard www function
$cmd 040 $skip tcp from any to any 80 out via $pif setup keep-state

# Allow out secure www function https over TLS SSL
$cmd 050 $skip tcp from any to any 443 out via $pif setup keep-state

# Allow out send & get email function
$cmd 060 $skip tcp from any to any 25 out via $pif setup keep-state
$cmd 061 $skip tcp from any to any 110 out via $pif setup keep-state

# Allow out FreeBSD (make install & CVSUP) functions
# Basically give user root "GOD" privileges.
$cmd 070 $skip tcp from me to any out via $pif setup keep-state uid root

# Allow out ping
$cmd 080 $skip icmp from any to any out via $pif keep-state

# Allow out Time
$cmd 090 $skip tcp from any to any 37 out via $pif setup keep-state

# Allow out nntp news (i.e. news groups)
$cmd 100 $skip tcp from any to any 119 out via $pif setup keep-state

# Allow out secure FTP, Telnet, and SCP
# This function is using SSH (secure shell)
$cmd 110 $skip tcp from any to any 22 out via $pif setup keep-state

# Allow out whois
$cmd 120 $skip tcp from any to any 43 out via $pif setup keep-state

# Allow ntp time server
$cmd 130 $skip udp from any to any 123 out via $pif keep-state

#####
# Interface facing Public Internet (Inbound Section)
# Check packets originating from the public Internet
# destined for this gateway server or the private network.
#####

# Deny all inbound traffic from non-routable reserved address spaces
$cmd 300 deny all from 192.168.0.0/16 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 301 deny all from 172.16.0.0/12 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 302 deny all from 10.0.0.0/8 to any in via $pif #RFC 1918 private IP
$cmd 303 deny all from 127.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 304 deny all from 0.0.0.0/8 to any in via $pif #loopback
$cmd 305 deny all from 169.254.0.0/16 to any in via $pif #DHCP auto-config
$cmd 306 deny all from 192.0.2.0/24 to any in via $pif #reserved for docs
$cmd 307 deny all from 204.152.64.0/23 to any in via $pif #Sun cluster
$cmd 308 deny all from 224.0.0.0/3 to any in via $pif #Class D & E multicast

# Deny ident
$cmd 315 deny tcp from any to any 113 in via $pif

# Deny all Netbios service. 137=name, 138=datagram, 139=session
# Netbios is MS/Windows sharing services.
# Block MS/Windows hosts2 name server requests 81
$cmd 320 deny tcp from any to any 137 in via $pif
$cmd 321 deny tcp from any to any 138 in via $pif
$cmd 322 deny tcp from any to any 139 in via $pif
$cmd 323 deny tcp from any to any 81 in via $pif

# Deny any late arriving packets
$cmd 330 deny all from any to any frag in via $pif

```

```
# Deny ACK packets that did not match the dynamic rule table
$cmd 332 deny tcp from any to any established in via $pif

# Allow traffic in from ISP's DHCP server. This rule must contain
# the IP address of your ISP's DHCP server as it's the only
# authorized source to send this packet type.
# Only necessary for cable or DSL configurations.
# This rule is not needed for 'user ppp' type connection to
# the public Internet. This is the same IP address you captured
# and used in the outbound section.
$cmd 360 allow udp from x.x.x.x to any 68 in via $pif keep-state

# Allow in standard www function because I have Apache server
$cmd 370 allow tcp from any to me 80 in via $pif setup limit src-addr 2

# Allow in secure FTP, Telnet, and SCP from public Internet
$cmd 380 allow tcp from any to me 22 in via $pif setup limit src-addr 2

# Allow in non-secure Telnet session from public Internet
# labeled non-secure because ID & PW are passed over public
# Internet as clear text.
# Delete this sample group if you do not have telnet server enabled.
$cmd 390 allow tcp from any to me 23 in via $pif setup limit src-addr 2

# Reject & Log all unauthorized incoming connections from the public Internet
$cmd 400 deny log all from any to any in via $pif

# Reject & Log all unauthorized out going connections to the public Internet
$cmd 450 deny log all from any to any out via $pif

# This is skipto location for outbound stateful rules
$cmd 800 divert natd ip from any to any out via $pif
$cmd 801 allow ip from any to any

# Everything else is denied by default
# deny and log all packets that fell through to see what they are
$cmd 999 deny log all from any to any
##### End of IPFW rules file #####
```


Kapitel 31. Weiterführende Netzwerkthemen

Übersetzt von Johann Kois.
Überarbeitet von Björn Heidotting.

31.1. Übersicht

Dieses Kapitel beschreibt verschiedene weiterführende Netzwerkthemen.

Nachdem Sie dieses Kapitel gelesen haben, werden Sie

- Die Grundlagen von Gateways und Routen kennen.
- Wissen, wie man USB Tethering einrichtet.
- Bluetooth®- sowie drahtlose, der Norm IEEE® 802.11 entsprechende, Geräte mit FreeBSD verwenden können.
- Eine Bridge unter FreeBSD einrichten können.
- Wissen, wie man mithilfe von PXE über ein Netzwerk von einem NFS Root-Dateisystem bootet.
- IPv6 auf einem FreeBSD-Rechner einrichten können.
- Das Common Address Redundancy Protocol (CARP) unter FreeBSD einsetzen können.

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie

- Die Grundlagen der `/etc/rc`-Skripte verstanden haben.
- Mit der grundlegenden Netzwerkterminologie vertraut sein.
- Einen neuen FreeBSD-Kernel konfigurieren und installieren können ([Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#)).
- Wissen, wie man zusätzliche Software von Drittherstellern installiert ([Kapitel 5, Installieren von Anwendungen: Pakete und Ports](#)).

31.2. Gateways und Routen

Beigetragen von Coranth Gryphon.

Der Mechanismus mit dem ein Rechner einen Rechner über ein Netzwerk finden kann, wird als *Routing* bezeichnet. Eine „Route“ besteht aus einem definierten Adresspaar: Einem „Ziel“ und einem „Gateway“. Die Route zeigt an, dass Pakete über das *Gateway* zum *Ziel* gelangen können. Es gibt drei Arten von Zielen: Einzelne Rechner (Hosts), Subnetze und das „Standard“ziel. Die „Standardroute“ wird verwendet, wenn keine andere Route zutrifft. Außerdem gibt es drei Arten von Gateways: Einzelne Rechner (Hosts), Schnittstellen (Interfaces, auch als „Links“ bezeichnet), sowie Ethernet Hardware-Adressen (MAC). Bekannte Adressen werden in einer Routingtabelle gespeichert.

Dieser Abschnitt bietet einen Überblick über die Grundlagen des Routings. Er demonstriert, wie ein FreeBSD-System als Router konfiguriert werden kann und bietet einige Tipps zur Fehlerbehebung.

31.2.1. Grundlagen des Routings

[netstat\(1\)](#) zeigt die Routingtabellen eines FreeBSD-Systems an:

```
% netstat -r
Routing tables
```

Internet:						
Destination	Gateway	Flags	Refs	Use	Netif	Expire
default	outside-gw	UGS	37	418	em0	
localhost	localhost	UH	0	181	lo0	
test0	0:e0:b5:36:cf:4f	UHLW	5	63288	re0	77
10.20.30.255	link#1	UHLW	1	2421		
example.com	link#1	UC	0	0		
host1	0:e0:a8:37:8:1e	UHLW	3	4601	lo0	
host2	0:e0:a8:37:8:1e	UHLW	0	5	lo0 =>	
host2.example.com	link#1	UC	0	0		
224	link#1	UC	0	0		

Die Einträge in diesem Beispiel sind wie folgt:

default

Die erste Route in der Ausgabe gibt die Standardroute (default) an. Wenn sich der lokale Rechner mit einem entfernten Rechner verbinden will, wird die Routingtabelle überprüft, um festzustellen, ob bereits ein bekannter Pfad vorhanden ist. Wird für den entfernten Rechner ein Eintrag in der Routingtabelle gefunden, so prüft das System ob es sich über die angegebene Schnittstelle verbinden kann.

Wenn das Zielsystem mit keinem Eintrag übereinstimmt, oder wenn alle bekannten Routen fehlschlagen, verwendet das System die Standardroute. Für die Rechner im lokalen Netzwerk ist das Feld Gateway auf das System gesetzt, welches direkt mit dem Internet verbunden ist. UG in der Spalte Flags zeigt an, dass das Gateway einsatzbereit ist.

Die Standardroute für einen Rechner, der selbst als Gateway zur Außenwelt fungiert, ist der Gateway-Rechner des Internetanbieters (ISP).

localhost

Die zweite Route zeigt die localhost Route. Die festgelegte Schnittstelle in der Netif-Spalte für localhost ist lo0, das auch als loopback-Gerät bekannt ist. Das bedeutet, dass der gesamte Datenverkehr für dieses Ziel intern bleibt, anstatt ihn über ein Netzwerk zu versenden.

MAC-Adresse

Bei den mit 0:e0: beginnenden Adressen handelt es sich um MAC-Adressen. FreeBSD identifiziert Rechner im lokalen Netz, im Beispiel test0, automatisch und fügt eine direkte Route über die Ethernet-Schnittstelle re0 zu diesem Rechner hinzu. Außerdem existiert in der Spalte Expire ein Timeout, der verwendet wird, wenn dieser Rechner in einem definierten Zeitraum nicht reagiert. Wenn dies passiert, wird die Route zu diesem Rechner automatisch gelöscht. Rechner im lokalen Netz werden über das Routing Information Protocol (RIP) identifiziert, welches den kürzesten Weg zu den jeweiligen Rechnern berechnet.

Subnetz

FreeBSD wird automatisch Subnetzrouten für das lokale Subnetz hinzufügen. In diesem Beispiel ist 10.20.30.255 die Broadcast-Adresse für das Subnetz 10.20.30, und example.com ist der zu diesem Subnetz gehörige Domainname. Das Ziel link#1 bezieht sich auf die erste Ethernet-Karte im Rechner.

Routen für Rechner im lokalen Netz und lokale Subnetze werden automatisch durch den [routed\(8\)](#) Daemon konfiguriert. Ist dieser nicht gestartet, existieren nur statische Routen, die vom Administrator definiert werden.

Host

Die Zeile host1 bezieht sich auf den Rechner, der durch seine Ethernetadresse bekannt ist. Da es sich um den sendenden Rechner handelt, verwendet FreeBSD automatisch das Loopback-Gerät (lo0), anstatt den Datenverkehr über die Ethernet-Schnittstelle zu senden.

Die zwei host2 Zeilen repräsentieren Aliase, die mit [ifconfig\(8\)](#) erstellt wurden. Das Symbol => nach der lo0-Schnittstelle sagt aus, dass zusätzlich zur Loopback-Adresse auch ein Alias eingestellt ist. Solche Routen sind

nur auf Rechnern vorhanden, die den Alias bereitstellen. Alle anderen Rechner im lokalen Netz haben für solche Routen nur eine `Link#1` Zeile.

224

Die letzte Zeile (Zielsubnetz 224) behandelt Multicasting.

Schließlich gibt es für Routen noch verschiedene Attribute, die sich in der Spalte **Flags** befinden. [Tabelle 31.1](#), „Allgemeine Attribute in Routingtabellen“ fasst einige dieser Flags und deren Bedeutung zusammen:

Tabelle 31.1. Allgemeine Attribute in Routingtabellen

Attribut	Bedeutung
U	Die Route ist aktiv (up).
H	Das Ziel der Route ist ein einzelner Rechner (Host).
G	Alle Daten, die an dieses Ziel gesendet werden, werden von dem Gateway an ihr jeweiliges Ziel weitergeleitet.
S	Diese Route wurde statisch konfiguriert.
C	Erzeugt eine neue Route, basierend auf der Route für den Rechner, mit dem wir uns verbinden. Diese Routenart wird normalerweise für lokale Netzwerke verwendet.
W	Eine Route, die automatisch konfiguriert wurde. Sie basiert auf einer lokalen Netzwerkroute (Clone).
L	Die Route beinhaltet einen Verweis auf eine Ethernetkarte (Link).

In FreeBSD kann die Standardroute durch die Angabe der IP-Adresse des Standard-Gateways in `/etc/rc.conf` definiert werden:

```
defaultrouter="10.20.30.1"
```

Die Standardroute kann mit `route` auch manuell gesetzt werden:

```
# route add default 10.20.30.1
```

Beachten Sie, dass manuell hinzugefügte Routen bei einem Neustart des Systems verloren gehen. Weitere Informationen zum Bearbeiten von Netzwerk-Routingtabellen finden Sie in [route\(8\)](#).

31.2.2. Statische Routen einrichten

Beigetragen von Al Hoang.

Ein FreeBSD-System kann als Standard-Gateway bzw. Router für ein Netzwerk konfiguriert werden, wenn es sich um einen Dual-Homed-Host handelt. Ein Dual-Homed-Host ist ein Rechner, der sich in mindestens zwei verschiedenen Netzwerken befindet. Typischerweise ist jedes Netzwerk über eine separate Netzwerkschnittstelle verbunden. Mit IP Aliasing können mehrere Adressen, die jeweils zu einem anderen Subnetz gehören, an eine physikalische Schnittstelle gebunden werden.

Damit Pakete zwischen den Schnittstellen weitergeleitet werden können, muss das FreeBSD-System als Router konfiguriert werden. Internetstandards und gute Ingenieurspraxis sorgen dafür, dass diese Funktion in FreeBSD in der Voreinstellung deaktiviert ist. Sie kann jedoch aktiviert werden, indem folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzugefügt wird:

```
gateway_enable="YES"           # Auf YES setzen, wenn der Rechner als Gateway arbeiten soll
```

Um das Routing zu aktivieren, setzen Sie die [sysctl\(8\)](#)-Variable `net.inet.ip.forwarding` auf 1. Um das Routing zu stoppen, muss die Variable wieder auf 0 gesetzt werden.

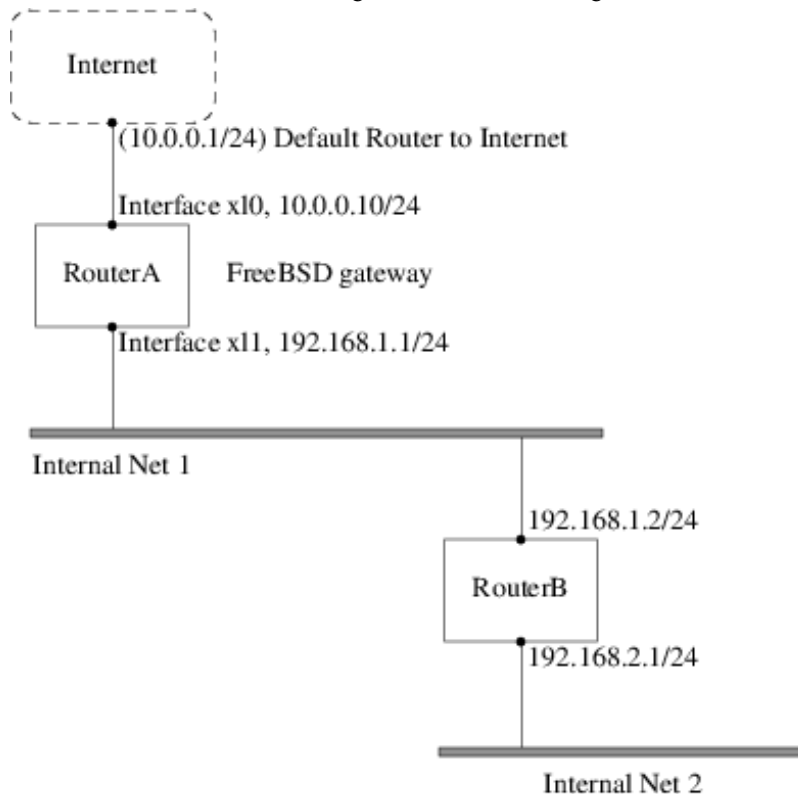
Die Routingtabelle eines Routers benötigt zusätzliche Routen, damit er weiß, wie er andere Netzwerke erreichen kann. Die Routen können entweder manuell als statische Routen hinzugefügt werden, oder aber der Router lernt automatisch die Routen anhand des Routing-Protokolls. Statische Routen eignen sich für kleine Netzwerke und dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie eine statische Route für ein kleines Netzwerk hinzufügen.



Anmerkung

In großen Netzwerken sind statische Routen schlecht skalierbar. FreeBSD beinhaltet den BSD-Routing-Daemon [routed\(8\)](#), der die Protokolle RIP (Version 1 und Version 2) sowie IRDP unterstützt. Die Routing-Protokolle BGP und OSPF können über den Port oder das Paket [net/zebra](#) installiert werden.

Nehmen wir an, dass wir über folgendes Netzwerk verfügen:



RouterA, ein FreeBSD-Rechner, dient als Router für den Zugriff auf das Internet. Die Standardroute ist auf 10.0.0.1 gesetzt, damit ein Zugriff auf das Internet möglich wird. RouterB ist bereits konfiguriert, da er 192.168.1.1 als Standard-Gateway benutzt.

Bevor die statischen Routen hinzugefügt werden, sieht die Routingtabelle auf RouterA in etwa so aus:

```
% netstat -nr
Routing tables

Internet:
Destination      Gateway          Flags    Refs      Use  Netif  Expire
default          10.0.0.1        UGS      0         49378  xl0
127.0.0.1        127.0.0.1      UH       0          6     lo0
10.0.0/24        link#1          UC       0          0     xl0
192.168.1/24     link#2          UC       0          0     xl1
```

Mit dieser Routingtabelle hat RouterA keine Route zum Netzwerk 192.168.2.0/24. Der folgende Befehl wird das interne Netz 2 in die Routingtabelle von RouterA aufnehmen und dabei 192.168.1.2 als nächsten Zwischenschritt (*Hop*) verwenden:

```
# route add -net 192.168.2.0/24 192.168.1.2
```

Ab sofort kann RouterA alle Rechner des Netzwerks 192.168.2.0/24 erreichen. Allerdings gehen die Routing-Informationen verloren, wenn das FreeBSD-System neu gestartet wird. Um statische Routen dauerhaft einzurichten, müssen diese in `/etc/rc.conf` eingetragen werden:

```
# Add Internal Net 2 as a persistent static route
static_routes="internalnet2"
route_internalnet2="-net 192.168.2.0/24 192.168.1.2"
```

Die Variable `static_routes` enthält eine Reihe von Strings, die durch Leerzeichen getrennt sind. Jeder String bezieht sich auf den Namen einer Route. Die Variable `route_internalnet2` enthält die statische Route.

Wird mit der Variablen `static_routes` mehr als eine Variable angegeben, so werden auch mehrere Routen angelegt. Im folgenden Beispiel werden statische Routen zu den Netzwerken 192.168.0.0/24 und 192.168.1.0/24 angelegt.

```
static_routes="net1 net2"
route_net1="-net 192.168.0.0/24 192.168.0.1"
route_net2="-net 192.168.1.0/24 192.168.1.1"
```

31.2.3. Problembehandlung

Wenn ein Adressraum einem Netzwerk zugeordnet wird, konfiguriert der Dienstanbieter seine Routing-Tabellen, so dass der gesamte Verkehr für das Netzwerk über die Verbindung zu der Seite gesendet wird. Aber woher wissen externe Webseiten, dass sie die Daten an das Netzwerk des ISP senden sollen?

Es gibt ein System, das alle zugewiesenen Adressräume verwaltet und die Verbindung zum Internet-Backbone definiert. Der „Backbone“ ist das Netz aus Hauptverbindungen, die den Internetverkehr in der ganzen Welt transportieren und verteilen. Jeder Backbone-Rechner verfügt über eine Kopie von Master-Tabellen, die den Verkehr für ein bestimmtes Netzwerk hierarchisch vom Backbone über eine Kette von Dienstanbietern bis hin zu einem bestimmten Netzwerk leiten.

Es ist die Aufgabe des Dienstanbieters, den Backbone-Seiten mitzuteilen, dass sie mit einer Seite verbunden wurden. Dieser Vorgang wird als *Bekanntmachung von Routen* (*routing propagation*) bezeichnet.

Manchmal kommt es zu Problemen bei der Bekanntmachung von Routen, und einige Seiten sind nicht in der Lage, sich zu verbinden. Der vielleicht nützlichste Befehl, um festzustellen wo das Routing nicht funktioniert, ist `traceroute`. Das Programm ist nützlich, falls `ping` fehlschlägt.

Rufen Sie `traceroute` mit dem Namen des entfernten Rechners auf, mit dem eine Verbindung aufgebaut werden soll. Die Ausgabe zeigt die Gateway-Rechner entlang des Verbindungspfades an. Schließlich wird der Zielrechner erreicht oder es kommt zu einem Verbindungsabbruch. Weitere Informationen finden Sie in [traceroute\(8\)](#).

31.2.4. Multicast-Routing

FreeBSD unterstützt sowohl Multicast-Anwendungen als auch Multicast-Routing. Multicast-Anwendungen benötigen keine spezielle Konfiguration, um auf FreeBSD lauffähig zu sein. Damit Multicast-Routing unterstützt wird, muss die folgende Option in der Kernelkonfiguration aktiviert werden:

```
options MROUTING
```

Der Multicast-Routing-Daemon `mroute` kann als Port oder Paket [net/mroute](#) installiert werden. Dieser Daemon implementiert das DVMRP Multicast-Routing-Protokoll. Um die Tunnel und DVMRP einzurichten, muss `/usr/`

`local/etc/mrouted.conf` bearbeitet werden. Bei der Installation von `mrouted` wird auch `map-mbone` und `mrinfo` sowie die zugehörigen Manualpages installiert, in denen Sie auch Konfigurationsbeispiele finden können.



Anmerkung

DVMRP wurde in vielen Multicast-Installationen weitgehend durch das PIM-Protokoll ersetzt. Weitere Informationen finden Sie in [pim\(4\)](#).

31.3. Drahtlose Netzwerke

Loader, Marc Fonvieille und Murray Stokely.

31.3.1. Grundlagen

Die meisten drahtlosen Netzwerke basieren auf dem Standard IEEE® 802.11. Ein einfaches drahtloses Netzwerk besteht aus Stationen, die im 2,4 GHz- oder im 5 GHz-Band miteinander kommunizieren. Es ist aber auch möglich, dass regional andere Frequenzen, beispielsweise im 2,3 GHz- oder 4,9 GHz-Band, verwendet werden.

802.11-Netzwerke können auf zwei verschiedene Arten aufgebaut sein: Im *Infrastruktur-Modus* agiert eine Station als Master, mit dem sich alle anderen Stationen verbinden. Die Summe aller Stationen wird als Basic Service Set (BSS), die Master-Station hingegen als Access Point (AP) bezeichnet. In einem BSS läuft jedwede Kommunikation über den Access Point. Die zweite Form drahtloser Netzwerke sind die sogenannten *Ad-hoc-Netzwerke* (auch als IBSS bezeichnet), in denen es keinen Access Point gibt und in denen die Stationen direkt miteinander kommunizieren.

Die ersten 802.11-Netzwerke arbeiteten im 2,4 GHz-Band und nutzten dazu Protokolle der IEEE®-Standards 802.11 sowie 802.11b. Diese Standards legen unter anderem Betriebsfrequenzen sowie Merkmale des MAC-Layers (wie Frames und Transmissionsraten) fest. Später kam der Standard 802.11a hinzu, der im 5 GHz-Band, im Gegensatz zu den ersten beiden Standards aber mit unterschiedlichen Signalmechanismen und höheren Transmissionsraten arbeitet. Der neueste Standard 802.11g implementiert die Signal- und Transmissionsmechanismen von 802.11a im 2,4 GHz-Band, ist dabei aber abwärtskompatibel zu 802.11b-Netzwerken.

Unabhängig von den zugrundeliegenden Transportmechanismen verfügen 802.11-Netzwerke über diverse Sicherheitsmechanismen. Der ursprüngliche 802.11-Standard definierte lediglich ein einfaches Sicherheitsprotokoll namens WEP. Dieses Protokoll verwendet einen fixen, gemeinsam verwendeten Schlüssel sowie die RC4-Kryptografie-Chiffre, um Daten verschlüsselt über das drahtlose Netzwerk zu senden. Alle Stationen des Netzwerks müssen sich auf den gleichen fixen Schlüssel einigen, um miteinander kommunizieren zu können. Dieses Schema ist sehr leicht zu knacken und wird deshalb heute kaum mehr eingesetzt. Aktuelle Sicherheitsmechanismen bauen auf dem Standard IEEE® 802.11i auf, der neue kryptographische Schlüssel (Chiffren), ein neues Protokoll für die Anmeldung von Stationen an einem Access Point, sowie Mechanismen zum Austausch von Schlüsseln als Vorbereitung der Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten festlegt. Kryptografische Schlüssel werden in regelmäßigen Abständen aktualisiert. Außerdem gibt es Mechanismen zur Feststellung und Prävention von Einbruchversuchen. Ein weiteres häufig verwendetes Sicherheitsprotokoll ist WPA. Dabei handelt es sich um einen Vorläufer von 802.11i, der von einem Industriekonsortium als Zwischenlösung bis zur endgültigen Verabschiedung von 802.11i entwickelt wurde. WPA definiert eine Untergruppe der Anforderungen des 802.11i-Standards und ist für den Einsatz in älterer Hardware vorgesehen. WPA benötigt nur den TKIP-Chiffre, welcher auf dem ursprünglichen WEP-Code basiert. 802.11i erlaubt zwar auch die Verwendung von TKIP, benötigt aber zusätzlich eine stärkere Chiffre (AES-CCM) für die Datenverschlüsselung. AES war für WPA nicht vorgesehen, weil man es als zu rechenintensiv für den Einsatz in älteren Geräten ansah.

Ein weiterer zu beachtender Standard ist 802.11e. Dieser definiert Protokolle zur Übertragung von Multimedia-Anwendungen, wie das Streaming von Videodateien oder Voice-over-IP (VoIP) in einem 802.11-Netzwerk. Analog zu 802.11i verfügt auch 802.11e über eine vorläufige Spezifikation namens WMM (ursprünglich WME), die von einem Industriekonsortium als Untergruppe von 802.11e spezifiziert wurde, um Multimedia-Anwendungen bereits

vor der endgültigen Verabschiedung des 802.11e-Standards implementieren zu können. 802.11e sowie WME/WMM erlauben eine Prioritätenvergabe beim Datentransfer in einem drahtlosen Netzwerk. Möglich wird dies durch den Einsatz von Quality of Service-Protokollen (QoS) und erweiterten Medienzugriffsprotokollen. Werden diese Protokolle korrekt implementiert, erlauben sie hohe Datenübertragungsraten und einen priorisierten Datenfluss.

FreeBSD unterstützt die Standards 802.11a, 802.11b und 802.11g. Ebenfalls unterstützt werden WPA sowie die Sicherheitsprotokolle gemäß 802.11i (sowohl für 11a, 11b als auch 11g). QoS und Verkehrspriorisierung, die von den WME/WMM-Protokollen benötigt werden, werden für einen begrenzten Satz von drahtlosen Geräten unterstützt.

31.3.2. Schnellstartanleitung

Häufig soll ein Computer an ein vorhandenes Drahtlosnetzwerk angeschlossen werden. Diese Prozedur zeigt die dazu erforderlichen Schritte.

1. Besorgen Sie sich vom Netzwerkadministrator die SSID (*Service Set Identifier*) und den PSK (*Pre Shared Key*) für das Drahtlosnetzwerk.
2. Ermitteln Sie den drahtlosen Adapter. Der GENERIC-Kernel von FreeBSD enthält Treiber für viele gängige Adapter. Wenn der drahtlose Adapter eines dieser Modelle ist, wird das in der Ausgabe von `ifconfig(8)` angezeigt:

```
% ifconfig | grep -B3 -i wireless
```

Wenn der drahtlose Adapter nicht aufgeführt wird, könnte ein zusätzliches Kernelmodul erforderlich sein. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass der Adapter von FreeBSD nicht unterstützt wird.

Dieses Beispiel verwendet einen drahtlosen Atheros-Adapter `ath0`.

3. Fügen Sie in `/etc/wpa_supplicant.conf` einen Eintrag für das Netzwerk hinzu. Wenn die Datei nicht existiert, müssen Sie diese erstellen. Ersetzen Sie `myssid` und `psk` durch die SSID und den PSK. Diese Informationen werden vom Netzwerkadministrator zur Verfügung gestellt.

```
network={
    ssid="myssid"
    psk="mypsk"
}
```

4. Fügen Sie die entsprechenden Einträge in `/etc/rc.conf` ein, um das Netzwerk beim Start zu konfigurieren:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="WPA SYNCDHCP"
```

5. Starten Sie den Computer oder den Netzwerkdienst neu, um sich mit dem Netzwerk zu verbinden:

```
# service netif restart
```

31.3.3. Basiskonfiguration

31.3.3.1. Kernelkonfiguration

Um ein drahtloses Netzwerk zu nutzen, wird eine drahtlose Netzwerkkarte benötigt und ein Kernel, der drahtlose Netzwerke unterstützt. Der Kernel unterstützt den Einsatz von Kernelmodulen. Daher muss nur die Unterstützung für die verwendeten Geräte aktiviert werden.

Die meisten drahtlosen Geräte verwenden Bauteile von Atheros und werden deshalb vom `ath(4)`-Treiber unterstützt. Um diesen Treiber zu verwenden, muss die folgende Zeile in `/boot/loader.conf` hinzugefügt werden:

```
if_ath_load="YES"
```

Der Atheros-Treiber besteht aus drei Teilen: dem Treiber selbst (`ath(4)`), dem Hardware-Support-Layer für die chip-spezifischen Funktionen (`ath_hal(4)`) sowie einem Algorithmus zur Auswahl der Frame-Übertragungsrate (`ath_ra`).

te_sample). Wenn diese Unterstützung als Kernelmodul geladen wird, kümmert sich das Modul automatisch um Abhängigkeiten. Um die Unterstützung für ein anderes drahtloses Gerät zu laden, geben Sie das entsprechende Modul für dieses Gerät an. Dieses Beispiel zeigt die Verwendung von Geräten, die auf Bauteilen von Intersil Prism basieren und den Treiber `wi(4)` benötigen:

```
if_wi_load="YES"
```



Anmerkung

Die Beispiele in diesem Abschnitt verwenden den `ath(4)`-Treiber. Verwenden Sie ein anderes Gerät, muss der Gerätenamen an die Konfiguration angepasst werden. Eine Liste aller verfügbaren Treiber und unterstützten drahtlosen Geräte finden sich in den FreeBSD Hardware Notes unter [Release Information](#) der FreeBSD Homepage. Gibt es keinen nativen FreeBSD-Treiber für das drahtlose Gerät, kann möglicherweise mit `NDIS` ein Windows®-Treiber verwendet werden.

Zusätzlich müssen die Module zur Verschlüsselung des drahtlosen Netzwerks geladen werden. Diese werden normalerweise dynamisch vom `wlan(4)`-Modul geladen. Im folgenden Beispiel erfolgt allerdings eine manuelle Konfiguration. Folgende Module sind verfügbar: `wlan_wep(4)`, `wlan_ccmp(4)` und `wlan_tkip(4)`. Sowohl `wlan_ccmp(4)` als auch `wlan_tkip(4)` werden nur benötigt, wenn WPA und/oder die Sicherheitsprotokolle von 802.11i verwendet werden. Wenn das Netzwerk keine Verschlüsselung verwendet, wird die `wlan_wep(4)`-Unterstützung nicht benötigt. Um diese Module beim Systemstart zu laden, fügen Sie folgende Zeilen in `/boot/loader.conf` ein:

```
wlan_wep_load="YES"
wlan_ccmp_load="YES"
wlan_tkip_load="YES"
```

Sobald diese Einträge in `/boot/loader.conf` vorhanden sind, muss das FreeBSD-System neu gestartet werden. Alternativ können die Kernelmodule auch manuell mit `kldload(8)` geladen werden.



Anmerkung

Benutzer, die keine Kernelmodule verwenden wollen, können die benötigten Treiber auch in den Kernel kompilieren. Dazu müssen die folgenden Zeilen in die Kernelkonfigurationsdatei aufgenommen werden:

```
device wlan          # 802.11 support
device wlan_wep      # 802.11 WEP support
device wlan_ccmp     # 802.11 CCMP support
device wlan_tkip     # 802.11 TKIP support
device wlan_amrr     # AMRR transmit rate control algorithm
device ath           # Atheros pci/cardbus NIC's
device ath_hal       # pci/cardbus chip support
options AH_SUPPORT_AR5416 # enable AR5416 tx/rx descriptors
device ath_rate_sample # SampleRate tx rate control for ath
```

Mit diesen Informationen in der Kernelkonfigurationsdatei kann der Kernel neu gebaut, und das FreeBSD-System anschließend neu gestartet werden.

Informationen über das drahtlose Gerät sollten in den Boot-Meldungen folgendermaßen angezeigt werden:

```
ath0: <Atheros 5212> mem 0x88000000-0x8800ffff irq 11 at device 0.0 on cardbus1
ath0: [ITHREAD]
ath0: AR2413 mac 7.9 RF2413 phy 4.5
```


31.3.4. Infrastruktur-Modus

Drahtlose Netzwerke werden in der Regel im Infrastruktur-Modus (BSS) betrieben. Dazu werden mehrere drahtlose Access Points zu einem gemeinsamen drahtlosen Netzwerk verbunden. Jedes dieser drahtlosen Netzwerke hat einen eigenen Namen, der als >SSID> bezeichnet wird. Alle Clients eines drahtlosen Netzwerks verbinden sich in diesem Modus mit einem Access Point.

31.3.4.1. FreeBSD-Clients

31.3.4.1.1. Einen Access Point finden

Um nach verfügbaren drahtlosen Netzwerken zu suchen verwenden Sie `ifconfig(8)`. Dieser Scanvorgang kann einen Moment dauern, da jede verfügbare Frequenz auf verfügbare Access Points hin überprüft werden muss. Nur der Super-User kann einen Scanvorgang starten:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0
# ifconfig wlan0 up scan
SSID/MESH ID      BSSID              CHAN  RATE   S:N      INT  CAPS
dlinkap           00:13:46:49:41:76  11    54M    -90:96   100  EPS   WPA WME
freebsdap         00:11:95:c3:0d:ac   1     54M    -83:96   100  EPS   WPA
```



Anmerkung

Die Netzwerkkarte muss in den Status up versetzt werden, bevor der erste Scanvorgang gestartet werden kann. Für spätere Scans ist dies aber nicht mehr erforderlich.

Als Ergebnis erhalten Sie eine Liste mit allen gefundenen BSS/IBSS-Netzwerken. Zusätzlich zum Namen des Netzwerks, der SSID, wird auch die BSSID ausgegeben. Dabei handelt es sich um die MAC-Adresse des Access Points. Das Feld CAPS gibt den Typ des Netzwerks sowie die Fähigkeiten der Stationen innerhalb des Netzwerks an:

Tabelle 31.2. Station Capability Codes

Capability Code	Bedeutung
E	Extended Service Set (ESS). Zeigt an, dass die Station Teil eines Infrastruktur-Netzwerks ist, und nicht eines IBSS/Ad-hoc-Netzwerks.
I	IBSS/Ad-hoc-Netzwerk. Die Station ist Teil eines Ad-hoc-Netzwerks und nicht eines ESS-Netzwerks.
P	Privacy. Alle Datenframes, die innerhalb des BSS ausgetauscht werden, sind verschlüsselt. Dieses BSS verwendet dazu kryptographische Verfahren wie WEP, TKIP oder AES-CCMP.
S	Short Preamble. Das Netzwerk verwendet eine kurze Präambel (definiert in 802.11b High Rate/DSSS PHY). Eine kurze Präambel verwendet ein 56 Bit langes Sync-Feld, im Gegensatz zu einer langen Präambel, die ein 128 Bit langes Sync-Feld verwendet.
s	Short slot time. Das 802.11g-Netzwerk verwendet eine kurze Slotzeit, da es in diesem Netzwerk keine veralteten (802.11b) Geräte gibt.

Um eine Liste der bekannten Netzwerke auszugeben, verwenden Sie den folgenden Befehl:

```
# ifconfig wlan0 list scan
```

Diese Liste kann entweder automatisch durch das drahtlose Gerät oder manuell durch eine `scan`-Aufforderung aktualisiert werden. Veraltete Informationen werden dabei automatisch entfernt.

31.3.4.1.2. Basiseinstellungen

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie eine drahtlose Netzwerkkarte ohne Verschlüsselung unter FreeBSD einrichten. Nachdem Sie sich mit den Informationen dieses Abschnitts vertraut gemacht haben, sollten Sie das drahtlose Netzwerk mit [WPA](#) verschlüsseln.

Das Einrichten eines drahtlosen Netzwerks erfolgt in drei Schritten: Der Auswahl eines Access Points, die Anmeldung der Station sowie der Konfiguration der IP-Adresse.

31.3.4.1.2.1. Einen Access Point auswählen

Im Normalfall wird sich die Station automatisch mit einem der zur Verfügung stehenden Access Points verbinden. Dazu muss lediglich das drahtlose Gerät aktiviert, oder in `/etc/rc.conf` eingetragen sein:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="DHCP"
```

Stehen mehrere Access Points zur Verfügung, kann ein spezifischer durch Angabe der SSID gewählt werden:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="ssid Ihre_SSID DHCP"
```

Gibt es in einem Netzwerk mehrere Access Points mit der gleichen SSID, was das Routing vereinfacht, kann es notwendig sein, dass ein bestimmtes Gerät verbunden werden muss. Dazu muss lediglich die BSSID des Access Points angegeben werden. Die Angabe der SSID ist hierbei nicht zwingend notwendig:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="ssid Ihre_SSID bssid xx:xx:xx:xx:xx:xx DHCP"
```

Es gibt noch weitere Möglichkeiten, den Zugriff auf bestimmte Access Point zu beschränken, beispielsweise durch die Begrenzung der Frequenzen, auf denen eine Station nach einem Access Point sucht. Sinnvoll ist ein solches Vorgehen beispielsweise, wenn das drahtlose Gerät in verschiedenen Frequenzbereichen arbeiten kann, da in diesem Fall das Prüfen aller Frequenzen sehr zeitintensiv sein kann. Um nur innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs nach einem Access Point zu suchen, verwenden Sie die Option `mode`:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="mode 11g ssid Ihre_SSID DHCP"
```

In diesem Beispiel sucht das drahtlose Gerät nur im 2,4 GHz-Band (802.11g), aber nicht innerhalb des 5 GHz-Bandes nach einem Access Point. Mit der Option `channel` kann eine bestimmte Frequenz vorgegeben werden, auf der gesucht werden soll. Die Option `chanlist` erlaubt die Angabe mehrerer erlaubter Frequenzen. Eine umfassende Beschreibung dieser Optionen finden Sie in [ifconfig\(8\)](#).

31.3.4.1.2.2. Authentifizierung

Sobald ein Access Point gefunden wurde, muss sich die Station am Access Point authentifizieren, bevor Daten übertragen werden können. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten. Am häufigsten wird die sogenannte *offene Authentifizierung* verwendet. Dabei wird es jeder Station erlaubt, sich mit einem Netzwerk zu verbinden und Daten zu übertragen. Aus Sicherheitsgründen sollte diese Methode allerdings nur zu Testzwecken bei der erstmaligen Einrichtung eines drahtlosen Netzwerks verwendet werden. Andere Authentifizierungsmechanismen erfordern den Austausch kryptographischer Informationen, bevor sie die Übertragung von Daten erlauben. Dazu gehören der Austausch fixer (vorher vereinbarter) Schlüssel oder Kennwörter, sowie der Einsatz komplexerer Verfahren mit Backend-Diensten wie RADIUS. Die offene Authentifizierung ist die Voreinstellung. Am zweithäufigsten kommt das im [Abschnitt 31.3.4.1.3.1](#), „WPA-PSK“ beschriebene WPA-PSK zum Einsatz, welches auch als WPA Personal bezeichnet wird.



Anmerkung

Kommt eine Apple® AirPort® Extreme-Basisstation als Access Point zum Einsatz, muss sowohl die Shared-Key-Authentifizierung als auch ein WEP-Schlüssel konfiguriert werden. Die entsprechende Konfiguration erfolgt entweder in `/etc/rc.conf` oder über das Programm [wpa_supplicant\(8\)](#). Für eine einzelne AirPort®-Basisstation kann der Zugriff wie folgt konfiguriert werden:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="authmode shared wepmode on weptxkey 1 wepkey 01234567 ␣
DHCP"
```

Normalerweise sollte Shared-Key-Authentifizierung nicht verwendet werden, da diese die Sicherheit des WEP-Schlüssel noch weiter verringert. Wenn WEP für Kompatibilität mit älteren Geräten verwendet werden muss, ist es besser, WEP mit offener Authentifizierung zu verwenden. Weitere Informationen zu WEP finden Sie im [Abschnitt 31.3.4.1.4, „WEP“](#).

31.3.4.1.2.3. Eine IP-Adresse über DHCP beziehen

Sobald ein Access Point ausgewählt ist und die Authentifizierungsparameter festgelegt sind, wird eine IP-Adresse benötigt. In der Regel wird die IP-Adresse über DHCP bezogen. Um dies zu erreichen, bearbeiten Sie `/etc/rc.conf` und fügen Sie DHCP für das drahtlose Gerät in die Konfiguration hinzu:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="DHCP"
```

Das drahtlose Gerät kann nun gestartet werden:

```
# service netif start
```

Nachdem das Gerät aktiviert wurde, kann mit [ifconfig\(8\)](#) der Status des Geräts `ath0` abgefragt werden:

```
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
ether 00:11:95:d5:43:62
inet 192.168.1.100 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.1.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet OFDM/54Mbps mode 11g
status: associated
ssid dlinkap channel 11 (2462 Mhz 11g) bssid 00:13:46:49:41:76
country US ecm authmode OPEN privacy OFF txpower 21.5 bmiss 7
scanvalid 60 bgscan bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7
roam:rate 5 protmode CTS wme burst
```

status: associated besagt, dass sich das Gerät mit dem drahtlosen Netzwerk verbunden hat. bssid 00:13:46:49:41:76 ist die MAC-Adresse des Access Points und authmode OPEN zeigt an, dass die Kommunikation nicht verschlüsselt wird.

31.3.4.1.2.4. Statische IP-Adressen

Wenn eine IP-Adresse nicht von einem DHCP-Server bezogen werden kann, vergeben Sie eine statische IP-Adresse. Ersetzen Sie dazu das oben gezeigte Schlüsselwort DHCP durch die entsprechende IP-Adresse. Beachten Sie dabei, dass Sie die anderen Konfigurationsparameter nicht versehentlich verändern:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="inet 192.168.1.100 netmask 255.255.255.0 ssid your_ssid_here "
```

31.3.4.1.3. WPA

Wi-Fi Protected Access (WPA) ist ein Sicherheitsprotokoll, das in 802.11-Netzwerken verwendet wird, um die fehlende Authentifizierung und Schwächen von WEP zu vermeiden. WPA stellt das aktuelle 802.1X-Authentifizierungsprotokoll dar und verwendet eine von mehreren Chiffren, um die Datensicherheit zu gewährleisten. Die einzige Chiffre, die von WPA verlangt wird, ist *Temporary Key Integrity Protocol* (TKIP). TKIP ist eine Chiffre, die die von WEP verwendete RC4-Chiffre um Funktionen zur Prüfung der Datenintegrität und zur Erkennung und Bekämpfung von Einbruchsversuchen erweitert. TKIP ist durch Softwaremodifikationen auch unter veralteter Hardware lauffähig. Im Vergleich zu WEP ist WPA zwar sehr viel sicherer, es ist aber dennoch nicht völlig immun gegen Angriffe. WPA definiert mit AES-CCMP noch eine weitere Chiffre als Alternative zu TKIP. AES-CCMP, welches häufig als WPA2 oder RSN bezeichnet wird, sollte bevorzugt eingesetzt werden.

WPA definiert Authentifizierungs- und Verschlüsselungsprotokolle. Die Authentifizierung erfolgt in der Regel über eine der folgenden Techniken: 802.1X gemeinsam mit einem Backend-Authentifizierungsdienst wie RADIUS, oder durch einen Minimal-Handshake zwischen der Station und dem Access Point mit einem vorher vereinbarten gemeinsamen Schlüssel. Die erste Technik wird als WPA Enterprise, die zweite hingegen als WPA Personal bezeichnet. Da sich der Aufwand für das Aufsetzen eines RADIUS-Backend-Servers für die meisten drahtlosen Netzwerke nicht lohnt, wird WPA in der Regel als WPA-PSK konfiguriert.

Die Kontrolle der drahtlosen Verbindung sowie das Aushandeln des Schlüssels, oder die Authentifizierung mit einem Server, erfolgt über [wpa_supplicant\(8\)](#). Dieses Programm benötigt eine Konfigurationsdatei, `/etc/wpa_supplicant.conf`. Weitere Informationen finden Sie in [wpa_supplicant.conf\(5\)](#).

31.3.4.1.3.1. WPA-PSK

WPA-PSK, das auch als WPA-Personal bekannt ist, basiert auf einem gemeinsamen, vorher vereinbarten Schlüssel (PSK), der aus einem Passwort generiert und danach als Master-Key des drahtlosen Netzwerks verwendet wird. Jeder Benutzer des drahtlosen Netzwerks verwendet daher *den gleichen* Schlüssel. WPA-PSK sollte nur in kleinen Netzwerken eingesetzt werden, in denen die Konfiguration eines Authentifizierungsservers nicht möglich oder erwünscht ist.



Warnung

Achten Sie darauf, immer starke Passwörter zu verwenden, die ausreichend lang sind und auch Sonderzeichen enthalten, damit diese nicht leicht erraten oder umgangen werden können.

Der erste Schritt zum Einsatz von WPA-PSK ist die Konfiguration der SSID und des gemeinsamen Schlüssels des Netzwerks in `/etc/wpa_supplicant.conf`:

```
network={
    ssid="freebsdap"
    psk="freebsdmall"
}
```

Danach wird in `/etc/rc.conf` definiert, dass WPA zur Verschlüsselung eingesetzt werden soll und dass die IP-Adresse über DHCP bezogen wird:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="WPA DHCP"
```

Nun kann das drahtlose Gerät aktiviert werden:

```
# service netif start
Starting wpa_supplicant.
DHCPDISCOVER on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 5
DHCPDISCOVER on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 6
```

```
DHCP OFFER from 192.168.0.1
DHCP REQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67
DHCP ACK from 192.168.0.1
bound to 192.168.0.254 -- renewal in 300 seconds.
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    ether 00:11:95:d5:43:62
    inet 192.168.0.254 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
    media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet OFDM/36Mbps mode 11g
    status: associated
    ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
    country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
    AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
    bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
    wme burst roaming MANUAL
```

Alternativ kann das drahtlose Gerät manuell, mit Hilfe der Informationen aus `/etc/wpa_supplicant.conf` konfiguriert werden:

```
# wpa_supplicant -i wlan0 -c /etc/wpa_supplicant.conf
Trying to associate with 00:11:95:c3:0d:ac (SSID='freebsdap' freq=2412 MHz)
Associated with 00:11:95:c3:0d:ac
WPA: Key negotiation completed with 00:11:95:c3:0d:ac [PTK=CCMP GTK=CCMP]
CTRL-EVENT-CONNECTED - Connection to 00:11:95:c3:0d:ac completed (auth) [id=0 id_str=]
```

Im zweiten Schritt starten Sie nun [dhclient\(8\)](#), um eine IP-Adresse vom DHCP-Server zu beziehen:

```
# dhclient wlan0
DHCP REQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67
DHCP ACK from 192.168.0.1
bound to 192.168.0.254 -- renewal in 300 seconds.
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    ether 00:11:95:d5:43:62
    inet 192.168.0.254 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
    media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet OFDM/36Mbps mode 11g
    status: associated
    ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
    country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
    AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
    bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
    wme burst roaming MANUAL
```



Anmerkung

Enthält `/etc/rc.conf` bereits die Zeile `ifconfig_wlan0="DHCP"`, wird [dhclient\(8\)](#) automatisch gestartet, nachdem [wpa_supplicant\(8\)](#) sich mit dem Access Point verbunden hat.

Sollte der Einsatz von DHCP nicht möglich oder nicht gewünscht sein, konfigurieren Sie eine statische IP-Adresse, nachdem [wpa_supplicant\(8\)](#) die Station authentifiziert hat:

```
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.100 netmask 255.255.255.0
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    ether 00:11:95:d5:43:62
    inet 192.168.0.100 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
    media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet OFDM/36Mbps mode 11g
    status: associated
    ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
    country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
    AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
    bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
    wme burst roaming MANUAL
```

Falls DHCP nicht verwendet wird, müssen zusätzlich noch das Standard-Gateway sowie der Nameserver manuell festgelegt werden:

```
# route add default your_default_router
# echo "nameserver your_DNS_server" >> /etc/resolv.conf
```

31.3.4.1.3.2. WPA und EAP-TLS

Die zweite Möglichkeit, WPA einzusetzen, ist die Verwendung eines 802.1X-Backend-Authentifizierungsservers. Diese Variante wird als WPA-Enterprise bezeichnet, um sie vom weniger sicheren WPA-Personal abzugrenzen. Die bei WPA-Enterprise verwendete Authentifizierung basiert auf dem *Extensible Authentication Protocol* (EAP).

EAP selbst bietet keine Verschlüsselung, sondern operiert in einem verschlüsselten Tunnel. Es gibt verschiedene auf EAP basierende Authentifizierungsmethoden, darunter EAP-TLS, EAP-TTLS und EAP-PEAP.

EAP mit *Transport Layers Security* (EAP-TLS) ist ein sehr gut unterstütztes Authentifizierungsprotokoll, da es sich dabei um die erste EAP-Methode handelt, die von der [Wi-Fi Alliance](#) zertifiziert wurde. EAP-TLS erfordert drei Zertifikate: Das auf allen Rechnern installierte CA-Zertifikat, das Server-Zertifikat des Authentifizierungsservers, sowie ein Client-Zertifikat für jeden drahtlosen Client. Sowohl der Authentifizierungsservers als auch die drahtlosen Clients authentifizieren sich gegenseitig über Zertifikate, wobei sie überprüfen, ob diese Zertifikate auch von der Zertifizierungs-Autorität (CA) des jeweiligen Unternehmens signiert wurden.

Die Konfiguration erfolgt (analog zu WPA-PSK) über `/etc/wpa_supplicant.conf`:

```
network={
  ssid="frebsdap" ❶
  proto=RSN ❷
  key_mgmt=WPA-EAP ❸
  eap=TLS ❹
  identity="loader" ❺
  ca_cert="/etc/certs/cacert.pem" ❻
  client_cert="/etc/certs/clientcert.pem" ❼
  private_key="/etc/certs/clientkey.pem" ❽
  private_key_passwd="frebsdmallclient" ❾
}
```

- ❶ Der Name des Netzwerks (SSID).
- ❷ Das als WPA2 bekannte RSN IEEE® 802.11i Protokoll wird verwendet.
- ❸ Die `key_mgmt`-Zeile bezieht sich auf das verwendete Key-Management-Protokoll. In diesem Beispiel wird WPA gemeinsam mit der EAP-Authentifizierung verwendet.
- ❹ Die für die Verbindung verwendete EAP-Methode.
- ❺ Das `identity`-Feld enthält den von EAP verwendeten Identifizierungsstring.
- ❻ Das Feld `ca_cert` gibt den Pfad zum CA-Zertifikat an. Diese Datei wird zur Verifizierung des Server-Zertifikats benötigt.
- ❼ Die `client_cert`-Zeile gibt den Pfad zum Client-Zertifikat an. Jeder Client hat ein eigenes, innerhalb des Netzwerks eindeutiges, Zertifikat.
- ❽ Das Feld `private_key` gibt den Pfad zum privaten Schlüssel des Client-Zertifikat an.
- ❾ Das Feld `private_key_passwd` enthält die Passphrase für den privaten Schlüssel.

Danach fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="WPA DHCP"
```

Nun können Sie das drahtlose Gerät aktivieren:

```
# service netif start
Starting wpa_supplicant.
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 7
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 15
DHCPACK from 192.168.0.20
bound to 192.168.0.254 -- renewal in 300 seconds.
```

```
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
ether 00:11:95:d5:43:62
inet 192.168.0.254 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet DS/11Mbps mode 11g
status: associated
ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
wme burst roaming MANUAL
```

Alternativ kann das drahtlose Gerät manuell mit [wpa_supplicant\(8\)](#) und [ifconfig\(8\)](#) aktiviert werden.

31.3.4.1.3.3. WPA mit EAP-TTLS

Bei EAP-TLS müssen sowohl der Authentifizierungsserver als auch die Clients jeweils ein eigenes Zertifikat aufweisen. Bei EAP-TTLS ist das Client-Zertifikat optional. EAP-TTLS geht dabei vor wie ein Webserver, der einen sicheren SSL-Tunnel erzeugen kann, ohne dass der Besucher dabei über ein clientseitiges Zertifikat verfügen muss. EAP-TTLS verwendet einen verschlüsselten TLS-Tunnel zum sicheren Transport der Authentifizierungsdaten.

Die erforderliche Konfiguration erfolgt in `/etc/wpa_supplicant.conf`:

```
network={
    ssid="freebsdap"
    proto=RSN
    key_mgmt=WPA-EAP
    eap=TTLS ❶
    identity="test" ❷
    password="test" ❸
    ca_cert="/etc/certs/cacert.pem" ❹
    phase2="auth=MD5" ❺
}
```

- ❶ Die für die Verbindung verwendete EAP-Methode.
- ❷ Das `identity`-Feld enthält den Identifizierungsstring für die EAP-Authentifizierung innerhalb des verschlüsselten TLS-Tunnels.
- ❸ Das `password`-Feld enthält die Passphrase für die EAP-Authentifizierung.
- ❹ Das Feld `ca_cert` gibt den Pfad zum CA-Zertifikat an. Diese Datei wird zur Verifizierung des Server-Zertifikats benötigt.
- ❺ Die innerhalb des verschlüsselten TLS-Tunnels verwendete Authentifizierungsmethode. In Fall von PEAP ist dies `auth=MSCHAPV2`.

Folgende Zeilen müssen in `/etc/rc.conf` aufgenommen werden:

```
wlans_ath0="wlan0"
ifconfig_wlan0="WPA DHCP"
```

Nun kann das drahtlose Gerät aktiviert werden:

```
# service netif start
Starting wpa_supplicant.
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 7
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 15
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 21
DHCPACK from 192.168.0.20
bound to 192.168.0.254 -- renewal in 300 seconds.
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
ether 00:11:95:d5:43:62
inet 192.168.0.254 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet DS/11Mbps mode 11g
status: associated
ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
```

```
bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
wme burst roaming MANUAL
```

31.3.4.1.3.4. WPA mit EAP-PEAP



Anmerkung

PEAPv0/EAP-MSCHAPv2 ist die gängigste PEAP-Methode. In diesem Kapitel wird der Begriff PEAP stellvertretend für diese Methode verwendet.

Protected EAP (PEAP) wurde als Alternative zu EAP-TTLS entwickelt und ist nach EAP-TLS der meist genutzte EAP-Standard. In einem Netzwerk mit verschiedenen Betriebssystemen sollte PEAP das am besten unterstützte Standard nach EAP-TLS sein.

PEAP arbeitet ähnlich wie EAP-TTLS. Es verwendet ein serverseitiges Zertifikat, um einen verschlüsselten TLS-Tunnel, über den die sichere Authentifizierung zwischen den Clients und dem Authentifizierungsserver erfolgt. In Sachen Sicherheit unterscheiden sich EAP-TTLS und PEAP allerdings: PEAP überträgt den Benutzernamen im Klartext und verschlüsselt nur das Passwort, während EAP-TTLS sowohl den Benutzernamen, als auch das Passwort über den TLS-Tunnel überträgt.

Um EAP-PEAP zu konfigurieren, fügen Sie die folgenden Zeilen in `/etc/wpa_supplicant.conf` ein:

```
network={
  ssid="freebsdap"
  proto=RSN
  key_mgmt=WPA-EAP
  eap=PEAP ❶
  identity="test" ❷
  password="test" ❸
  ca_cert="/etc/certs/cacert.pem" ❹
  phase1="peaplabel=0" ❺
  phase2="auth=MSCHAPV2" ❻
}
```

- ❶ Die für die Verbindung verwendete EAP-Methode.
- ❷ Das `identity`-Feld enthält den Identifizierungsstring für die innerhalb des verschlüsselten TLS-Tunnels erfolgende EAP-Authentifizierung.
- ❸ Das Feld `password` enthält die Passphrase für die EAP-Authentifizierung.
- ❹ Das Feld `ca_cert` gibt den Pfad zum CA-Zertifikat an. Diese Datei wird zur Verifizierung des Server-Zertifikats benötigt.
- ❺ Dieses Feld enthält die Parameter für die erste Phase der Authentifizierung, den TLS-Tunnel. Je nachdem, welcher Authentifizierungsserver benutzt wird, kann ein spezifisches Label für die Authentifizierung verwendet werden. Meistens lautet das Label „client EAP encryption“, dass durch `peaplabel=0` gesetzt wird. Weitere Informationen finden Sie in [wpa_supplicant.conf\(5\)](#).
- ❻ Das innerhalb des verschlüsselten TLS-Tunnels verwendete Authentifizierungsprotokoll. In unserem Beispiel handelt es sich dabei um `auth=MSCHAPV2`.

Danach fügen Sie die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
ifconfig_ath0="WPA DHCP"
```

Nun kann das drahtlose Gerät aktiviert werden.

```
# service netif start
Starting wpa_supplicant.
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 7
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 15
DHCPREQUEST on wlan0 to 255.255.255.255 port 67 interval 21
DHCPACK from 192.168.0.20
```



```
bound to 192.168.0.254 -- renewal in 300 seconds.
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    ether 00:11:95:d5:43:62
    inet 192.168.0.254 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
    media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet DS/11Mbps mode 11g
    status: associated
    ssid freebsdap channel 1 (2412 MHz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
    country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy ON deftxkey UNDEF
    AES-CCM 3:128-bit txpower 21.5 bmiss 7 scanvalid 450 bgscan
    bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7 roam:rate 5 protmode CTS
    wme burst roaming MANUAL
```

31.3.4.1.4. WEP

Wired Equivalent Privacy (WEP) ist Teil des ursprünglichen 802.11-Standards. Es enthält keinen Authentifizierungsmechanismus und verfügt lediglich über eine schwache Zugriffskontrolle, die sehr leicht umgangen werden kann.

WEP kann über [ifconfig\(8\)](#) aktiviert werden:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0
# ifconfig wlan0 inet 192.168.1.100 netmask 255.255.255.0 \
    ssid my_net wepmode on weptxkey 3 wepkey 3:0x3456789012
```

- `wepkey` definiert den WEP-Schlüssel, der für die Datenübertragung verwendet wird. Dieses Beispiel verwendet den dritten Schlüssel. Der gleiche Schlüssel muss auch am Access Point eingestellt sein. Kennen Sie den vom Access Point verwendeten Schlüssel nicht, sollten Sie zuerst den Wert 1 (den ersten Schlüssel) für diese Variable verwenden.
- `wepkey` legt den zu verwendenden WEP-Schlüssel in der Form *Nummer:Schlüssel* fest. Schlüssel 1 wird standardmäßig verwendet. Die "Nummer" muss nur angegeben werden, wenn ein anderer als der erste Schlüssel verwendet werden soll.



Anmerkung

Ersetzen Sie `0x3456789012` durch den am Access Point konfigurierten Schlüssel.

Weitere Informationen finden Sie in [ifconfig\(8\)](#).

Das Programm [wpa_supplicant\(8\)](#) eignet sich ebenfalls dazu, WEP für drahtlose Geräte zu aktivieren. Obige Konfiguration lässt sich dabei durch die Aufnahme der folgenden Zeilen in `/etc/wpa_supplicant.conf` realisieren:

```
network={
    ssid="my_net"
    key_mgmt=NONE
    wep_key3=3456789012
    wep_tx_keyidx=3
}
```

Danach müssen Sie das Programm noch aufrufen:

```
# wpa_supplicant -i wlan0 -c /etc/wpa_supplicant.conf
Trying to associate with 00:13:46:49:41:76 (SSID='dlinkap' freq=2437 MHz)
Associated with 00:13:46:49:41:76
```

31.3.5. Ad-hoc-Modus

Der IBSS-Modus, der auch als Ad-hoc-Modus bezeichnet wird, ist für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen vorgesehen. Um beispielsweise eine Ad-hoc-Verbindung zwischen den Rechnern A und B aufzubauen, werden lediglich zwei IP-Adressen und eine SSID benötigt.

Auf Rechner A:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0 wlanmode adhoc
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 ssid freebsdap
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 00:11:95:c3:0d:ac
inet 192.168.0.1 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet autoselect mode 11g <adhoc>
status: running
ssid freebsdap channel 2 (2417 Mhz 11g) bssid 02:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode OPEN privacy OFF txpower 21.5 scanvalid 60
protmode CTS wme burst
```

Der adhoc-Parameter zeigt an, dass die Schnittstelle im IBSS-Modus läuft.

Rechner B sollte nun in der Lage sein, Rechner A zu finden:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0 wlanmode adhoc
# ifconfig wlan0 up scan
SSID/MESH ID      BSSID              CHAN RATE   S:N      INT CAPS
freebsdap         02:11:95:c3:0d:ac   2   54M -64:-96  100 IS    WME
```

Der Wert I (Spalte CAPS) in dieser Ausgabe bestätigt, dass sich Rechner A im Ad-hoc-Modus befindet. Nun müssen Sie noch Rechner B eine andere IP-Adresse zuweisen:

```
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.2 netmask 255.255.255.0 ssid freebsdap
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 00:11:95:d5:43:62
inet 192.168.0.2 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet autoselect mode 11g <adhoc>
status: running
ssid freebsdap channel 2 (2417 Mhz 11g) bssid 02:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode OPEN privacy OFF txpower 21.5 scanvalid 60
protmode CTS wme burst
```

Damit sind die Rechner A und B bereit und können untereinander Daten austauschen.

31.3.6. FreeBSD Host Access Points

FreeBSD kann als Access Point (AP) agieren. Dies verhindert, dass man sich einen Hardware AP kaufen oder ein Ad-hoc Netzwerk laufen lassen muss. Dies kann sinnvoll sein, falls der FreeBSD-Computer als Gateway zu einem anderen Netzwerk, wie dem Internet, fungiert.

31.3.6.1. Grundeinstellungen

Bevor Sie einen FreeBSD-Computer als AP konfigurieren, muss der Kernel mit der entsprechenden Netzwerkunterstützung für die drahtlose Karte, sowie die Sicherheitsprotokolle konfiguriert werden. Weitere Informationen finden Sie im [Abschnitt 31.3.3, „Basiskonfiguration“](#).



Anmerkung

Die Verwendung der NDIS Treiber für Windows® erlauben zur Zeit keinen AP-Modus. Nur die nativen FreeBSD-Wireless-Treiber unterstützen den AP-Modus.

Nachdem die Netzwerkunterstützung geladen ist, überprüfen Sie, ob das Wireless-Gerät den hostbasierenden Access-Point Modus, der auch als hostap-Modus bekannt ist, unterstützt:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0
# ifconfig wlan0 list caps
```

```
drivercaps=6f85edc1<STA,FF,TURBOP,IBSS,HOSTAP,AHDEMO,TXPMGT,SHSLOT,SHPREAMBLE,MONITOR,MBSS,WPA1,WPA2,BURST>
cryptocaps=1f<WEP,TKIP,AES,AES_CCM,TKIPMIC>
```

Diese Ausgabe zeigt die Eigenschaften der Karte. Das Wort `HOSTAP` bestätigt, dass diese Wireless-Karte als AP agieren kann. Die verschiedenen unterstützten Algorithmen werden ebenfalls angezeigt: WEP, TKIP und AES. Diese Informationen zeigen an, welche Sicherheitsprotokolle auf dem AP nutzbar sind.

Das Wireless-Gerät kann nur während der Erzeugung des Pseudo-Geräts in den `hostap`-Modus gesetzt werden. Zuvor erstellte Pseudo-Geräte müssen also vorher zerstört werden:

```
# ifconfig wlan0 destroy
```

Danach muss das Gerät erneut erstellt werden, bevor die restlichen Netzwerkparameter konfiguriert werden können:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0 wlanmode hostap
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 ssid freebsdap mode 11g channel 1
```

Benutzen Sie danach erneut `ifconfig(8)`, um den Status der `wlan0`-Schnittstelle abzufragen:

```
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 00:11:95:c3:0d:ac
inet 192.168.0.1 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet autoselect mode 11g <hostap>
status: running
ssid freebsdap channel 1 (2412 Mhz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode OPEN privacy OFF txpower 21.5 scanvalid 60
protmode CTS wme burst dtimperiod 1 -dfs
```

Die `hostap`-Parameter geben die Schnittstelle an, die im hostbasierenden Access Point Modus läuft.

Die Konfiguration der Schnittstelle kann durch Hinzufügen der folgenden Zeilen in die Datei `/etc/rc.conf` automatisch während des Bootvorganges erfolgen:

```
wlans_ath0="wlan0"
create_args_wlan0="wlanmode hostap"
ifconfig_wlan0="inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 ssid freebsdap mode 11g channel 1"
```

31.3.6.2. Hostbasierender Access Point ohne Authentifizierung oder Verschlüsselung

Obwohl es nicht empfohlen wird, einen AP ohne jegliche Authentifizierung oder Verschlüsselung laufen zu lassen, ist es eine einfache Art zu testen, ob der AP funktioniert. Diese Konfiguration ist auch wichtig für die Fehlersuche bei Client-Problemen.

Nachdem der AP konfiguriert wurde, ist es möglich von einem anderen drahtlosen Computer eine Suche nach dem AP zu starten:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0
# ifconfig wlan0 up scan
SSID/MESH ID      BSSID              CHAN  RATE   S:N      INT  CAPS
freebsdap         00:11:95:c3:0d:ac   1     54M    -66:-96  100  ES   WME
```

Der Client-Rechner hat den AP gefunden und kann nun eine Verbindung aufbauen:

```
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.2 netmask 255.255.255.0 ssid freebsdap
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 00:11:95:d5:43:62
inet 192.168.0.2 netmask 0xfffff00 broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet OFDM/54Mbps mode 11g
status: associated
ssid freebsdap channel 1 (2412 Mhz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode OPEN privacy OFF txpower 21.5 bmiss 7
scanvalid 60 bgscan bgscanintvl 300 bgscanidle 250 roam:rssi 7
```

```
roam:rate 5 protmode CTS wme burst
```

31.3.6.3. WPA2-hostbasierter Access Point

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Konfiguration eines FreeBSD Access Point mit dem WPA2-Sicherheitsprotokoll. Weitere Einzelheiten zu WPA und der Konfiguration von Clients mit WPA finden Sie im [Abschnitt 31.3.4.1.3, „WPA“](#).

Der [hostapd\(8\)](#)-Dienst wird genutzt, um die Client-Authentifizierung und das Schlüsselmanagement auf dem AP mit aktiviertem WPA2 zu nutzen.

Die folgende Konfiguration wird auf dem FreeBSD-Computer ausgeführt, der als AP agiert. Nachdem der AP korrekt arbeitet, sollte [hostapd\(8\)](#) automatisch beim Booten durch folgende Zeile in `/etc/rc.conf` aktiviert werden:

```
hostapd_enable="YES"
```

Bevor Sie versuchen [hostapd\(8\)](#) zu konfigurieren, konfigurieren Sie zunächst die Grundeinstellungen, wie im [Abschnitt 31.3.6.1, „Grundeinstellungen“](#) beschrieben.

31.3.6.3.1. WPA2-PSK

WPA2-PSK ist für kleine Netzwerke gedacht, in denen die Verwendung eines Authentifizierungs-Backend-Server nicht möglich oder nicht erwünscht ist.

Die Konfiguration wird in `/etc/hostapd.conf` durchgeführt:

```
interface=wlan0           ❶
debug=1                   ❷
ctrl_interface=/var/run/hostapd ❸
ctrl_interface_group=wheel ❹
ssid=freebsdap            ❺
wpa=2                     ❻
wpa_passphrase=freebsdmall ❼
wpa_key_mgmt=WPA-PSK      ❽
wpa_pairwise=CCMP         ❾
```

- ❶ Die Wireless-Schnittstelle, die für den Access Point verwendet wird an.
- ❷ Der debuglevel von [hostapd\(8\)](#) während der Ausführung. Ein Wert von 1 ist der kleinste zulässige Wert.
- ❸ Der Pfadname des Verzeichnisses, der von [hostapd\(8\)](#) genutzt wird, um die Domain-Socket-Dateien zu speichern, die für die Kommunikation mit externen Programmen, wie z.B. [hostapd_cli\(8\)](#), benutzt werden. In diesem Beispiel wird der Standardwert verwendet.
- ❹ Die Gruppe die Zugriff auf die Schnittstellendateien hat.
- ❺ Der Name des drahtlosen Netzwerks (SSID).
- ❻ Aktiviert WPA und gibt an welches WPA-Authentifizierungsprotokoll benötigt wird. Ein Wert von 2 konfiguriert den AP mit WPA2. Setzen Sie den Wert nur auf 1, wenn Sie das veraltete WPA benötigen.
- ❼ Das ASCII-Passwort für die WPA-Authentifizierung.



Warnung

Achten Sie darauf, immer starke Passwörter zu verwenden, die mindestens 8 Zeichen lang sind und auch Sonderzeichen enthalten, damit diese nicht leicht erraten oder umgangen werden können.

- ❽ Das verwendete Schlüsselmanagement-Protokoll. Dieses Beispiel nutzt WPA-PSK.
- ❾ Die zulässigen Verschlüsselungsverfahren des Access-Points. In diesem Beispiel wird nur CCMP (AES) akzeptiert. CCMP ist eine Alternative zu TKIP und sollte wenn möglich eingesetzt werden. TKIP sollte nur da eingesetzt werden, wo kein CCMP möglich ist.

Als nächstes wird hostapd gestartet:

```
# service hostapd forcestart
```

```
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8943<UP,BROADCAST,RUNNING,PROMISC,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 04:f0:21:16:8e:10
inet6 fe80::6f0:21ff:fe16:8e10%wlan0 prefixlen 64 scopeid 0x9
nd6 options=21<PERFORMNUD,AUTO_LINKLOCAL>
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet autoselect mode 11na <hostap>
status: running
ssid NoSignal channel 36 (5180 MHz 11a ht/40+) bssid 04:f0:21:16:8e:10
country US ecm authmode WPA2/802.11i privacy MIXED deftxkey 2
AES-CCM 2:128-bit AES-CCM 3:128-bit txpower 17 mcastrate 6 mgmtrate 6
scanvalid 60 ampdulimit 64k ampdudensity 8 shortgi wme burst
dtimperiod 1 -dfs
groups: wlan
```

Sobald der AP läuft, können sich die Clients mit ihm verbinden. Weitere Informationen finden Sie im [Abschnitt 31.3.4.1.3, „WPA“](#). Es ist möglich zu sehen, welche Stationen mit dem AP verbunden sind. Geben Sie dazu `ifconfig wlan0 list sta` ein.

31.3.6.4. WEP-hostbasierter Access Point

Es ist nicht empfehlenswert, einen AP mit WEP zu konfigurieren, da es keine Authentifikationsmechanismen gibt und WEP leicht zu knacken ist. Einige ältere drahtlose Karten unterstützen nur WEP als Sicherheitsprotokoll. Diese Karten können nur mit einem AP ohne Authentifikation oder Verschlüsselung genutzt werden.

Das Wireless-Gerät kann nun in den hostap-Modus versetzt werden und mit der korrekten SSID und IP-Adresse konfiguriert werden:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0 wlanmode hostap
# ifconfig wlan0 inet 192.168.0.1 netmask 255.255.255.0 \
  ssid freebsdap wepmode on weptxkey 3 wepkey 3:0x3456789012 mode 11g
```

- Der `weptxkey` zeigt an, welcher WEP-Schlüssel bei der Übertragung benutzt wird. In diesem Beispiel wird der dritte Schlüssel benutzt, da die Nummerierung bei 1 beginnt. Dieser Parameter muss angegeben werden, damit die Daten verschlüsselt werden.
- Der `wepkey` gibt den gewählten WEP-Schlüssel an. Er sollte im folgenden Format `index:key` vorliegen. Wenn kein Index vorhanden ist, wird der Schlüssel 1 benutzt. Ansonsten muss der Index manuell festgelegt werden.

Benutzen Sie `ifconfig(8)` um den Status der `wlan0`-Schnittstelle erneut anzuzeigen:

```
# ifconfig wlan0
wlan0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 00:11:95:c3:0d:ac
inet 192.168.0.1 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.0.255
media: IEEE 802.11 Wireless Ethernet autoselect mode 11g <hostap>
status: running
ssid freebsdap channel 4 (2427 Mhz 11g) bssid 00:11:95:c3:0d:ac
country US ecm authmode OPEN privacy ON deftxkey 3 wepkey 3:40-bit
txpower 21.5 scanvalid 60 protmode CTS wme burst dtimperiod 1 -dfs
```

Es ist möglich, von einem anderen drahtlosen Computer eine Suche nach dem AP zu starten:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev ath0
# ifconfig wlan0 up scan
SSID          BSSID              CHAN  RATE  S:N  INT  CAPS
freebsdap     00:11:95:c3:0d:ac    1     54M  22:1  100  EPS
```

Der Client-Rechner hat den AP gefunden und kann nun eine Verbindung aufbauen. Weitere Informationen finden Sie im [Abschnitt 31.3.4.1.4, „WEP“](#).

31.3.7. Benutzung von drahtgebundenen und drahtlosen Verbindungen

Eine Verbindung per Kabel bietet eine bessere Leistung und eine höhere Zuverlässigkeit, während die Wireless-Verbindung eine höhere Flexibilität und Mobilität bietet. Benutzer von Laptops wollen normalerweise beides nutzen und zwischen beiden Verbindungen hin und her schalten.

Unter FreeBSD ist es möglich zwei oder mehr Netzwerkschnittstellen in einem „failover“-Mode zu kombinieren. Diese Konfiguration nutzt die beste verfügbare Verbindung aus einer Gruppe von Netzwerkverbindungen. Sobald sich der Linkstatus ändert, wechselt das Betriebssystem automatisch auf eine andere Verbindung.

Link-Aggregation und Failover werden im [Abschnitt 31.7, „Link-Aggregation und Failover“](#) behandelt. Ein Beispiel für die Verwendung von kabelgebundenen und drahtlosen Verbindungen gibt es im [Beispiel 31.3, „Failover Modus zwischen Ethernet- und Wireless-Schnittstellen“](#).

31.3.8. Problembehandlung

Dieser Abschnitt beschreibt eine Reihe von Maßnahmen zur Behebung von alltäglichen Problemen mit Drahtlosnetzwerken.

- Wird der Access Point bei der Suche nicht gefunden, überprüfen Sie, dass die Konfiguration des drahtlosen Geräts nicht die Anzahl der Kanäle beschränkt.
- Wenn sich das Gerät nicht mit dem Access Point verbinden kann, überprüfen Sie, ob die Konfiguration der Station auch der des Access Points entspricht. Dazu gehören auch die Authentifizierungsmethode und die Sicherheitsprotokolle. Halten Sie die Konfiguration so einfach wie möglich. Wenn Sie ein Sicherheitsprotokoll wie WPA oder WEP verwenden, können Sie testweise den Access Point auf *offene Authentifizierung* und *keine Sicherheit* einstellen.

Für die Fehlersuche steht [wpa_supplicant\(8\)](#) zur Verfügung. Starten Sie das Programm manuell mit der Option `-dd` und durchsuchen Sie anschließend die Systemprotokolle nach eventuellen Fehlermeldungen.

- Sobald sich das Gerät mit dem Access Point verbinden kann, prüfen Sie die Netzwerkkonfiguration mit einfachen Werkzeugen wie [ping\(8\)](#).
- Zusätzlich gibt es auch zahlreiche Low-Level-Debugging-Werkzeuge. Die Ausgabe von Debugging-Informationen des 802.11 Protocol Support Layers lassen sich mit dem Programm [wlandebug\(8\)](#) aktivieren. Um beispielsweise während der Suche nach Access Points und des Aufbaus von 802.11-Verbindungen (*Handshake*) auftretende Systemmeldungen auf die Konsole auszugeben, verwenden Sie den folgenden Befehl:

```
# wlandebug -i ath0 +scan+auth+debug+assoc
net.wlan.0.debug: 0 => 0xc80000<assoc,auth,scan>
```

Der 802.11-Layer liefert umfangreiche Statistiken, die mit dem Werkzeug `wlanstats`, das sich in `/usr/src/tools/tools/net80211` befindet, abgerufen werden können. Diese Statistiken sollten alle Fehler identifizieren, die im 802.11-Layer auftreten. Beachten Sie aber, dass einige Fehler bereits im darunterliegenden Gerätetreiber auftreten und daher in diesen Statistiken nicht enthalten sind. Wie Sie Probleme des Gerätetreibers identifizieren, entnehmen Sie bitte der Dokumentation des Gerätetreibers.

Wenn die oben genannten Informationen nicht helfen das Problem zu klären, erstellen Sie einen Problembericht, der die Ausgabe der weiter oben genannten Werkzeuge beinhaltet.

31.4. USB Tethering

Viele Mobiltelefone bieten die Möglichkeit, ihre Datenverbindung über USB (oft "Tethering" genannt) zu teilen. Diese Funktion verwendet entweder das RNDIS-, CDC- oder ein Apple® iPhone®/iPad®-Protokoll.

- Android™-Geräte benutzen in der Regel den [urndis\(4\)](#)-Treiber.

- Apple®-Geräte benutzen den [ipheth\(4\)](#)-Treiber.
- Ältere Geräte benutzen oft den [cdce\(4\)](#)-Treiber.

Bevor Sie ein Gerät anschließen, laden Sie den entsprechenden Treiber in den Kernel:

```
# kldload if_urndis
# kldload if_cdce
# kldload if_ipheth
```

Sobald das Gerät angeschlossen ist, steht es unter `ue0` wie ein normales Netzwerkgerät zur Verfügung. Stellen Sie sicher, dass die Option „USB Tethering“ auf dem Gerät aktiviert ist.

31.5. Bluetooth

Beigetragen von Pav Lucistnik.

Bluetooth ermöglicht die Bildung von persönlichen Netzwerken über drahtlose Verbindungen bei einer maximalen Reichweite von 10 Metern und operiert im unlizensierten 2,4-GHz-Band. Solche Netzwerke werden normalerweise spontan gebildet, wenn sich mobile Geräte, wie Mobiltelefone, Handhelds oder Notebooks miteinander verbinden. Im Gegensatz zu Wireless LAN ermöglicht Bluetooth auch höherwertige Dienste, wie FTP-ähnliche Dateiserver, Filepushing, Sprachübertragung, Emulation von seriellen Verbindungen und mehr.

Dieses Kapitel beschreibt die Verwendung von USB-Bluetooth-Adaptern in FreeBSD. Weiterhin werden verschiedene Bluetooth-Protokolle und Programme vorgestellt.

31.5.1. Die Bluetooth-Unterstützung aktivieren

Der Bluetooth-Stack von FreeBSD verwendet das [netgraph\(4\)](#)-Framework. Viele Bluetooth-USB-Adapter werden durch den [ng_ubt\(4\)](#)-Treiber unterstützt. Auf dem Chip BCM2033 von Broadcom basierende Bluetooth-Geräte werden von den Treibern [ubtbcmfw\(4\)](#) sowie [ng_ubt\(4\)](#) unterstützt. Die Bluetooth-PC-Card 3CRWB60-A von 3Com verwendet den [ng_bt3c\(4\)](#)-Treiber. Serielle sowie auf UART basierende Bluetooth-Geräte werden von [sio\(4\)](#), [ng_h4\(4\)](#) sowie [hcsd\(8\)](#) unterstützt.

Bevor ein Gerät angeschlossen wird, muss der entsprechende Treiber in den Kernel geladen werden. Hier verwendet das Gerät den [ng_ubt\(4\)](#)-Treiber:

```
# kldload ng_ubt
```

Ist das Bluetooth-Gerät beim Systemstart angeschlossen, kann das entsprechende Modul bei Booten geladen werden, indem der entsprechende Treiber in `/boot/loader.conf` hinzugefügt wird:

```
ng_ubt_load="YES"
```

Sobald der Treiber geladen ist, schließen Sie den USB-Adapter an. Eine Meldung ähnlich der folgenden wird auf der Konsole und in `/var/log/messages` erscheinen:

```
ubt0: vendor 0x0a12 product 0x0001, rev 1.10/5.25, addr 2
ubt0: Interface 0 endpoints: interrupt=0x81, bulk-in=0x82, bulk-out=0x2
ubt0: Interface 1 (alt.config 5) endpoints: isoc-in=0x83, isoc-out=0x3,
      wMaxPacketSize=49, nframes=6, buffer size=294
```

Verwenden Sie das Startskript zum Starten und Beenden des Bluetooth-Stacks. Es ist empfehlenswert, den Bluetooth-Stack zu beenden, bevor Sie den Adapter entfernen. Wenn Sie den Bluetooth-Stack starten, erhalten Sie eine Meldung ähnlich der folgenden:

```
# service bluetooth start ubt0
BD_ADDR: 00:02:72:00:d4:1a
Features: 0xff 0xff 0xf 00 00 00 00 00
<3-Slot> <5-Slot> <Encryption> <Slot offset>
```



```
<Timing accuracy> <Switch> <Hold mode> <Sniff mode>
<Park mode> <RSSI> <Channel quality> <SCO link>
<HV2 packets> <HV3 packets> <u-law log> <A-law log> <CVSD>
<Paging scheme> <Power control> <Transparent SCO data>
Max. ACL packet size: 192 bytes
Number of ACL packets: 8
Max. SCO packet size: 64 bytes
Number of SCO packets: 8
```

31.5.2. Suche nach anderen Bluetooth-Geräten

Das *Host Controller Interface* (HCI) bietet eine einheitliche Methode für den Zugriff auf Bluetooth-Basisband-Funktionen. In FreeBSD wird ein netgraph HCI-Knoten für jedes Bluetooth-Gerät erstellt. Weitere Einzelheiten finden Sie in [ng_hci\(4\)](#).

Eine der wichtigsten Aufgaben ist das Auffinden von sich in Reichweite befindenden Bluetooth-Geräten. Diese Funktion wird als *inquiry* bezeichnet. Inquiry sowie andere mit HCI in Verbindung stehende Funktionen werden von [hccontrol\(8\)](#) zur Verfügung gestellt. Das folgende Beispiel zeigt, wie man herausfindet, welche Bluetooth-Geräte sich in Reichweite befinden. Eine solche Abfrage dauert nur wenige Sekunden. Beachten Sie, dass ein Gerät nur dann antwortet, wenn es sich im Modus *discoverable* befindet.

```
% hccontrol -n ubt0hci inquiry
Inquiry result, num_responses=1
Inquiry result #0
    BD_ADDR: 00:80:37:29:19:a4
    Page Scan Rep. Mode: 0x1
    Page Scan Period Mode: 00
    Page Scan Mode: 00
    Class: 52:02:04
    Clock offset: 0x78ef
Inquiry complete. Status: No error [00]
```

BD_ADDR stellt, ähnlich der MAC-Adresse einer Netzwerkkarte, die eindeutige Adresse eines Bluetooth-Gerätes dar. Diese Adresse ist für die Kommunikation mit dem Gerät nötig. Es ist aber auch möglich, BD_ADDR einen Klartextnamen zuzuweisen. `/etc/bluetooth/hosts` enthält Informationen über die bekannten Bluetooth-Rechner. Das folgende Beispiel zeigt, wie man den Klartextnamen eines entfernten Geräts in Erfahrung bringen kann:

```
% hccontrol -n ubt0hci remote_name_request 00:80:37:29:19:a4
BD_ADDR: 00:80:37:29:19:a4
Name: Pav's T39
```

Wenn Sie ein entferntes Bluetooth-Gerät abfragen, wird dieses den Rechner unter dem Namen „your.host.name (ubt0)“ finden. Dieser Name kann aber jederzeit geändert werden.

Bluetooth ermöglicht Punkt-zu-Punkt-Verbindungen an denen nur zwei Bluetooth-Geräte beteiligt sind, aber auch Punkt-zu-Multipunkt-Verbindungen, bei denen eine Verbindung von mehreren Bluetooth-Geräten gemeinsam genutzt wird. Das folgende Beispiel zeigt, wie man die aktiven Basisbandverbindungen des lokalen Gerätes anzeigen kann:

```
% hccontrol -n ubt0hci read_connection_list
Remote BD_ADDR    Handle Type Mode Role Encrypt Pending Queue State
00:80:37:29:19:a4    41  ACL   0  MAST  NONE      0      0  OPEN
```

Ein *connection handle* ist für die Beendigung einer Basisbandverbindung nützlich. Im Normalfall werden inaktive Verbindungen aber automatisch vom Bluetooth-Stack getrennt.

```
# hccontrol -n ubt0hci disconnect 41
Connection handle: 41
Reason: Connection terminated by local host [0x16]
```

Rufen Sie `hccontrol help` auf, wenn Sie eine komplette Liste aller verfügbaren HCI-Befehle benötigen. Die meisten dieser Befehle müssen nicht als `root` ausgeführt werden.

31.5.3. Erstmaliger Verbindungsaufbau zwischen zwei Bluetooth-Geräten (Pairing)

In der Voreinstellung nutzt Bluetooth keine Authentifizierung, daher kann sich jedes Bluetoothgerät mit jedem anderen Gerät verbinden. Ein Bluetoothgerät, wie beispielsweise ein Mobiltelefon, kann jedoch für einen bestimmten Dienst, etwa eine Einwahlverbindung, eine Authentifizierung anfordern. Bluetooth verwendet zu diesem Zweck *PIN-Codes*. Ein PIN-Code ist ein maximal 16 Zeichen langer ASCII-String. Damit eine Verbindung zustande kommt, muss auf beiden Geräten der gleiche PIN-Code verwendet werden. Nachdem der Code eingegeben wurde, erzeugen beide Geräte einen *link key*, der auf den Geräten gespeichert wird. Beim nächsten Verbindungsaufbau wird der zuvor erzeugte Link Key verwendet. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Pairing*. Geht der Link Key auf einem Gerät verloren, muss das Pairing wiederholt werden.

Der `hcsecd(8)`-Daemon verarbeitet Bluetooth-Authentifizierungsanforderungen und wird über die Datei `/etc/bluetooth/hcsecd.conf` konfiguriert. Der folgende Ausschnitt dieser Datei zeigt die Konfiguration für ein Mobiltelefon, das den PIN-Code „1234“ verwendet:

```
device {
    bdaddr    00:80:37:29:19:a4;
    name      "Pav's T39";
    key       nokey;
    pin       "1234";
}
```

Von der Länge abgesehen, unterliegen PIN-Codes keinen Einschränkungen. Einige Geräte, beispielsweise Bluetooth-Headsets, haben einen festen PIN-Code eingebaut. Die Option `-d` sorgt dafür, dass der `hcsecd(8)`-Daemon im Vordergrund läuft. Dadurch kann der Ablauf einfach verfolgt werden. Stellen Sie das entfernte Gerät auf *receive pairing* und initiieren Sie die Bluetoothverbindung auf dem entfernten Gerät. Sie erhalten die Meldung, dass Pairing akzeptiert wurde und der PIN-Code benötigt wird. Geben Sie den gleichen PIN-Code ein, den Sie in `hcsecd.conf` festgelegt haben. Der Computer und das entfernte Gerät sind nun miteinander verbunden. Alternativ können Sie das Pairing auch auf dem entfernten Gerät initiieren.

`hcsecd(8)` kann durch das Einfügen der folgenden Zeile in `/etc/rc.conf` beim Systemstart automatisch aktiviert werden:

```
hcsecd_enable="YES"
```

Es folgt nun eine beispielhafte Ausgabe des `hcsecd(8)`-Daemons:

```
hcsecd[16484]: Got Link_Key_Request event from 'ubt0hci', remote bdaddr 0:80:37:29:19:a4
hcsecd[16484]: Found matching entry, remote bdaddr 0:80:37:29:19:a4, name 'Pav's T39', ⚡
link key doesn't exist
hcsecd[16484]: Sending Link_Key_Negative_Reply to 'ubt0hci' for remote bdaddr ⚡
0:80:37:29:19:a4
hcsecd[16484]: Got PIN_Code_Request event from 'ubt0hci', remote bdaddr 0:80:37:29:19:a4
hcsecd[16484]: Found matching entry, remote bdaddr 0:80:37:29:19:a4, name 'Pav's T39', ⚡
PIN code exists
hcsecd[16484]: Sending PIN_Code_Reply to 'ubt0hci' for remote bdaddr 0:80:37:29:19:a4
```

31.5.4. Einwahlverbindungen und Netzwerkverbindungen mit PPP-Profilen einrichten

Ein *Dial-Up Networking*-Profil (DUN) kann dazu benutzt werden, ein Mobiltelefon als drahtloses Modem zu nutzen, um sich über einen Einwahlprovider mit dem Internet zu verbinden. Es kann auch dazu genutzt werden, einen Computer so zu konfigurieren, dass dieser Datenabfragen empfängt.

Der Zugriff auf ein Netzwerk über ein PPP-Profil kann einen Zugriff auf das LAN für ein oder mehrere Bluetooth-Geräte bieten. Eine PC-zu-PC-Verbindung unter Verwendung einer PPP-Verbindung über eine serielle Verbindung ist ebenfalls möglich.

Diese Profile werden unter FreeBSD durch `ppp(8)` sowie `rfcomm_pppd(8)` implementiert – einem Wrapper, der Bluetooth-Verbindungen unter PPP nutzbar macht. Bevor ein Profil verwendet werden kann, muss ein neuer PPP-

Abschnitt in `/etc/ppp/ppp.conf` erzeugt werden. Beispielkonfigurationen zu diesem Thema finden Sie in [rfcomm_pppd\(8\)](#).

Dieses Beispiel verwendet [rfcomm_pppd\(8\)](#), um eine Verbindung zu einem entfernten Gerät mit der `BD_ADDR` `00:80:37:29:19:a4` auf dem RFCOMM-Kanal `DUN` aufzubauen:

```
# rfcomm_pppd -a 00:80:37:29:19:a4 -c -C dun -l rfcomm-dialup
```

Die aktuelle Kanalnummer des entfernten Geräts erhalten Sie über das SDP-Protokoll. Es ist auch möglich, manuell einen RFCOMM-Kanal festzulegen. In diesem Fall führt [rfcomm_pppd\(8\)](#) keine SDP-Abfrage durch. Verwenden Sie [sdpcontrol\(8\)](#), um die RFCOMM-Kanäle des entfernten Geräts herauszufinden.

Der [sdpd\(8\)](#)-Server muss laufen, damit ein Netzzugriff mit dem PPP LAN-Profil möglich ist. Außerdem muss für den LAN-Client ein neuer Eintrag in `/etc/ppp/ppp.conf` erzeugt werden. Beispielkonfigurationen zu diesem Thema finden Sie in [rfcomm_pppd\(8\)](#). Danach starten Sie den RFCOMM PPP-Server über eine gültige RFCOMM-Kanalnummer. Der RFCOMM PPP-Server bindet dadurch den Bluetooth-LAN-Dienst an den lokalen SDP-Daemon. Das folgende Beispiel zeigt, wie man den RFCOMM PPP-Server startet.

```
# rfcomm_pppd -s -C 7 -l rfcomm-server
```

31.5.5. Bluetooth-Protokolle

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über die verschiedenen Bluetooth-Protokolle, ihre Funktionen sowie weitere Programme.

31.5.5.1. Das Logical Link Control and Adaptation Protocol (L2CAP)

Das *Logical Link Control and Adaptation Protocol* (L2CAP) bietet höherwertigen Protokollen verbindungsorientierte und verbindungslose Datendienste an. L2CAP erlaubt höherwertigen Protokollen und Programmen den Versand und Empfang von L2CAP-Datenpaketen mit einer Länge von bis zu 64 Kilobytes.

L2CAP arbeitet *kanalbasiert*. Ein Kanal ist eine logische Verbindung innerhalb einer Basisbandverbindung. Jeder Kanal ist dabei an ein einziges Protokoll gebunden. Mehrere Geräte können an das gleiche Protokoll gebunden sein, es ist aber nicht möglich, einen Kanal an mehrere Protokolle zu binden. Jedes über einen Kanal ankommende L2CAP-Paket wird an das entsprechende höherwertige Protokoll weitergeleitet. Mehrere Kanäle können sich die gleiche Basisbandverbindung teilen.

Unter FreeBSD wird eine `netgraph`-Gerätedatei vom Typ `l2cap` für jedes einzelne Bluetooth-Gerät erzeugt. Diese Gerätedatei ist normalerweise mit der Bluetooth-HCI-Gerätedatei (downstream) sowie der Bluetooth-Socket-Gerätedatei (upstream) verbunden. Der Standardname für die L2CAP-Gerätedatei lautet „`devicel2cap`“. Weitere Details finden Sie in [ng_l2cap\(4\)](#).

Ein nützlicher Befehl zum Anpingen von anderen Geräten ist [l2ping\(8\)](#). Einige Bluetooth-Geräte senden allerdings nicht alle erhaltenen Daten zurück. Die Ausgabe `0 bytes` im folgenden Beispiel ist also kein Fehler:

```
# l2ping -a 00:80:37:29:19:a4
0 bytes from 0:80:37:29:19:a4 seq_no=0 time=48.633 ms result=0
0 bytes from 0:80:37:29:19:a4 seq_no=1 time=37.551 ms result=0
0 bytes from 0:80:37:29:19:a4 seq_no=2 time=28.324 ms result=0
0 bytes from 0:80:37:29:19:a4 seq_no=3 time=46.150 ms result=0
```

Das Programm [l2control\(8\)](#) liefert Informationen über L2CAP-Dateien. Das folgende Beispiel zeigt, wie man die Liste der logischen Verbindungen (Kanäle) sowie die Liste der Basisbandverbindungen abfragen kann:

```
% l2control -a 00:02:72:00:d4:1a read_channel_list
L2CAP channels:
Remote BD_ADDR    SCID/ DCID    PSM  IMTU/ OMTU  State
00:07:e0:00:0b:ca  66/  64      3   132/  672  OPEN
% l2control -a 00:02:72:00:d4:1a read_connection_list
L2CAP connections:
Remote BD_ADDR    Handle Flags Pending State
00:07:e0:00:0b:ca  41  0      0  OPEN
```

btsockstat(1) ist ein weiteres Diagnoseprogramm. Es funktioniert ähnlich wie **netstat(1)**, arbeitet aber mit Bluetooth-Datenstrukturen. Das folgende Beispiel zeigt die gleiche Liste der logischen Verbindungen wie **l2control(8)** im vorherigen Beispiel.

```
% btsockstat
Active L2CAP sockets
PCB      Recv-Q Send-Q Local address/PSM      Foreign address  CID  State
c2afe900 0         0 00:02:72:00:d4:1a/3    00:07:e0:00:0b:ca 66   OPEN
Active RFCOMM sessions
L2PCB    PCB      Flag MTU   Out-Q DLCs State
c2afe900 c2b53380 1    127    0     Yes  OPEN
Active RFCOMM sockets
PCB      Recv-Q Send-Q Local address      Foreign address  Chan DLCI State
c2e8bc80 0      250  00:02:72:00:d4:1a 00:07:e0:00:0b:ca 3    6   OPEN
```

31.5.5.2. Radio Frequency Communication (RFCOMM)

Das RFCOMM-Protokoll emuliert serielle Verbindungen über das L2CAP-Protokoll. Bei RFCOMM handelt es sich um ein einfaches Transportprotokoll, das um Funktionen zur Emulation der 9poligen Schaltkreise von mit RS-232 (EIA/TIA-232-E) kompatiblen seriellen Ports ergänzt wurde. Es erlaubt bis zu 60 simultane Verbindungen (RFCOMM-Kanäle) zwischen zwei Bluetooth-Geräten.

Eine RFCOMM-Kommunikation besteht aus zwei Anwendungen (den Kommunikationsendpunkten), die über das Kommunikationssegment miteinander verbunden sind. RFCOMM unterstützt Anwendungen, die auf serielle Ports angewiesen sind. Das Kommunikationssegment entspricht der direkten Bluetooth-Verbindung zwischen den beiden Geräten.

RFCOMM kümmert sich um die direkte Verbindung von zwei Geräten, oder um die Verbindung zwischen einem Gerät und einem Modem über eine Netzwerkverbindung. RFCOMM unterstützt auch andere Konfigurationen. Ein Beispiel dafür sind Module, die drahtlose Bluetooth-Geräte mit einer verkabelten Schnittstelle verbinden können.

Unter FreeBSD ist das RFCOMM-Protokoll im Bluetooth Socket-Layer implementiert.

31.5.5.3. Das Service Discovery Protocol (SDP)

Das *Service Discovery Protocol* (SDP) erlaubt es Clientanwendungen, von Serveranwendungen angebotene Dienste sowie deren Eigenschaften abzufragen. Zu diesen Eigenschaften gehören die Art oder die Klasse der angebotenen Dienste sowie der Mechanismus oder das Protokoll, die zur Nutzung des Dienstes notwendig sind.

SDP ermöglicht Verbindungen zwischen einem SDP-Server und einem SDP-Client. Der Server enthält eine Liste mit den Eigenschaften der vom Server angebotenen Dienste. Jeder Eintrag beschreibt jeweils einen einzigen Serverdienst. Ein Client kann diese Informationen durch eine SDP-Anforderung vom SDP-Server beziehen. Wenn der Client oder eine Anwendung des Clients einen Dienst nutzen will, muss eine separate Verbindung mit dem Dienstanbieter aufgebaut werden. SDP bietet einen Mechanismus zum Auffinden von Diensten und deren Eigenschaften an, es bietet aber keine Mechanismen zur Verwendung dieser Dienste.

Normalerweise sucht ein SDP-Client nur nach Diensten, die bestimmte geforderte Eigenschaften erfüllen. Es ist aber auch möglich, anhand der Dienstbeschreibungen eine allgemeine Suche nach den von einem SDP-Server angebotenen Diensten durchzuführen. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Browsing*.

Der Bluetooth-SDP-Server **sdpd(8)** und der Kommandozeilenclient **sdpcontrol(8)** sind bereits in der Standardinstallation von FreeBSD enthalten. Das folgende Beispiel zeigt, wie eine SDP-Abfrage durchgeführt wird:

```
% sdpcontrol -a 00:01:03:fc:6e:ec browse
Record Handle: 00000000
Service Class ID List:
    Service Discovery Server (0x1000)
Protocol Descriptor List:
    L2CAP (0x0100)
        Protocol specific parameter #1: u/int/uuid16 1
        Protocol specific parameter #2: u/int/uuid16 1
```

```
Record Handle: 0x00000001
Service Class ID List:
  Browse Group Descriptor (0x1001)

Record Handle: 0x00000002
Service Class ID List:
  LAN Access Using PPP (0x1102)
Protocol Descriptor List:
  L2CAP (0x0100)
  RFCOMM (0x0003)
    Protocol specific parameter #1: u/int8/bool 1
Bluetooth Profile Descriptor List:
  LAN Access Using PPP (0x1102) ver. 1.0
```

Beachten Sie, dass jeder Dienst eine Liste seiner Eigenschaften, wie etwa den RFCOMM-Kanal, zurückgibt. Je nach dem, welche Dienste der Benutzer benötigt, sollten einige dieser Eigenschaften notiert werden. Einige Bluetooth-Implementationen unterstützen kein *Service Browsing* und geben daher eine leere Liste zurück. Ist dies der Fall, ist es dennoch möglich, nach einem bestimmten Dienst zu suchen. Das folgende Beispiel demonstriert die Suche nach dem OBEX Object Push (OPUSH) Dienst:

```
% sdpcontrol -a 00:01:03:fc:6e:ec search OPUSH
```

Unter FreeBSD ist es die Aufgabe des [sdpd\(8\)](#)-Servers, Bluetooth-Clients verschiedene Dienste anzubieten. Sie können diesen Server durch das Einfügen der folgenden Zeile in `/etc/rc.conf` aktivieren:

```
sdpd_enable="YES"
```

Nun kann der [sdpd\(8\)](#)-Daemon durch folgende Eingabe gestartet werden:

```
# service sdpd start
```

Der lokale Server, der den entfernten Clients Bluetooth-Dienste anbieten soll, bindet diese Dienste an den lokalen SDP-Daemon. Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist [rfcomm_pppd\(8\)](#). Einmal gestartet, wird der Bluetooth-LAN-Dienst an den lokalen SDP-Daemon gebunden.

Die Liste der vorhandenen Dienste, die am lokalen SDP-Server registriert sind, lässt sich durch eine SDP-Abfrage über einen lokalen Kontrollkanal abfragen:

```
# sdpcontrol -l browse
```

31.5.5.4. OBEX Object-Push (OPUSH)

OBEX ist ein häufig verwendetes Protokoll für den Dateitransfer zwischen Mobilgeräten. Sein Hauptzweck ist die Kommunikation über die Infrarotschnittstelle. Es dient daher zum Datentransfer zwischen Notebooks oder PDAs sowie zum Austausch von Visitenkarten oder Kalendereinträgen zwischen Mobiltelefonen und anderen Geräten mit PIM-Funktionen.

Server und Client von OBEX werden durch `obexapp` bereitgestellt, das als Paket oder Port [comms/obexapp](#) installiert werden kann.

Mit dem OBEX-Client werden Objekte zum OBEX-Server geschickt oder angefordert. Ein Objekt kann etwa eine Visitenkarte oder ein Termin sein. Der OBEX-Client fordert über SDP die Nummer des RFCOMM-Kanals vom entfernten Gerät an. Dies kann auch durch die Verwendung des Servicenamens anstelle der RFCOMM-Kanalnummer erfolgen. Folgende Dienste werden unterstützt: `>IrMC`, `FTRN` und `OPUSH`. Es ist möglich, den RFCOMM-Kanal als Nummer anzugeben. Es folgt ein Beispiel für eine OBEX-Sitzung, bei der ein Informationsobjekt vom Mobiltelefon angefordert und ein neues Objekt (hier eine Visitenkarte) an das Telefonbuch des Mobiltelefons geschickt wird:

```
% obexapp -a 00:80:37:29:19:a4 -C IrMC
obex> get telecom/devinfo.txt
Success, response: OK, Success (0x20)
obex> put new.vcf
Success, response: OK, Success (0x20)
obex> di
```

```
Success, response: OK, Success (0x20)
```

Um OBEX-Push-Dienste anbieten zu können, muss der `sdpd`-Server gestartet sein. Ein Wurzelverzeichnis, in dem alle ankommenden Objekte gespeichert werden, muss zusätzlich angelegt werden. In der Voreinstellung ist dies `/var/spool/obex`. Starten Sie den OBEX-Server mit einer gültigen Kanalnummer. Der OBEX-Server registriert nun den OBEX-Push-Dienst mit dem lokalen SDP-Daemon. Das folgende Beispiel zeigt, wie der OBEX-Server gestartet wird:

```
# obexapp -s -C 10
```

31.5.5.5. Das Serial-Port Profil (SPP)

Das *Serial Port Profile* (SPP) ermöglicht es Bluetooth-Geräten eine serielle Kabelverbindung zu emulieren. Anwendungen sind dadurch in der Lage, über eine virtuelle serielle Verbindung Bluetooth als Ersatz für eine Kabelverbindung zu nutzen.

`rfcomm_sppd(1)` implementiert unter FreeBSD SSP und ein Pseudo-tty, das als virtuelle serielle Verbindung verwendet wird. Das folgende Beispiel zeigt, wie man eine Verbindung mit einem entfernten Serial-Port-Dienst herstellt. Ein RFCOMM-Kanal muss dabei nicht angegeben werden, da `rfcomm_sppd(1)` den Kanal über SDP abfragen kann. Um dies zu umgehen, geben Sie einen RFCOMM-Kanal auf der Kommandozeile an.

```
# rfcomm_sppd -a 00:07:E0:00:0B:CA -t
rfcomm_sppd[94692]: Starting on /dev/pts/6...
/dev/pts/6
```

Sobald die Verbindung hergestellt ist, kann pseudo-tty als serieller Port verwendet werden.

```
# cu -l /dev/pts/6
```

Das pseudo-tty wird auf der Standardausgabe ausgegeben und kann von Wrapper-Skripten gelesen werden:

```
PTS=`rfcomm_sppd -a 00:07:E0:00:0B:CA -t`
cu -l $PTS
```

31.5.6. Problembehandlung

Wenn FreeBSD eine neue Verbindung akzeptiert, versucht es, die Rolle zu tauschen, um zum Master zu werden. Einige ältere Geräte, die dies nicht unterstützen, können keine Verbindung aufbauen. Da der Rollentausch ausgeführt wird sobald eine neue Verbindung aufgebaut wird, ist es nicht möglich, das entfernte Gerät zu fragen ob es den Rollentausch unterstützt. Es gibt jedoch eine HCI-Option, die dieses Verhalten deaktiviert:

```
# hccontrol -n ubt0hci write_node_role_switch 0
```

Verwenden Sie `hcidump`, das als Paket Port `comms/hcidump` installiert werden kann, um Bluetooth-Pakete anzuzeigen. Dieses Programm hat Ähnlichkeiten mit `tcpdump(1)` und kann zur Anzeige der Bluetooth-Pakete in einem Terminal, oder zur Speicherung von Paketen in einer Datei (Dump) verwendet werden.

31.6. LAN-Kopplung mit einer Bridge

Geschrieben von Andrew Thompson.

Manchmal ist es nützlich, ein Netzwerk, wie ein Ethernetsegment, in separate Netzwerke aufzuteilen, ohne gleich IP-Subnetze zu erzeugen, die über einen Router miteinander verbunden sind. Ein Gerät, das zwei Netze auf diese Weise verbindet, wird als „Bridge“ bezeichnet.

Eine Bridge arbeitet, indem sie die MAC-Adressen der Geräte in ihren Netzwerksegmenten lernt. Der Verkehr wird nur dann zwischen zwei Segmenten weitergeleitet, wenn sich Sender und Empfänger in verschiedenen Netzwerksegmenten befinden. Jedes FreeBSD-System mit zwei Netzwerkkarten kann als Bridge fungieren.

Bridging kann in den folgenden Situationen sinnvoll sein:

Verbinden von Netzwerken

Die Hauptaufgabe einer Bridge ist die Verbindung von zwei oder mehreren Netzwerksegmenten. Es gibt viele Gründe, eine hostbasierte Bridge einzusetzen, anstelle von Netzwerkkomponenten, wie beispielsweise Kabelverbindungen oder Firewalls. Eine Bridge kann außerdem ein drahtloses Gerät mit einem Kabelnetzwerk verbinden. Diese Fähigkeit der Bridge wird als *HostAP-Modus* bezeichnet. Die Bridge agiert in diesem Fall als Access Point für das drahtlose Gerät.

Filtering / Traffic Shaping Firewall

Eine Bridge kann eingesetzt werden, wenn Firewallfunktionen benötigt werden, ohne dabei Routing oder *Network Address Translation* (NAT) zu verwenden.

Ein Beispiel dafür wäre ein kleines Unternehmen, das über DSL oder ISDN an einen ISP angebunden ist. Es verfügt über 13 erreichbare IP-Adressen und das Netzwerk besteht aus 10 Rechnern. In dieser Situation ist der Einsatz von Subnetzen sowie einer routerbasierten Firewall aufgrund der IP-Adressierung schwierig. Eine Bridge-basierte Firewall kann hingegen ohne Probleme konfiguriert werden.

Netzwerküberwachung

Eine Bridge kann zwei Netzwerksegmente miteinander verbinden und danach alle Ethernet-Rahmen überprüfen, die zwischen den beiden Netzwerksegmenten ausgetauscht werden. Dazu verwendet man entweder [bpf\(4\)](#) und [tcpdump\(1\)](#) auf dem Netzgerät der Bridge oder schickt Kopien aller Rahmen an ein zusätzliches Netzgerät, das als *Span Port* bekannt ist.

Layer 2 VPN

Zwei Ethernetnetzwerke können über einen IP-Link miteinander verbunden werden, indem die beiden Netzwerke über einen EtherIP-Tunnel gekoppelt werden, oder eine [tap\(4\)](#)-basierte Lösung wie OpenVPN eingesetzt wird.

Layer 2 Redundanz

Die Systeme eines Netzwerks können über das *Spanning Tree Protocol* (STP) redundant miteinander verbunden sein, um redundante Pfade zu blockieren.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie ein FreeBSD-System mit Hilfe von [if_bridge\(4\)](#) als Bridge konfiguriert wird. Ein netgraph-Bridge-Treiber ist ebenfalls verfügbar und wird in [ng_bridge\(4\)](#) beschrieben.



Anmerkung

Paketfilter können mit allen Firewallpaketen verwendet werden, die das [pf\(9\)](#)-Framework benutzen. Eine Bridge kann auch als *Traffic Shaper* verwendet werden, wenn Sie [altq\(4\)](#) oder [dummynet\(4\)](#) einsetzen.

31.6.1. Die Bridge aktivieren

In FreeBSD handelt es sich bei [if_bridge\(4\)](#) um ein Kernelmodul, das von [ifconfig\(8\)](#) automatisch geladen wird, wenn eine Bridge-Schnittstelle erzeugt wird. Es ist auch möglich, die Unterstützung für den Treiber in den Kernel zu kompilieren, indem die Zeile `device if_bridge` in die Kernelkonfigurationsdatei hinzugefügt wird.

Eine Bridge wird durch das Klonen von Schnittstellen erzeugt. Um eine Bridge zu erzeugen, verwenden Sie:

```
# ifconfig bridge create
bridge0
# ifconfig bridge0
bridge0: flags=8802<BROADCAST,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 96:3d:4b:f1:79:7a
id 00:00:00:00:00:00 priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 100 timeout 1200
root id 00:00:00:00:00:00 priority 0 ifcost 0 port 0
```

Wenn eine Bridge erzeugt wird, erhält sie automatisch eine zufällig generierte Ethernet-Adresse. Die Parameter `maxaddr` sowie `timeout` legen fest, wie viele MAC-Adressen die Bridge in ihrer Forward-Tabelle halten kann und wie viele Sekunden jeder Eintrag erhalten bleiben soll, nachdem er zuletzt verwendet wurde. Die restlichen Parameter sind für die Konfiguration von STP notwendig.

Im nächsten Schritt werden die Schnittstellen, die die Bridge verbinden soll, zugewiesen. Damit die Bridge Datenpakete weiterleiten kann, müssen sowohl die Bridge als auch die Schnittstellen der zu verbindenden Netzwerksegmente aktiviert sein:

```
# ifconfig bridge0 addm fxp0 addm fxp1 up
# ifconfig fxp0 up
# ifconfig fxp1 up
```

Jetzt ist die Bridge in der Lage, Ethernet-Rahmen zwischen den Schnittstellen `fxp0` und `fxp1` weiterzuleiten. Um diese Konfiguration beim Systemstart automatisch zu aktivieren, müssen die folgenden Zeilen in `/etc/rc.conf` hinzugefügt werden:

```
cloned_interfaces="bridge0"
ifconfig_bridge0="addm fxp0 addm fxp1 up"
ifconfig_fxp0="up"
ifconfig_fxp1="up"
```

Wenn die Bridge eine IP-Adresse benötigt, muss diese der Schnittstelle der Bridge zugewiesen werden und nicht der Schnittstelle der gekoppelten Netzwerksegmente. Die IP-Adresse kann manuell gesetzt, oder über DHCP bezogen werden. Dieses Beispiel verwendet eine statische IP-Adresse:

```
# ifconfig bridge0 inet 192.168.0.1/24
```

Es ist auch möglich der Bridge-Schnittstelle eine IPv6-Adresse zuzuweisen. Um die Änderungen dauerhaft zu speichern, fügen Sie die Adressinformationen in `/etc/rc.conf` ein.



Anmerkung

Nachdem ein Paketfilter aktiviert wurde, können Datenpakete, die von den Schnittstellen der gekoppelten Netzwerksegmente gesendet und empfangen werden, über die Bridge weitergeleitet oder nach bestimmten Regeln gefiltert oder auch komplett geblockt werden. Ist die Richtung des Paketflusses wichtig, ist es am besten, eine Firewall auf den Schnittstellen der einzelnen Netzwerksegmente einzurichten und nicht auf der Bridge selbst.

Eine Bridge verfügt über verschiedene Optionen zur Weiterleitung von Nicht-IP- und IP-Paketen, sowie Paketfilterung auf Layer 2 mittels [ipfw\(8\)](#). Weitere Informationen finden Sie in [if_bridge\(4\)](#).

31.6.2. Spanning Tree aktivieren

Damit ein Ethernet-Netzwerk richtig funktioniert, kann nur ein aktiver Pfad zwischen zwei Geräten existieren. Das STP-Protokoll erkennt Schleifen in einer Netzwerktopologie und setzt redundante Pfade in einen blockierten Zustand. Sollte eine der aktiven Verbindungen ausfallen, berechnet STP einen anderen Baum und ermöglicht es dann einem blockierten Pfad, alle Netzwerkverbindungen wiederherzustellen.

Das *Rapid Spanning Tree Protocol* (RSTP oder 802.1w), ist abwärtskompatibel zum veralteten STP. RSTP arbeitet schneller und tauscht Informationen mit benachbarten Switchen aus, um Pakete korrekt weiterzuleiten und eine Schleifenbildung zu verhindern. FreeBSD unterstützt die Betriebsmodi RSTP und STP, wobei RSTP als Standardmodus voreingestellt ist.

STP kann auf den Schnittstellen der durch die Bridge verbundenen Netzwerksegmente mittels [ifconfig\(8\)](#) aktiviert werden. Für eine Bridge, die die Schnittstellen `fxp0` und `fxp1` verbindet, aktivieren Sie STP wie folgt:


```
# ifconfig bridge0 stp fxp0 stp fxp1
bridge0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    ether d6:cf:d5:a0:94:6d
    id 00:01:02:4b:d4:50 priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
    maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 100 timeout 1200
    root id 00:01:02:4b:d4:50 priority 32768 ifcost 0 port 0
    member: fxp0 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
        port 3 priority 128 path cost 200000 proto rstp
        role designated state forwarding
    member: fxp1 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
        port 4 priority 128 path cost 200000 proto rstp
        role designated state forwarding
```

Diese Bridge hat die Spanning-Tree-ID 00:01:02:4b:d4:50 und die Priorität 32768. Da diese ID mit der Root-ID identisch ist, handelt es sich um die Root-Bridge dieses Netzwerks.

Auf einer anderen Bridge des Netzwerks ist STP ebenfalls aktiviert:

```
bridge0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    ether 96:3d:4b:f1:79:7a
    id 00:13:d4:9a:06:7a priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
    maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 100 timeout 1200
    root id 00:01:02:4b:d4:50 priority 32768 ifcost 400000 port 4
    member: fxp0 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
        port 4 priority 128 path cost 200000 proto rstp
        role root state forwarding
    member: fxp1 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
        port 5 priority 128 path cost 200000 proto rstp
        role designated state forwarding
```

Die Zeile `root id 00:01:02:4b:d4:50 priority 32768 ifcost 400000 port 4` zeigt an, dass die Root-Bridge die ID 00:01:02:4b:d4:50 hat. Die Pfadkosten hin zur Root-Bridge betragen 400000, wobei der Pfad zur Root-Bridge über port 4 geht, der wiederum der Schnittstelle fxp0 entspricht.

31.6.3. Parameter der Bridge-Schnittstelle

Einige Parameter von `ifconfig` dienen ausschließlich der Konfiguration von Bridge-Schnittstellen. Dieser Abschnitt fasst die Verwendung dieser Parameter zusammen. Die vollständige Liste der verfügbaren Parameter wird in [ifconfig\(8\)](#) beschrieben.

private

Eine private Schnittstelle leitet keine Daten an einen Port weiter, bei dem es sich ebenfalls um eine private Schnittstelle handelt. Der Datenverkehr wird dabei komplett blockiert, auch Ethernet-Rahmen und ARP-Pakete werden nicht weitergeleitet. Wollen Sie hingegen nur spezifische Datenpakete blockieren, sollten Sie eine Firewall einsetzen.

span

Ein *Span Port* überträgt eine Kopie jedes Ethernet-Rahmens, der an der Bridge ankommt. Auf einer Bridge können beliebig viele Span Ports festgelegt werden. Wird eine Schnittstelle als Span Port konfiguriert, kann sie nicht mehr als normaler Bridge-Port verwendet werden. Eine derartige Konfiguration ist beispielsweise sinnvoll, um den Datenverkehr, der in einem Netzwerk über die Bridge läuft, auf einen Rechner zu übertragen, der mit einem Span Port der Bridge verbunden ist. Um beispielsweise eine Kopie aller Ethernet-Rahmen über die Schnittstelle fxp0 zu übertragen:

```
# ifconfig bridge0 span fxp4
```

sticky

Wenn die Schnittstelle eines über eine Bridge verbundenen Netzwerksegments als *sticky* gekennzeichnet wird, werden alle dynamisch gelernten Adressen als statische Adressen behandelt, sobald sie in den Forward-Cache der Bridge aufgenommen wurden. Sticky-Einträge werden niemals aus dem Cache entfernt oder ersetzt. Selbst dann nicht, wenn die Adresse von einer anderen Schnittstelle verwendet wird. Sie können dadurch die Vortei-

le statischer Adresseinträge nutzen, ohne die Forward-Tabelle vor dem Einsatz der Bridge mit statischen Einträgen füllen zu müssen. Clients, die sich in einem bestimmten von der Bridge verwalteten Segmente befinden, können dabei nicht in ein anderes Segment wechseln.

Ein Beispiel für den Einsatz von Sticky-Adressen ist die Kombination einer Bridge mit mehreren VLANs, um einen Router zu konfigurieren, der einzelne Kundennetzwerke voneinander trennt, ohne dabei IP-Adressbereiche zu verschwenden. Für das folgende Beispiel nehmen wir an, dass sich der Client CustomerA im VLAN `vlan100` und der Client CustomerB im VLAN `vlan101` befinden. Die Bridge hat die IP-Adresse `192.168.0.1` :

```
# ifconfig bridge0 addm vlan100 sticky vlan100 addm vlan101 sticky vlan101
# ifconfig bridge0 inet 192.168.0.1/24
```

In diesem Beispiel sehen beide Clients `192.168.0.1` als das Default-Gateway. Da der Brücken-Cache *sticky* ist, sind Sie nicht dazu in der Lage, die MAC-Adresse des anderen Kunden zu spoofen und dessen Datenverkehr abzufangen.

Sie können die Kommunikation zwischen den VLANs vollständig unterbinden, wenn Sie private Schnittstellen oder eine Firewall einsetzen:

```
# ifconfig bridge0 private vlan100 private vlan101
```

Die Kunden sind nun komplett voneinander isoliert und der komplette /24-Adressbereich kann zugewiesen werden, ohne dass Subnetze eingesetzt werden.

Die maximale mögliche Anzahl an eindeutigen MAC-Adressen hinter einer Schnittstelle kann festgelegt werden. Sobald das Limit erreicht ist, werden Pakete mit einer unbekannten Quell-Adresse solange verworfen, bis ein existierender Eintrag gelöscht wird oder abläuft.

Das folgende Beispiel setzt die maximale Anzahl von Netzgeräten für CustomerA für das VLAN `vlan100` auf 10.

```
# ifconfig bridge0 ifmaxaddr vlan100 10
```

Die Bridge unterstützt auch den Monitormodus. Dabei werden alle Pakete verworfen, nachdem sie von `bpf(4)` verarbeitet wurden. In diesem Modus erfolgt keine weitere Bearbeitung und auch keine Weiterleitung von Datenpaketen. Es ist daher möglich, die Eingabe von zwei oder mehr Netzwerkschnittstellen in einen einzigen gemeinsamen `bpf(4)`-Stream zu vereinen. Ein solcher Datenstrom ist beispielsweise nützlich, um den Datenverkehr für „network taps“ zu rekonstruieren, die ihre RX/TX-Signale über verschiedene Schnittstellen senden. Um beispielsweise die Eingabe von vier Netzwerkschnittstellen in einen einzigen gemeinsamen Datenstrom zu vereinen:

```
# ifconfig bridge0 addm fxp0 addm fxp1 addm fxp2 addm fxp3 monitor up
# tcpdump -i bridge0
```

31.6.4. SNMP-Monitoring

Die Schnittstelle der Bridge sowie die STP-Parameter können durch den im Basissystem enthaltenen `bsnmpd(1)` überwacht werden. Die exportierten Bridge-MIBs entsprechen den IETF-Standards, daher kann ein beliebiger SNMP-Client oder ein beliebiges Monitoring-Werkzeug eingesetzt werden, um die benötigten Daten zu erhalten.

Um das Monitoring auf der Bridge zu aktivieren, kommentieren Sie diese Zeile in `/etc/snmp.config` aus, indem Sie das Zeichen `#` entfernen:

```
begemotSnmpdModulePath."bridge" = "/usr/lib/snmp_bridge.so"
```

Weitere Konfigurationsparameter wie Community-Namen und Zugriffslisten müssen ebenfalls in dieser Datei angepasst werden. Weitere Informationen finden Sie in `bsnmpd(1)` und `snmp_bridge(3)`. Nachdem die Änderungen gespeichert wurden, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
bsnmpd_enable="YES"
```

Danach starten Sie `bsnmpd(1)`:

```
# service bsnmpd start
```

Die folgenden Beispiele verwenden das Softwarepaket Net-SNMP ([net-mgmt/net-snmp](#)), um die Bridge vom Client aus abzufragen. Alternativ kann auch der Port [net-mgmt/bsnmptools](#) benutzt werden. Auf dem SNMP-Client müssen danach die folgenden Zeilen in `$HOME/.snmp/snmp.conf` hinzugefügt werden, um die MIB-Definitionen der Bridge in Net-SNMP zu importieren:

```
mibdirs +/usr/share/snmp/mibs
mibs +BRIDGE-MIB:RSTP-MIB:BEGETOT-MIB:BEGETOT-BRIDGE-MIB
```

Um eine einzelne Bridge über den IETF BRIDGE-MIB (RFC4188) zu überwachen:

```
% snmpwalk -v 2c -c public bridge1.example.com mib-2.dot1dBridge
BRIDGE-MIB::dot1dBaseBridgeAddress.0 = STRING: 66:fb:9b:6e:5c:44
BRIDGE-MIB::dot1dBaseNumPorts.0 = INTEGER: 1 ports
BRIDGE-MIB::dot1dStpTimeSinceTopologyChange.0 = Timeticks: (189959) 0:31:39.59 centi-seconds
BRIDGE-MIB::dot1dStpTopChanges.0 = Counter32: 2
BRIDGE-MIB::dot1dStpDesignatedRoot.0 = Hex-STRING: 80 00 00 01 02 4B D4 50
...
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortState.3 = INTEGER: forwarding(5)
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortEnable.3 = INTEGER: enabled(1)
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortPathCost.3 = INTEGER: 200000
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortDesignatedRoot.3 = Hex-STRING: 80 00 00 01 02 4B D4 50
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortDesignatedCost.3 = INTEGER: 0
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortDesignatedBridge.3 = Hex-STRING: 80 00 00 01 02 4B D4 50
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortDesignatedPort.3 = Hex-STRING: 03 80
BRIDGE-MIB::dot1dStpPortForwardTransitions.3 = Counter32: 1
RSTP-MIB::dot1dStpVersion.0 = INTEGER: rstp(2)
```

Der Wert der Variable `dot1dStpTopChanges.0` ist hier 2, die STP-Topologie der Bridge wurde also bereits zweimal geändert. Unter einer Änderung versteht man die Anpassung eines oder mehrerer Links und die Kalkulation eines neuen Baums. Der Wert der Variable `dot1dStpTimeSinceTopologyChange.0` gibt an, wann dies zuletzt geschah.

Um mehrere Bridge-Schnittstellen zu überwachen, kann der private BEGETOT-BRIDGE-MIB eingesetzt werden:

```
% snmpwalk -v 2c -c public bridge1.example.com enterprises.fokus.begemot.begemotBridge
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseName."bridge0" = STRING: bridge0
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseName."bridge2" = STRING: bridge2
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseAddress."bridge0" = STRING: e:ce:3b:5a:9e:13
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseAddress."bridge2" = STRING: 12:5e:4d:74:d:fc
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseNumPorts."bridge0" = INTEGER: 1
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeBaseNumPorts."bridge2" = INTEGER: 1
...
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpTimeSinceTopologyChange."bridge0" = Timeticks: 3 (116927) 0:19:29.27 centi-seconds
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpTimeSinceTopologyChange."bridge2" = Timeticks: 3 (82773) 0:13:47.73 centi-seconds
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpTopChanges."bridge0" = Counter32: 1
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpTopChanges."bridge2" = Counter32: 1
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpDesignatedRoot."bridge0" = Hex-STRING: 80 00 00 40 95 30 5E 31
BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeStpDesignatedRoot."bridge2" = Hex-STRING: 80 00 00 50 8B B8 C6 A9
```

Um die über den `mib-2.dot1dBridge`-Subtree überwachte Bridge-Schnittstelle zu ändern:

```
% snmpset -v 2c -c private bridge1.example.com BEGETOT-BRIDGE-MIB::begemotBridgeDefaultBridgeIf.0 s bridge2
```

31.7. Link-Aggregation und Failover

Geschrieben von Andrew Thompson.

Übersetzt von Benedict Reuschling und Sharon Bahagi.

Die von FreeBSD unterstützte `lagg(4)`-Schnittstelle erlaubt die Gruppierung von mehreren Netzwerkadaptern als eine virtuelle Schnittstelle, mit dem Ziel, Ausfallsicherheit (Failover) und Link Aggregation bereitzustellen. Bei Failover kann der Verkehr auch dann weiter fließen, wenn nur eine Schnittstelle verfügbar ist. Link Aggregation funktioniert am besten mit Switches, die LCAP unterstützen, da dieses Protokoll den Datenverkehr bidirektional verteilt, während es auch auf den Ausfall einzelner Verbindungen reagiert.

Die von der `lagg`-Schnittstelle unterstützten Protokolle bestimmen, welche Ports für den ausgehenden Datenverkehr benutzt werden, und ob ein bestimmter Port eingehenden Datenverkehr akzeptiert. Die folgenden Protokolle werden von `lagg(4)` unterstützt:

Failover (Ausfallsicherheit)

Dieser Modus sendet und empfängt Datenverkehr nur auf dem Masterport. Sollte der Masterport nicht zur Verfügung stehen, wird der nächste aktive Port verwendet. Der zuerst hinzugefügte Adapter der virtuellen Schnittstelle wird zum Masterport, jeder weitere Adapter dient als Gerät zur Ausfallsicherheit. Wenn ein Failover auf einem Nicht-Master Port stattfindet, wird der ursprüngliche Port wieder zum Master-Port, sobald er wieder verfügbar ist.

fec / loadbalance (Lastverteilung)

Cisco® Fast EtherChannel® (FEC) findet sich auf älteren Cisco® Switches. Es bietet eine statische Konfiguration und handelt weder Aggregation mit der Gegenstelle aus, noch werden Frames zur Überwachung der Verbindung ausgetauscht. Wenn der Switch LACP unterstützt, sollte diese Option auch verwendet werden.

lacp

Das IEEE® 802.3ad Link-Aggregation Control Protokoll (LACP). Mit LACP wird eine Menge von aggregierbaren Verbindungen mit der Gegenstelle in einer oder mehreren Link Aggregated Groups (LAG) ausgehandelt. Jede LAG besteht aus Ports der gleichen Geschwindigkeit, eingestellt auf Voll-Duplex-Betrieb. Der Verkehr wird über die Ports in der LAG mit der größten Gesamtgeschwindigkeit balanciert. Typischerweise gibt es nur eine LAG, die alle Ports enthält. Im Falle von Änderungen in der physischen Anbindung wird LACP schnell zu einer neuen Konfiguration konvergieren.

LACP balanciert ausgehenden Verkehr über die aktiven Ports basierend auf der gehashten Protokollheader-information und akzeptiert eingehenden Verkehr auf jedem aktiven Port. Der Hash beinhaltet die Ethernet-Quell- und Zieladresse, und, soweit verfügbar, den VLAN-Tag, sowie die IPv4 oder IPv6 Quell- und Zieladresse.

roundrobin

Dieser Modus verteilt ausgehenden Verkehr mittels einer Round-Robin-Zuteilung über alle aktiven Ports und akzeptiert eingehenden Verkehr auf jedem aktiven Port. Da dieser Modus die Reihenfolge von Ethernet-Rahmen verletzt, sollte er mit Vorsicht eingesetzt werden.

31.7.1. Beispiele

Dieser Abschnitt zeigt, wie man einen Cisco® Switch und ein FreeBSD-System für LACP Load Balancing konfiguriert. Weiterhin wird gezeigt, wie man zwei Ethernet-Schnittstellen, sowie eine Ethernet- und eine Drahtlos-Schnittstelle für den Failover-Modus konfigurieren kann.

Beispiel 31.1. LACP Aggregation mit einem Cisco® Switch

Dieses Beispiel verbindet zwei `fxp(4)` Ethernet-Schnittstellen einer FreeBSD-Maschine zu den ersten zwei Ethernet-Ports auf einem Cisco® Switch als eine einzelne, lastverteilte und ausfallsichere Verbindung. Weitere Adapter können hinzugefügt werden, um den Durchsatz zu erhöhen und die Ausfallsicherheit zu steigern. Ersetzen Sie die Namen der Cisco®-Ports, Ethernet-Geräte, channel-group Nummern und IP-Adressen im Beispiel durch Namen, die mit Ihrer lokalen Konfiguration übereinstimmen.

Da die Reihenfolge der Frames bei Ethernet zwingend eingehalten werden muss, fließt auch jeglicher Verkehr zwischen zwei Stationen über den gleichen physischen Kanal, was die maximale Geschwindigkeit der

Verbindung auf die eines einzelnen Adapters beschränkt. Der Übertragungsalgorithmus versucht, so viele Informationen wie möglich zu verwenden, um die verschiedenen Verkehrsflüsse zu unterscheiden und balanciert diese über die verfügbaren Adapter.

Fügen Sie auf dem Cisco®-Switch die Adapter *FastEthernet0/1* und *FastEthernet0/2* zu der channel-group 1 hinzu:

```
interface FastEthernet0/1
  channel-group 1 mode active
  channel-protocol lacp
!
interface FastEthernet0/2
  channel-group 1 mode active
  channel-protocol lacp
```

Erstellen Sie auf der FreeBSD Maschine die [lagg\(4\)](#)-Schnittstelle unter Verwendung von *fxp0* und *fxp1* und starten Sie die Schnittstelle mit der IP-Adresse *10.0.0.3/24* :

```
# ifconfig fxp0 up
# ifconfig fxp1 up
# ifconfig lagg0 create
# ifconfig lagg0 up laggproto lacp laggport fxp0 laggport fxp1 10.0.0.3/24
```

Überprüfen Sie den Status der virtuellen Schnittstelle:

```
# ifconfig lagg0
lagg0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=8<VLAN_MTU>
ether 00:05:5d:71:8d:b8
media: Ethernet autoselect
status: active
laggproto lacp
laggport: fxp1 flags=1c<ACTIVE,COLLECTING,DISTRIBUTING>
laggport: fxp0 flags=1c<ACTIVE,COLLECTING,DISTRIBUTING>
```

Ports, die als *ACTIVE* markiert sind, sind Teil der aktiven Aggregations-Gruppe, die mit dem Switch ausgehandelt wurde. Der Verkehr wird über diese Gruppe übertragen und empfangen. Benutzen Sie [ifconfig\(8\)](#) mit *-v*, um sich die LAG-Bezeichner anzeigen zu lassen.

Um den Status der Ports auf dem Switch anzuzeigen, benutzen Sie **show lacp neighbor** :

```
switch# show lacp neighbor
Flags: S - Device is requesting Slow LACPDUs
       F - Device is requesting Fast LACPDUs
       A - Device is in Active mode           P - Device is in Passive mode

Channel group 1 neighbors

Partner's information:
```

Port	Flags	LACP port Priority	Dev ID	Age	Oper Key	Port Number	Port State
Fa0/1	SA	32768	0005.5d71.8db8	29s	0x146	0x3	0x3D
Fa0/2	SA	32768	0005.5d71.8db8	29s	0x146	0x4	0x3D

Benutzen Sie **show lacp neighbor detail** , um weitere Informationen zu erhalten.

Damit diese Konfiguration auch nach einem Neustart erhalten bleibt, fügen Sie auf dem FreeBSD-System folgende Einträge in */etc/rc.conf* hinzu:

```
ifconfig_fxp0="up"
ifconfig_fxp1="up"
cloned_interfaces="lagg0
```

```
ifconfig_lagg0="laggproto lacp laggport fxp0 laggport fxp1 10.0.0.3/24 "
```

Beispiel 31.2. Ausfallsicherer Modus

Der ausfallsichere Modus kann verwendet werden, um zu einer zweiten Schnittstelle zu wechseln, sollte die Verbindung mit der Master-Schnittstelle ausfallen. Um den ausfallsicheren Modus zu konfigurieren, aktivieren Sie zunächst die zugrunde liegenden physikalischen Schnittstellen. Erstellen Sie dann die [lagg\(4\)](#)-Schnittstelle mit *fxp0* als Master-Schnittstelle und *fxp1* als sekundäre Schnittstelle. Der virtuellen Schnittstelle wird die IP-Adresse *10.0.0.15/24* zugewiesen:

```
# ifconfig fxp0 up
# ifconfig fxp1 up
# ifconfig lagg0 create
# ifconfig lagg0 up laggproto failover laggport fxp0 laggport fxp1 10.0.0.15/24
```

Die virtuelle Schnittstelle sollte in etwa so aussehen:

```
# ifconfig lagg0
lagg0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=8<VLAN_MTU>
ether 00:05:5d:71:8d:b8
inet 10.0.0.15 netmask 0xffffffff broadcast 10.0.0.255
media: Ethernet autoselect
status: active
laggproto failover
laggport: fxp1 flags=0<>
laggport: fxp0 flags=5<MASTER,ACTIVE>
```

Der Verkehr wird auf *fxp0* übertragen und empfangen. Wenn die Verbindung auf *fxp0* abbricht, wird *fxp1* die Verbindung übernehmen. Sobald die Verbindung auf der Master-Schnittstelle wiederhergestellt ist, wird diese wieder als aktive Schnittstelle genutzt.

Damit diese Konfiguration auch nach einem Neustart erhalten bleibt, fügen Sie folgende Einträge in */etc/rc.conf* hinzu:

```
ifconfig_fxp0="up"
ifconfig_fxp1="up"
cloned_interfaces="lagg0"
ifconfig_lagg0="laggproto failover laggport fxp0 laggport fxp1 10.0.0.15/24 "
```

Beispiel 31.3. Failover Modus zwischen Ethernet- und Wireless-Schnittstellen

Für Laptop-Benutzer ist es normalerweise wünschenswert, „wireless“ als sekundäre Schnittstelle einzurichten, die verwendet wird, wenn die Ethernet-Verbindung nicht verfügbar ist. Mit [lagg\(4\)](#) ist es möglich, ein Failover mit einer IP-Adresse zu konfigurieren, welches die Ethernet-Verbindung aus Performance- und Sicherheitsgründen bevorzugt, während es gleichzeitig möglich bleibt, Daten über die drahtlose Verbindung zu übertragen.

Dies wird durch das Überschreiben der physikalischen MAC-Adresse der drahtlosen Schnittstelle, durch die der Ethernet-Schnittstelle erreicht.

In diesem Beispiel ist die Ethernet-Schnittstelle *bge0* die Master-Schnittstelle und die drahtlose Schnittstelle *wlan0* die Failover-Schnittstelle. *wlan0* wurde von der *iwn0* mit der MAC-Adresse der Ether-

net-Schnittstelle eingerichtet. Im ersten Schritt wird die MAC-Adresse der Ethernet-Schnittstelle ermittelt:

```
# ifconfig bge0
bge0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=19b<RXCSUM, TXCSUM, VLAN_MTU, VLAN_HWTAGGING, VLAN_HWCSUM, TS04>
ether 00:21:70:da:ae:37
inet6 fe80::221:70ff:fed:ae37%bge0 prefixlen 64 scopeid 0x2
nd6 options=29<PERFORMNUD,IFDISABLED,AUTO_LINKLOCAL>
media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
status: active
```

Ersetzen Sie *bge0* durch den Namen der Ethernet-Schnittstelle des Systems. Die *ether*-Zeile wird die MAC-Adresse der angegebenen Schnittstelle enthalten. Ändern Sie nun die MAC-Adresse der zugrunde liegenden drahtlosen Schnittstelle:

```
# ifconfig iwn0 ether 00:21:70:da:ae:37
```

Starten Sie die drahtlose Schnittstelle, aber ohne eine IP-Adresse zu setzen:

```
# ifconfig wlan0 create wlandev iwn0 ssid my_router up
```

Stellen Sie sicher, dass die *bge0*-Schnittstelle aktiv ist. Erstellen Sie die *lagg(4)*-Schnittstelle mit *bge0* als Master und *wlan0* als Failover:

```
# ifconfig bge0 up
# ifconfig lagg0 create
# ifconfig lagg0 up laggproto failover laggport bge0 laggport wlan0
```

Die virtuelle Schnittstelle sollte in etwa so aussehen:

```
# ifconfig lagg0
lagg0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
options=8<VLAN_MTU>
ether 00:21:70:da:ae:37
media: Ethernet autoselect
status: active
laggproto failover
laggport: wlan0 flags=0<>
laggport: bge0 flags=5<MASTER,ACTIVE>
```

Starten Sie dann den DHCP-Client, um eine IP-Adresse zu erhalten:

```
# dhclient lagg0
```

Damit diese Konfiguration auch nach einem Neustart erhalten bleibt, fügen Sie folgende Einträge in */etc/rc.conf* hinzu:

```
ifconfig_bge0="up"
ifconfig_iwn0="ether 00:21:70:da:ae:37 "
wlans_iwn0="wlan0"
ifconfig_wlan0="WPA"
cloned_interfaces="lagg0"
ifconfig_lagg0="laggproto failover laggport
bge0 laggport wlan0
DHCP"
```

31.8. Plattenloser Betrieb mit PXE

Aktualisiert von Jean-François Dockès.

Reorganisiert und erweitert von Alex Dupre.

Das Intel® Preboot eXecution Environment (PXE) erlaubt es dem Betriebssystem über das Netzwerk zu starten. Zum Beispiel kann ein FreeBSD-System, ohne lokale Festplatte, über das Netzwerk gestartet und betrieben werden. Die Dateisysteme werden dabei über einen NFS-Server eingehangen. PXE-Unterstützung steht in der Regel im BIOS zur Verfügung. Um PXE beim Systemstart zu verwenden, müssen Sie im BIOS des Rechners die Option **Über das Netzwerk starten** aktivieren. Alternativ können Sie während der PC-Initialisierung auch eine Funktionstaste drücken.

Um die notwendigen Dateien für ein Betriebssystem für den Start über das Netzwerk bereitzustellen, benötigt ein PXE-Setup einen richtig konfigurierten DHCP-, TFTP- und NFS-Server, wobei:

- Die initialen Parameter, wie IP-Adresse, Dateiname und Speicherort der ausführbaren Bootdateien, Servername sowie Root-Pfad vom DHCP-Server bezogen werden.
- Der Loader für das Betriebssystem über TFTP gestartet wird.
- Die Dateisysteme über NFS geladen werden.

Sobald das Gastsystem über PXE startet, erhält es vom DHCP-Server Informationen, wo der initiale Bootloader per TFTP zu bekommen ist. Nachdem das Gastsystem diese Informationen erhalten hat, lädt es den Bootloader über TFTP herunter und führt diesen anschließend aus. In FreeBSD ist `/boot/pxeboot` der Bootloader. Nachdem `/boot/pxeboot` ausgeführt und der FreeBSD-Kernel geladen wurde, wird mit dem Rest der FreeBSD-Bootsequenz, wie in [Kapitel 13, FreeBSDs Bootvorgang](#) beschrieben, fortgefahren.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie diese Dienste auf einem FreeBSD-System so konfigurieren, sodass andere Systeme FreeBSD über PXE starten können. Weitere Informationen finden Sie in [diskless\(8\)](#).



Achtung

Wie beschrieben, ist das System, welches diese Dienste bereitstellt, unsicher. Daher sollte es in einem geschützten Bereich des Netzwerks aufgestellt und von anderen Hosts als nicht vertrauenswürdig eingestuft werden.

31.8.1. Konfiguration der PXE-Umgebung

Beigetragen von Craig Rodrigues.

Die in diesem Abschnitt dargestellten Schritte konfigurieren die in FreeBSD enthaltenen NFS- und TFTP-Server. Der folgende Abschnitt beschreibt die Installation und Konfiguration des DHCP-Servers. In diesem Beispiel verwenden wir `/b/tftpboot/FreeBSD/install`, welches die Dateien für PXE-Benutzer enthält. Es ist wichtig, dass dieses Verzeichnis existiert und das der gleiche Verzeichnisname ebenfalls in `/etc/inetd.conf` und `/usr/local/etc/dhcpd.conf` gesetzt wird.

1. Erstellen Sie das Root-Verzeichnis, welches eine FreeBSD-Installation enthält und über NFS eingehangen werden kann:

```
# export NFSROOTDIR=/b/tftpboot/FreeBSD/install
# mkdir -p ${NFSROOTDIR}
```

2. Aktivieren Sie den NFS-Server, indem Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzufügen:

```
nfs_server_enable="YES"
```

Exportieren Sie das Root-Verzeichnis über NFS, indem Sie folgende Zeile in `/etc/exports` hinzufügen:

```
/b -ro -alldirs
```

3. Starten Sie den NFS-Server:

```
# service nfsd start
```

4. Aktivieren Sie [inetd\(8\)](#), indem Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzufügen:

```
inetd_enable="YES"
```

5. Kommentieren Sie die folgende Zeile in `/etc/inetd.conf` aus, indem Sie sicherstellen, dass die Zeile nicht mit einem `#`-Zeichen beginnt:

```
tftp dgram udp wait root /usr/libexec/tftp tftp -l -s /b/tftpboot
```



Anmerkung

Einige PXE-Versionen benötigen die TCP-Version von TFTP. In diesem Fall können Sie die zweite `tftp`-Zeile, welche `stream tcp` enthält, auskommentieren.

6. Starten Sie [inetd\(8\)](#):

```
# service inetd start
```

7. Erstellen Sie ein neues Basissystem und einen FreeBSD-Kernel. Detaillierte Anweisungen hierzu finden Sie im [Abschnitt 24.7, „Das komplette Basissystem neu bauen“](#):

```
# cd /usr/src
# make buildworld
# make buildkernel
```

8. Installieren Sie FreeBSD in das Verzeichnis, welches über NFS eingehangen ist:

```
# make installworld DESTDIR=${NFSROOTDIR}
# make installkernel DESTDIR=${NFSROOTDIR}
# make distribution DESTDIR=${NFSROOTDIR}
```

9. Testen Sie den TFTP-Server und vergewissern Sie sich, dass Sie den Bootloader herunterladen können, der über PXE bereitgestellt wird:

```
# tftp localhost
tftp> get FreeBSD/install/boot/pxeboot
Received 264951 bytes in 0.1 seconds
```

10. Bearbeiten Sie `${NFSROOTDIR}/etc/fstab` und erstellen Sie einen Eintrag, um das Root-Dateisystem über NFS einzuhängen:

#	Device	Mountpoint	FSType	Options	↻
Dump	Pass\$				
	<i>myhost.example.com</i> :/b/tftpboot/FreeBSD/install	/	nfs	ro	
0	0				

Ersetzen Sie *myhost.example.com* durch den Hostnamen oder die IP-Adresse des NFS-Servers. In diesem Beispiel wird das Root-Dateisystem schreibgeschützt eingehangen, um ein potenzielles Löschen des Inhalts durch die NFS-Clients zu verhindern.

11. Setzen Sie das root-Passwort in der PXE-Umgebung für Client-Maschinen, die über PXE starten:

```
# chroot ${NFSROOTDIR}
# passwd
```


12. Falls erforderlich, aktivieren Sie [ssh\(1\)](#) root-Logins für Client-Maschinen, die über PXE starten, indem Sie die Option `PermitRootLogin` in `${NFSROOTDIR}/etc/ssh/sshd_config` aktivieren. Dies ist in [sshd_config\(5\)](#) dokumentiert.
13. Führen Sie alle weiteren Anpassungen der PXE-Umgebung in `${NFSROOTDIR}` durch, wie zum Beispiel die Installation weiterer Pakete, oder dass Bearbeiten der Passwortdatei mit [vipw\(8\)](#).

Booten Sie von einem NFS-Root-Volume, so erkennt `/etc/rc` dies und startet daraufhin das `/etc/rc.initdiskless` Skript. Lesen Sie die Kommentare in diesem Skript um zu verstehen, was dort vor sich geht. Weil das NFS-Root-Verzeichnis schreibgeschützt ist, wir aber Schreibzugriff für `/etc` und `/var` benötigen, müssen wir diese Verzeichnisse über Speicher-Dateisysteme (memory backed file system) einbinden.

```
# chroot ${NFSROOTDIR}
# mkdir -p conf/base
# tar -c -v -f conf/base/etc.cpio.gz --format cpio --gzip etc
# tar -c -v -f conf/base/var.cpio.gz --format cpio --gzip var
```

31.8.2. Konfiguration des DHCP-Servers

Der DHCP-Server muss nicht auf der selben Maschine laufen wie der TFTP- und NFS-Server, aber er muss über das Netzwerk erreichbar sein.

DHCP ist nicht Bestandteil des FreeBSD Basissystems, kann jedoch über den Port [net/isc-dhcp42-server](#) oder als Paket nachinstalliert werden.

Einmal installiert, bearbeiten Sie die Konfigurationsdatei `/usr/local/etc/dhcpd.conf`. Konfigurieren Sie die `next-server`, `filename` und `root-path` Einstellungen, wie in diesem Beispiel zu sehen ist:

```
subnet 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0 {
    range 192.168.0.2 192.168.0.3;
    option subnet-mask 255.255.255.0;
    option routers 192.168.0.1;
    option broadcast-address 192.168.0.255;
    option domain-name-servers 192.168.35.35, 192.168.35.36;
    option domain-name "example.com";

    # IP address of TFTP server
    next-server 192.168.0.1 ;

    # path of boot loader obtained via tftp
    filename "FreeBSD/install/boot/pxeboot ";

    # pxeboot boot loader will try to NFS mount this directory for root FS
    option root-path "192.168.0.1:/b/tftpboot/FreeBSD/install/ ";
}
```

Die Anweisung `next-server` wird benutzt, um die IP-Adresse des TFTP-Servers anzugeben.

Die Anweisung `filename` definiert den Pfad zu `/boot/pxeboot`. Da hier der relative Dateiname verwendet wird, bedeutet das, dass `/b/tftpboot` nicht im Pfad enthalten ist.

Die Option `root-path` bestimmt den Pfad zum NFS root-Dateisystem.

Sobald die Änderungen gespeichert werden, aktivieren Sie DHCP beim Systemstart, indem Sie die folgende Zeile in `/etc/rc.conf` hinzufügen:

```
dhcpd_enable="YES"
```

Starten Sie anschließend den DHCP-Dienst:

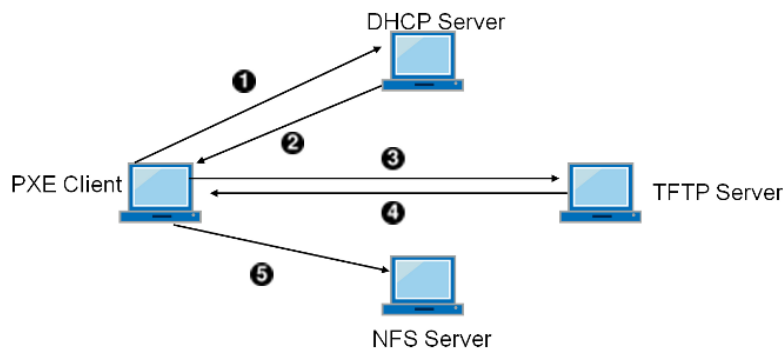
```
# service isc-dhcpd start
```

31.8.3. Fehlersuche bei PXE Problemen

Sobald alle Dienste konfiguriert und gestartet wurden, sollten PXE-Clients in der Lage sein, FreeBSD automatisch über das Netzwerk zu starten. Wenn ein bestimmter Client beim hochfahren keine Verbindung herstellen kann, sehen Sie im BIOS nach, ob die Option für den Start über das Netzwerk konfiguriert ist.

Dieser Abschnitt gibt einige Tipps zu Fehlerbehebung und zeigt, wie Sie Konfigurationsprobleme eingrenzen können für den Fall, dass PXE-Clients nicht in der Lage sind über das Netzwerk zu starten.

1. Benutzen Sie den [net/wireshark](#) Port um Fehler im Netzwerkverkehr während des Bootvorgangs von PXE zu finden. Der Bootvorgang wird im folgenden Diagramm schematisch dargestellt.



- ❶ Client sendet eine DHCPDISCOVER Nachricht.
- ❷ Der DHCP-Server antwortet mit einer IP-Adresse, sowie den Werten für next-server, filename und root-path.
- ❸ Der Client sendet eine TFTP-Anfrage an next-server, mit der Bitte filename zu empfangen.
- ❹ Der TFTP-Server antwortet und sendet filename zum Client.
- ❺ Der Client führt filename, sprich [pxeboot\(8\)](#) aus, was wiederum den Kernel lädt. Wenn der Kernel ausgeführt wird, wird das Root-Dateisystem, welches in root-path spezifiziert ist, über NFS eingebunden.

Abbildung 31.1. PXE-Bootvorgang mit NFS Root Mount

2. Schauen Sie in `/var/log/xferlog` auf dem TFTP-Server und vergewissern Sie sich, dass die pxeboot-Datei von der richtigen Adresse heruntergeladen wurde. Um die obige Konfiguration von `/usr/local/etc/dhcpd.conf` zu testen, geben Sie folgendes ein:

```
# tftp 192.168.0.1
tftp> get FreeBSD/install/boot/pxeboot
Received 264951 bytes in 0.1 seconds
```

Weitere Informationen finden Sie in [tftpd\(8\)](#) und [tftp\(1\)](#). Die BUGS-Sektionen dieser Seiten dokumentieren einige Einschränkungen von TFTP.

3. Achten Sie darauf, dass Sie das Root-Dateisystem über NFS einhängen können. Auch hier können Sie Ihre Einstellungen aus `/usr/local/etc/dhcpd.conf` wie folgt testen:

```
# mount -t nfs 192.168.0.1:/b/tftpboot/FreeBSD/install /mnt
```

31.9. IPv6

Beigetragen von Aaron Kaplan.

Überarbeitet und erweitert von Tom Rhodes.

Erweitert von Brad Davis.

IPv6 ist die neueste Version des bekannten IP-Protokolls, das auch als IPv4 bezeichnet wird. IPv6 bietet gegenüber IPv4 mehrere Vorteile sowie viele neue Funktionen:

- IPv6 hat einen 128 Bit großen Adressraum, der 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 Adressen erlaubt. Dies behebt das Problem der immer knapper werdenden IPv4-Adressen und einer eventuellen Erschöpfung des IPv4-Adressraums.
- Router speichern nur noch Netzwerk-Aggregationsadressen in ihren Routingtabellen. Dadurch reduziert sich die durchschnittliche Größe einer Routingtabelle auf 8192 Einträge. Dies ist mit den Problemen bei der Skalierbarkeit von IPv4 verbunden, da jeder zugeordnete Block von IPv4-Adressen erfordert, dass Routing-Informationen zwischen vielen Routern im Internet ausgetauscht werden müssen. Die Routing-Tabellen wurden mit der Zeit so groß, dass ein effizientes Routing jetzt kaum noch möglich ist.
- Die automatische Konfiguration von Adressen, die im [RFC2462](#) beschrieben wird.
- Verpflichtende Multicast-Adressen.
- Integriertes IPsec (IP-Security).
- Eine vereinfachte Headerstruktur.
- Unterstützung für mobile IP-Adressen.
- Die Umwandlung von IPv4- in IPv6-Adressen.

FreeBSD enthält die IPv6-Referenzimplementation von [KAME](#) und erfüllt damit bereits alle für die Nutzung von IPv6 nötigen Voraussetzungen. Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Konfiguration und den Betrieb von IPv6.

31.9.1. Hintergrundinformationen zu IPv6-Adressen

Es gibt verschiedene Arten von IPv6-Adressen:

Unicast

Ein Paket, das an eine Unicast-Adresse gesendet wird, kommt nur an der Schnittstelle an, die dieser Adresse zugeordnet ist.

Anycast

Anycast-Adressen unterscheiden sich in ihrer Syntax nicht von Unicast-Adressen, sie wählen allerdings aus mehreren Schnittstellen eine Schnittstelle aus. Ein für eine Anycast-Adresse bestimmtes Paket kommt an der nächstgelegenen (entsprechend der Router-Metrik) Schnittstelle an. Anycast-Adressen werden nur von Routern verwendet.

Multicast

Multicast-Adressen bestimmen Gruppen, denen mehrere Schnittstellen angehören. Ein Paket, das an eine Multicast-Adresse geschickt wird, kommt an allen Schnittstellen an, die zur Multicast-Gruppe gehören. Die von IPv4 bekannte Broadcast-Adresse (normalerweise xxx.xxx.xxx.255) wird bei IPv6 durch Multicast-Adressen verwirklicht.

Die kanonische Form einer IPv6-Adresse lautet x:x:x:x:x:x:x , wobei jedes „x“ für einen 16-Bit-Hexadezimalwert steht. Ein Beispiel für eine IPv6-Adresse wäre etwa FEBC:A574:382B:23C1:AA49:4592:4EFE:9982.

Eine IPv6-Adresse enthält oft Teilzeichenfolgen aus lauter Nullen. Eine solche Zeichenfolge kann zu „:“ verkürzt werden. Bis zu drei führende Nullen eines Hexquads können ebenfalls weggelassen werden. fe80::1 entspricht also der Adresse fe80:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001 .

Eine weitere Möglichkeit ist die Darstellung der letzten 32 Bit in der bekannten IPv4-Notation. 2002::10.0.0.1 ist also eine andere Schreibweise für die (hexadezimale) kanonische Form 2002:0000:0000:0000:0000:0000:0a00:0001 , die wiederum der Adresse 2002::a00:1 entspricht.

Benutzen Sie [ifconfig\(8\)](#), um die IPv6-Adresse eines FreeBSD-Systems anzuzeigen:

```
# ifconfig
rl0: flags=8943<UP,BROADCAST,RUNNING,PROMISC,SIMPLEX,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.0.10 netmask 0xfffff00 broadcast 10.0.0.255
```

```
inet6 fe80::200:21ff:fe03:8e1%r10 prefixlen 64 scopeid 0x1
ether 00:00:21:03:08:e1
media: Ethernet autoselect (100baseTX )
status: active
```

Bei `fe80::200:21ff:fe03:8e1%r10` handelt es sich um eine automatisch konfigurierte *link-local*-Adresse. Sie wird im Rahmen der automatischen Konfiguration aus der MAC-Adresse erzeugt.

Einige IPv6-Adressen sind reserviert. Eine Zusammenfassung dieser Adressen finden Sie in [Tabelle 31.3, „Reservierte IPv6-Adressen“](#):

Tabelle 31.3. Reservierte IPv6-Adressen

IPv6-Adresse	Präfixlänge	Beschreibung	Anmerkungen
::	128 Bit	nicht festgelegt	entspricht 0.0.0.0 bei IPv4.
::1	128 Bit	Loopback-Adresse	entspricht 127.0.0.1 bei IPv4.
::00:xx:xx:xx:xx	96 Bit	Eingebettete IPv4-Adresse	Die niedrigen 32 Bit sind die kompatiblen IPv4-Adressen.
::ff:xx:xx:xx:xx	96 Bit	Eine auf IPv6 abgebildete IPv4-Adresse.	Die niedrigen 32 Bit sind IPv4-Adressen für Hosts, die kein IPv6 unterstützen.
fe80::/10	10 Bit	link-local	Entspricht 196.254.0.0/16 bei IPv4.
fc00::/7	7 Bit	unique-local	Diese einzigartigen Adressen sind für die lokale Kommunikation bestimmt und werden nur innerhalb von abgegrenzten Standorten (<i>Sites</i>) weitergeleitet.
ff00::	8 Bit	Multicast	
2000::-3fff::	3 Bit	Globaler Unicast	Alle globalen Unicast-Adressen stammen aus diesem Pool. Die ersten 3 Bit lauten 001.

Weitere Informationen zum Aufbau von IPv6-Adressen finden Sie im [RFC3513](#).

31.9.2. IPv6 konfigurieren

Um ein FreeBSD-System als IPv6-Client zu konfigurieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
ifconfig_r10_ipv6="inet6 accept_rtadv"
rtsold_enable="YES"
```

Die erste Zeile ermöglicht der angegebenen Schnittstelle, Router-Solicitation-Nachrichten zu empfangen. Die zweite Zeile aktiviert den Router-Solicitation-Daemon [rtsold\(8\)](#).

Falls die Schnittstelle eine statisch zugewiesene IPv6-Adresse benötigt, fügen Sie einen Eintrag mit der statischen Adresse und dem zugehörigen Präfix für das Subnetz hinzu:

```
ifconfig_r10_ipv6="inet6 2001:db8:4672:6565:2026:5043:2d42:5344 prefixlen 64"
```

Um einen Standardrouter festzulegen, fügen Sie die Adresse hinzu:

```
ipv6_defaultrouter="2001:db8:4672:6565::1 "
```

31.9.3. Verbindung zu einem Provider aufbauen

Um sich mit anderen IPv6-Netzwerken zu verbinden, benötigen Sie einen Provider oder einen Tunnel, der IPv6 unterstützt:

- Fragen Sie einen Internetprovider, ob er IPv6 anbietet.
- [SixXS](#) bietet weltweit IPv6-Tunnelverbindungen an.
- [Hurricane Electric](#) bietet weltweit IPv6-Tunnelverbindungen an.



Anmerkung

Die Verwendung des Ports `/usr/ports/net/freenet6` für Einwahlverbindungen.

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Sie die Anweisungen eines Tunnel-Providers dauerhaft in `/etc/rc.conf` einrichten.

Der erste Eintrag in `/etc/rc.conf` erzeugt die generische Tunnelschnittstelle `gif0`:

```
gif_interfaces="gif0"
```

Als nächstes konfigurieren Sie die IPv4-Adressen der lokalen und entfernten Endpunkte. Ersetzen Sie `MY_IPv4_ADDR` und `REMOTE_IPv4_ADDR` durch die tatsächlichen IPv4-Adressen:

```
gifconfig_gif0="MY_IPv4_ADDR REMOTE_IPv4_ADDR "
```

Um die zugewiesene IPv6-Adresse als Endpunkt für den IPv6-Tunnel zu verwenden, fügen Sie folgende Zeile für FreeBSD 9.x (und neuer) ein:

```
ifconfig_gif0_ipv6="inet6 MY_ASSIGNED_IPv6_TUNNEL_ENDPOINT_ADDR "
```

Legen Sie dann die Standardroute für das andere Ende des IPv6-Tunnels fest. Ersetzen Sie `MY_IPv6_REMOTE_TUNNEL_ENDPOINT_ADDR` mit der Adresse des Standard-Gateways des Providers:

```
ipv6_defaultrouter="MY_IPv6_REMOTE_TUNNEL_ENDPOINT_ADDR "
```

Wenn das FreeBSD-System IPv6-Verkehr zwischen dem Netzwerk und der Außenwelt routen muss, aktivieren Sie das Gateway mit dieser Zeile:

```
ipv6_gateway_enable="YES"
```

31.9.4. Bekanntmachung von Routen und automatische Rechnerkonfiguration

Dieser Abschnitt beschreibt die Einrichtung von [rtadvd\(8\)](#), das Sie bei der Bekanntmachung der IPv6-Standardroute unterstützt.

Um [rtadvd\(8\)](#) zu aktivieren, fügen Sie folgende Zeile in `/etc/rc.conf` ein:

```
rtadvd_enable="YES"
```

Es ist wichtig, die Schnittstelle anzugeben, über die IPv6-Routen bekanntgemacht werden sollen. Soll [rtadvd\(8\)](#) `r10` verwenden, ist folgender Eintrag nötig:

```
rtadvd_interfaces="r10"
```

Danach erzeugen Sie die Konfigurationsdatei `/etc/rtadvd.conf`. Dazu ein Beispiel:

```
rl0:\
:addr#1:addr="2001:471:1f11:246::":prefixlen#64:tc=ether:
```

Ersetzen Sie dabei `fxp0` durch die zu verwendende Schnittstelle, und `2001:471:1f11:246::` durch das entsprechend zugewiesene Präfix.

Bei einem /64-Subnetz müssen keine weiteren Anpassungen vorgenommen werden. Anderenfalls muss `prefixlen#` auf den korrekten Wert gesetzt werden.

31.9.5. IPv6 und Abbildung von IPv6-Adressen

Wenn IPv6 auf einem Server aktiviert ist, kann es für die Kommunikation erforderlich sein, IPv4-Adressen auf IPv6-Adressen abzubilden. Diese Kompatibilität erlaubt es, das IPv4-Adressen als IPv6-Adressen dargestellt werden. Die Kommunikation von IPv6-Anwendungen mit IPv4 und umgekehrt kann jedoch ein Sicherheitsrisiko darstellen.

Diese Option dient nur der Kompatibilität und wird in den meisten Fällen nicht erforderlich sein. Die Option ermöglicht es IPv6-Anwendungen zusammen mit IPv4 in einer Dual-Stack-Umgebung zu funktionieren. Dies ist besonders nützlich für Anwendungen von Drittanbietern, die evtl. keine IPv6-Umgebungen unterstützen. Um diese Funktion zu aktivieren, fügen Sie folgendes in `/etc/rc.conf` hinzu:

```
ipv6_ip4mapping="YES"
```

Für einige Administratoren können die Informationen im RFC 3493 (Sektion 3.6 und 3.7) und RFC 4038 (Sektion 4.2) hilfreich sein.

31.10. Common Address Redundancy Protocol (CARP)

Beigetragen von Tom Rhodes.

Aktualisiert von Allan Jude.

Das *Common Address Redundancy Protocol* (CARP) erlaubt es, mehreren Rechnern die gleiche IP-Adresse und *Virtual Host ID* (VHID) zuzuweisen und *Hochverfügbarkeit* bereitzustellen. Das bedeutet, dass ein oder mehrere Rechner ausfallen können und die anderen Rechner transparent einspringen, ohne dass die Benutzer etwas von einem Ausfall mitbekommen.

Neben der gemeinsamen IP-Adresse, haben die jeweiligen Rechner auch eine eindeutige IP-Adresse zur Verwaltung und Konfiguration. Alle Maschinen, die sich eine IP-Adresse teilen, verwenden die gleiche VHID. Die VHID für jede einzelne IP-Adresse muss, entsprechend der Broadcast-Domäne der Netzwerkschnittstelle, eindeutig sein.

Hochverfügbarkeit mit CARP ist in FreeBSD enthalten, jedoch unterscheidet sich die Konfiguration von der eingesetzten FreeBSD-Version. Dieser Abschnitt enthält die gleichen Konfigurationsdateien für verschiedene Versionen von FreeBSD.

Dieses Beispiel konfiguriert eine Failover-Unterstützung mit drei Servern (mit jeweils eigener, eindeutiger IP-Adresse), die alle den gleichen Web-Inhalt anbieten. Es werden zwei verschiedene Master namens `hosta.example.org` und `hostb.example.org` benutzt, mit einem gemeinsamen Backup namens `hostc.example.org`.

Die Lastverteilung dieser Maschinen wird dabei über *Round Robin* DNS konfiguriert. Mit Ausnahme des Hostnamens und der IP-Management-Adresse sind Master- und Backup-Maschinen identisch konfiguriert. Die Server müssen die gleiche Konfiguration und die gleichen Dienste aktiviert haben. Tritt ein Failover auf, können Anfragen an den Dienst mit der gemeinsam genutzten IP-Adresse nur dann richtig beantwortet werden, wenn der Backup-Server Zugriff auf denselben Inhalt hat. Die Backup-Maschine verfügt über zwei zusätzliche CARP-Schnittstellen, eine für jede IP-Adresse des Master-Content-Servers. Sobald ein Fehler auftritt, übernimmt der Backup-Server die IP-Adresse des ausgefallenen Master-Servers.

31.10.1. CARP mit FreeBSD 10 (und neuer) benutzen

Unterstützung für CARP erhalten Sie durch das Laden des Kernelmoduls `carp.ko` in `/boot/loader.conf`:

```
carp_load="YES"
```

So laden Sie das Modul ohne Neustart:

```
# kldload carp
```

Benutzer, die einen angepassten Kernel verwenden möchten, müssen die folgende Zeile in die Konfigurationsdatei aufnehmen. Anschließend muss der Kernel, wie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben, neu gebaut werden:

```
device carp
```

Hostname, IP-Management-Adresse, Subnetzmaske, gemeinsame IP-Adresse und VHID werden durch Einträge in `/etc/rc.conf` gesetzt. Dieses Beispiel ist für `hosta.example.org`:

```
hostname="hosta.example.org "
ifconfig_em0="inet 192.168.1.3 netmask 255.255.255.0 "
ifconfig_em0_alias0="inet vhid 1 pass testpass alias 192.168.1.50 /32"
```

Die nächsten Einträge sind für `hostb.example.org`. Da der Rechner einen zweiten Master darstellt, verwendet er eine andere gemeinsame IP-Adresse und VHID. Die mittels `pass` angegebenen Passwörter müssen jedoch identisch sein, da CARP nur mit Systemen kommuniziert, die über das richtige Passwort verfügen.

```
hostname="hostb.example.org "
ifconfig_em0="inet 192.168.1.4 netmask 255.255.255.0 "
ifconfig_em0_alias0="inet vhid 2 pass testpass alias 192.168.1.51 /32"
```

Die dritte Maschine, `hostc.example.org` ist so konfiguriert, dass sie aktiviert wird, wenn einer der beiden Master-Server ausfällt. Diese Maschine ist mit zwei CARP VHIDs konfiguriert, eine für jede virtuelle IP-Adresse der beiden Master-Server. Die CARP `advertising skew`, `advskew` wird gesetzt, um sicherzustellen, dass sich der Backup-Server später ankündigt wie der Master-Server, da `advskew` die Rangfolge steuert für den Fall, dass mehrere Backup-Server zur Verfügung stehen.

```
hostname="hostc.example.org"
ifconfig_em0="inet 192.168.1.5 netmask 255.255.255.0 "
ifconfig_em0_alias0="inet vhid 1 advskew 100 pass testpass alias 192.168.1.50 /32"
ifconfig_em0_alias1="inet vhid 2 advskew 100 pass testpass alias 192.168.1.51 /32"
```

Durch die beiden konfigurierten CARP VHIDs ist `hostc.example.org` in der Lage festzustellen, wenn einer der Master-Server nicht mehr reagiert. Wenn der Master-Server sich später ankündigt als der Backup-Server, übernimmt der Backup-Server die gemeinsame IP-Adresse, bis der Master-Server erneut verfügbar ist.

Preemption ist standardmäßig deaktiviert. Wird *Preemption* aktiviert, kann es vorkommen, dass `hostc.example.org` die virtuelle IP-Adresse nicht wieder an den Master-Server zurückgibt. Der Administrator kann jedoch den Backup-Server dazu zwingen, die übernommene IP-Adresse wieder an den Master-Server zurückzugeben:

```
# ifconfig em0 vhid 1 state backup
```

Sobald die Konfiguration abgeschlossen ist, muss das Netzwerk oder die Maschine neu gestartet werden. Hochverfügbarkeit ist nun aktiviert.

Die Funktionalität von CARP kann, wie in der Manualpage [carp\(4\)](#) beschrieben, über verschiedene [sysctl\(8\)](#) Parameter kontrolliert werden. Mit dem Einsatz von [devd\(8\)](#) können weitere Aktionen zu CARP-Ereignissen ausgelöst werden.

31.10.2. CARP mit FreeBSD 9 (und älter) benutzen

Die Konfiguration für diese Versionen von FreeBSD ist ähnlich wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, mit der Ausnahme, dass zuerst ein CARP-Gerät in der Konfiguration erstellt und bezeichnet werden muss.

Unterstützung für CARP erhalten Sie durch das Laden des Kernelmoduls `carp.ko` in `/boot/loader.conf`:

```
if_carp_load="YES"
```

So laden Sie das Modul ohne Neustart:

```
# kldload carp
```

Benutzer, die einen angepassten Kernel verwenden möchten, müssen die folgende Zeile in die Konfigurationsdatei aufnehmen. Anschließend muss der Kernel, wie in [Kapitel 9, Konfiguration des FreeBSD-Kernels](#) beschrieben, neu gebaut werden:

```
device      carp
```

Als nächstes erstellen Sie auf jedem Rechner eine CARP-Schnittstelle:

```
# ifconfig carp0 create
```

Konfigurieren Sie Hostnamen, IP-Management-Adresse, die gemeinsam genutzte IP-Adresse und die VHID, indem Sie die erforderlichen Zeilen in `/etc/rc.conf` hinzufügen. Da anstelle eines Alias eine virtuelles CARP-Gerät verwendet wird, wird die tatsächliche Subnetzmaske `/24` anstatt `/32` benutzt. Hier sind die Einträge für `hosta.example.org`:

```
hostname="hosta.example.org "
ifconfig_fxp0="inet 192.168.1.3 netmask 255.255.255.0 "
cloned_interfaces="carp0"
ifconfig_carp0="vhid 1 pass testpass 192.168.1.50/24 "
```

Beispiel für `hostb.example.org`:

```
hostname="hostb.example.org "
ifconfig_fxp0="inet 192.168.1.4 netmask 255.255.255.0 "
cloned_interfaces="carp0"
ifconfig_carp0="vhid 2 pass testpass 192.168.1.51/24 "
```

Die dritte Maschine, `hostc.example.org` ist so konfiguriert, dass sie aktiviert wird, wenn einer der beiden Masterserver ausfällt:

```
hostname="hostc.example.org "
ifconfig_fxp0="inet 192.168.1.5 netmask 255.255.255.0 "
cloned_interfaces="carp0 carp1"
ifconfig_carp0="vhid 1 advskew 100 pass testpass 192.168.1.50/24 "
ifconfig_carp1="vhid 2 advskew 100 pass testpass 192.168.1.51/24 "
```



Anmerkung

Preemption ist im `GENERIC`-Kernel deaktiviert. Haben Sie jedoch *Preemption* in einem angepassten Kernel aktiviert, dass `hostc.example.org` die virtuelle IP-Adresse nicht wieder an den Master-Server zurückgibt. Der Administrator kann jedoch den Backup-Server dazu zwingen, die übernommene IP-Adresse wieder an den Master-Server zurückzugeben:

```
# ifconfig carp0 down && ifconfig carp0 up
```

Dieser Befehl muss auf dem `carp`-Gerät ausgeführt werden, dass dem betroffenen System zugeordnet ist.

Sobald die Konfiguration abgeschlossen ist, muss das Netzwerk oder die Maschine neu gestartet werden. Hochverfügbarkeit ist nun aktiviert.

Teil V. Anhang

Inhaltsverzeichnis

A. Bezugsquellen für FreeBSD	803
A.1. CD und DVD Sets	803
A.2. FTP-Server	803
A.3. CTM	809
A.4. Benutzen von Subversion	812
A.5. Subversion Mirror Sites	814
A.6. Benutzen von rsync	815
B. Bibliografie	817
B.1. Bücher speziell für FreeBSD	817
B.2. Handbücher	818
B.3. Administrations-Anleitungen	818
B.4. Programmierhandbücher	818
B.5. Betriebssystem-Internia	819
B.6. Sicherheits-Anleitung	819
B.7. Hardware-Anleitung	819
B.8. UNIX® Geschichte	820
B.9. Zeitschriften, Magazine und Journale	820
C. Ressourcen im Internet	821
C.1. Mailinglisten	821
C.2. Usenet-News	835
C.3. World Wide Web Server	836
C.4. E-Mail Adressen	839
D. OpenPGP-Schlüssel	841
D.1. Ansprechpartner	841

Anhang A. Bezugsquellen für FreeBSD

A.1. CD und DVD Sets

Die FreeBSD-CDs und -DVDs werden von verschiedenen Online-Händlern angeboten:

- FreeBSD Mall, Inc.
2420 Sand Creek Rd C-1 #347
Brentwood,
CA
94513
USA
Telefon: +1 925 240-6652
Fax: +1 925 674-0821
E-Mail: <info@freebsdmall.com>
WWW: <http://www.freebsdmall.com/>
- Getlinux
78 Rue de la Croix Rochopt
Épinay-sous-Sénart
91860
France
E-Mail: <contact@getlinux.fr>
WWW: <http://www.getlinux.fr/>
- Dr. Hinner EDV
Kochelseestr. 11
D-81371 München
Germany
Telefon: (0177) 428 419 0
E-Mail: <infow@hinner.de>
WWW: <http://www.hinner.de/linux/freebsd.html>
- Linux Center
Galernaya Street, 55
Saint-Petersburg
190000
Russia
Telefon: +7-812-309-06-86
E-Mail: <info@linuxcenter.ru>
WWW: <http://linuxcenter.ru/shop/freebsd>

A.2. FTP-Server

Die offiziellen Quellen von FreeBSD sind mit anonymous FTP über ein weltweites Netz von Spiegeln erhältlich. Die Seite <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> ist über HTTP und FTP erreichbar. Sie besteht aus mehreren

Servern, die von den Cluster-Administratoren des Projekts über GeoDNS betrieben wird, um Benutzer auf den nächsten verfügbaren Spiegel umzuleiten.

Sie können FreeBSD auch über anonymous FTP von den folgenden Spiegeln beziehen. Wenn Sie FreeBSD über anonymous FTP beziehen wollen, wählen Sie bitte einen Spiegel in Ihrer Nähe. Die unter „Haupt-Spiegel“ aufgeführten Spiegel stellen normalerweise das komplette FreeBSD-Archiv (alle momentan erhältlichen Versionen für jede unterstützte Architektur) zur Verfügung. Wahrscheinlich geht es aber schneller, wenn Sie einen Spiegel in Ihrer Nähe benutzen. Die Länder-Spiegel stellen die neusten Versionen für die beliebtesten Architekturen bereit, sie stellen aber unter Umständen nicht das komplette FreeBSD-Archiv bereit. Auf alle Server kann mit anonymous FTP zugegriffen werden, einige Server bieten auch andere Zugriffsmethoden an. Die zur Verfügung stehenden Zugriffsmethoden sind bei jedem Server in Klammern angegeben.

[Hauptserver](#), [Hauptspiegel](#), [Armenien](#), [Australien](#), [Brasilien](#), [China](#), [Dänemark](#), [Deutschland](#), [Estland](#), [Finnland](#), [Frankreich](#), [Griechenland](#), [Großbritannien](#), [Hong Kong](#), [Irland](#), [Japan](#), [Kanada](#), [Korea](#), [Lettland](#), [Litauen](#), [Neuseeland](#), [Niederlande](#), [Norwegen](#), [Österreich](#), [Polen](#), [Russland](#), [Saudi Arabien](#), [Schweden](#), [Schweiz](#), [Slowenien](#), [Spanien](#), [Südafrika](#), [Taiwan](#), [Tschechische Republik](#), [Ukraine](#), [USA](#).

(aktualisiert am: UTC)

Hauptserver

- <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Hauptspiegel

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <mirror-admin@FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp1.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp3.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp4.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp4.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp5.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp6.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp7.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp10.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp10.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp10.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp11.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp13.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp14.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp14.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Armenien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@am.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp1.am.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp1.am.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)

Australien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@au.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.au.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

- <ftp://ftp2.au.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp3.au.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Brasilien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@br.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp2.br.FreeBSD.org/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp2.br.FreeBSD.org/>)
- <ftp://ftp3.br.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync)
- <ftp://ftp4.br.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

China

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@cn.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.cn.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Dänemark

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@dk.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.dk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp.dk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp.dk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Deutschland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <de-bsd-hubs@de.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp1.de.FreeBSD.org/freebsd/> (ftp / <http://www1.de.FreeBSD.org/freebsd/> / <rsync://rsync3.de.FreeBSD.org/freebsd/>)
- <ftp://ftp2.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp2.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp4.de.FreeBSD.org/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp4.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp5.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp7.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp7.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp8.de.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Estland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@ee.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.ee.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Finnland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@fi.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.fi.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Frankreich

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@fr.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp1.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp1.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp3.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp5.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

- <ftp://ftp6.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync)
- <ftp://ftp7.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp8.fr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Griechenland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer [<hostmaster@gr.FreeBSD.org>](mailto:hostmaster@gr.FreeBSD.org) dieser Domain.

- <ftp://ftp.gr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.gr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Großbritannien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer [<hostmaster@uk.FreeBSD.org>](mailto:hostmaster@uk.FreeBSD.org) dieser Domain.

- <ftp://ftp.uk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.uk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync: <ftp://ftp2.uk.FreeBSD.org/ftp.freebsd.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp3.uk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.uk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp5.uk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Hong Kong

- <ftp://ftp.hk.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Irland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer [<hostmaster@ie.FreeBSD.org>](mailto:hostmaster@ie.FreeBSD.org) dieser Domain.

- <ftp://ftp3.ie.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync)

Japan

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer [<hostmaster@jp.FreeBSD.org>](mailto:hostmaster@jp.FreeBSD.org) dieser Domain.

- <ftp://ftp.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp3.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp5.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp6.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp7.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp8.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp9.jp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Kanada

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer [<hostmaster@ca.FreeBSD.org>](mailto:hostmaster@ca.FreeBSD.org) dieser Domain.

- <ftp://ftp.ca.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.ca.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Korea

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@kr.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.kr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync)
- <ftp://ftp2.kr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp2.kr.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Lettland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@lv.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.lv.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.lv.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Litauen

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@lt.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.lt.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.lt.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Neuseeland

- <ftp://ftp.nz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.nz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Niederlande

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@nl.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.nl.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.nl.FreeBSD.org/os/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp2.nl.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Norwegen

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@no.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.no.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / rsync)

Österreich

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@at.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.at.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp.at.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp.at.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Polen

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@pl.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.pl.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- [ftp2.pl.FreeBSD.org](ftp://ftp2.pl.FreeBSD.org/)

Russland

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@ru.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.ru.FreeBSD.org/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp2.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp2.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp4.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp5.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp5.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp6.ru.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Saudi Arabien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <ftpadmin@isu.net.sa> dieser Domain.

- <ftp://ftp.isu.net.sa/pub/ftp.freebsd.org/> (ftp)

Schweden

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@se.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <rsync://ftp2.se.FreeBSD.org/>)
- <ftp://ftp3.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <ftp://ftp4.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp4.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <rsync://ftp4.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <rsync://ftp4.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp6.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp6.se.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Schweiz

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@ch.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.ch.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.ch.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Slowenien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@si.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.si.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Spanien

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@es.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.es.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.es.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp3.es.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Südafrika

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@za.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.za.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.za.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.za.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Taiwan

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@tw.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <ftp://ftp.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / [rsync](rsync://ftp.tw.FreeBSD.org/) / [rsyncv6](rsync://ftp.tw.FreeBSD.org/))
- <ftp://ftp2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <ftp://ftp2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / [rsync](rsync://ftp2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/) / [rsyncv6](rsync://ftp2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/))
- <ftp://ftp4.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp5.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp6.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp6.tw.FreeBSD.org/> / [rsync](rsync://ftp6.tw.FreeBSD.org/))
- <ftp://ftp7.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp8.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp11.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp11.tw.FreeBSD.org/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp12.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

- <ftp://ftp13.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp14.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp15.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

Tschechische Republik

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@cz.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp.cz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <ftp://ftp.cz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp.cz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync / rsyncv6)
- <ftp://ftp2.cz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp2.cz.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)

Ukraine

- <ftp://ftp.ua.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp.ua.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp6.ua.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / http://ftp6.ua.FreeBSD.org/pub/FreeBSD / rsync://[ftp6.ua.FreeBSD.org/FreeBSD/](ftp://ftp6.ua.FreeBSD.org/FreeBSD/))
- <ftp://ftp7.ua.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

USA

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an den Betreuer <hostmaster@us.FreeBSD.org> dieser Domain.

- <ftp://ftp1.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp2.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp3.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp4.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / ftpv6 / <http://ftp4.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / <http://ftp4.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp5.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp6.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp8.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp10.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp11.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)
- <ftp://ftp13.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp13.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> / rsync)
- <ftp://ftp14.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp / <http://ftp14.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/>)
- <ftp://ftp15.us.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/> (ftp)

A.3. CTM

Mit CTM¹ können Sie einen entfernten Verzeichnisbaum mit einem zentralen Baum synchronisieren. Es wurde extra zum Synchronisieren der FreeBSD Quellen entwickelt, obwohl es mit der Zeit vielleicht auch andere Anwendungen geben wird. Zurzeit existiert leider so gut wie keine Dokumentation zum Erstellen der Deltas. Wenn Sie Hilfe benötigen oder CTM für andere Zwecke einsetzen wollen, wenden Sie sich bitte an die Mailingliste ctm-users.

¹ Abkürzung für „CVS Through eMail“

A.3.1. Warum soll ich CTM benutzen?

Mit CTM erhalten Sie eine lokale Kopie des FreeBSD-Quellbaums, den es in mehreren „Varianten“ gibt. Sie können das ganze Repository oder nur einen Zweig spiegeln. Wenn Sie ein aktiver FreeBSD-Entwickler mit einer schlechten oder gar keiner TCP/IP Verbindung sind, oder die Änderungen einfach automatisch zugesandt bekommen wollen, dann ist CTM das Richtige für Sie. Für die Zweige mit der meisten Aktivität müssen Sie sich täglich bis zu drei Deltas beschaffen, Sie sollten allerdings erwägen, die Deltas automatisch über E-Mail zu beziehen. Die Größe der Updates wird so klein wie möglich gehalten. Normalerweise sind sie kleiner als 5 kB, manchmal sind sie 10-50 kB groß (etwa jedes 10. Update) und ab und an werden Sie auch einmal ein Update mit 100 kB oder mehr erhalten.

Sie sollten sich über die Vorbehalte gegen die Verwendung der Quellen anstelle eines offiziellen Releases bewusst sein. Das trifft besonders auf FreeBSD-CURRENT zu, lesen Sie dazu bitte den Abschnitt [FreeBSD-CURRENT](#).

A.3.2. Was brauche ich, um CTM zu benutzen?

Zwei Sachen: Das CTM Programm und die initialen Deltas, von denen aus Sie auf die „aktuellen“ Stände kommen.

CTM ist schon seit der Version 2.0 Teil des FreeBSD-Basisystems. Sie finden es in `/usr/src/usr.sbin/ctm`, wenn Sie eine Kopie der Quellen besitzen.

Die Deltas, die CTM verarbeitet, können Sie über FTP oder E-Mail beziehen. Wenn Sie über einen FTP Zugang zum Internet verfügen, erhalten Sie die Deltas unter der folgenden URL:

`ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/CTM/`

Die Deltas werden auch von [CTM Spiegeln](#) bereitgehalten.

Wechseln Sie in das passende Verzeichnisse zum Beispiel `src-cur` für FreeBSD-CURRENT und laden Sie sich von dort die Deltas herunter.

Sie können die Deltas auch über E-Mail beziehen.

Abonnieren Sie dazu eine der CTM-Verteilerlisten. Über [ctm-src-cur](#) erhalten Sie den kompletten Subversion-Baum, über [ctm-src-cur](#) erhalten Sie FreeBSD-CURRENT und über [ctm-src-9](#) erhalten Sie den FreeBSD 9.X-Zweig. Wenn Sie nicht wissen, wie Sie eine der Mailinglisten abonnieren, folgen Sie einem der Verweise von oben oder besuchen Sie die Seite <http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo>. Weitere Informationen erhalten Sie, wenn Sie dort auf die gewünschte Liste klicken.

Benutzen Sie `ctm_rmail`, um die CTM Updates, die Sie per E-Mail empfangen, auszupacken und anzuwenden. Wenn Sie diesen Prozess automatisiert ablaufen lassen möchten, können Sie dazu einen Eintrag in `/etc/aliases` verwenden. Genauere Informationen finden Sie in der Manualpage von `ctm_rmail`.



Anmerkung

Sie sollten die Mailingliste [ctm-announce](#) abonnieren, egal wie Sie die CTM-Deltas erhalten. Ankündigungen, die den Betrieb des CTM-Systems betreffen, werden nur auf dieser Liste bekannt gegeben. Klicken Sie auf den Namen der Liste oder besuchen Sie die Seite <http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo>, um diese Liste zu abonnieren.

A.3.3. Initialisieren von CTM

Bevor Sie die CTM Deltas benutzen können, brauchen Sie einen Startpunkt, auf den die nachfolgenden Deltas angewendet werden.

Sie können natürlich mit einem leeren Verzeichnis beginnen. In diesem Fall benötigen Sie ein XEmpty-Delta, mit dem Sie den CTM-Verzeichnisbaum initialisieren. Wenn Sie Glück haben, finden Sie ein XEmpty-Delta, mit dem sie beginnen können, auf einer der CDs Ihrer Distribution.

Da die Verzeichnisbäume mehrere Megabyte groß sind, sollten Sie nach Möglichkeit etwas schon vorhandenes benutzen. Wenn Sie eine -RELEASE CD besitzen, können Sie die Quellen von dieser CD benutzen. Sie ersparen sich damit das Übertragen großer Datenmengen.

Die Deltas, mit denen Sie beginnen können, enthalten ein X in ihrem Namen, wie in `src-cur.3210XEmpty.gz`. Hinter dem X wird der Startpunkt der Deltas angegeben, in diesem Fall steht `Empty` für ein leeres Verzeichnis. Nach etwa 100 Deltas wird ein neues XEmpty-Delta erstellt. Mit ungefähr 75 Megabyte komprimierter Daten sind diese XEmpty-Deltas übrigens sehr groß.

Nachdem Sie Ihren Startpunkt festgelegt haben, benötigen Sie alle Deltas mit einer höheren Nummer.

A.3.4. Benutzen von CTM

Um ein Delta einzuspielen, benutzen Sie das folgende Kommando:

```
# cd /Pfad/zu/den/Quellen
# ctm -v -v /Pfad/zu/den/Deltas/src-xxx.*
```

CTM kann mit Deltas arbeiten, die mit `gzip` komprimiert wurden. Sie brauchen die Deltas vorher nicht mit `gunzip` zu dekomprimieren und sparen damit Plattenplatz.

Ihr Quellbaum wird erst dann verändert, wenn CTM die Deltas sauber verarbeiten kann. Die Integrität der Deltas und ihre Anwendbarkeit auf den Quellbaum lassen sich durch die Angabe des Schalters `-c` überprüfen, CTM ändert in diesem Fall Ihren Quellbaum nicht.

CTM verfügt über weitere Kommandozeilenooptionen, Informationen dazu finden Sie in der Manualpage oder dem Quellcode.

Das war schon alles. Um Ihre Quellen aktuell zu halten, verwenden Sie CTM jedes Mal, wenn Sie neue Deltas bekommen.

Löschen Sie die Deltas nicht, wenn Sie diese nur schwer wieder beschaffen können. Behalten Sie sie für den Fall, das etwas passiert. Auch wenn Sie nur Disketten besitzen, sollten Sie erwägen, die Deltas mit `fdwrite` zu sichern.

A.3.5. Umgang mit lokalen Änderungen

Entwickler wollen mit den Dateien im Quellbaum experimentieren und diese verändern. In beschränkter Weise werden lokale Änderungen von CTM unterstützt. Wenn CTM die Datei `foo` bearbeiten will, überprüft es zuerst ob die Datei `foo.ctm` existiert. Wenn diese Datei existiert, werden Änderungen in ihr anstatt in `foo` vorgenommen.

Mit diesem Verfahren ist eine leichte Handhabung lokaler Änderungen möglich. Kopieren Sie die Dateien, die Sie ändern möchten, in Dateien, die das Suffix `.ctm` tragen. Sie können dann ungestört mit dem Quellcode arbeiten, während CTM die `.ctm` Dateien aktualisiert.

A.3.6. Weitere CTM-Optionen

A.3.6.1. Was wird aktualisiert?

Eine Liste der Änderungen, die CTM an Ihrem Quellbaum vornehmen wird, erhalten Sie, wenn Sie die Option `-l` angeben.

Das ist nützlich, wenn Sie Logs über die Änderungen führen wollen, geänderte Dateien vor- oder nachbearbeiten wollen, oder einfach ein bisschen paranoid sind.

A.3.6.2. Sicherungen vor einer Aktualisierung erstellen

Sie wollen vielleicht die Dateien, die durch eine CTM Aktualisierung verändert werden, sichern.

Mit `-B backup-file` weisen Sie CTM an, alle Dateien, die durch ein CTM Delta verändert würden, nach `backup-file` zu sichern.

A.3.6.3. Dateien ausschließen

Manchmal wollen Sie nur bestimmte Teile aktualisieren oder nur bestimmte Dateien aus einer Folge von Deltas extrahieren.

Sie können die Liste der Dateien, mit denen CTM arbeitet, einschränken, indem Sie reguläre Ausdrücke mit den Optionen `-e` und `-x` angeben.

Wenn Sie eine aktuelle Kopie von `lib/libc/Makefile` aus den gesicherten CTM Deltas erhalten wollen, setzen Sie das folgende Kommando ab:

```
# cd /wo/Sie/es/auspacken/wollen/
# ctm -e '^lib/libc/Makefile' ~ctm/src-xxx.*
```

Die Optionen `-e` und `-x` werden in der Reihenfolge angewandt, in der sie auf der Kommandozeile angegeben wurden. Eine Datei wird nur dann von CTM verarbeitet, wenn dies nach der Anwendung der Optionen `-e` und `-x` noch erlaubt ist.

A.3.7. Pläne für CTM

Mehrere:

- Hinzufügen eines Authentifizierungsmechanismus, damit gefälschte CTM-Deltas erkannt werden können.
- Aufräumen der CTM-Optionen, die mit der Zeit unübersichtlich und irreführend wurden.

A.3.8. Verschiedenes

Es gibt Deltas für die Ports-Sammlung, die aber nicht intensiv genutzt werden.

A.3.9. CTM-Spiegel

Die CTM-Deltas können Sie mit anonymous FTP von den folgenden Spiegeln beziehen. Versuchen Sie bitte einen Spiegel in Ihrer Nähe zu benutzen.

Bei Problemen wenden Sie sich bitte an die Mailingliste [ctm-users](#).

Kalifornien, Bay Area, Offizieller Server

- <ftp://ftp.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/development/CTM/>

Südafrika, Backup-Server für alte Deltas

- <ftp://ftp.za.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/CTM/>

Taiwan/R.O.C.

- <ftp://ctm.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/development/CTM/>
- <ftp://ctm2.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/development/CTM/>
- <ftp://ctm3.tw.FreeBSD.org/pub/FreeBSD/development/CTM/>

Wenn die Liste keinen Spiegel in Ihrer Nähe enthält oder Sie Probleme mit dem ausgewählten Spiegel haben, versuchen Sie einen Spiegel mit einer Suchmaschine, wie [alltheweb](#), zu finden.

A.4. Benutzen von Subversion

A.4.1. Einführung

Seit Juli 2012 nutzt FreeBSD Subversion als primäres Versionskontrollsystem zur Speicherung des gesamten FreeBSD Quellcodes, der Dokumentation und der Ports-Sammlung.



Anmerkung

Subversion ist hauptsächlich ein Werkzeug für Entwickler. Die meisten Benutzer sollten `freebsd-update` ([Abschnitt 24.2, „FreeBSD-Update“](#)) benutzen um das FreeBSD Basissystem zu aktualisieren, und `portsnap` ([Abschnitt 5.5, „Benutzen der Ports-Sammlung“](#)) um die FreeBSD Ports-Sammlung aktuell zu halten.

Dieser Abschnitt zeigt, wie Subversion unter FreeBSD installiert wird und wie Sie damit eine lokale Kopie des FreeBSD Repositories erstellen. Weitere Informationen über die Benutzung von Subversion sind ebenfalls enthalten.

A.4.2. Installation

Subversion muss installiert werden, bevor Sie damit die Inhalte eines der Repositories auschecken können. Wenn eine Kopie der Ports-Sammlung bereits vorhanden ist, kann Subversion wie folgt installiert werden:

```
# cd /usr/ports/devel/subversion
#make install clean
```

Ist die Ports-Sammlung nicht vorhanden, kann Subversion als Paket installiert werden:

```
# pkg install devel/subversion
```

A.4.3. Ausführen von Subversion

Der `svn` Befehl wird verwendet, um eine Kopie der Quellen in ein lokales Verzeichnis zu holen. Die Dateien in diesem Verzeichnis werden *lokale Arbeitskopie* genannt.



Warnung

Verschieben oder löschen Sie das lokale Verzeichnis bevor Sie checkout benutzen.

In ein bestehendes nicht-svn Verzeichnis auszuchecken kann zu Konflikten zwischen den vorhandenen Dateien und denen aus dem Repository führen.

In Subversion werden URLs in der Form von `protocol://hostname/path` verwendet, um ein Repository zu kennzeichnen. Die Spiegel können, wie unten angegeben, verschiedene Protokolle unterstützen. Die erste Komponente des Pfades ist das FreeBSD Repository auf welches zugegriffen wird. Es gibt drei verschiedene Repositories. `base` für den Quellcode des FreeBSD Basissystems, `ports` für die Ports-Sammlung und `doc` für die Dokumentation. Als Beispiel spezifiziert die URL `svn://svn.FreeBSD.org/ports/head/` den Hauptzweig des Port-Repositories auf dem Mirror `svn.FreeBSD.org`, über das svn-Protokoll.

Das Auschecken aus einem bestimmten Repository kann wie folgt durchgeführt werden:

```
# svn checkout svn-mirror /repository /branch lcwdir
```

wobei:

- `svn-mirror` eine URL für einen Mirror aus [Subversion Mirror Sites](#) ist.
- `repository` eines der Projekt-Repositories ist, z. B. `base`, `ports` oder `doc`.

- *branch* vom verwendeten Repository abhängt. *ports* und *doc* werden meist im *head* Zweig aktualisiert, während *base* die neueste Version von *-CURRENT* unter *head* und die jeweilige neueste Version des *-STABLE* Zweiges unter *stable/8* (für 8.x), *stable/9* (9.x) und *stable/10* (10.x) verwaltet wird.
- *lwdir* das Zielverzeichnis ist, in dem die Inhalte des angegebenen Zweiges plziert werden sollen. Dies ist üblicherweise */usr/ports* für *ports*, */usr/src* für *base*, und */usr/doc* für *doc*.

Dieses Beispiel checkt die Ports-Sammlung aus dem Repository im Westen der USA über das HTTPS Protokoll aus, und speichert die Arbeitskopie unter */usr/ports*. Wenn */usr/ports* bereits vorhanden ist, aber nicht von *svn* erstellt wurde, denken Sie vor dem Auschecken daran, das Verzeichnis umzubenennen oder zu löschen.

```
# svn checkout https://svn.FreeBSD.org /ports/head /usr/ports
```

Dies kann eine Weile dauern, da beim ersten Auschecken der komplette Zweig vom entfernten Repository heruntergeladen werden muss. Bitte haben Sie Geduld.

Nach dem ersten Auschecken können Sie Ihre lokale Arbeitskopie wie folgt aktualisieren:

```
# svn update lwdir
```

Um */usr/ports* aus dem oben erstellten Beispiel zu aktualisieren, benutzen Sie:

```
# svn update /usr/ports
```

Das Update ist viel schneller als ein Auschecken, da nur die Dateien übertragen werden müssen, die sich auch geändert haben.

Eine alternative Möglichkeit zur Aktualisierung Ihrer Arbeitskopie nach dem Auschecken ist es, das bestehende Makefile in den Verzeichnissen */usr/ports*, */usr/src*, und */usr/doc* zu nutzen. Setzen Sie dazu *SVN_UPDATE* und benutzen Sie das *update* Ziel. Zum Beispiel, um */usr/src* zu aktualisieren:

```
# cd /usr/src
# make update SVN_UPDATE=yes
```

A.5. Subversion Mirror Sites

Das FreeBSD Subversion Repository, svn.FreeBSD.org ist ein öffentlich zugängliches Netzwerk aus Spiegeln, das GeoDNS verwendet, um einen entsprechenden Backend-Server auszuwählen. Um das FreeBSD Subversion Repository über einen Browser anzuzeigen, verwenden Sie <http://svnweb.FreeBSD.org/>.



Anmerkung

Die FreeBSD Subversion Spiegel verwendeten zuvor selbst signierte SSL-Zertifikate, wie bereits in diesem Kapitel erwähnt wurde. Seit dem 14. Juli 2015 verwenden nun alle Spiegel offizielle SSL-Zertifikate, die von Subversion erkannt werden, wenn der Port [security/ca_root_nss](#) installiert ist. Die alten, selbst signierten Zertifikate sind noch verfügbar, gelten mittlerweile aber veraltet.

Falls der Port [security/ca_root_nss](#) nicht installiert ist, finden Sie hier die SHA1- und SHA256-Fingerabdrücke:

Hash	Fingerabdruck
SHA1	E9:37:73:80:B5:32:1B:93:92:94:98:17:59:F0:FA:A2:5F:1E:DE:B9
SHA256	D5:27:1C:B6:55:E6:A8:7D:48:D5:0C:F0:DA:9D:51:60:D7:42:6A:F2:05:F1:8

HTTPS ist das bevorzugte Protokoll, es schützt Sie vor anderen Computern, die vortäuschen, der FreeBSD-Mirror zu sein (gemeinhin bekannt als „man in the middle-Angriff“), oder anderweitig versuchen schlechte Daten an den Endnutzer zu senden.

Wenn `https` aufgrund von Firewall- oder anderen Problemen nicht verwendet werden kann, dann ist `svn` die nächste Wahl. Sollte beides nicht verfügbar sein, nutzen Sie `http`.

A.5.1. Weiterführende Informationen

Weitere Informationen über die Verwendung von Subversion finden Sie im „Subversion Buch“ mit dem Namen [Versionskontrolle mit Subversion](#), oder in der [Subversion Dokumentation](#).

A.6. Benutzen von rsync

`rsync` wird ähnlich wie [rcp\(1\)](#) verwendet, besitzt aber mehr Optionen und verwendet das „rsync remote-update“ Protokoll, das nur geänderte Dateien überträgt und damit viel schneller als ein normaler Kopiervorgang ist. `rsync` ist sehr nützlich, wenn Sie einen FreeBSD-FTP-Spiegel oder einen CVS-Spiegel betreiben. Das Programm ist für viele Betriebssysteme erhältlich, mit FreeBSD können Sie den Port [net/rsync](#) oder das fertige Paket benutzen. Die folgenden Server stellen FreeBSD über das `rsync` Protokoll zur Verfügung:

Großbritannien

`rsync://rsync.mirrorservice.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- `ftp.freebsd.org`: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

Niederlande

`rsync://ftp.nl.FreeBSD.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

Russland

`rsync://ftp.mtu.ru/`

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.
- FreeBSD-Archive: Ein Spiegel des FreeBSD-Archive-FTP-Servers.

Schweden

`rsync://ftp4.se.freebsd.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

Taiwan

`rsync://ftp.tw.FreeBSD.org/`

`rsync://ftp2.tw.FreeBSD.org/`

`rsync://ftp6.tw.FreeBSD.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

Tschechische Republik

`rsync://ftp.cz.FreeBSD.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- ftp: Unvollständiger Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.
- FreeBSD: Vollständiger Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

USA

`rsync://ftp-master.FreeBSD.org/`

Dieser Server darf nur von primären Spiegeln benutzt werden.

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Das Hauptarchiv des FreeBSD FTP Servers.
- acl: Die primäre ACL-Liste.

`rsync://ftp13.FreeBSD.org/`

Verfügbare Sammlungen:

- FreeBSD: Kompletter Spiegel des FreeBSD-FTP-Servers.

Anhang B. Bibliografie

Übersetzt von Frank Gründer <elwood@mc5sys.in-berlin.de>

Während die Manualpages eine definitive Referenz über bestimmte Teile des FreeBSD-Betriebssystems bieten, so können sie jedoch selten veranschaulichen, wie man die einzelnen Teile zusammenfügt, um ein vollständig laufendes Betriebssystem herzustellen. Daher gibt es keinen Ersatz für ein gutes Buch oder Benutzerhandbuch über die Administration von UNIX®-Systemen.

In der Regel handelt es sich im folgenden Kapitel um englische Ausgaben der genannten Werke. Übersetzungen oder Ausgaben in anderen Sprachen sind mit entsprechenden Hinweisen versehen.

B.1. Bücher speziell für FreeBSD

Internationale Bücher:

- [Using FreeBSD](#), herausgegeben von [Drmaster](#), 1997 (in traditionellem Chinesisch). ISBN 9-578-39435-7.
- FreeBSD Unleashed (in vereinfachtem Chinesisch), herausgegeben von [China Press](#). ISBN 7-111-10201-0.
- FreeBSD From Scratch Second Edition (in vereinfachtem Chinesisch), herausgegeben von [China Press](#). ISBN 7-111-10286-X.
- FreeBSD Handbook Second Edition (in vereinfachtem Chinesisch), herausgegeben von [Posts & Telecom Press](#). ISBN 7-115-10541-3.
- FreeBSD & Windows (in vereinfachtem Chinesisch), herausgegeben von [China Railway Publishing House](#). ISBN 7-113-03845-X.
- FreeBSD Internet Services HOWTO (in vereinfachtem Chinesisch), herausgegeben von China Railway Publishing House. ISBN 7-113-03423-3.
- FreeBSD (in japanischer Sprache), herausgegeben von CUTT. ISBN 4-906391-22-2 C3055 P2400E.
- [Complete Introduction to FreeBSD](#) (in Japanese), published by [Shoeisha Co., Ltd.](#) ISBN 4-88135-473-6 P3600E.
- [Personal UNIX Starter Kit FreeBSD](#) (in japanischer Sprache), herausgegeben von [ASCII](#). ISBN 4-7561-1733-3 P3000E.
- FreeBSD Handbook (japanische Übersetzung), herausgegeben von [ASCII](#). ISBN 4-7561-1580-2 P3800E.
- FreeBSD mit Methode (in deutscher Sprache), herausgegeben von [Computer und Literatur Verlag](#) /Vertrieb Hanser, 1998. ISBN 3-932311-31-0.
- [FreeBSD de Luxe](#) (in German), published by [Verlag Moderne Industrie](#), 2003. ISBN 3-8266-1343-0.
- [FreeBSD Install and Utilization Manual](#) (in japanischer Sprache), herausgegeben von [Mainichi Communications Inc.](#), 1998. ISBN 4-8399-0112-0.
- Onno W Purbo, Dodi Maryanto, Syahril Hubbany, Widjil Widodo [Building Internet Server with FreeBSD](#) (in indonesischer Sprache), herausgegeben von [Elex Media Komputindo](#).
- Absolute BSD: The Ultimate Guide to FreeBSD (in traditionellem Chinesisch), herausgegeben von [GrandTech Press](#), 2003. ISBN 986-7944-92-5.
- [The FreeBSD 6.0 Book](#) (in traditionellem Chinesisch, herausgegeben von Drmaster, 2006. ISBN 9-575-27878-X.

Englischsprachige Bücher:

- [Absolute FreeBSD, 2nd Edition: The Complete Guide to FreeBSD](#), herausgegeben von [No Starch Press](#), 2007. ISBN: 978-1-59327-151-0
- [The Complete FreeBSD](#), herausgegeben von [O'Reilly](#), 2003. ISBN: 0596005164
- [The FreeBSD Corporate Networker's Guide](#), herausgegeben von [Addison-Wesley](#), 2002. ISBN: 0201704811
- [FreeBSD: An Open-Source Operating System for Your Personal Computer](#), herausgegeben von The Bit Tree Press, 2001. ISBN: 0971204500
- Teach Yourself FreeBSD in 24 Hours, herausgegeben von [Sams](#), 2002. ISBN: 0672324245
- FreeBSD6 Unleashed, herausgegeben von [Sams](#), 2006. ISBN: 0672328755
- FreeBSD: The Complete Reference, herausgegeben von [McGrawHill](#), 2003. ISBN: 0072224096

B.2. Handbücher

- Die Ohio State University hat ein [UNIX Introductory Course](#) veröffentlicht, welcher auch online im HTML- und PostScriptformat verfügbar ist.

Eine [italienische Übersetzung](#) ist Teil des FreeBSD Italian Documentation Projects.

- [Jpman Project, Japan FreeBSD Users Group. FreeBSD User's Reference Manual](#) (japanische Übersetzung). [Mainichi Communications Inc.](#), 1998. ISBN4-8399-0088-4 P3800E.
- [Edinburgh University](#) hat einen [Online Guide](#) für Anfänger in Sachen UNIX geschrieben.

B.3. Administrations-Anleitungen

- [Jpman Project, Japan FreeBSD Users Group. FreeBSD System Administrator's Manual](#) (japanische Übersetzung). [Mainichi Communications Inc.](#), 1998. ISBN4-8399-0109-0 P3300E.
- Dreyfus, Emmanuel. [Cahiers de l'Admin: BSD](#) 2nd Ed. (in French), Eyrolles, 2004. ISBN 2-212-11463-X.

B.4. Programmierhandbücher

- Computer Systems Research Group, UC Berkeley. *4.4BSD Programmer's Reference Manual*. O'Reilly & Associates, Inc., 1994. ISBN 1-56592-078-3
- Computer Systems Research Group, UC Berkeley. *4.4BSD Programmer's Supplementary Documents*. O'Reilly & Associates, Inc., 1994. ISBN 1-56592-079-1
- Harbison, Samuel P. and Steele, Guy L. Jr. *C: A Reference Manual*. 4th Ed. Prentice Hall, 1995. ISBN 0-13-326224-3
- Kernighan, Brian and Dennis M. Ritchie. *The C Programming Language*. 2nd Ed., PTR Prentice Hall, 1988. ISBN 0-13-110362-9
- Lehey, Greg. *Porting UNIX Software*. O'Reilly & Associates, Inc., 1995. ISBN 1-56592-126-7
- Plauger, P. J. *The Standard C Library*. Prentice Hall, 1992. ISBN 0-13-131509-9
- Spinellis, Diomidis. [Code Reading: The Open Source Perspective](#). Addison-Wesley, 2003. ISBN 0-201-79940-5
- Spinellis, Diomidis. [Code Quality: The Open Source Perspective](#). Addison-Wesley, 2006. ISBN 0-321-16607-8

- Stevens, W. Richard and Stephen A. Rago. *Advanced Programming in the UNIX Environment*. 2nd Ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 2005. ISBN 0-201-43307-9
- Stevens, W. Richard. *UNIX Network Programming*. 2nd Ed, PTR Prentice Hall, 1998. ISBN 0-13-490012-X

B.5. Betriebssystem-Internia

- Andleigh, Prabhat K. *UNIX System Architecture*. Prentice-Hall, Inc., 1990. ISBN 0-13-949843-5
- Jolitz, William. „Porting UNIX to the 386“. *Dr. Dobbs's Journal*. January 1991-July 1992.
- Leffler, Samuel J., Marshall Kirk McKusick, Michael J Karels and John Quarterman *The Design and Implementation of the 4.3BSD UNIX Operating System*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1989. ISBN 0-201-06196-1

Kapitel 2 dieses Buchs ist Teil des FreeBSD Documentation Projects und [online](#) erhältlich.

- Leffler, Samuel J., Marshall Kirk McKusick, *The Design and Implementation of the 4.3BSD UNIX Operating System: Answer Book*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1991. ISBN 0-201-54629-9
- McKusick, Marshall Kirk, Keith Bostic, Michael J Karels, and John Quarterman. *The Design and Implementation of the 4.4BSD Operating System*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1996. ISBN 0-201-54979-4
- Marshall Kirk McKusick, George V. Neville-Neil. *The Design and Implementation of the FreeBSD Operating System*. Boston, Mass. : Addison-Wesley, 2004. ISBN 0-201-70245-2
- Marshall Kirk McKusick, George V. Neville-Neil, Robert N. M. Watson *The Design and Implementation of the FreeBSD Operating System, 2nd Ed.*. Westford, Mass: Pearson Education, Ind., 2014. ISBN 0-321-96897-2
- Stevens, W. Richard. *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1996. ISBN 0-201-63346-9
- Schimmel, Curt. *Unix Systems for Modern Architectures*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1994. ISBN 0-201-63338-8
- Stevens, W. Richard. *TCP/IP Illustrated, Volume 3: TCP for Transactions, HTTP, NNTP and the UNIX Domain Protocols*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1996. ISBN 0-201-63495-3
- Vahalia, Uresh. *UNIX Internals -- The New Frontiers*. Prentice Hall, 1996. ISBN 0-13-101908-2
- Wright, Gary R. and W. Richard Stevens. *TCP/IP Illustrated, Volume 2: The Implementation*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-63354-X

B.6. Sicherheits-Anleitung

- Cheswick, William R. and Steven M. Bellovin. *Firewalls and Internet Security: Repelling the Wily Hacker*. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-63357-4
- Garfinkel, Simson. *PGP Pretty Good Privacy* O'Reilly & Associates, Inc., 1995. ISBN 1-56592-098-8

B.7. Hardware-Anleitung

- Anderson, Don and Tom Shanley. *Pentium Processor System Architecture*. 2nd Ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-40992-5
- Ferraro, Richard F. *Programmer's Guide to the EGA, VGA, and Super VGA Cards*. 3rd ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-62490-7

- Die Intel Corporation veröffentlicht Dokumentationen Ihrer CPUs, Chipsets und Standards auf ihrer [developer web site](#), normalerweise als PDF-Dateien.
- Shanley, Tom. *80486 System Architecture*. 3rd Ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-40994-1
- Shanley, Tom. *ISA System Architecture*. 3rd Ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1995. ISBN 0-201-40996-8
- Shanley, Tom. *PCI System Architecture*. 4th Ed. Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1999. ISBN 0-201-30974-2
- Van Gilluwe, Frank. *The Undocumented PC*, 2nd Ed. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co., 1996. ISBN 0-201-47950-8
- Messmer, Hans-Peter. *The Indispensable PC Hardware Book*, 4th Ed. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co., 2002. ISBN 0-201-59616-4

B.8. UNIX® Geschichte

- Lion, John *Lion's Commentary on UNIX, 6th Ed. With Source Code*. ITP Media Group, 1996. ISBN 1573980137
- Raymond, Eric S. *The New Hacker's Dictionary, 3rd edition*. MIT Press, 1996. ISBN 0-262-68092-0. Auch bekannt als das [Jargon File](#)
- Salus, Peter H. *A quarter century of UNIX*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1994. ISBN 0-201-54777-5
- Simon Garfinkel, Daniel Weise, Steven Strassmann. *The UNIX-HATERS Handbook*. IDG Books Worldwide, Inc., 1994. ISBN 1-56884-203-1. [Online](#) verfügbar.
- Don Libes, Sandy Ressler *Life with UNIX — special edition*. Prentice-Hall, Inc., 1989. ISBN 0-13-536657-7
- *The BSD family tree*. <https://svnweb.freebsd.org/base/head/share/misc/bsd-family-tree=view=co> oder unter [/usr/share/misc/bsd-family-tree](#) auf einem FreeBSD-System.
- *Networked Computer Science Technical Reports Library*. <http://www.ncstrl.org/>
- *Old BSD releases from the Computer Systems Research group (CSRG)*. <http://www.mckusick.com/csrg/> : Das Paket mit 4 CD-ROMs enthält alle BSD-Versionen von 1BSD bis 4.4BSD und 4.4BSD-Lite2 (nicht aber 2.11BSD). Die letzte CD beinhaltet auch die finalen Sourcen inklusive den SCCS Dateien.

B.9. Zeitschriften, Magazine und Journale

- Admin Magazin (in deutscher Sprache), herausgegeben von Medialinx AG. ISSN: 2190-1066
- BSD Magazine, herausgegeben von Software Press Sp. z o.o. SK. ISSN: 1898-9144
- BSD Now – Video Podcast , herausgegeben von Jupiter Broadcasting LLC
- BSD Talk Podcast , von Will Backman
- FreeBSD Journal, herausgegeben von S&W Publishing, gefördert durch The FreeBSD Foundation. ISBN: 978-0-615-88479-0

Anhang C. Ressourcen im Internet

Gedruckte Medien können mit der schnellen Entwicklung von FreeBSD nicht Schritt halten. Elektronische Medien sind häufig die einzige Möglichkeit, über aktuelle Entwicklungen informiert zu sein. Da FreeBSD ein Projekt von Freiwilligen ist, gibt die Benutzergemeinde selbst auch technische Unterstützung. Die Benutzergemeinde erreichen Sie am besten über E-Mail, Internetforen oder Usenet-News.

Die wichtigsten Wege, auf denen Sie die FreeBSD-Benutzergemeinde erreichen können, sind unten dargestellt. Wenn Sie weitere Ressourcen kennen, die hier fehlen, schicken Sie diese bitte an die Mailingliste des [FreeBSD documentation project](#), damit sie hier aufgenommen werden können.

C.1. Mailinglisten

Die Mailinglisten sind der direkteste Weg, um Fragen an das gesamte FreeBSD Publikum zu stellen oder eine technische Diskussion zu beginnen. Es existiert eine grosse Vielfalt von Listen mit einer Reihe von verschiedenen FreeBSD Themen. Wenn Sie ihre Fragen an die richtige Mailingliste richten können Sie viel eher mit einer passenden Antwort darauf rechnen.

Die Chartas der verschiedenen Listen sind unten wiedergegeben. *Bevor Sie sich einer Mailingliste anschließen oder E-Mails an eine Liste senden, lesen Sie bitte die Charta der Liste.* Die meisten Mitglieder unserer Mailinglisten erhalten Hunderte E-Mails zum Thema FreeBSD pro Tag. Die Chartas und Regeln, die den Gebrauch der Listen beschreiben, garantieren die hohe Qualität der Listen. Die Listen würden ihren hohen Wert für das Projekt verlieren, wenn wir weniger Regeln aufstellen würden.



Anmerkung

Um zu testen, ob Sie eine Nachricht an eine FreeBSD-Liste senden können, verwenden Sie bitte Die Liste [freebsd-test](#). Schicken Sie derartige Nachrichten bitte nicht an eine der anderen Listen.

Wenn Sie Sich nicht sicher sind, auf welcher Liste Sie Ihre Frage stellen sollen, sollten Sie den Artikel [How to get best results from the FreeBSD-questions mailing list](#) lesen.

Bevor Sie eine Nachricht an eine Mailingliste senden, sollten Sie die korrekte Nutzung der Mailinglisten erlernen. Dazu gehört auch das Vermeiden von sich häufig wiederholenden Diskussionen (lesen Sie deshalb zuerst die [Mailing List Frequently Asked Questions](#)).

Alle Mailinglisten werden archiviert und können auf dem [FreeBSD World Wide Web Server](#) durchsucht werden. Das nach Schlüsselwörtern durchsuchbare Archiv bietet die hervorragende Möglichkeit, Antworten auf häufig gestellte Fragen zu finden. Nutzen Sie bitte diese Möglichkeit, bevor Sie Fragen auf einer Liste stellen. Beachten Sie auch, dass das zur Folge hat, dass die Nachrichten an die FreeBSD Mailinglisten für die Ewigkeit erhalten bleiben. Wenn Sie am Schutz ihrer Privatsphäre interessiert sind, ziehen Sie die Verwendung einer Wegwerf-E-Mail-Adresse in Betracht und schreiben Sie nur solche Nachrichten, die für die Öffentlichkeit bestimmt sind.

C.1.1. Beschreibung der Mailinglisten

Allgemeine Listen: Jeder kann die folgenden allgemeinen Listen abonnieren (und ist dazu aufgefordert):

Mailingliste	Zweck
freebsd-advocacy	Verbreitung von FreeBSD
freebsd-announce	Wichtige Ereignisse und Meilensteine des Projekts
freebsd-arch	Architektur und Design von FreeBSD

Mailingliste	Zweck
freebsd-bugbusters	Diskussionen über die Pflege der FreeBSD Fehlerberichte-Datenbank und die dazu benutzten Werkzeuge
freebsd-bugs	Fehlerberichte
freebsd-chat	Nicht technische Themen, die die FreeBSD-Gemeinschaft betreffen
freebsd-chromium	Diskussionen zum Einsatz von Chromium unter FreeBSD
freebsd-current	Gebrauch von FreeBSD-CURRENT
freebsd-isp	Für Internet-Service-Provider, die FreeBSD benutzen
freebsd-jobs	Anstellung und Beratung im FreeBSD-Umfeld
freebsd-questions	Benutzerfragen und technische Unterstützung
freebsd-security-notifications	Ankündigungen zum Thema Sicherheit
freebsd-stable	Gebrauch von FreeBSD-STABLE
freebsd-test	Schicken Sie Testnachrichten an diese Liste anstelle der wirklichen Listen

Technische Listen: Auf den folgenden Listen werden technische Diskussionen geführt. Bevor Sie eine der Listen abonnieren oder Nachrichten an sie schicken, lesen Sie sich bitte die Charta der Liste durch, da der Inhalt und Zweck dieser Listen genau festgelegt ist.

Mailingliste	Zweck
freebsd-acpi	Entwicklung von ACPI
freebsd-afs	Portierung von AFS nach FreeBSD
freebsd-aic7xxx	Entwicklung von Adaptec® AIC 7xxx Treibern
freebsd-amd64	Portierung von FreeBSD auf AMD64-Systeme
freebsd-apache	Diskussion über Ports, die mit Apache zusammenhängen.
freebsd-arm	Portierung von FreeBSD auf ARM®-Prozessoren
freebsd-atm	Benutzung von ATM-Netzen mit FreeBSD
freebsd-binup	Design und Entwicklung eines Systems, das es erlaubt, ein FreeBSD-System mit binären Paketen zu aktualisieren
freebsd-bluetooth	Bluetooth® unter FreeBSD verwenden
freebsd-cluster	Benutzung von FreeBSD in einem Cluster
freebsd-cvsweb	Pflege von CVSweb
freebsd-database	Diskussion über Datenbanken und Datenbankprogrammierung unter FreeBSD
freebsd-desktop	FreeBSD als Desktop verwenden und verbessern
freebsd-doc	Erstellen der FreeBSD-Dokumentation
freebsd-drivers	Gerätetreiber für FreeBSD schreiben
freebsd-eclipse	Für FreeBSD-Anwender, die die Eclipse IDE, deren Werkzeuge, Anwendungen und Ports einsetzen
freebsd-embedded	FreeBSD in eingebetteten Anwendungen einsetzen
freebsd-emulation	Emulation anderer Systeme wie Linux, MS-DOS® oder Windows®

Mailingliste	Zweck
freebsd-eol	Support für FreeBSD-bezogene Software, die vom FreeBSD Project offiziell nicht mehr unterstützt wird.
freebsd-firewire	Technische Diskussion über FireWire® (iLink, IEEE 1394)
freebsd-fs	Dateisysteme
freebsd-gecko	Angelegenheiten zur Gecko Rendering Engine
freebsd-geom	Diskussion über GEOM
freebsd-gnome	Portierung von GNOME und GNOME-Anwendungen
freebsd-hackers	Allgemeine technische Diskussionen
freebsd-hardware	Allgemeine Diskussion über Hardware, auf der FreeBSD läuft
freebsd-i18n	Internationalisierung von FreeBSD
freebsd-ia32	FreeBSD für die IA-32 (Intel® x86) Plattform
freebsd-ia64	Portierung von FreeBSD auf Intel®s neue IA64-Systeme
freebsd-ipfw	Technische Diskussion über die Neubearbeitung der IP-Firewall Quellen
freebsd-isdn	Für Entwickler des ISDN-Systems
freebsd-java	Für Java™ Entwickler und Leute, die JDK™s nach FreeBSD portieren
freebsd-kde	Portierung von KDE und KDE-Anwendungen
freebsd-lfs	Portierung von LFS nach FreeBSD
freebsd-mips	Portierung von FreeBSD zu MIPS®
freebsd-mobile	Diskussionen über mobiles Rechnen
freebsd-mono	Mono und C# Anwendungen auf FreeBSD
freebsd-mozilla	Portierung von Mozilla nach FreeBSD
freebsd-multimedia	Multimedia Anwendungen
freebsd-new-bus	Technische Diskussionen über die Architektur von Bussen
freebsd-net	Diskussion über Netzwerke und den TCP/IP Quellcode
freebsd-numeric	Diskussionen über die Implementation hochwertiger Funktionen in libm
freebsd-office	Office-Anwendungen für FreeBSD
freebsd-performance	Fragen zur Optimierung der Leistung stark ausgelasteter Systeme
freebsd-perl	Pflege der portierten Perl-Anwendungen.
freebsd-pf	Diskussionen und Fragen zu <i>packet filter</i> als Firewallsystem.
freebsd-platforms	Portierungen von FreeBSD auf nicht-Intel® Architekturen
freebsd-ports	Diskussion über die Ports-Sammlung
freebsd-ports-announce	Wichtige Neuigkeiten und Anweisungen zur Ports-Sammlung

Mailingliste	Zweck
freebsd-ports-bugs	Diskussion über Fehler und PRs der Ports
freebsd-ppc	Portierung von FreeBSD auf den PowerPC®
freebsd-proliant	Technische Diskussionen zum Einsatz von FreeBSD auf der ProLiant-Serverplattform von HP.
freebsd-python	FreeBSD-spezifische Diskussionen zu Python
freebsd-rc	Diskussion über das rc.d-System sowie dessen Weiterentwicklung
freebsd-realtime	Entwicklung von Echtzeiterweiterungen für FreeBSD
freebsd-ruby	FreeBSD-spezifische Diskussionen zu Ruby
freebsd-scsi	Diskussion über das SCSI-Subsystem
freebsd-security	Sicherheitsthemen
freebsd-small	Gebrauch von FreeBSD in eingebetteten Systemen (obsolet; verwenden Sie stattdessen freebsd-embedded)
freebsd-sparc64	Portierung von FreeBSD auf SPARC® Systeme
freebsd-standards	Konformität von FreeBSD mit den C99- und POSIX-Standards
freebsd-sysinstall	sysinstall(8) Entwicklung
freebsd-threads	Leichtgewichtige Prozesse (<i>Threads</i>) in FreeBSD
freebsd-tilera	Diskussionen zur Portierung von FreeBSD auf die Tile- ra-CPU-Familie.
freebsd-tokenring	Token-Ring Unterstützung in FreeBSD
freebsd-toolchain	Wartung der FreeBSD-Toolchain
freebsd-usb	USB-Unterstützung in FreeBSD
freebsd-virtualization	Diskussion über verschiedene Virtualisierungsverfahren, die von FreeBSD unterstützt werden
freebsd-vuxml	Diskussion über die Infratrstruktur von VuXML
freebsd-x11	Wartung und Unterstützung von X11 auf FreeBSD
freebsd-xen	Diskussionen über die FreeBSD Portierung auf Xen™ - Implementierung und Verwendung
freebsd-xfce	Portierung und Wartung von XFCE
freebsd-zope	Zope für FreeBSD - Portierung und Wartung

Eingeschränkte Listen: Die folgenden Listen wenden sich an Zielgruppen mit speziellen Anforderungen und sind nicht für die Öffentlichkeit gedacht. Bevor Sie eine dieser Listen abonnieren, sollten Sie einige der technischen Listen abonniert haben, um mit den Umgangsformen vertraut zu sein.

Mailingliste	Zweck
freebsd-hubs	Betrieb von FreeBSD-Spiegeln
freebsd-user-groups	Koordination von Benutzergruppen
freebsd-vendors	Koordination von Händlern vor einem Release
freebsd-wip-status	Status von in Arbeit befindlichen FreeBSD-Tätigkeiten
freebsd-wireless	Diskussionen zum 802.11-Stack sowie zur Entwicklung von Tools und Gerätetreibern

Mailingliste	Zweck
freebsd-www	Betreuer von www.FreeBSD.org

Zusammenfassungen: Alle eben aufgezählten Listen sind auch in zusammengefasster Form (*digest*) erhältlich. In den Einstellungen Ihres Accounts legen Sie fest, in welcher Form Sie die Listen empfangen.

SVN Listen: Die folgenden Listen versenden die Log-Einträge zu Änderungen an verschiedenen Teilen des Quellbaums. Diese Listen sollen *nur gelesen* werden, schicken Sie bitte keine Nachrichten an eine der Listen.

Mailingliste	Teil des Quellbaums	Beschreibung
svn-doc-all	/usr/doc	Änderungen im doc Subversion Repository (mit Ausnahme von user, projects und translations)
svn-doc-head	/usr/doc	Änderungen im „head“-Zweig des doc Subversion Repository
svn-doc-projects	/usr/doc/projects	Änderungen im projects-Bereich des doc Subversion Repository
svn-doc-svnadmin	/usr/doc	Änderungen an den administrativen Skripten, Hooks und anderen Konfigurationsdateien des doc Subversion Repository
svn-ports-all	/usr/ports	Alle Änderungen des ports Subversion Repository
svn-ports-head	/usr/ports	Änderungen im „head“-Zweig des ports Subversion Repository
svn-ports-svnadmin	/usr/ports	Änderungen an den administrativen Skripten, Hooks und anderen Konfigurationsdateien des ports Subversion Repository
svn-src-all	/usr/src	Änderungen im src Subversion Repository (ausser für user und projects)
svn-src-head	/usr/src	Änderungen im „head“ Zweig des src Subversion Repository (der FreeBSD-CURRENT Zweig)
svn-src-projects	/usr/projects	Änderungen im projects Bereich des src Subversion Repository
svn-src-release	/usr/src	Änderungen im releases Bereich des src Subversion Repository
svn-src-releng	/usr/src	Änderungen im releng Zweig des src Subversion Repository (der security / release engineering Zweige)
svn-src-stable	/usr/src	Änderungen an allen stable Zweigen des src Subversion Repository
svn-src-stable-6	/usr/src	Änderungen im stable/6 Zweig des src Subversion Repository
svn-src-stable-7	/usr/src	Änderungen im stable/7 Zweig des src Subversion Repository

Mailingliste	Teil des Quellbaums	Beschreibung
svn-src stable-8	/usr/src	Änderungen im <code>stable/8</code> Zweig des src Subversion Repository
svn-src-stable-9	/usr/src	Änderungen im <code>stable/8</code> Zweig des src Subversion Repository
svn-src-stable-other	/usr/src	Änderungen an älteren <code>stable</code> Zweigen des src Subversion Repository
svn-src-svnadmin	/usr/src	Änderungen an den administrativen Skripten, hooks, and anderen Daten zur Konfiguration des src Subversion Repository
svn-src-user	/usr/src	Änderungen am experimentellen user Bereich des src Subversion Repository
svn-src-vendor	/usr/src	Änderungen am Herstellerbereich des src Subversion Repository

C.1.2. Mailinglisten abonnieren

Um eine Liste zu abonnieren, folgen Sie dem oben angegebenen Hyperlink der Liste oder Sie besuchen die Webseite <http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo> und klicken dort auf die Liste, die Sie abonnieren wollen. Sie gelangen dann auf die Webseite der Liste, die weitere Anweisungen enthält.

Um eine Nachricht an eine Mailingliste zu schicken, schreiben Sie einfach eine E-Mail an [<Liste@FreeBSD.org>](mailto:Liste@FreeBSD.org). Die E-Mail wird dann an alle Mitglieder der Mailingliste verteilt.

Wenn Sie das Abonnement aufheben wollen, folgen Sie der URL, die am Ende jeder Mail der Liste angegeben ist. Sie können das Abonnement auch mit einer E-Mail an [<Liste-unsubscribe@FreeBSD.org>](mailto:Liste-unsubscribe@FreeBSD.org) aufheben.

Verwenden Sie bitte die technischen Listen ausschließlich für technische Diskussionen. Wenn Sie nur an wichtigen Ankündigungen interessiert sind, abonnieren Sie die Mailingliste [FreeBSD announcements](#), auf der nur wenige Nachrichten versendet werden.

C.1.3. Chartas der Mailinglisten

Alle FreeBSD-Mailinglisten besitzen Grundregeln, die von jedem beachtet werden müssen. Für die ersten beiden Male, in denen ein Absender gegen diese Regeln verstößt, erhält er jeweils eine Warnung vom FreeBSD-Postmaster [<postmaster@FreeBSD.org>](mailto:postmaster@FreeBSD.org). Ein dritter Verstoß gegen die Regeln führt dazu, dass der Absender in allen FreeBSD-Mailinglisten gesperrt wird und weitere Nachrichten von ihm nicht mehr angenommen werden. Wir bedauern sehr, dass wir solche Maßnahmen ergreifen müssen, aber heutzutage ist das Internet eine recht raue Umgebung, in der immer weniger Leute Rücksicht aufeinander nehmen.

Die Regeln:

- Das Thema einer Nachricht soll der Charta der Liste, an die sie gesendet wird, entsprechen. Wenn Sie eine Nachricht an eine technische Liste schicken, sollte die Nachricht auch technische Inhalte haben. Fortwährendes Geschwätz oder Streit mindern den Wert der Liste für alle Mitglieder und wird nicht toleriert. Benutzen Sie [FreeBSD chat](#) für allgemeine Diskussionen über FreeBSD.
- Eine Nachricht sollte an nicht mehr als zwei Mailinglisten gesendet werden. Schicken Sie eine Nachricht nur dann an zwei Listen, wenn das wirklich notwendig ist. Viele Leute haben mehrere Mailinglisten abonniert und Nachrichten sollten nur zu ungewöhnlichen Kombinationen der Listen, wie „-stable“ und „-scsi“, gesendet werden. Wenn Sie eine Nachricht erhalten, die im Cc-Feld mehrere Listen enthält, sollten Sie das Feld kürzen, bevor Sie eine Antwort darauf verschicken. *Unabhängig von dem ursprünglichen Verteiler sind Sie für Ihre eigenen Mehrfach-Sendungen selbst verantwortlich.*

- Persönliche Angriffe und Beschimpfungen sind in einer Diskussion nicht erlaubt. Dies gilt gleichermaßen für Benutzer wie Entwickler. Grobe Verletzungen der Netiquette, wie das Verschicken oder Zitieren von privater E-Mail ohne eine entsprechende Genehmigung, werden nicht gebilligt. Die Nachrichten werden aber nicht besonders auf Verletzungen der Netiquette untersucht. Es kann sein, dass eine Verletzung der Netiquette durchaus zu der Charta einer Liste passt, aber der Absender aufgrund der Verletzung eine Warnung erhält oder gesperrt wird.
- Werbung für Produkte oder Dienstleistungen, die nichts mit FreeBSD zu tun haben, sind verboten. Ist die Werbung als Spam verschickt worden, wird der Absender sofort gesperrt.

Chartas einzelner Listen:

[freebsd-acpi](#)

Die Entwicklung von ACPI und Energieverwaltungsfunktionen.

[freebsd-afs](#)

Andrew File System

Auf dieser Liste wird die Portierung des AFS von CMU/Transarc diskutiert.

[freebsd-announce](#)

Wichtige Ereignisse und Meilensteine

Diese Liste ist für Personen, die nur an den wenigen Ankündigungen wichtiger Ereignisse interessiert sind. Die Ankündigungen betreffen Schnappschüsse und Releases, neue Merkmale von FreeBSD und die Suche nach freiwilligen Mitarbeitern. Auf der Liste herrscht wenig Verkehr und sie wird streng moderiert.

[freebsd-arch](#)

Architektur und Design von FreeBSD

Auf dieser technischen Liste wird die FreeBSD-Architektur diskutiert. Beispiele für angemessene Themen sind:

- Wie das Bausystem zu verändern ist, damit verschiedene Läufe gleichzeitig möglich sind.
- Was am VFS geändert werden muss, damit Heidemann Schichten eingesetzt werden können.
- Wie die Schnittstelle der Gerätetreiber angepasst werden muss, damit derselbe Treiber auf verschiedenen Bussen und Architekturen eingesetzt werden kann.
- Wie ein Netzwerktreiber geschrieben wird.

[freebsd-binup](#)

FreeBSD Binary Update Project

Auf dieser Liste wird das Design und die Implementierung von binup diskutiert. Weitere Themen sind Fehlerbehebungen, Fehlerberichte und Anfragen nach Neuerungen. Die CVS-Logmeldungen des Projekts werden ebenfalls auf diese Liste gesendet.

[freebsd-bluetooth](#)

Bluetooth® unter FreeBSD

Diese Liste diskutiert Probleme der Verwendung von Bluetooth® unter FreeBSD. Designprobleme, Implementierungsdetails, Patches, Fehler- und Statusberichte, Verbesserungsvorschläge sowie alle anderen mit Bluetooth® zusammenhängenden Themen werden hier behandelt.

[freebsd-bugbusters](#)

Bearbeitung der Fehlerberichte

Auf dieser Liste wird die Bearbeitung der Fehlerberichte (PR, engl. *problem report*) koordiniert. Sie dient dem „Bugmeister“ und allen Leuten, die ein Interesse an der Datenbank der Fehlerberichte haben, als Diskussionsforum. Auf dieser Liste werden keine spezifischen Fehler, Fehlerbehebungen oder PRs diskutiert.

[freebsd-bugs](#)

Fehlerberichte

Auf dieser Liste werden Fehlerberichte gesammelt. Fehlerberichte sollten immer mit [send-pr\(1\)](#) oder dem [Web Formular](#) erstellt werden.

[freebsd-chat](#)

Nicht technische Themen, die die FreeBSD Gemeinschaft betreffen

Auf dieser Liste werden nicht-technische soziale Themen diskutiert, die nicht auf die anderen Listen passen. Hier kann diskutiert werden, ob Jordan wie ein Frettchen aus einem Zeichentrickfilm aussieht oder nicht, ob grundsätzlich in Großbuchstaben geschrieben werden soll, wer zuviel Kaffee trinkt, wo das beste Bier gebraut wird und wer Bier in seinem Keller braut. Gelegentlich können auf den technischen Listen wichtige Ereignisse wie Feste, Hochzeiten oder Geburten angekündigt werden, aber nachfolgende Nachrichten sollten auf die Liste [FreeBSD chat](#) gesendet werden.

[freebsd-chromium](#)

Diskussionen zum Einsatz von Chromium unter FreeBSD

Auf dieser technischen Liste werden Fragen zur Entwicklung, zur Installation sowie zum Einsatz von Chromium unter FreeBSD diskutiert.

[freebsd-core](#)

FreeBSD Core Team

Dies ist eine interne Mailingliste des FreeBSD Core Teams. Wenn in einer wichtigen Angelegenheit, die FreeBSD betrifft, entschieden werden muss oder die Angelegenheit einer genauen Prüfung unterzogen werden muss, können Nachrichten an diese Liste gesendet werden.

[freebsd-current](#)

Gebrauch von FreeBSD-CURRENT

Diese Mailingliste ist für die Benutzer von FreeBSD-CURRENT eingerichtet. Auf ihr finden sich Ankündigungen über Besonderheiten von -CURRENT, von denen Benutzer betroffen sind. Sie enthält weiterhin Anweisungen, wie man ein System auf -CURRENT hält. Jeder, der ein -CURRENT System besitzt, muss diese Liste lesen. Die Liste ist nur für technische Inhalte bestimmt.

[freebsd-cvsweb](#)

FreeBSD CVSweb Project

Technische Diskussion über den Gebrauch, die Entwicklung und die Pflege von FreeBSD-CVSweb.

[freebsd-desktop](#)

FreeBSD als Desktop verwenden und verbessern

Dies ist ein Forum für Diskussionen um FreeBSD auf dem Desktop. Es wird primär von Desktop-Portierern und Nutzern verwendet, um Probleme und Verbesserungen zu FreeBSDs Einsatz auf dem Desktop zu besprechen.

[freebsd-doc](#)

Documentation Project

Auf dieser Mailingliste werden Themen und Projekte diskutiert, die im Zusammenhang mit der Erstellung der FreeBSD Dokumentation stehen. „The FreeBSD Documentation Project“ besteht aus den Mitgliedern dieser Liste. Diese Liste steht jedem offen, Sie sind herzlich eingeladen teilzunehmen und mitzuhelfen.

[freebsd-drivers](#)

Gerätetreiber für FreeBSD schreiben

Ein Forum für technische Diskussionen über das Schreiben von Gerätetreibern für FreeBSD. Daher werden hier vor allem Fragen behandelt, die sich um das Schreiben von Treibern, die die APIs des Kernels nutzen, drehen.

[freebsd-eclipse](#)

Für FreeBSD-Anwender, die die Eclipse IDE deren Werkzeuge, Anwendungen und Ports einsetzen

Das Ziel dieser Liste ist es, Unterstützung für all jene zu bieten, die mit der Installation, Verwendung, Entwicklung und Wartung der Eclipse-IDE sowie deren Werkzeugen und Anwendungen unter FreeBSD zu tun haben. Außerdem wird Hilfe bei der Portierung der IDE und deren Plugins auf FreeBSD geboten.

Zusätzlich soll diese Liste einen Informationsaustausch zwischen der Eclipse- und der FreeBSD-Gemeinde ermöglichen, von dem beide Seiten profitieren können.

Obwohl sich diese Liste auf die Anforderungen von Anwendern konzentriert, möchte sie auch Entwickler unterstützen, die an der Entwicklung von FreeBSD-spezifischen Anwendungen unter Nutzung des Eclipse-Frameworks arbeiten.

[freebsd-embedded](#)

FreeBSD in eingebetteten Anwendungen einsetzen

Diese Liste diskutiert Themen im Zusammenhang mit dem Einsatz von ungewöhnlich kleinen und eingebetteten FreeBSD-Installationen. Auf dieser Liste werden ausschließlich technische Diskussionen geführt. Unter eingebetteten Systemen versteht diese Liste Systeme, bei denen es sich nicht um Desktopsysteme handelt, und die in der Regel nur einem einzigen Zweck dienen (im Gegensatz zu Desktopsystemen, die für die Bewältigung verschiedenster Aufgaben geeignet sind). In die Gruppe der eingebetteten Systeme gehören beispielsweise Telephone, Netzwerkgeräte wie Router, Switches oder PBX-Systeme, PDAs, Verkaufsautomaten und andere mehr.

[freebsd-emulation](#)

Emulation anderer Systeme wie Linux, MS-DOS® oder Windows®

Hier werden technische Diskussionen zum Einsatz von Programmen, die für andere Betriebssysteme geschrieben wurden, geführt.

[freebsd-eol](#)

Support für FreeBSD-bezogene Software, die vom FreeBSD Project offiziell nicht mehr unterstützt wird.

Diese Liste ist für all jene interessant, die Unterstützung für vom FreeBSD Project offiziell nicht mehr (in Form von Security Advisories oder Patches) unterstützte Programme benötigen oder anbieten wollen.

[freebsd-firewire](#)

FireWire® (iLink, IEEE 1394)

Auf dieser Liste wird das Design und die Implementierung eines FireWire®-Subsystems (auch IEEE 1394 oder iLink) für FreeBSD diskutiert. Relevante Themen sind die Standards, Busse und ihre Protokolle, sowie Adapter, Karten und Chipsätze. Des Weiteren die Architektur und der Quellcode, die nötig sind, diese Geräte zu unterstützen.

[freebsd-fs](#)

Dateisysteme

Diskussionen über FreeBSD-Dateisysteme. Dies ist eine technische Liste, in der nur technische Inhalte erwartet werden.

[freebsd-gecko](#)

Angelegenheiten zur Gecko Rendering Engine

Dies ist ein Forum über Gecko-Anwendungen, die FreeBSD verwenden.

Die Diskussion dreht sich um die Portierung von Gecko-Anwendungen, deren Installation, die Entwicklung sowie deren Unterstützung innerhalb von FreeBSD.

[freebsd-geom](#)

GEOM

Diskussion über GEOM und verwandte Implementierungen. Dies ist eine technische Liste, in der nur technische Inhalte erwartet werden.

[freebsd-gnome](#)

GNOME

Diskussionen über die grafische Benutzeroberfläche GNOME. Dies ist eine technische Liste, in der nur technische Inhalte erwartet werden.

[freebsd-ipfw](#)

IP Firewall

Diskussionen über eine Neubearbeitung des IP-Firewall Quelltexts in FreeBSD. Dies ist eine technische Liste, in der nur technische Inhalte erwartet werden.

[freebsd-ia64](#)

Portierung von FreeBSD auf die IA64-Plattform

Dies ist eine technische Liste für diejenigen, die FreeBSD auf die IA-64 Plattform von Intel® portieren. Themen sind die Probleme bei der Portierung und deren Lösung. Interessierte, die der Diskussion folgen wollen, sind ebenfalls willkommen.

[freebsd-isdn](#)

ISDN Subsystem

Mailingliste für die Entwickler des ISDN Subsystems von FreeBSD.

[freebsd-java](#)

Java™ Entwicklung

Mailingliste, auf der die Entwicklung von Java™ Anwendungen für FreeBSD sowie die Portierung und Pflege von JDK™s diskutiert wird.

[freebsd-jobs](#)

Stellenangebote und Stellengesuche

In diesem Forum können Sie Stellenangebote und Stellengesuche, die mit FreeBSD zu tun haben, aufgeben. Wenn Sie beispielsweise eine Beschäftigung im FreeBSD-Umfeld suchen oder eine freie Stelle haben, die mit FreeBSD zu tun hat, ist dies der richtige Ort. Diese Mailingliste ist *nicht* der Ort, um über allgemeine Beschäftigungsprobleme zu diskutieren; dazu gibt es anderswo geeignete Foren.

Beachten Sie bitte, dass diese Liste, wie die anderen FreeBSD.org-Listen, weltweit gelesen wird. Geben Sie daher bitte den Arbeitsort genau an. Geben Sie bitte auch an, ob Telearbeit möglich ist und ob Hilfen für einen Umzug angeboten werden.

Benutzen Sie in der E-Mail bitte nur offene Formate – vorzugsweise nur das Textformat. Andere Formate, wie PDF oder HTML, werden von den Lesern akzeptiert. Nicht offene Formate wie Microsoft® Word (.doc) werden vom Server der Liste abgelehnt.

[freebsd-hackers](#)

Technische Diskussionen

Dies ist ein Forum für technische Diskussionen über FreeBSD. Leute, die aktiv an FreeBSD arbeiten, können hier Probleme und deren Lösungen diskutieren. Interessierte, die den Diskussionen folgen wollen, steht die Liste ebenfalls offen. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-hardware](#)

Allgemeine Diskussionen über Hardware

Allgemeine Diskussionen über die Hardware, auf der FreeBSD läuft: Probleme und Ratschläge welche Hardware man kaufen sollte und welche nicht.

[freebsd-hubs](#)

FreeBSD-Spiegel

Ankündigungen und Diskussionsforum für Leute, die FreeBSD-Spiegel betreiben.

[freebsd-isp](#)

Themen für Internet Service Provider

Diese Liste ist für Internet Service Provider (ISP), die FreeBSD benutzen. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-mono](#)

Mono und C# Anwendungen auf FreeBSD

Diese Liste beinhaltet Diskussionen über das Mono Entwicklungsframework auf FreeBSD. Dies ist eine technische Mailingliste. Es ist für Personen gedacht, die aktiv an der Portierung von Mono oder C# Anwendungen auf FreeBSD sind, um Probleme oder alternative Lösungen zu beratschlagen. Personen die der technischen Diskussion folgen möchten sind ebenso willkommen.

[freebsd-kde](#)

KDE

Diskussionen über KDE auf FreeBSD-Systemen. Dies ist eine technische Liste, in der nur technische Inhalte erwartet werden.

[freebsd-performance](#)

Diskussionsforum mit dem Ziel, die Leistung von FreeBSD zu verbessern.

Auf dieser Liste diskutieren Hacker, Systemadministratoren und andere Interessierte die Leistung von FreeBSD. Zulässige Themen sind beispielsweise Systeme unter hoher Last, Systeme mit Leistungsproblemen oder Systeme, die Leistungsgrenzen von FreeBSD überwinden. Jeder, der mithelfen will, die Leistung von FreeBSD zu verbessern, sollte diese Liste abonnieren. Die Liste ist technisch anspruchsvoll und geeignet für erfahrene FreeBSD-Benutzer, Hacker oder Administratoren, die FreeBSD schnell, robust und skalierbar halten wollen. Auf der Liste werden Beiträge gesammelt oder Fragen nach ungelösten Problemen beantwortet. Sie ist kein Ersatz für das gründliche Studium der Dokumentation.

[freebsd-pf](#)

Diskussionen und Fragen zu packet filter als Firewallsystem.

FreeBSD-spezifische Diskussionen zur Benutzung von *packet filter* (pf) als Firewallsystem. Sowohl technische Diskussionen als auch Anwenderfragen sind auf dieser Liste willkommen. Fragen zum ALTQ QoS Framework können ebenfalls gestellt werden.

[freebsd-platforms](#)

Portierung auf nicht-Intel® Plattformen

Plattformübergreifende Themen und Vorschläge für die Portierung auf nicht-Intel® Plattformen. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-ports](#)

Diskussion über die Ports-Sammlung

Diskussionen über die FreeBSD-Ports-Sammlung und die Infrastruktur der Sammlung. Die Liste dient auch der allgemeinen Koordination der Dinge, die die Ports-Sammlung betreffen. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-ports-bugs](#)

Diskussion über Fehler in den Ports

Diskussion über Fehler in der Ports-Sammlung (`/usr/ports`), neue Ports oder Änderungen an bestehenden Ports. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-proliant](#)

Technische Diskussionen zum Einsatz von FreeBSD auf der ProLiant-Serverplattform von HP

Diese Mailingliste bietet technische Diskussionen zum Einsatz von FreeBSD auf der ProLiant-Serverplattform von HP, darunter Fragen zu ProLiant-spezifischen Treibern, Konfigurationswerkzeugen sowie BIOS-Aktualisierungen. Daher ist sie die erste Anlaufstelle, um die Module `hpasm`, `hpasmcli`, sowie `hpacucli` zu diskutieren.

[freebsd-python](#)

Python unter FreeBSD

Diese technische Liste dient der Verbesserung der Python-Unterstützung unter FreeBSD. Sie wird von Personen gelesen, die an der Portierung von Python, von Python-Modulen Dritter und von Zope nach FreeBSD arbeiten. Personen, die diese technischen Diskussion verfolgen wollen, sind ebenfalls willkommen.

[freebsd-questions](#)

Benutzerfragen

Auf dieser Mailingliste können Fragen zu FreeBSD gestellt werden. Fragen Sie bitte nicht nach Anleitungen, wenn Sie nicht sicher sind, dass Ihre Frage wirklich technischer Natur ist.

[freebsd-ruby](#)

Ruby unter FreeBSD

Diese technische Liste dient der Verbesserung der Ruby-Unterstützung unter FreeBSD. Sie wird von Personen gelesen, die an der Portierung von Ruby, von Bibliotheken Dritter und Frameworks arbeiten. Personen, die diese technischen Diskussionen verfolgen wollen, sind ebenfalls willkommen.

[freebsd-scsi](#)

SCSI Subsystem

Diese Mailingliste ist für die Entwickler des SCSI Subsystems von FreeBSD. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-security](#)

Sicherheitsthemen

Sicherheitsthemen, die FreeBSD betreffen, wie DES, Kerberos, bekannte Sicherheitslöcher und Fehlerbehebungen. Stellen Sie bitte auf dieser Liste keine allgemeinen Fragen zum Thema Sicherheit. Willkommen sind allerdings Beiträge zur FAQ, das heißt eine Frage mit der passenden Antwort. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-security-notifications](#)

Ankündigungen zum Thema Sicherheit

Ankündigungen über Sicherheitsprobleme von FreeBSD und deren Behebungen. Diese Liste ist kein Diskussionsforum, benutzen Sie [FreeBSD security](#), um Sicherheitsthemen zu diskutieren.

[freebsd-small](#)

Gebrauch von FreeBSD in eingebetteten Systemen.

Diese Liste für ungewöhnlich kleine FreeBSD Installation oder den Einsatz von FreeBSD in eingebetteten Systemen gedacht. Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.



Anmerkung

Diese Liste wurde durch [freebsd-embedded](#) ersetzt.

[freebsd-stable](#)

Gebrauch von FreeBSD-STABLE.

Diese Mailingliste ist für die Benutzer von FreeBSD-STABLE eingerichtet. Auf ihr finden sich Ankündigungen über Besonderheiten von -STABLE, von denen Benutzer betroffen sind. Sie enthält weiterhin Anweisungen, wie man ein System auf -STABLE hält. Jeder, der ein -STABLE System besitzt, muss diese Liste lesen. Die Liste ist nur für technische Inhalte bestimmt.

[freebsd-standards](#)

Konformität von FreeBSD mit den C99- und POSIX® Standards

Dieses Forum ist für technische Diskussionen über die Konformität von FreeBSD mit den C99- und POSIX-Standards.

[freebsd-toolchain](#)

Wartung der FreeBSD-Toolchain

Auf dieser Mailingliste werden alle Themen rund um die FreeBSD-Toolchain diskutiert. Dazu gehören der Status von Clang und GCC, aber auch Fragen zu Programmen wie Assemblern, Linkern und Debuggern.

[freebsd-usb](#)

USB-Unterstützung in FreeBSD.

Auf dieser Liste finden nur technische Diskussionen statt.

[freebsd-user-groups](#)

Koordination von Benutzergruppen

Diese Liste ist für Koordinatoren lokaler Benutzergruppen und einem ausgesuchten Mitglied des Core Teams eingerichtet worden. Der Inhalt sollte Inhalte von Treffen und die Koordination von Projekten mehrerer Benutzergruppen beschränkt sein.

[freebsd-vendors](#)

Koordination von Händlern

Koordination zwischen dem FreeBSD Project und Händlern, die Soft- und Hardware für FreeBSD verkaufen.

[freebsd-virtualization](#)

Diskussion über verschiedene Virtualisierungsverfahren, die von FreeBSD unterstützt werden

Eine Liste, auf der die verschiedenen Virtualisierungsverfahren, die von FreeBSD unterstützt werden, diskutiert werden. Auf der einen Seite liegt der Fokus auf der Implementierung der zugrundeliegenden Funktionalitäten, ebenso wie das Hinzufügen neuer Eigenschaften. Auf der anderen Seite haben die Benutzer ein Forum, um Fragen bei Problemen zu stellen oder um ihre Anwendungsfälle zu besprechen.

[freebsd-wip-status](#)

Status von in Arbeit befindlichen FreeBSD-Tätigkeiten

Diese Mailingliste kann dazu verwendet werden, eigene Kreationen und deren Fortschritt von FreeBSD-verwandten Tätigkeiten anzukündigen. Die Nachrichten werden moderiert. Es wird vorgeschlagen, die Nachricht "An:" eine mehr themenverwandte FreeBSD-Liste zu senden und diese Liste nur in Blindkopie zu setzen. Auf

diese Weise kann ihre in Arbeit befindliche Tätigkeit auch auf der themenverwandten Liste diskutiert werden, da auf dieser Liste keine Diskussionen erlaubt sind.

Sehen Sie sich das Archiv der Liste für passende Nachrichten an.

Redaktionelle Auszüge der Nachrichten an diese Liste werden eventuell alle paar Monate auf die FreeBSD Webseite als Teil der Statusberichte ¹ gestellt. Weitere Beispiele und zurückliegende Berichte können Sie auch dort finden.

[freebsd-wireless](#)

Diskussionen zum 802.11-Stack sowie zur Entwicklung von Tools und Gerätetreibern

Die Mailingliste [freebsd-wireless](#) diskutiert Themen rund um den 802.11-Stack (sys/net80211). Besprochen werden die Entwicklung von Tools und Gerätetreibern sowie auftretende Probleme, neue Funktionen sowie die Wartung der existierenden Werkzeuge und Treiber.

[freebsd-xen](#)

Diskussionen über die FreeBSD Portierung auf Xen™ - Implementierung und Verwendung

Eine Liste, die die FreeBSD Portierung auf Xen™ behandelt. Das erwartete Nachrichtenaufkommen ist klein genug, so dass es als Forum für sowohl technische Diskussionen über die Implementierung und Entwurfsdetails, als auch administrative Verteilaspekte ausgelegt ist.

[freebsd-xfce](#)

XFCE

Eine Liste, auf der Fragen zum Einsatz von XFCE unter FreeBSD diskutiert werden. Es handelt sich um eine technische Mailingliste, die sich primär an Entwickler richtet, die aktiv an der Portierung von XFCE nach FreeBSD arbeiten. Aber auch Nutzer, die einfach nur die technischen Diskussionen verfolgen wollen, sind willkommen. Diskutiert werden vor allem bei der Portierung auftretende Probleme und mögliche Lösungswege.

[freebsd-zope](#)

Zope

Ein Forum für Diskussionen darüber, wie man die Zope-Umgebung auf FreeBSD portieren kann. Dies ist eine technische Mailingliste. Sie ist für Leute gedacht, die aktiv an der Portierung von Zope auf FreeBSD arbeiten, um aufkommende Probleme oder alternative Lösungsansätze zu besprechen. Personen, die der technischen Diskussion folgen möchten, sind ebenfalls willkommen.

C.1.4. Filter der Mailinglisten

Um die Verbreitung von Spam, Viren und anderen nicht erwünschten E-Mails zu verhindern, werden auf den FreeBSD-Mailinglisten Filter eingesetzt. Dieser Abschnitt beschreibt nur einen Teil der zum Schutz der Listen eingesetzten Filter.

Auf den Mailinglisten sind nur die unten aufgeführten Anhänge erlaubt. Anhänge mit einem anderen MIME-Typ werden entfernt, bevor eine E-Mail an eine Liste verteilt wird.

- application/octet-stream
- application/pdf
- application/pgp-signature
- application/x-pkcs7-signature
- message/rfc822

¹<http://www.freebsd.org/news/status/>

- `multipart/alternative`
- `multipart/related`
- `multipart/signed`
- `text/html`
- `text/plain`
- `text/x-diff`
- `text/x-patch`



Anmerkung

Einige Mailinglisten erlauben vielleicht Anhänge mit anderem MIME-Typ. Für die meisten Mailinglisten sollte die obige Aufzählung aber richtig sein.

Wenn eine E-Mail sowohl aus einer HTML-Version wie auch aus einer Text-Version besteht, wird die HTML-Version entfernt. Wenn eine E-Mail nur im HTML-Format versendet wurde, wird sie in reinen Text umgewandelt.

C.2. Usenet-News

Neben den Gruppen, die sich ausschließlich mit BSD beschäftigen, gibt es viele weitere in denen über FreeBSD diskutiert wird, oder die für FreeBSD-Benutzer wichtig sind.

C.2.1. BSD spezifische Gruppen

- [comp.unix.bsd.freebsd.announce](#)
- [comp.unix.bsd.freebsd.misc](#)
- [de.comp.os.unix.bsd](#) (deutsch)
- [fr.comp.os.bsd](#) (französisch)
- [it.comp.os.bsd](#) (italienisch)
- [tw.bbs.comp.386bsd](#) (Traditionelles Chinesisch)

C.2.2. Weitere UNIX Gruppen

- [comp.unix](#)
- [comp.unix.questions](#)
- [comp.unix.admin](#)
- [comp.unix.programmer](#)
- [comp.unix.shell](#)
- [comp.unix.user-friendly](#)
- [comp.security.unix](#)

- [comp.sources.unix](#)
- [comp.unix.advocacy](#)
- [comp.unix.misc](#)
- [comp.bugs.4bsd](#)
- [comp.bugs.4bsd.ucb-fixes](#)
- [comp.unix.bsd](#)

C.2.3. X Window System

- [comp.windows.x.i386unix](#)
- [comp.windows.x](#)
- [comp.windows.x.apps](#)
- [comp.windows.x.announce](#)
- [comp.windows.x.intrinsics](#)
- [comp.windows.x.motif](#)
- [comp.windows.x.pex](#)
- [comp.emulators.ms-windows.wine](#)

C.3. World Wide Web Server

C.3.1. Foren, Blogs und soziale Netzwerke

- [Die FreeBSD Foren](#) dienen als webbasiertes Diskussionsforum für Fragen und technische Diskussionen zu FreeBSD.
- [Planet FreeBSD](#) bietet einen gesammelten Feed aus dutzenden von Blogs, die von den FreeBSD Entwicklern geschrieben werden. Viele Entwickler nutzen dies, um schnell Aufzeichnungen darüber zu veröffentlichen, woran sie gerade arbeiten, welche neuen Erweiterungen es gibt und andere Arbeiten, die gerade im Gange sind.
- Der [BSDConferences YouTube-Kanal](#) beinhaltet eine Sammlung von qualitativ hochwertigen Videos von BSD Konferenzen aus der ganzen Welt. Dies ist eine ausgezeichnete Art und Weise, den Entwicklern beim Präsentieren von neuen Arbeiten an FreeBSD zuzuschauen.

C.3.2. Official Mirrors

Hauptserver, Armenien, Australien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Hong Kong, Irland, Japan, Kanada, Lettland, Litauen, Niederlande, Norwegen, Österreich, Russland, Schweden, Schweiz, Slowenien, Spanien, Südafrika, Taiwan, Tschechische Republik, USA.

(aktualisiert am: UTC)

- - Hauptserver
 - <http://www.FreeBSD.org/>
-

Armenien

- <http://www1.am.FreeBSD.org/> (IPv6)

•

Australien

- <http://www.au.FreeBSD.org/>
- <http://www2.au.FreeBSD.org/>

•

Dänemark

- <http://www.dk.FreeBSD.org/> (IPv6)

•

Deutschland

- <http://www.de.FreeBSD.org/>

•

Finnland

- <http://www.fi.FreeBSD.org/>

•

Frankreich

- <http://www1.fr.FreeBSD.org/>

•

Großbritannien

- <http://www1.uk.FreeBSD.org/>
- <http://www3.uk.FreeBSD.org/>

•

Hong Kong

- <http://www.hk.FreeBSD.org/>

•

Irland

- <http://www.ie.FreeBSD.org/>

•

Japan

- <http://www.jp.FreeBSD.org/www.FreeBSD.org/> (IPv6)

•

Kanada

- <http://www.ca.FreeBSD.org/>
- <http://www2.ca.FreeBSD.org/>

•

Lettland

- <http://www.lv.FreeBSD.org/>
- Litauen
- <http://www.lt.FreeBSD.org/>
- Niederlande
- <http://www.nl.FreeBSD.org/>
- Norwegen
- <http://www.no.FreeBSD.org/>
- Österreich
- <http://www.at.FreeBSD.org/> (IPv6)
- Russland
- <http://www.ru.FreeBSD.org/> (IPv6)
- Schweden
- <http://www.se.FreeBSD.org/>
- Schweiz
- <http://www.ch.FreeBSD.org/> (IPv6)
- <http://www2.ch.FreeBSD.org/> (IPv6)
- Slowenien
- <http://www.si.FreeBSD.org/>
- Spanien
- <http://www.es.FreeBSD.org/>
- <http://www2.es.FreeBSD.org/>
- Südafrika
- <http://www.za.FreeBSD.org/>
- Taiwan
- <http://www.tw.FreeBSD.org/>
- <http://www2.tw.FreeBSD.org/>

- <http://www4.tw.FreeBSD.org/>
- <http://www5.tw.FreeBSD.org/> (IPv6)
- Tschechische Republik
- <http://www.cz.FreeBSD.org/> (IPv6)
- USA
- <http://www5.us.FreeBSD.org/> (IPv6)

C.4. E-Mail Adressen

Die folgenden Benutzergruppen stellen ihren Mitgliedern für die Arbeit an FreeBSD E-Mail-Adressen zur Verfügung. Der aufgeführte Administrator behält sich das Recht vor, die Adresse zu sperren, wenn sie missbraucht wird.

Domain	Angebot	Benutzergruppe	Administrator
ukug.uk.FreeBSD.org	nur zum Weiterleiten	< ukfreebsd@uk.FreeBSD.org >	Lee Johnston < lee@uk.FreeBSD.org >

Anhang D. OpenPGP-Schlüssel

Verwenden Sie die nachstehenden Schlüssel, wenn Sie eine Signatur überprüfen oder eine verschlüsselte E-Mail an einen Ansprechpartner oder einen Entwickler schicken wollen. Eine vollständige Liste der FreeBSD OpenPGP-Schlüssel finden Sie im Artikel [PGP Keys](#). Den vollständigen Schlüsseling der Entwickler von FreeBSD finden Sie unter <https://www.FreeBSD.org/doc/pgpkeyring.txt>.

D.1. Ansprechpartner

D.1.1. Security Officer Team <security-officer@FreeBSD.org>

```
pub   rsa4096/ED67ECD65DCF6AE7 2013-09-24 [expires: 2018-01-01]
       Key fingerprint = 1CF7 FF6F ADF5 CA9F BE1B 8CB2 ED67 ECD6 5DCF 6AE7
uid    FreeBSD Security Officer <security-officer@FreeBSD.org>
sub    rsa4096/B64357A343D9CBAE 2013-09-24 [expires: 2018-01-01]
```

-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

```
mQINBFJBj0YBEADuKnefrbTVFTZf9mITVx1lFAqwDHPRHZeWBr2Vq1B/Y1eKKsen
BKbK/0/CXaLuGFRn/6PtvieLuWnho88qzaPU1Aa7BFRRiZLN+WrTmaDwd0NjNjQ
p1LTPjqHmLVAKD7mFZe/H8GLxot62zEqY7LrEs+ZuxQ8oI51YKjhGaACvkrFMin0
09+TDey1fupVH1+ySkVKQZo1zp//HL/IrPbZKfGCxIGePQowZF7YLVl8DKPo4jI5
K04tZ1k0PcPL2CqwhuCDy0fpUhrQZBswp6tsGx5mRJxDxfgePRBYDK4tMK+BSVsR
putIK0Z4zoBf12hYFiJ8Yd7e9cqxiPa7AhxPbAjppiH7qJ3NJKCX00p9DcSvrfb
ymu9cbDIPNwh/LQ1wt3T+U8QkD6a1a2kJL5+mdg03Ny+8Ej8hUyuJ0Ex+sxLs+JX
4TS1KRreLzxn7Ak21dNM83611B+Up9gi9l0BNL031TWPABtJhIzwB0hohSqtB9
w6I2ZsPpLqUp/p9BrWlw6+Uf0qNDFILZ0CqL1CyFIyrkjutXrUshqniSc/u1VbTU
RLIcufZhN3FtW1P6ktUq5ss4dqEh/QZfR1WxBYRmbKXXAN61X08M2t44I+44DHi7
j0s1q6jrbfAlilZGYam/5wj0JkvQ3xemp6SaDKnCK0nPHC45EA2SEVGyWARAQAB
tDdGcmVlQlNEIFNLY3VyaXR5IE9mZmljZXIgaPHNLY3VyaXR5LW9mZmljZXIARnJl
ZUJTRC5vcmc+qiI9BBMBcGAnBQJ5QYzmAhsDBQkIB+1BBQsJCAcDBRUKCQgLBRYC
AwEAAh4BAheAAAJE01n7Ndz2rnKEkQAJWJ2ctNY7vg2pqrabavfRZ4U0WrLi4A
g0MnKrm4ozZ1mc7NVMRj0Ve8jLLHrySW5QaSmP8TcaI6twxKD8FfT0FYjBU35DU
liYRlcbZmsBk7aG561TPwaK0XnF47RyPZWkHr07WgiDveGx52AmBdm2VRyMBwnu
e3b5RlKnNVMMSm4RLmrolkL0SAZNAWZGG4FqFtaxPRZo7LR9fEv/NydQN91b2cR8
SnLc2F2yiVc5mq/1f/t8dMBEbNx2+NoFaqP10+1JeGYgmA/vE9fk1oDnn1pHej80
hoJJ9SsQEuaITvzKP9bU+5/o/UqYzAX+y8QbTthjhzpKrwjwjuMVmp6/f/o8ivl
nzD5K1lQ0P/OJAKi63h5LDUC/JHYkT/XN/bbgoSNvefSGV7cdocdSpCoBaZUJ9pf
zZpqRxyprB57f7bKBCI36E42KJKJ3wo873MJeELaeo3ltXi2pBvTN/Idmr16sDCN
PwwgsI0mu4Xd2FG5lanbTsXHKEbCDPh/KK51mWra5judWWFVxChsNSwRHJACBXVa
2fPsahfz4GAeVp0/VbC114m8CHrgm3nh/ZAYNjgJQN5jJ37gQjx2LFsAhW5WKK8U
0Es5YXffjLEiN0nmJ+q8IZj6Mj5LWXkbCvrrqjNT0KnzzZGws+6y4gRQkgkSY3BP
p+mpCQPjORc/iEYEEBEKAAyFALJBjuoACgkQFdaIBMps37Jv6QCeJjxijsWZzn/
z7Cv3zSwSFMaWPwAnig7ZgzoqKqwpvnwAXsQpGSnE8K5iQicBBABcAGBQJSQZHe
AAoJEJLIQ0VtpqZu8r8P/jHm+xi5yMz3DVj6emMazJdXLtnnGrKTnw5xL1X10a1R
vmo+sJ4JlglM+Cy2hM6f16r054E/BYt9GVGaIC4eYiF6DUzlcPWkwniDKfi1lNjz
NIja4qhanuGrK7EJtZXACrhUuNr2EzEm4dd3nXNaBQZv9Flin79tk4vVho7wK7ui
IT7nseUMWdh7T0h4IVSs2LWdvP71WDx8acoYfSpI35C2pKXB5GRWxnzN+w0l+V0k
Dn2fGd+nL7ZEb/c/01h6AfyYJGetCXY1omkXSzgd9KKu/RqZuxL8TMMjNN6z4SAy
MTth0HW0lTK/5h55dJYSquBQwuEAX0Z8RT8S4Nva5LKGr25IpIJuP/TxaHlgdncr
in4D0FtuG0JM0xjuZndo2l0iMZ/LqZ75L61C68GuKAhU2Rn1toqc/NReL1yLhHoM
1o3EvovAfZmzX3s0ugU2N8L+oiTnFFXezpY5Huup5KUKrX+C5EErBIVfvKjNyhK
Fru6Jwy9z3qiGhXNUFAAZftVYhNT1ldkMNqa4jPjOrCW56+gwVfQAO9k0p5uwPNb
Iw59RA2q/wwhZuRoai4nqN9WkgwnmWn0sS9X087jwN3uvK0IF97MGPSXNcmAGXlx
zF3GBFHYf/bpagrvT4v+DE+gLpgfpl086oZbjDPsXGhVNu1iffC64R+vecw7r3Di
iQEcBBABCAAGBQJSRqY/AAoJEFF75hSlwe7HvwsIAJUnlLFMOBLvlBrRuxVeA06X
8DhytdD5YLRzt866cXq6A/dw5709qwydy3upJIGRy6hYLL18ngGZXv5djcw7Rch
QmvBJ9R0kmkCHLe3+fYn668nkxtgQJHWADD90MGFHKLDWa4Pbu5yJKqkTy3tqx2N
mBDEz317F6mMtyTP56QI8PVnh1p6w0McQIVctS3L0C3u4Wjbw7l3Hwof9PL3u4BZ
```

```
L/gJz5KAozUa5tQNV4SLwtUqXBg7kipwfsHxVUqekG9XfMC84GaFMqEKTEExscHoF
VdSzrBKHn6VLEl1sdhcdS9aKS0sqMB25xhBe0h0L4Ddw63j7b47XCqcyqAE5eiJ
AhwEEAEIAAYFALJHAsIACgkQ8cUws8g1l10XkhAAvXUR237vXF/sZCZgG0748Dp0
e0hish/c40DgW3JRehVWAlTAit/+xK6oI5xkQA+z3K06+/bAtNDQgikAkykgpt
VeVW/6v4GGBarUTc/CTcofEpC3rsrEm1ZwPLyva3YuFFnYHATq/2Qila5PnSfj5C
03fZr0gJTXsm6eNt21bH7RYF4DYi4kDNQHxtB0aEcUhcIkS1MsMz5F+/Yeq0d12/
FrcIPDq8c0G30L+QsHFx+Y6b5Fp/HgkQem9Pzu7XkNcf7nj5UFJw+qx+BivaVYhJ
8Ugq3pXYkNkhYSy/AP/Yyp7mo0gpo2tY5e+fqho4pVl rHoPqWTKJJrfYg2Mg/vP
e0nPxiCU3anmFXhfeZy87QLrA2Br00I45StbU3uBhzT1dfNW2BIgxg+LqUZyTrZ2
qHq8T0Psnplu5Xn/UjEDQ5soTq1zDpslEjCX36R8wL3eai74HUTjstF4xq+kiXmK
bX7HhGKD9TILRju+toOPY0ffbs7F0UijLq0JqWEWlnBpoYoHbGfMhN2g2rNFGzz
wiLZgbL2HZsC+KDoog33s60b//A9E3yFIIiPtK668kQmibos9Ie13RC+e0dHP8LD
gcMN/Rc/5B1S9a+wYc8VTf6KInUTq5YwC0veKbg1s+0w7tB9ejqgxHT7iFjR5NB
o0pVki4UthDpewRAW9SJAhwEEAEIAAYFALJIEEoACgkQi+h5sChzHhzyGQ//e6o3
y+pnFTS4UWjUxFTKctqJeqtS84jvcbXhXFGKfnXX15atLYkVoD2Lc05yvrFRnvY6
PjRkxJmLo2Lb/MpoDupRMfR1PxotFYyNYodmoHxVUun+1eIFQ5XUSiQ5sIsjcuYd
Ec0oZfZmFWIHZU0A1cGAtb8WL/Ql6cLcZT3fhPjE025308XcxKmU7sJ1sCC3tyL
CY0dvLffaA0jgXEXUmf63DpC6p+MNkPU3EDk600Uzy4/C2HT26L4tNR6TNCZg60/
lPvmd1/AT09fAHCb4uEIkqR3VLdeg31EHND32g0/2HXc4Xp2dbV8qs+ts13w5L26
D+94PSsTwYf+85mfgu8nBhP00n7lqWxIO/1Mn0rEIVNu+K/fwh4lu8v/6PJYeyIn
LtYkDH3/LcKtS6K6N/2KLbTR0LHXeNKXyt0ULiINteDLV9xYkn6TtZUcTrZ4Xa3HM
yN5mi+a0vptJFBPxyonMMHDAXRkLR8BexxUJqdk2aupIs0Y0Cet6Vk+8Q9bn04gl
pKjTjnnarJJsTlhrdmVobkDhbEGYB3KyrjZp2JmdYyzAbHXbdp3T7yJ4R3/7aQRg
XJlQgEHjmgfF0Wwzxs1JIN2URDZS8k2pyuI6M8ndPtJiYbwqylWcflz57aWYA0Vf
b/G4IEsicSdlmHjYjsaMV/kp1kGrWihB/Dt79nWJAhwEEwECAAyFALJJfnUACgkQ
cTW01j93QHkxbA//SKb0a0wo5dTJpMp7pUL4pkCxlgR3YCZMyiJHAGnC0vHoTmxI
+6+YAU9DBFwjQk2uqqn+Gw+3AxLEN08s2xYvNoxJHUB1bF43HI9LXscGmzfjDR62
cIptcWtgeMw6W66UStdfWUudwDM6WV8BTxg2LYD3upeY69GnN92HinMj90D6PMc
iQjfuDzZAYLKEhic12dKHpwRC0PH9NIA50EchARKZQmjyPc4trWevAyhmpqdw+H
gxh9EBH2I194SvIXVuU5Gyl/l3a/6ntEUZnitBiJU3uUjRnkS5XkJfqy1MjdrJ0o
ymo8mlx0VFKV879ez10KBnE1BlE9ioyl0eGQRNcyYehFE7GmzkZhB0k+Pqd1Meaf
AjNIgQxrqgh8pJ2F8Zd8pGDrYspjICGbbdR0WRNcoN4kckJruTWfQ1xr//Kfwp1b
kCQWRwYcRL/RNVVZuHGvTiTa2wZNBwfZk3tF9cXaYHIqhYU8l7Lc1zK0Fhv2E1t
Phw4pu495RbGRAFOE145+QmknIy+DgIkTzQ1s36vnI4SVw9zs0D4Np6d1mF1p4gi
VVrgTQnlF3poZnppCUK9Rih8s5kMnyuRruGm/Lod4jL3wcbBz4sxBkCgrc2pyU1M
SNAjM2V8c7cGLgPQX0eVqgXJoTnlNItF07aIZyFEA6e7YeiTeXxPfU10Q2ISgQ0
EQoACgUCUk3NEAMFAXgACgkQ0fuToMruuMAGxQCfScnmguCnT0J07KNsLKLmGW/6
ffaAn2J50o8KV/wu8auCY1o6EkjpiJt/iEYEEBECAAYFALJKLYkACgkQ20zMSyow
lymmfWceLqSUDHBH8JnuaJJEUyQACGWZo88An0wcNy95yGdSjtgBFXNPZQJL2gSu
iF4EEBEIAAYFALJNSA0ACgkQUYUJaGx+XoKvBAD/bUBqzL0oZtaF7WUDXchb4yki
f0ko+zh832R2Ad0KfygBAKNEUUK0nZFLJ8GZqAXmIWktgmIWfOMSxAXDLsyionoh
iQIcBBABCAAGBQJSTYUGAAoJECC3DeE/HR5PCH4P/ic8LWEp8aJLL10R+DSB9H3I
cES36ulQLHKmmWmc/ysr/bLhGhBqF8TM3hzvdTqj6p7zMZKThhKKVLLBxjlv2MLc
OVwhCzQow/D8EpUqQw3ufpWdYzCI7SF4nohremXjjv9FZVv80QhXLSqDfeopIBGs
ZD6v5mZn0CtT0hBXD1rowcZVo2Zdgx7/HgL4BRH19ZMiKMVdp365ZQzGLRVNTbww
fs13UTINccHA4ggbJXX5h5oUo8pbp3yXso6cMnuuawFRDu15JjQctkpaDyB0QohS
z3i5LqA912kRR1rEQjgXH8GcudfQ671FKZ+SJ7lwd+s7vdUMIifAXfLcUCKMLAaFP
QB/J/ZT7FEWl03ZeFKrWcYmKx0Af9/ieK0/ptdi0f20X7VvE6AkReRBiqAeK9M4a
dgS1hnvs+QdPB40dTXEFruk7+hcEqqan+ZuMhWohJlAhThxTF8Vx10oyNyXiXiJi
mJMTsGmvF2x+uQ/S4+7Mg8+A0oGYjwvNFC+0jW092Ix9M3y+upxkc8K0M1/U9nq5
p7wje5MNdCCHyVTPsXvg/bDaQYopKTD6aVu94u40lbhUXki4JnTQlwqFVKGHnpW+
BPbpQyqhY+t1QoaUWgRL+n8+WbVCqlFQF8vIoqbYGP4WxeVfyLZTFsvWDoJUPKKv
bEsyhpVFj5XT70vJ866EiQIcBBABAGAGBQJSraaeAAoJECZJ5ijf000F4jIP+weC
FBeCKY7sprDa61kp10GNF4YujjZ1QKQDgrQA9ipgv3pN+5ovC/ClzZm5baVGi+j5
zWd/blG9YZAAPm/kkPAIvCPYIuQ9b+/cr0UjuxyywuE2HSbaFuh66lW7Eox3NT8N
NMEl6Zry6m8RDHqTZIpwJPBiCgEcNqr/dcbtE0XgzJj94N0WSuq1URpP4wIT9aAV
Bqdj+0KQDkDk6Sqvmf59Cjt8hihvXAh0qcgUko8y262ABE08kxwfvqRYECE+eDE
APUEy0i/6uI0dQjQMytTWKogPIYg4wQjpG+Pa7wL7Anx0TBp4WvoS0BuCgjSYaxn
wVKHBMvxSCuDHbURLN0wQoAKSg9ib6m/Vy2vfi9ak8crXJFZ6eLrIXt73gyiozfk
Efvd6LB0J9AeXstnubEs7ltNq9qKyW4+vR9eABmn/wABxCsHNjw+mmi8xAVhhc1K
qZC/D4vm6r8ZwrVAsmTAdqCTr6A48J15FmIwcaQRQWQ4oytxTGA7rHRFVjrt3YIj
/WP62byp8s59H0KJE+ma9q7ksAvnTolfrMiNA8/18Zm4CADKUny6GLzpuKgcYwTu
cqE/zBwUszI2NrJNtaKwafDxyEAwgBXNl1lFiYF9+ntoMWlQDQROPZLYChRThJvR
nNNSt+WwcuSHSFexL114yrPJ3MBEe7e+2Vpj9HR2iQIcBBABAGAGBQJSSFmrAAoJ
EDpFFvNRg85IHx8P/3exX3fATzNwqfININlvYjxMzuGIHdV03w2pHr0LlmpX28/U
UHSQL9yRRNhziimm/9v3dvv5XHzjUzCEozoAa74DnICe8wUfju8sGmN5FKoLbvSz7
```

VvcW4mAC5RY85zk+7LuTg2wHZIIIdgirTDrgPSirtYkm+qpuX/k5LAKwmYtH6gghq
v7rnYNKUCChh+Ga+4yNbsdD7blWYr52UwnfT3evbgI5GqBMZEbghmqNiR2fcII6tr
NnuawH646UcucwogxPtLxLuZnsLEpWiHQLAVvHLrCMoEKYqS+NRX0wZF04zTwRpL
CULj0PxLRInvTrEpBd1KVejbkNWK7wfyL/bF3rR9pMGWuDC32/9BfjtGgNDXJhQ
MDGntyAeQfiI3Ml5b5SA8bT5DsR/FIQDg0UDe5jjeVIEGZKunmRT/Iq0LFMpZoMH
qNqW8YrHlPN2o2c0/VqWSLzPKmocgqLwLkx5oqvn/F12xUzazGhFTFp6IXpqQVT
lkSPDdsVJuidj9ZJLMRoKfFD9tISqTocGw3sulqp8u5KZf43THWspBi4tD4IoN5r
lrLwtpnkteffy062NZ00yg7rPUGJYlpgAMIDkXmsp58CyXqrL1/art0Ymcy5z8ea
1eUCnq/ZJJxrxj+HrXuwko4fXTewf+nzSbJ2GEL/fMBkzA0Kl9j5b0PAKwid9iQIc
BBABAgAGBQJ5TTdGAaOJEE2hFOXeouV/uSQP/i/yJbvVxXlWZhk2JFhDpZaewDL
TUCkgsDeS9M7fde1Y/NbnVwSm/TtzyS16XPa5lIeXUTTlbwGiI/ZqFPDaDptUmL5
1b3cgmReW2o5zfLtnDZHYpN8wosMFMhj2wk0XpQv7D0JBQf5MNNPHubLBWY05o4
dfDBKi0GKVWL8ZKHInGvREJw7wF6ukYtnWQ0IaW//qmVwokv36I2EJooFdl7oFh
a+Pq1n3DhQAgiln6/Mz/96fn7NvYvdbQlMGLuPRANVukjFP9zQroF8BmhWQbEHZG
alT+Fsd06A/CjWlKkb3Ys/N0wDi9kQ2ez/DZhjXgBMXhJrdPmeTEHrnX701Am+2D
CSpz7bbk0ayILC5gx8DWq4hjGu5JtGcpJE4AsN69dXn4r/w8IUecoGZG/CjVQyAc
RxsIc9n0JmzbJkQGRP8A26Io0/xrw0jU2gGkYR+EaR3o9Qa8tY/uZpYb3t3yh+b0
Pqn8L0Mnp016uJni3/tIY/kiqBnGF53yVLjlekwf0RXBRFZ3GNroe210Xrfbh07
9BytMjTBsQahfaMdFZF1QINvENDJ+PQhxx7R2g80yxj67oa0F/W0zdzYDbYnM2bt
Mw89mv/q1f0xmdtaTJXz6ZpLPY3MtDWCJ/LcKDKUQqnyS7XiLD95HdFnck9GPKQe
F/mgs5YlQeQZg8cSiQEcBBABAgAGBQJTMetBAaOJEE5xLeoRUEkcGgIAL9ZRsk/
BMWQf4tK9RTY82bihv5T5XL5ybnXuuPMC+E2IHDR1hGE9WcFr237nyfVxdnLBKn
IUbPrghdeGAWg6ki2IW0jgy1Q46M+P69yroc6KCa3V6LdM5L/CCk5Sr7L1LbvZ9g
Mj4AkN0xGhy3NNZGsmiXZWmB0i0Q4EJwLIwtFgMCKc4KMRD/h+f+/opMW9782bN
L6txp3tk5M0Uxa+Xk1gy8MzGtowL2Q+P4zxa9NSVYQ6picYFvjWGtzUJ5izdyb/
se9wLIT8p0iyPrADP+P93EjkUrH4Im40uY9ieKc3hFsnLhnI5VLPsY29xXCi3C5
t72Nl5DU+/JJrtYJAZwEEwECAAyFALQUczoACgkQjw7rxHtHFslqFAwAka5jXdrV
IGHT/n2YwZGTfgy5+bJfMZUa6fuozzvB4h53MH3YmPHRjwUrpkAjTh3dFkziVU
Ns7j4+7x5uE0E9Y1BaJ6DTzEAxZNwtSeCYzCA0FZ/ufuUxGfZElcrU7AN6/ep/lm
gsE3+5tak8VYJxDjgu56uEiz449Lscj4G3F06eXhCiWiB7+y0a9m6cZ3yE7k8fo
TV0br8xdhGzw4+YEx3/4usD89GIKwLN3LZFjndqdPnYidneJ9NCrGH9g4+DRl0kw
8LGLSFxcNLqVeBDBS2bw1G1ZSsd0NH+8deeAf9rEsm0T4CQKOWdgTnkK809erwvi
dUvsANl0ypecG6HMo+NoS6kjR/CwPF8vDnwhEpy3N+VRZGhSD77D4LUWKBLQDisv
6HuyALmE02Lq9v5cK8fWy5cehS8hvAdn/FU0G0vPg6JowBZkyvqb0QDHI03buAr6
NtnPdhh0d/ec00kCPgcTAdwqWrX+l7D4SImMYjFAe9Gw0NAkkcRVMo6jiQIcBBAB
AgAGBQJUDXNxAaOJECZwmtY/E3EPJ80P/1AuTYo48UmvVklD443cvaUpItzLUfrw
4q24KjiCTT63ETf1+V8RZCRreqt3mFJnZI0n8X+hSLAIPdJrJ1xtIKDoEwbQ1U8j
ClFq4FtUaqSHKQIwVw2VzGgVz2MvPTWk0EbWHD9vhtotnYrq4H+T5cBuSyrW9Zu
Gct6zsZbC/0/yiYkQg3Kz6PtCiSPP3AHNH3ok1Nh0QsS0l1ggGp1J4gr9A0/Kcf7
lQ+/X0G7kHVxQnKzzuYI7XsV25Mp3oBsioQB/9aHt/JVfjrkPH0FtdTUEUcmfJqe
TMxw6xXHvsl0Ij3ixj8fRSMYJaQXVjTwu2yhY2oZfni+JG0Gc9TA20lijhfy0W7
2wE/qdFW3I7CY/3hBYa63IwNGUK/t0520m0ZmhrzKADvWc6lCGG02M7fy/Q+IgOT
PS4+5A1fs708Ds7qHj/TkltVmJftaCkZCTWqvQ2XxStzYnHvojNxsTCqhI0ZLM8
+/SSUMzox4G2d+z4Wtlok+HLwcf4h5iA0Qg2HAzG084bamw0E/r+hB19YV07dGND
h/7TI25S1hk46CbulajnaAiIfg4UnbMpUZt+ZC+tdCuKsFQcRL7cUXqk3gKaIF0l
8Dly72t5gYwYUEZDKuKisAztRMCvdI1bg8j8ALFjbt5cYbrtyLYVbg5Nm+mawXh
/U5lqcrjWdbFiQIcBBABAgAGBQJUDg4iAAoJEGJ6sNnqQ9eZRYp/lgeWFuerAtS
j09ew9bhqC6oCVBi7R/DNT9WLNxvV5h3DyzGXnlhoEhdBzF3G4RmC6RaxZcjTQaI
lYF0qGtvZXWsgQ4W6UIT58E6vny0j1Ugl4Siqvo1L7Ixct0Bdti0sQ082P44B2K
bSWqN8zMw3lMjnnmrIib+PcC8PQgLUZ5twosE0l/MuuDXRTAgPa4jXuKY17V/6K
NPND4d/rnsENr3+YXlG7/pdAgT9CADnFfBKSRauHQ454QzGaJln54FAs5INXf6iv
phfbrQp5on7MyShFNQR5AIEf5SNG/ktBlvrHItdCdwM/Fn0k5fg8EM3eqZHNC8HE2
SxGKa95o8QcbI2E/0iPJqzLWlMlAxaav53Ei4RzVkgZPfS0hwFuP/Nvg2FYqUTZK
Ie5Btsqd9rPvCTqywjGMKcQUIVK/aiqcDVlJ7SewjxuIG4+4eaTniQgVZspqGcbH
FHDssU/oedCIURRV2vMCCWaFEKR94vIK4IbXF07AVAZPs01itZj6PWaFZ1zwLbWt
+VmgKM8pj5L7xy+vX/bGQR075JYrLYP1a9h/iG/Am0ezZQrtjTPtV07hLBQD0mpt
s3Bhesl9VCH2GkqBhsHjxhYM9cnQqMCMsp5fERRqphxyCoNcBdLHurikt34XMuq1
otgC2RQoYGsIdQlYX2dxIQhDbij70GrRiQIcBBMBAgAGBQJUFHNAaA0JEDk/yxUg
Q+mJ4NwP/lgh4LefqQu+pbXAD6zezvM7r4dLca2TeFMCWSIRpRdtMqiavsrBtubp
kInXup616EcEYlNKi+mNiHYZx7TiUxdllljrkR0HVtp3MD/AgBoal+JlmuESe5Yb
0frp+NwJ0LikuBG1v2cY2mZgIAkFvbfwVFCtJmwGL8nLyZrG1QRy242I179lNFCA
1xZu+9vKbakwnn4rqwT8ihft8o2P0Y2cq/MHs0XNmalUhF9Emc6sNR0vXkDeBKAA
gk+3lcbabqSni6I0pruX1XwtfnlIEqZVU49unYbvylh4NTl2vjawsXAec+tbVQp
aFVwvru+07kC8Bw0k83IiBHDLCQ+oE6c1CdKbyfmQ+aH/OJ50cyGqJGeh4Q0PfK
RSd44Ew3l/rzuHWjw++/JpfznK5mhV0bpmWd3HH77gwm+FNao5C60tkPtMfVfPqK
PbBTrzdzN1l26VloqfCRzXAnIKMqEP4JlJd4l5awopqeBfRwVx4+XVV0y2qfvP/6

```

DyKwK6D97p7j rB6yuMoYbKvJKox75SxiGMv4gubj22iqIp8tJarrrB0NdnhZCcx
L fDMcVJDSzI2LmDk5SxvNycNyxLCVvda6upMDB904wDE1EJJnsvkhubwAdYEYCW
8CnF3toHcP1bGRiJGJ6Qr11NpCdCjOmbq9KSxfkadBQ93uXo56QiQIiBBMBCgAM
BQJTd5xqBYMHhh+AAAOJEGwc0Sh9sBEAFBgP/ieZTSvyMwn0Z0PNlQYnhkhaZRHP
i5fz0Mzbwd+hC/3mi2U8mZOYXvTeN6+JiWJ7s+4UB0+Jo0wwMkkNGYWygmF00U1+
03FJB9cDIXFW5n3rjjbwX2RLcbx2ATQnNHRSSZdXWgljTbzorP0AL9ZhoYwJtRYz
fCd+r5JZrd59zGgc70aDAjF77PVA5L6LZXzTH4U4h1QzF8ugAmtNqTEfEhKRo5pt
ecu6S1f360Lc1L6Coc4amU3fMCPXP6IK5aMBPwzfXahAylITvxjbujIkh/y3KifL
cgsgc6a5y24+0Bo02RzCnB1QB+alr6312b3FMrixsev2RfyPzWxfN8eE8JElobbz
4sPd5SgQ3P+iF+g9E4fTnXhk5f4u+wU5PtIWxzWy6EYz0hGgE4Dz/uQ2fcRBAS0
xMJQvPAeFM59SVTJGfIRzeNY6H/zWeC8DTE9jKbzhZ8kIzxyr9iTd7XJhp5pCvez
zkG7R9x3ySM00s7cWNB1V8Ne0YwNPZLStCpW6kWNfC4qmNorukPcVkh8tRYf
Gy+ebrWdXphdhLRZB5NpQ4ECG8k0IP/1bSRNvMs4WHU1C+hk0n8vcf0ZDM08zPro
SCNnHB0MUBXENfv4+ZXMI39fAHohQ1Hw2LlqibeJHr5lbiukGQ6v8qdo5xdaeol
JnXUSVN4XvroE+uZiQJFBBABCGAvBQJTD6AZKBpodHRwczoVl3BhZXBzLmN4L3Bn
cC9zaWduaW5nLXBvBGLje5S5hc2MACGkQu14sRioPqLA7cQ/+NvSnh6fw7Gf89uy9
l4+/8hjGm0REFQf0LLYdiqf1pJ9N6Vf4MdhEFZs/2bv0gitSZzyScvxAuv0LXE4
xPx0nwVYQ/VuxLS0BdTjU2srdnHrHaQxos16WLq85C2NsCSZNL0CXalMZk3XD0FH
HrcyWGfyiX4vr0tn+4G70FWbsfrK1Epmx3v+nCpCPmgBjdLRy9iU6uUjWB0w/ZVE
eD5MNAwyWumLJz32gpeQFSpELcviBoYxec8pIzlfV0db5ydJGZlsWM5W/K0y1ZFm
dpCfsl/hPGbBETeEf0mszchZDGtwaSpo0oiZj0LX6kSUTsp5GhjeTtntu2Hk9oq
b+u4TtAJbKHaYovJn2cysmWyE7Hqvvh2Lo+uxwm9RjKRNbtYByLZnV6QFaeMejen
RFwLdtdiilUmXhV6MUHNIIZ0oJZ1zo+GkZKwQdofpazyrWpfkAC+x2ovV106RYM
BAEcGg12ZZ1RcCytM/67efGG9KxjukARycsv1pU6Cf6l0yjq0ikM3pnxWfdLvybU
9E4U7THfJ0sfXfs2U7d7LAX8WfWru1I90ZmFBL05Fm3WMAOpLJmdaSoNJ22IJrZb
StCdb7GynBD9x/qUGRrFikKtZxGZghor5xHwXttn6hLgxvoF5cDmN8g6dI0snbXK
DljubF4feV9MBwiGwpjeG/71PcKJARwEEAEIAAYFA1WtLaIACGkQogW5M0pw+irQ
+gf/TRWhT+XFhokH4E3v+J9lTqhQ+IBjVfYVZm1nzBxTkvrEt48i3VBuJjp2Q5H+
cnRr2VE76IVNsvt8liUe9GF+1tylVA7qDGDm0lqkGjPVfD1viGRgtrGBJFg3oVr6
uyjKUyhzELQPKGU+lfbhXlVE3oMyhLxf3xUd/TvGXEEaqMoPgNfGiwfjtSX6oxas
HEu3HFD02EqM45dtjbHoJ98gvDSb4ReA2ZknD/gYnNt8cMdHnv/VieeCpSDxiD6D
qljpySPUXjz0kh/LwcVZaMm+nD5BzKcXu2lD8A0fy6hVKSmt2GyKzfWr0oZw47e2
eVMBPG/l4YB2H1Im8PPSuaEQbkCDQRSQYzmARAAtqDvVjJvadVMDJipe7K1P0K4
QtcFswiKYAwc0J0k0eM0tDirorP869gdHtkuK3fEuW0rtId50eAjSCI9NIihX0r
0A2iJ1PrdhhleoV7Cf0u0DxTVaO/Z9HSmuQWoTz3zr01XXyb7pSzb8oGMLGFuQ4
X1yNRZw/0daGN3jYmxRWLJj+/vLUazvzt8L24JdJJ4PEZ3TNT00ophZDjnzxGMR2
6d9Fb3MV9kCcBIpIv3e1I8IKJyigmlOUqGRCmuv6CMADM0NWEGRBKAUg+YjP7C25
QR7DtFLSyorpJ2QXUax2Bwg8F2b1+54pfXbQ028nYRszY0/ySirYjahrT+LiK0gK
N5HLTn6vIb/KZgmaPR4F1cVJYPjlxDibu26kRIlHBIZuYJ9diZSpm/ump4ZXy5R8
41NjoGZBpIFsfm4or02nLuxEof6khy2K1l9W08U9A9G05aznQhDGiJv4GB4KXfnL
xDW51q8PZWmPwBEi7mQbh/d2DyqzVLnIqiUWmk400CB3VEHWzS0sM0f9NBHWOC8
jhlHak9zzB3qNsJ6x1DXIHC3f4D8owFAqy6z2BVkKQys7mxXzciTvyYIqrb5ynRt
sLL2GMdn1NeMfziB51yMak9BDMGGymX0bY3Gmg22gFwnb+ZBx+rNAGt4R3ngk+/C
0jeXHyGQnNs6wwoCyuMAEQEAAYkCJQQYAQoADwUCUKGM5gIbDAUJCAftQQAkCRDt
Z+zWxc9q5+HLD/94Jdl4HSb2bA6N1k+Snajvy7C2xCS6GpOMIkDaIo+Aowe85ixc
JeqiNM4lBr80GMqAe2z0cMs4BvPHudNmN/4ceBsXwUnmccr1hJiEaQr4eAR/LDC/
pz6gvykCndDKSe0vg5FiiXIqf6sTXpMu4euabQ04485obSBaF7/3z0Uf03Rtadw0h
zEcV/XaiCToA8fwGFNgHAmL/07uaPmAI3reL4HMEHNxIggARMiYnmFP8nVgJi70
qz6rv65/E9shtNVQihBGEXGZf/lrxBsQJsgG2Vj+ggkDZPX5Aft7KCV4UrHtM+d
X3yKbwiWwosPwKmgzYxR5qX6JZyAr+72Zs5/eb56NGEGUJYKLmWjd85zCQHTZirF
sDIuZs87oYdrDYmFrwoWmoxZqSLeBCNbURu/Bb04nnJWzr3fwlqW06LP07rCaFUK
6/mdYPJt4CpmDe3oGntdP/UVA10ZQ7qWYHTzNK2heBm4NHY0QMBXYoAE5bHMCDnN
YVN4QRVxUyjsXKfgj0yi0jZXH+9/CHihIXaCqOI4MdLwRx7dUwhoK0t519/Wlh71
w0qvg9kVt63A7Etyr7xj/IPpEGURdF/EhXXn0offWL8+BKcLYp1Tbp9gJe3Ab/F
3V0WuafMlp0N+Ii4YEem56Al/Ei8sDA+BN7cpw7o5Xf+HAG70CdcRdn7Vg==
=mLLk
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

```

D.1.2. Security Team Secretary <secteam-secretary@FreeBSD.org>

```

pub 4096R/3CB2EAFCC3D6C666 2013-09-24 [expires: 2018-01-01]
    Key fingerprint = FA97 AA04 4DF9 0969 D5EF 4ADA 3CB2 EAFc C3D6 C666
uid                               FreeBSD Security Team Secretary <secteam-secretary@FreeBSD.org>
org>
sub 4096R/509B26612335EB65 2013-09-24 [expires: 2018-01-01]

```

-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

mQINBFJBjIIBEADadvvpXSkdNB0GV2xcsFwBBcSwAdryWuLk6v2VxjwsPcY6Lwqz
NAZr20x1BaSgX7106Psa6v9si8nxo0tMc5BCM/ps/fmedFU48Ytq0TGF+utxvACg
Ou6SKintEMUaleoPcwwljzDZ3mxx49bQaNAJLjVxeiAZoYHe9loTelxfsprCONnx
Era1hrI+YA2KjMWDORcwa0sSXRCI3V+b4PUnbMU0Qa3fFVUriM4QjjUBU6hW0Ub0
GDPcZq45nd7PoPpTb3/EauaYfk/zdx8Xt00muKti9/vMkvB09AEUyShbyzoebaKH
dKtXlzyAPCZoH9dihFM67rhUg4umckFLc8vc5P2tNblwYrnghL8ymUa0IjZB/f0i
ZZ0ZLVciDeHnjK3V26jLaiPyiYTG1Hrk9E8NaZDeUgIb9X/K06JXVBQIKNSGfX5
LLp/j2wr+Kbg3QtEBKcStlUGB0zfcbbKpE2nySnuIyspfDb/6Jbhd/qYqMJerX0T
d5ekkJ1tXtM6aX2iTXgZ8cqV+5gyouEF5akrkLilySgZetQfjm+zhylx/NjGd0u
35QbUye7sTbFsimwzCXKIIPy06zi04iNA0P/vgG4v7ydyjMvXsW8FRULSecDT19Gq
x0ZGfSPVrSRSAhNHzwUivxJbr05NNdwhJSbx9m57naXouLfvVPAMEJYwARAQAB
tD9GcmVlQlNEIFNlY3VyaXR5IFRlYW0u2VjcmV0YXJ5IDxzZWNOZWwFLXNlY3Jl
dGfYeUBGcmVlQlNELm9yZz6JAj0EEwEKACcFALJBjIICGwMFCQgH7b8FCwkIBwMF
FQoJCAasFFgIDAQACHgECFAAACGkQPLLq/MPWxmYt8Q/+IfFhPIbqglh4rfFzgr58
8YonMZcq+50p3qiUBh6tE6yRz6VEqBqTahyCQGIk4xGzrHSIOIj2e6gEk5a4zYtf
0jNjprk3pxu20g05USJmd8LPSbyBF20FVm5W0dhWMMKagL5dGS8zInLwRYxr6mMi
UuJjj+2Hm3PoUNGAwL1SH2BV0eAeudtzu80vAlbRluYVmjIDn/dWVjqnWgEBNHT
SD+wpA3yW4mBJyxWil0sAJQbTlt5EM/XP0RVZ2tvtETxJirXea/Sda9mFwvJ02pJn
gHi6TGy0YydmBu0ob9Ma9AvUrLxv8V9eN7eZUtvNa6n+IT8WEJj2+snJl04SpHL
D3Z+l7zwfYeM8F0dzGZdVFgxyBU7t3AnPjYfHmoneqgLCc00nJDKq/98ohz5T9i
FbNR/vtLaEiYFBeX3C9Ee96pP6BU26BXhw+dRSnFeyIhd+4g+/AZ0XJ1CPF19D+5
z00janJkh7Lzn4JL+V6+mFLe0ExiGrydIiSXDA/p5FhavMMu80m4S0sn5iaQ2aX
wRUv2SUKhhdqhIILLeQKLB3X26obx1Vg0nRhy47qNqn/xc9oSWLAQSV0gsShQeC
6DSzrKIBdKB3V8uW0muM7lWAoCP53bDRW+XI0u9wfpSaXN2VTyqzU7zpTq5BHx1a
+XRw8KNHZNCSA0CoFZwnKyJAhwEEAEKAAyFALJBjYgACGkQ7Wfs1L3PaudFcQ//
UiM7EXsIHLwHxez32TzA/0uNMPWFHQ4Ezzg4PKB6Cc4amva5qbgbhoeCPuP+XPI
2ELfRviAHbmyZ/zIgqplDC4nmyisMoKlpK0Yo1w4qbix9EVVZr2ztL8F43qN3Xe/
NUSMTBgt/Jio7L5LYyhuVS3JQCfDLYGbq6NPk0xfYoYOM0ZASoPhEquCxM5D4D0Z
3J3CBeAjjVzdF37HUw9rVQe2IRlxGn1YAyMb5EpR2Ij612GFad8c/5ikzDh5q6JD
tB9ApdvLkr0czTbucDljChSpFJ7ENPjAgZuH9N5Dmx2rRUj2mdBmi7HKqxAN9Kdm
+pg/6vZ3vM18rBlXmw1poQdc3srAL+6MHmIfHHRq49oksLyHwyeL8T6B04d4nTZU
x0bP7PLAeWrdrd1Sb3EWLZJ9HB/m2UL9w90m1c6cb6X2DoCzQASTVypAE6SQCMBK
pxkWRj90L41B562snja+BLZTELuuLTHULRkQwS3fFkUxLDsMU96QksWlwZLcxCv
hKxJX0X+pHAIuUmiMaPQ0TBDBWWf5d8z0QlNpSyhSGFR5Skwzlg+m9ErQ+jy7Uz
UmNCNztlyGrKeckXuvr73seoKoNXHrn7vWQ6qB1IRURj2bfpshqlmYuITmcBhfFS
Dw0fdYXSDXrmG9wad98g49g4HwCJhPAL0j55f93gHLGIRgQQEQoABgUCUKG05gAK
CRAV1ogEymzfsol4AKCI7rOnptuoXgwYx2Z9HkUKuugSRwCgkyW9pxa5EovDijEF
jljG/cdxT0aJAhwEEAEKAAyFALJBkdUACgkQKshDRW2mpm6aLxAAzPWNHmZVFt7e
wQnCNf/FMLTjduGTEHVFVnVCKEtI+YKarveE6pclqKJfSRFDxruZ6PHGG2CDfMig
J6mdDmXCKN//TbIIRGowVgSxpIRg4jQVh4S3D0Nz50h+Zb7CHbjp6WAPVowZz7b
Myp+pN7qx/miJJWew22Eet4Hjj1QymKwjWyY146V928BV/wDBS/xiwfg3xIVPZr
Rgti0GN/AGpMGeGQKKplkeITY7AXiAd+mL4H/enf8b+o0Ce2Z9oSxSsGPF3DzMTL
kIX7sWd3rjy3Xe2BM20stIDrJS2a1fbnIwFvqsZS3Z3sF5bLc6W0iYpJdtb00pt6
nekRl9nboAdUs0R+n/6QNYBkj4AcSh3jpZKe82NwnD/6WyzHwTc0SDRTVkcQWXPW
EaWlMv8VqfzdBiw6alcXlmXQSAr0cUA6zo6/bMQZosKwiCfGL3tR4Pbwgbyjoii
pF+ZXfz7rWWUqZ2C79hy3YTytwILVM0np3My0V+9ub0sFhLuRDxAKsIMaRTs07ii
5J4z1d+jzWMW4g1B50CoQ8W+FyAfVp/8qGwzvGN7wxN8P1iR+DZjtpCt7J+Xb9Pt
L+lRKS0/a0g0fDksyt2fEKY4yEwdzq9A3Vkr01HCdUQY6Sj/q7IyQHumxvL90F6
vbB3edrR/fVGeJsz4vE10hzy7kI1QT65Ag0EUKGMggEQAMTsvyKEdUsgEehymKz9
MRn9wiwfhEX5CLmpJAvnX9MITgcsTX8MKiPyrTBnyY/QzA0rh+yyhzkY/y55yxMP
INdpL5xgJCS1SHyK85H0dN77uKDCkwHfphlWYGLBPuaXyxkiWYXJTVUggSju04b
jeKwDqFL/4Xc0XeZNgWVjqtHtKF91wwgdXXgAzUL1/nwN3IglxiIR31y10GQd0QEG
4T3ufx6gv73+qbF0RzgzUQijYkQ3tZK1+Gw6aDirgjY0Y0c90o2Je0RJHjd0byZQ
aQc4PTZ2D2C7CElFet2EHJCXLYp/taeLq+IdpKe6sLPckwakqtqbwunWVoPTbgkx0
Q1eCMzgrkRu23B2TJaY9zbZAFP3cpL65vQAVJVQISqJvDL8K5hVawJ3vi92qfBcz
jqydAcbbhjKzJUI9t44v63cIXTI0+QyqTQhqvEJhH2kbb8MYoimebDVxFVtQ3I1p
Eyn0Yfn4IMvaItLFbkgZpR/zjHYau5snErR9NC4A0iFNFpxM+ffFJQ7W88J3PcG
JlL9dcRGERq28PDU/CTDH9rlk1kZ0xZpRDKijKDNfIXt2ajijV0Zx7L2jPL1njx
s4xa1jK0/39kh6XnrCgK49WQsJM5IfLVR2JAi8BLi2q/e0NQG2pgn0QL695Sqbpb
NbrRJGRcRJD9sUkQTPmSLlQTABEBAAGJAiUEGAEKAA8FALJBjIICGwwFCQgH7b8A
CgkQPLLq/MPWxmZAew//et/LToMVR3q6/qP/pf9ob/QwQ3MgejkC0DY3Md7JBRl/
6GwfySYN00Vm5IoJofovcv1hbhc/y30eZTVK4s+B0QsNokYe34mCxZG4dypNaepkQi
x0mLujeU/n4Y0p0LTLjHGLVdKina2dM9HmllgYr4KumT58g6eGjxs2oZD6z5ty0L


```
viU5tx3lz3o0c3I9soH2RN2zNHVjXNW0EvWJwFLxFeLJbk/Y3UY1/kXCtcyMzLua
S5L5012eU0EvaZr5iYDKjy+w0xY4SUCNYf0GPmSej8CBbwH0F2XCwXytSzm6hNb3
5TRgCGb0SFTIy9MxfV5lppdQcdzijmuF5l8LySkL2yuJxjlI7uKNDN+NLf0DIPMg
rdH0hBSyKci6Uz7Nz/Up3qdE+aISq68k+Hk1fiKJG1UcBRJidheds29FCzj3hoyZ
VDmf60L60hL0YI1/4GjIkJyetlPzjMp8J7K3GweOUkfHcFihYZlbiMe7z+oIWec7
0fNSScrAGF/+JN3L6mjXKB6Pv+ER5ztzpfuhBJ/j7AV5BaNMmDXAV04aTphwL7Dje
iecENuGTpkK8UgV5cMJc4QJawDkj/9sACc0EFgigPo68KJegvKg5R8jUPwb8E7T6
lIjBtlclVhaUrE2uLx/yTz2Apbm+GAmD8M0dQ7IYs0FLZNBW9zjgLLCtWDW+p1A=
=5gJ7
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

D.1.3. Core Team Secretary <core-secretary@FreeBSD.org>

```
pub  rsa4096/36A7C05FE1ECF9BB 2014-07-09 [expires: 2016-07-08]
     Key fingerprint = C07B F5E3 10AE 64BF 6120 B0F6 36A7 C05F E1EC F9BB
uid                               Core Secretary <core-secretary@freebsd.org>
uid                               FreeBSD Core Team Secretary <core-secretary@freebsd.org>
sub  rsa4096/7B5150C8D7CE5D02 2014-07-09 [expires: 2016-07-08]
```

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

```
mQINBF09HvEBEADrfuWeoNUwib7ZjNmhg0Kt1kjiGEEosf302yMDfYuAXt4De6qK
S4KECe5+vZH2T8g+zmNLl/7JxdqHiWj9cnoZ6T3bqKh7w7pW7QzC/Q2k4mZsQkGL
xzhStHvAhSPKw5808TME0d3ewAfs0dQkDuA0eari0HipCb0VzqHUMTIR0r/syPXs
jHxb2bj0KVzzq7wgy+vF4Cv25VzaAPBVgPv3HAo0/gL0r4SnXqBCw2vgprWx335t
QX1JslWlsUDmwq40q4+eMnSFPZ0inglDgfhMb+Dnrl6Rbxbh0pwPhbwubppUKfe
W6owOrTuUbATVoAhsfNySmUWQKc2p9w/8uFV/jj9H0SgIMKrN0NvqekPrjW0Qn9
/lcQtGhldWmtPbMog0faQisBEn1XjMZ3VE0agQxIe/6LDjU7GGoYvSdwf8Z0wXUY
/qDntPwudjJA4wQid1Tz53gpUjr0tYq7acLpiBGs3F5E0s4HMXq5/xlwRGtBDHY
i9RNAlbRSfSD2slnGsfImpPowlpjtLa+3PqYs/cRLGdu51DsgV/p/CqtAyeBg+90
WsF0Ydt4Q62jEuU8HY7S0j+AukJVdUkyAZGk5vkPvsKzjdZUqRsLurme7d3LqKai
FjBGj8UyId/IomDCjth3baGc/Y4e+JKyx1XDxgFY2HoQ2KzEoANrizjy5QARAQAB
tDhGcmVlQlNEIENvcUgVGVhbSBTZWNYZXRhcncgPGNvcmluZGVzcmV0YXJ5Q0Zy
ZWVlc2Qub3JnPokCPQQTAAQoAJwUCU70sXwIbAwUJAeEzqAULCQgHAwUVCgkICWUW
AwIBAAIEaQIXgAAKCRa2p8Bf4ez5u2R4D/4o7Qb/hFz3XFRiBLtcsr+v5CS1fYgk
VN2Xp40d0Ttt+Xo257+1oQDsS6McNXT7XSAF0TrFW+XID8GBnY6+ZpRYzontMCJd
25qGHZGBS2aFA/R0fhdvP0khngxsYG89+I0UjS6SRNqG85Iro6eI7ZLi8sZnEhZd
lH1jEWHIhJhEub0vcedWS1zShp0ZwNIpyQV5d203/EhA0JRWgy8VmegeQLGg0zqdL
r9MKfg8/0wNQLysjrsA5MRnZMAm6kE0381zYg8+Rwe+HtspzL/1cu4M7k5aBw0m
a8nShgXTqfGx+pwW2zBBL8c42p5D3Jh40e7KQ1KEvysZJGW05ZjR9p4KL49X2Yl
9cuD3Ii6+Nz9/cULeGaMm4I8N3jpSNH+GCj7k1Wa9KWMh2ZxmV05AML8h4g+A7aT
qNasKpG4XLXpcZ38s0w2/h6G2kwnrCellViCe0Z4pxeW95bxREqs6pkkym7Wz4sy
F5Mkba0uFhWg5zBANBtExf0S/WU3fLEWeHxvZu9t44vyvP84qqZfNzBhZ9puDvi
kPAY4uiZK4BTDkYZZr3YNKIIwEQ/rjCJSDKZKGJ6dsHKBSi0oGxZFzPCE+YMH/Zqq
hTQHgXbMKWLGJ7xxRYJS/apvgnTd1Dc7zc5J7IT7XCdML0+Qj8eD48DwyMu+uAAq
/048iyhu/R8RP4kCHAQAQoABgUCU70tAgAKCRADB2ye5/0evxk0D/4wEJarg3n0
/B8ks+s7DadvpmNzrNSGeeR4qSEeZlH1ye30x0D1HDE+ekJXC97Td4mKWKTrbRVEX
FlylaBCe8tL5BbsRDmwzKwv30qQ1rhowlAKZD8hdBEyEn15ciaoRisFKpWAv+mm
mZeTnG5sY0o9BF1v36Wx+9A0vy7yduVcZE3kLNoivS+8bXe5ULj6uMoyo/eC5uk
q35f1p1qBzrplMc+vs7z8Npc7YFP20RhR/mVg0rYFLkPVdPV3uFkrkb/Z2SVu02B
IFWEeJoJEbEbfNFziHuAq8Z7ZdtkZ90IS1Z0Wuy64xjg0RWVcTlRe4AwZKVC8DJs
Fs9Gk9gnsPmfLgM46pcKaac445w9uUQzKLxdCBKLPxMV/JHBRrMghyahevwnpsuB
0k+ldsCNqjFaeAnVAmv3YtTbZlJdorupeFa65JyjQon7l1JwWD67P7N0xrn1gxJ+
9uGUeHwGAvDF3IRr5ECISKAW92NfLYuNpyv6re/bt6A+FxasA+E8P7Z+I4GL5l37
cz+z9ciYipiusweDuxect0LEnh13/WKXuUb68v6ZzbwGjKw8wunavhAN9fWxqqgF
W0tKtmpA0HFzmn0w5WGPfGdK0zc+g5ZqRt3CREVHj/uzNJsHzfadkTqYum+kQTa
y4tSgGH0S3EAiHGsEy4YZ4M/nxdIyakmsIkBHAQAQIABgUCU701xQAKCRBNWP3N
LKSXdm0GCADeYszz4Q6wKsx/gLiAyhYNbEJbiv1MirxhjIYGP9MqNpxxI1+Q3kuj
01K6ELIMuAhehoQ0gU4AssJQxu7q78+hz207s+v0Syl+pvE0l2zUCgAmOYfle+BQ
75ZEEiINBuh6S0XBVLhfp90FZ55KUSW4EeyoT+A4nRGHRGCTEfZ5WHi3lGlaLQd
Z9vilFNKA/DxrlWww+j0TPIEhc3eU1mgDrcmfXo/L95EmTyUa5BtE0WuLQGEaY8H
J3eBgA9Y130ubuzzY4jGL4SCNedMzeIroHw2Bogd3V+E5aFtGd8gZUjXXr8rM6yX
PpttP2Hc8Bie2YXI2NffqWvqPL0dxo3uiQIcBBABAgAGBQJTVtYRAAoJEMATMj1t
```


fKRCcM4P/Rbg0W6L4KPFUvyKcUE6odRwoXEXRGHdG9qW8Vf6xtW5eXUX/AZoCnXD
f3yWwttXgzN1e8iNRh0aYfuNSFTuHcHut/xw6GZ1yqASbuDmGWQ6uTb0yHYQcwQ5
ioaRaZ2o5cpnSs0qZUpnrSzdUzyVmlKsD+1ut0/Z8yM8WGRyhlWX0dfXKnUUXJG
yh4GQc2dQon1vrsiuD2hr3EVues7le4WU+csegZTGpGpjhTSH6ZNFdDs4Y5KPi
unjXx+X6avPKPSJcC9YlPMkI0RcokVLJW+K3+4QnbqU8m2MpZWVaa0o5s9PCx1I
208EHQ77A7EAFYNfRPZmtSV5X3BhU2rYNoRu0fpsNqJC340i7JdZdpLPo07FHRAC
AyQJyv8KUG8VVzK7m6Kt/0kq7LBc8RuvLQpUHSv1Z19fQvFgTegM5Pcpp3/ful/H
QIIc7XRElM57e++t8kbs0Rp0laKa30kl3KisXdkSWB4Fu6XdVArY/jIIQGs6dCpYa
jhRZcjKjHUAPvY/0QD2mBSwj0YwP0RoMVvFHMP1cgB3gjaB37A+DJeikEXTWzGe1
fKC1TxCc0UZsrcqXnUyy23LKV9CXC7za3eB23dPIfWzJnD9BsVgYsemRVJx8r3Sv
QIL5zjKVDRauV3M/HbCtS0g068MEXC0TFEL/8LPIMW8oVcY4+iqliQIcBBABCgAG
BQJTVUdSAAoJE01n7NZdz2rnXxsP/R8WHku1nxjELqdM9M72JLD8UBlaAiWLSdY
hnTvLa0G06eN0r2eJ1+tG8mKB+PK0vNt8eZcS0/kjUvTIBILt7fAtN1BhsWpjQz
n+tuVws4GVoPQssM4N09AYUzx8ni4byADY6n9l4zof2HsPsjXvuW/bzYXctKTQxg
gd3nswtLGY3q6unYewIChyaG8DStihFLcXIhXbwc6E0qdPN3VWwNInG/602UT02L
eXoEm+tTaXkE51P5otACVH37AW0Vqqh1GxklYlMYLrKKn/YIBRvLV5S5G+95iKs3g
MJhnaeFND2s9dm0TXyKyfTUffr/XTL/PVJSCbdqwiuXZQp8J77MtYyJn1262H8ko
590LPtcQvqBNuywco0/F8B0FvSTw5sS8CmU0EHvyunKaoF53mxCFd2B0DzX89+AoY
ZY7CKU80Yt/VqhsfL0C+DL4+XschB0UoTg6HrqG4F69+gerkK4Ps2984v0eTXe3
IqLYN/Bn92m9rGy9PKkpqG5C6w5X58BgvfEWtAKM4X32rZHK0myYSCdRJQw7MGSR
240aWKpmgKvMaH8MQaJx9oSaAgF1y1892+ykVI9ntCVwywkmXNg1lFmuVFM4Vh9j
+C70ngnbQbhYtBFG90z9zfoMln39z8KT2yDP4A7Hklw0xmmt6t8KduGD2tFmaW4+
oz9attYiQIcBBABCgAGBQJTVUdKAAoJEJLIQ0VtpqZuLNQP/RazXTtk1mixmLf
nrScgh/LGtb6XPVDTP5SGb/8HVdY1a+dDBCLUIAFbEAUBICB04/NVLW9un4IHyri
xdD/ijE/Cr/BMLnSFU5EmHKn8y0c3Bv6eTTRbJ8EYru0Cj5MdSIAoq8JKF8Lxbba
hBFw9ZSIpREPGLxnKI3TEuHJQreSZR07/GPk50suTK2CXxzEsk4VZesStnwt/1m+
hrdtyNke3+wy8R0Use+KKgmTzpQ9phc8wq3uhHFzLJ5HbE21VRHGFd5+osZuSDuH
jw5o/zU5o0Bq9DDY3TWXPd9lqgKQ2PgH5DG6od9gjpjJdvXpXpc08HJDu2V+u7M
zW5lSnthDsW39VVLRD4ZwZJQaw+0wBuGDDxV+8x4fYhYJnXD8ZtUHCQ56FLcMyzL
m00WRLNxBsJjRvH12geg5xK3JWZ8V6Ce+XhvIAduDkajuUKQoWvTMzYaviqQhfv1
zXNNt5rxDNT+jMiwnAtDeCTZPMfGvz0Pw9sYBz5RUa4liVPrGiEW/snAhcMB9JDK
jMasKHvJwIvB9QRc9sz6JIGeqv+jlsdksLEVU2AALlcJ3QuXlW0j9Z26q0sNGt8
5FVqhc4D0yXtZhKR5Ru8Lyc3swYRi2oFu9Roycq3L0swcMoGn0ikRbj2PuuRdQiU
ozJ7mT6JmNF8ynlx/1+uzniVneEliQIcBBIBCAAGBQJUGDc+AAoJE0qWPFi/3EeP
EpUP/i2p7BLtyrujFmwr6wxru8G2HBWysFeRZ7YC5iH1ZiGPPi7nuinWEv6FaW6
dW8fzrmJy0iUpstKM8CUdR10PZ66Un6A9yffj9MuYSWBDQwzkd3wSJ2+HPLeaTsc
hb545CYnIJBaUAWyfufyoeB2+u3DNQd4oHv5ceI781D6J0h9MUz1bNgV2w3prubD
9o8ycaUvXqHrADQdZiUA1zb1m19AmbJIJbgeUaXD8iwkyk2hRHScVe9aLzd2J4TX
PIQt9Dj/VnW3TLvTmPEls1SM+pQ9xYF3IBz5BwbrMuk3o3mpsIijs+vfjJdv77Q
UeyT0Ur0fJ5xa7zWxCS5AMPcFDdLGRW1jzFYipJBBhDVkylIjpr3eoIIU/RxVC6f
5dTaW8GeaspllyJTB8Ke54R9u/uf7QPgIkuXIdaZ4qbbftLxvyBJk6A2gSM/sLY
qeo++zRxKi+LMZ/Zw8MUZ/ON+yE1ccQJAK1GDQAhUs5f7zCPU6xBLFeXhz9d6bFP
BGWZ3dy7mZaHgALDGqSd240hIoknwzqHaWZK5lWTmzIVUUPV1Vn68stcaVsuaFd
tnGHv/JMvAj1F9ZLDDRwAPx0ATTXQbBI6JlvDQ8u2tTKIYEswtez/enkjXldALFl
tV5FNartIWGiHWYxkGVRlh/Qtab0NsBU4/5uZkWPwZG0Gt0niQI9BBMBCgAnAhsD
BQsJCAcDBRUCQgLBRYDAgEAAh4BAheABQJVNtrCBQkDwu9RAAoJEDanwF/h7Pm7
aw8QAIJadQ8+oJgvc9yMS+kw+EzkdmGQUdK/70zkkjgk3Fyh2gTI6AenQaDm3QD
/qvSHJts/JX9+zVREwGU7WAvXm2EGIB20B6pVQ0GhNc0V8BiHykQ27BtetvMivgp
KTYCwdh/CWdF3hAGaPFcc/GkrQThTBZARISUC5zce/FvCSugvRsMdGYjhaCA/LYp
YBGRzXZirfCaT19tvfW89WdFamT5dVcMVsu0VHw1qYzz9EyH8cj3KwVanZ/KF7za
pEndsmx2/+EPmVL/oGqctcx5vXtzMYTdr54aRay67oDbtWZNqYoIksShaw5rsNkI
OnqMXCqQkDd0lf46CmqAqqW0h0bNlnxTpm8cEcFgeelyNUc0BGs7qgmtm/7+96My
WPKHixQR480PiTAdT6/n8msm/+MeL8aRwvLukhi3zDwoilScPW121JbE0QytpWP
v+2QCRtynJritKrzyfj02CRH0oe5z0Y/yRd91CVBde7Tpd0UdQP3vw3B0MznahYQ
+qdt1bMD6NLgADNDP0B2yWMnUS6xku6iBANwZcdLSav4gE7gVFbePKNJnGW6r0Ip
lj10Ivm//KVufLPNX0DAokfvHivDNNuVuk82UpvVSVxrIaig4HhbW0nYidhtE0Q
CDNP7v5e9u/iC3VwBVI73i0sDpPGqEFp1E6UZf6Uvfcxmsp5tCtDb3JlIFNLY3Jl
dGFyeSA8Y29yZS1zZWnyZXRhcnLAZnJlZWJzZC5vcmc+iQIcBBABCgAGBQJTVR9B
AAoJEANvbJ7n856/QGAQANf7Qn3AvTB1Co9oCtKobbtLx0x/FFw6/jnfrJxQ2Y1
8N9zTNJ1KCzI8pYbanicWQfUqfC1wu6FrnSLNGQvW464NqCERELbFE41pvqX+Tb6
/d0X07mMBZYK8wgLDcHej14i7NHurx1AKA2ro/5utRvfIqmhPxcHwhNiP1He4MD1
NgkyrxmRwT04VM99mhXdm+pL/8XwuFJrdg4v36pEws6tYJgPwDc86/XrmeJT6GOC
RFREdWxN6osSvvVYnx4Pyto/xTG5Fm4sa7S4bxgVvZsp2/L+e04Jp0GXuhiIGhfE
wISta1yf14GKTa4a0Qd+gqum14yd1DBybNoa0zcz/sJ0BULe/CLKzSs5IuGkfdH0
os1WEjdqQ7JPct3Yizb7Iw/j1YfvDmnM+tt3EMU1DJ1ttY9+XB6pZvtjSHNApaDP
fSeizstpoLle3kveCBjYeiR5u/hL72dYEZtFiYfLHcvWIq6KqWJlIJr0a7vG7r58

6qstiG270tCeaV0fZT5grKNcDf4vYEoxL+2NKcHVA0rogRWPmWSWZbWEAaIiLK/6
AVzc8xmefZJEHHXh7PprcPsh3MPp0wmWj fheHBKfIEu1UqWAD+cRQmE+jEz1vc6
DzVUfA4c27j9/GXT9/NQsBTamC6rT3YUZKwLFulCC3ncRwF9ZTGSsiT5qCuV1ECn
iQIcBBABCgAGBQJTVUdSAa0JE01n7NZdz2rnVCCp/3zh4y7MrLnV536rB0tD0M+l
sP3UYDmclWZmTENZ+r0ESM4YJzDjK06ltXhh+MdYqDddY3vqLnsKTNyUmjKiu6jd
0ETy4ThzHxVhcyrgllyWxyaSsdi5gM0nwNVC1Hf0D5ga0F0jdRjNLTLMueAEM3fy
NzSUjB0HJpk+RcIV3r/u8LvPFV2qWLa937vYwFLRj9jaQur5MnEV0WBz7CB0g1F
06JAclV16FyWiLC0BxXZJd974LKXHd2yEMkSLF30f1qX5FI6FK3HQU+c6eJcrWc5
4++zvGWHZTM3SwY9g5rL57Wz9Vpi13Ev6ArIIIEQ9P1VwK4zyW78rFoM09juqHk
N4uUCWuk0f57XCFkrDA/n6YCSfAxSYXc1I+MKpAm/6yBYiBNpyS3Jz5HG02S0QG
sPsBcUHGEm06k/Z6boJLwaCAGx2dS084R4DQeFAd3NjBPab2xTNlitc0i+xnidCJZ
oDWQqx5dSLwLe0Rsw25ik0WroU51hqfta2HDnnou4zuypov0Q+50JGFJiril8sv
oUmlfuSk3XUrlxPhGL57Wp5K8N0IU4u/DStX4UaRuHQ+Uu9GV+c6rr3F46+MooqX
ISAw5cm/kDMwu0fQ4G0o8J/ADUfLQa6a/JnWfg3hb/rgt/LHJxjZli0Zy8G08HyB
ddNfKCTBauqEyPyWTHzgiQIcBBABCgAGBQJTVUdKAa0JEJLIQ0VtpqZu/g0QAMXE
q8sNrAEnb3z08wisde0UZX0GuQduXDSrwp6L9mCR/usjeweGqbG9b6mP+fAwXx
m/BovdkF3bwguo1GczztEHY+aTB4voxI6lEnyDKB8GG3mlkVjNabDjVi/jCZfe6T
bJ6xDhX7633ees1An8tviZMHRr+z8zQ3xF4MNjlxLzawPE7/As5uHaT6Q3NhGTGy
G1oGsVL08pYp97p2E/d44m6I1Y5XEz02A2fIq+0N4dcy8omTX8P4eUZFLUezRbbZ
tNP8Av77hesX079gpmQir9fC5/qMBgJN+3iB90+VcB0SeLm0TvUWtSFULqEdDkKA
rL0gZf0Hnnsu7/rb1tR9zqSYN8gsF3MvF0RNHudbyEh189LZTmapwSxcaoUYPCo0
Bfwo0MqMuEuyCKMWSd53BvsaSbcs20WKYAp+oluM0TrnLup3702G/EbXmMRHZVvy
uX60pIQDX04DjLo9tqbM60UNCG+1tKEX7Bs9GIzUL2mxZ072qE8x1A+eidSzy5Tx
2nE7D0urziiuv8G3JPFDtLkUVtPx9gqyyG3wmfThkMCL1jnutYDjetpeC8LcIS59
mFE8XBka7qEEY19GI/1LJc fMI8lMn160ITYv4/cwqWPMbjSMg6JpWBCFdsxRmIW
iggKodt6LfnuEciChejk8ewTf6/47z7aVhdBkYa0iQIcBBIBCAAGBQJUGDc+AAoJ
EOqwPfi/3EePCMOQAKFrt0wW+am/08ZzIejSCY+htWilGAia6REk5gv00k2dKPC
Wf5rNPAXeQRAX4qItmd35hz7czElm2EVbryLDD+F9uN8wbkCMLdIe88caWfoj12L
JACAd0NiBSWJPgrajvER92fr173I31cKT6hWP6bgjU3J4HICc1h7h5j7g+/YSeH
UacPSiY4MuXAQao6e2BTfI77L0wFvIFFdCEMdZDwoH+7LIF9I+Krm7ojMF5fauaS
K4e3kL029QugIFYlg7HeDGLlonBSn40YXPenafAin0lNGWMWv3SKN7tweNkKEh
MVoVReropjYpRg+khKaMumWJ9bdGkYP8jq7DwCKXy/J2rfCUzsyVX5Ga7keT8Ztn
y4R06YqFtTyraraiSPrxDZ0Gt6kclm3u+4vh93qJk+foUDRSLWfwmX9aRf+7+4z
dsYB0rpt3tab6FqXrW7IcI+p8PCyBW4c/WHkU3YWreEba21BXGiMDoxfhQ90yvSH
t6G8kg09+k8sRY/78oGYxR4Aait8/Y54DmHkyZKSewu96So0+TDMcbkeatatDhra
sbjFQLWx8363tnQvmhWpw/bpWgmDQDLVTHn90cXlckGU1fiUM7721g4s2UdijTmP
yYWfsLTax0ujHyxkwkBBtGV3DCas5Ep2KPMfS0gf3YVtPQH9IaotJSw/A6FdiQI9
BBMBCgAnBQJTVr7xAhSDBQkB4T0ABQsJCAcDBRUKCQgLBRYDAgEAAh4BAheAAoJ
EDanwF/h7Pm77qQALNcLFh7Eqc6gztkIySQtqDgieH1Frj2YGMrtxdzP7fnl4sT
wWQF2H0rsLgv0TZsZACwLm9Rg2GaRi/bFZ9S8AIM1klQEQu5LoQDSPrfX0pNxDl
1WhESECgEAF7++Hdk3kHuxr5bCr+AN6kG3mY2nuKtw33G5ZbPtM5Nwgk/GT8dB0w
EazZVAN103RpdDmqGgWWhYP/dYjGZjJLQCjGyM4VoQcEu+dPrULAxhFbm13wRyfgi
fBk0ug9pB0lpblEXAB3sldw+4A1++lUjTLzGHayRZIs3d4uM4l1C1b8Z5SeU4r
mpDcqvRbDkhxwVh6e7YdEbf1VTWjQ2WgvEDQXG74N/nN3npbjPfnYFF79udHTZvb
qW+uqyozxXdtLvIbcEHWVDDQGGqTeeRinRu7sK8PRUjxbI7YaECGFw/1QrXdIUzi
1jxRWgtfWihCArXiEuolLBwdt08CaSxkKV+QTsaH/t5mUiA+fHzsMlexWe55K/7i
OZ5wViUcfFYwbQ7DgcRwuzc+IYaGg0GYGzJfWeKnrpwm8uZSccH1LLXdiYf5vp
Q9UojD0qz1+byBPtL5/DBwFi5st248YMnXCItIYkTfLeXQp4o5i3AHH0TEAxAhUt
MLoI7CRnIiuCLmssfGI3sNH55wJQqEd7h8c/DaBI8yDuJ28dNY6H5zjPc82suQIN
BF09HvEBEAcynbl7EgcRIGWP706h106mrYXNZ2JpJBgYosqizdDHyr2nQSRnfgi
wAM1feB2NLJC0coQzR01sDK2JP770+eK3ZhbWSP5BWN2toSFVEGLVpGWLBGoe fae
ZnZA22IDzp0IjIi7iC92JBsTXESsBoV8iG1rylQ15pcE03IQEuDu9r7H8RJ3vTf
X1c+a+B8MUHN56kn3QkdG2blV0/3gjFqqavZe0xZpAmin9n9Vc3yCCPkagtNQwle
NyZ0S0LjjVpBjncE6dATdL0j85phf0U6e0/0bMXAgTr7mY41EIQYqdPQYrY93ySG

```

gBvBkyNaH5A1DNZZWJ4ddtDMFoP8nUhBoRrf5ApYyHcEmSXahLfW3a2qrPm/w5VL
EGLt53/6GZvEetpP+TtBLAX6XaC2SXA0rzfSZENDYt/Ew6F/dTCZ622m0eW65iV
wS1lsNZD2hNFPs/12a2tem7DAWQD2bi8BltKRb0+8T7BARwIL5hXGq5+Yn0+DgTI
f4SYkSt8aiPYwDAF3YSkzpiUmZoBSRt6Sb9sZ3zIxpfnrtLFmSeujzinyCVNzFdn
+HKxZvI9Mc3Tv/LqPruVuWht1Aj+eygH5bRZw4PTsMNx1Fxm/K8hRY91A6Fyp3GC
kb5RzqdEGuSONBseaZirC0d+EYZ4smyl1jydpzwT108VjY4wi5BdgwQARAQABiQIL
BBgBCgAPBQJTVr7xAhSMBQkB4T0AAAJEDanwF/h7Pm7gzUP/Auq4I876RUqAP2D
gPNArjuc7jqvIISgqBvws2Vdvxg0pFQmsL13nvlmFHR1dp+yOhiz1WmXIVGa9UoB
rVdmDrzqCiFhUvLFct99DLJLM+hNmQnHgTABTsCLR4idkek0vyEgAW/gsgddYfqm
N8nRKSrokFZvwoR7HLcSXEuATbqgHjJC8IuJuIgDWjshy3yVLIo5v/g/Yuio4bx
tRTJm72DtUIdDH3tDejc37wd945Rzk4hKzet64inF6XfRhqBsRob1m6/wtP62xPc
Gbb1GLzxYg9Wl1RJ/Z0TktB4BemVjRn4/0KU93YyxFxH0tXsoZpRGDlovQBuhRkd
b2JEyHaLnFVka7w7JFKW9d+0dGjV93l//6139QEQLcuocV4QciXZ0XTZkWsakQ0b
6WkrSwkQwvNFS2yeUd0x6HD0xebztmSGoXL3uCKyeIXP/8MJjJUKWHh/+DLue4kh
lHwva7Wym0cvYoS3RzfYd26t90gM7rflE0t0eJovaoaKp6Aant/EkQj2Wb1Mss0/
Ia44NyMTrLARAPLAEGW/HI5JL9DZDnmUtByf29yqaHDuJJCZS3nvR3T/4q+pb1TVd
xQgwopUwjikKg72yCXmhr/6Fc0r9Xgqn++GuMZzh/TfDEoFoJn9stUaScYsoMoih
ym2NFbd1l2Pw/iftQk5/KpQD/HkwiQILBBgBCgAPAhSMBQJvnts0BQkDwu/DAAoJ
EDanwF/h7Pm7fV4P/Rb4aYTzmpajgk26vnXIJJ2L/Xorx1lV7+a1bDxct71qWslv3
aCDGDxe1ZLYMnyaNCJHnN4SP2biF7QrRhRmGdETA2VXXCFYLD57s40QKltF3p1DS
1UPozfIyXkCFGb0asbaDtJ9S0Sv04q1E6nXfCcF8xgJxMHbbrCsGiiHSNet+5A9f
AeZPWKWeUDgc3U7tho0FWyHZWgCjt5x1pYLCsUPgV3vlyo8HqRiWxLYF1WQ7SwV/
1536r5DD5vFbzhdxQ03mPDqLh0VZwPlQ6nb+bKwDX/75Q6tBNBkUQGM7XqI5tZ07
CjjI1/sTYMJz+GNnkIgrSiBr3vihtJgUzbJFfJqoIPkSdpayCP17k2Mdk9eCW6mc
tmtfhu91lzJUvAl30g1TQP/wiyPQHTrQ0lonwkrzY/Bve9I1h2ZDt/9Q+XzEtSdG
59phFT4s7Yt5f9gVGx2hUe5mmLN27rQJ2JnyIkA9IyNiycFPro4ZURXI0yzCwXH
bwLEma2FVnnyotURN7Z1k2PzUOL6lb7j2fMJZBbaFDR1G7J2pKNihJ03IY80z7Le
tpRpWKSdHTpSW1UXJFQBFT4W7fja03aEXP3bK+RV1MkAp/TcWlVCsqnyJae7BnEu
g9NgaY6PRozzy5ZAdWM36ylnwFyz48fgUWHFhDc7fMCHjwqDtP62K1TbRvFM
=cQn3
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

```

D.1.4. Ports Management Team Secretary <portmgr-secretary@FreeBSD.org>

```

pub  rsa2048/D8294EC3BBC4D7D5 2012-07-24 [SC]
     Key fingerprint = FB37 45C8 6F15 E8ED AC81 32FC D829 4EC3 BBC4 D7D5
uid  FreeBSD Ports Management Team Secretary <portmgr-
secretary@FreeBSD.org>
sub  rsa2048/5CC117965F65CFE7 2012-07-24 [E]

```

```
-----BEGIN PGP PUBLIC KEY BLOCK-----
```

```

mQENBFA0zqYBCACyD+Kgv0/DduIRpSEKWZG2yfDILStzWfdaQMD+8zdWihB0x7dd
JDBUpV0o0Ixzt9mvu5CHybx+9l0HeFRhZshFXc+bIJ0Pyi+JrSs100o7Lo6jg6+c
Si2vME0ixG4x9YjCi8DisXIGJ1kZiDXhmVWwCvL+vLInpeXrtJnK8yFkmszC0r4Y
Q3GXuvdU0BF2tL/Wo/eCbSf+3U9syopVS2L2wKcP76bbYU0io035Y503rJEK6R5G
TchwYvYjSXuhv4ec7N1/j3thrMC9GNpoqjVninTyn0k2kn+YZuMp03c6b/pfoNcq
MxoizGLTu8VT400/SF1y520kKjpAsENbFaNTABEBAAG0R0ZyZWVU0QgUG9ydHMg
TWFuYwdlbWVudCBUZWFTIFNlY3JldGFyeSA8cG9ydG1nci1zZWNYZXRhcnlARnJl
ZUJTRC5vcmc+iQE4BBMBAGAiBQJQDs6mAhSDBgsJCAcDAgYVCAIJCgsEFgIDAQIe
AQIXgAAKCRDYKU7Du8TX1QW2B/0coHe8utbTfGKpeM4BY9IyC+PFgkE58Hq50o8d
shoB9gfommclUaK9PNwJPxTEJNlwiKPZy+VoKs/+d08gahovchbRdSyP1ejn3CFy+
H8pol0hDDU4n7Ldc50q54GLuZijdcJZqlg0loZqW0YtXfklKPZjdUvYN8KHAntgf
u361rwM4DZ40HngY9fdGc45bXurGA5m+vLAURLzPv+QRQqHfai1DZF6gzMgY49x
qS1JBF4kPoiCpgvs3o6CuX8MD9ewGFSAMM3EdzV6ZdC8pnpXC8+8Q+p6FjNqmtjk
GpW39Zq/p8SJVg1RortCH6qWLe7dw7TaFYov7gF1V/DYwDN5iEYEEBECAAYFAlN2
WksACGkQtzkaJjShBftuMwCg0MXdQTcGMM0ma7LC3L5b4MEoZ+wAn0WyUHPHwHnn
pn2oYDlFABwTL0WiIqEcBBABAgAGBQJQDuVrAAoJENk3EJek8mQ3KwIAImNDMXA
F8ajPwCZFpM6KDi3F/jpwyBPIsGY1oWuYPEi1zN94k5jS90aZb3W8Y8x4JTh35Ew
b6X0Di3uGLSLCmnlqu2a80yPfx5IuWmIQdFNQxvosj9UHRg+icZGFmm+f0hPJxM
TsZREv3AvivQfnb/N3xIICw4SjKSYXQcq4hr40bhUx7GKnjayq+ofU2cRLujr87
u0H0f03xh0JG4+cX5mI1HGK38k0Csc1zqYa/66Qe5dnIZz+sNXpEPMLAHI1a45U
B967igJdZSDFN33bPL1QWmf3aUXU3d1VttiSyHkpm4kb9KgsDKUk1J5nUe90Xyd

```

```

WtoqNW5afDa5N0aIRgQQEQIABgUCUA7LwwAKCRB59uBxdBRinNh2AJ41+zfsaQSR
HwvSkq0XGcP/fg0duwCfUJDT+M1eXe2udmKof/9yzGYMirKJASIEEAECaAwFALaA
IT8FAwASdQAACgkQlxC4m8pXrXwCHAF+J7L+L7AvRpqlQcezjnJfS/zG1098qkDf
lThHZlpVnrBMJZaXdvL6LzVgiYVWZC5CSSazW9EWfjp9VjM7FBHdWfZNMV7GAuU
t0jzx6gGX0Wwi+/v/hs1P11RyDZN5hICHdPNmyZVupciDxe+sIEP9aEbVxcaiccq
zM/pFzIVIMMP5tCiA42q6Mz3h0hy6hntUKptS8Uon6sje5cDVcVLKAUj1w02cphC
qkYlWmqfZV5J9f/hcW50DriD3cBwK8SocA2Cq5JYF8kYDL1+pXnUutGnvAHUYt87
RWvQdKmfXjzBcMFJ2LLPUB1+IFvwQ13V9R8j9B/EdLmSWQYT9qRA2okCHAQTAQoA
BgUCV1XMpwAKCRCtu/hhCjeJt2CyD/9JLe+CK23CJkeRSF8oC+4SF0UdSAmejSzn
klPwmEClffABYd/kck01T6um+2FUcXUJZQE1nKKUNvZ8pBwWsm1RDHsyroKi/XB1
0a1Tdx/rvLU88ytbeLfuCLzoCrf6pkMQWoU6/3qS6elV0Ww0LDufk+XjD1sja2wu
sshG8y+1WCA5JjP3rZdD9NVdzo5DgkotTRUfuYN1LJIN4zLDgHj7FVP7wW7+R0cZ
Fo0iNsLJCA0FN8SiyU98UysjawLiIY9dTJz6XVA0DgB0TZW03mWiDjITeKrdGcqf
PNiJhmvUKBkn07YpTPNfkoTT/p/q5ChYmu0ubGeyS1ELKjmkLJ+DzynfZLzvnYXX
Ngo5ckeueqEqUNxM0J63v8lmfhDRR0FveqHwdp0XMxXVmR5bMunSLdg5EZsoLyQbN
+ScIPnDTAEPGrCtft0t84RQxNQeET6/WBbZfzeSeAFmpBFCdicsZ6MjwTwjr4+o15
n1QMTZcolNaTqf8vXwzL9wM4aYtg10kF4z8HdHuy50CHCet4mT5eJgwZUfFvXdbM
pHXprEI0Y900L4aMinC1egF3Dxt/0n57i6CE+E2k3UJPNvMrtp0HaDEnKZ8cfkBU
EBzkUYi5wwqntHV2JRisqoRnHdvJT7ImLHMe7WaJsifBK874PnToaKg8P6K1Tph+
FyLxULaYjYkCHAQSAQgABgUCVBg2zwAKCRDqsDxYv9xHj1kLEADXYJdHC3zsdx7w
DsJsttWdykcZo0d/VUKUdN0BAU72nLV0tLn4uFjETA6MhHZVxzWIDTeLB8kqyEpc
fZnoVbqJIUJz1sXMD0ty7CwZzLZLAwmUaIfFiazJY1p398JbyYfSrVKNOpw9wCm
Db7WP9dBritwvjaLzu8HQsitz00S/5ha/EDfTU3qocBUTjbCtGR9LqAmPE4X8+li
F2EfZMEoJd3rJWsYv2y/k6pSgC/MpQewnyr6f+JQ/781UoZB6PpxCxfu4D6xl0yd
ERBUg+FFDAWYR+KX+DG0aLRlUyaSz8Nvxl8/b0Im/AQhx9afqyEZxIDpg52zt8jJ
t3wx23YP8EQUGuF8pIrj3wFSB5G3a/cskiBNUiHChIR9hQrVPUahN/jx7DGAGxk
/Ka9qsRGYTHfSr9jjTUQ+htfeFBRDR0nkZKMo5+Wk/cAcBKVBpLbPwvzT3fh+wL
cF3ErBbx5jp+BoFee8D6ATeUvQxMCGvBDPUkgMsy3EtKMV010jhIoXoVV+Sg9GZ8
zMEy1t0RKnoZsd2ZgXC2sRJ0m5ttCSdYQ4ddbM1A9jg6tiRx4hES16GDyvwkL8P2
M9+qyIfjQxjGU33f/r8zp9DyNT1VlRtwhFxt0oMdmrsbY0CTja4Xg14hK1hRac0k
GB7bj6w97p8uMrQT3PLSMtoyrRyo7bkBDQRQDs6mAQgAzNxJYpf5PrqV8pdRXkn3
6Fe45q671YtbZ2WrT7D0CVZ8Z+AZsxnP/tiY1SrM2MepCeA2xBAhKGsWBWo1aRk5
mfZ0ksKsiXsi2XeBVhdZlCkr0MKBTVian7I1LH59ZnNIMX0Nl0tlj3L1IjeWwNvf
ej43URV81S9EmSpwjaWboatr2A+1oJku5m7nPD9JIOckE1TzBsyyx7zIUN9w6MKr
7gFw8DCzypwUKyYgKYToVm8QlKt/L3B0fuQHWhT6R0Gk4o8SC71ia5tc1TzUzGEZ
1AQ08bbnbmJLBdKveWHCoaeAkRzINzoD9wAn9z4pnilze59QtKC1c0qUksTvBSDh
6wARAQABiQEfBBgBAGAJBQJQDs6mAhsMAAoJENgptS07xNfV0HoH/i5VyggVdwpq
PX8YBmN5mXQziYZNQoi0N8Ih0sxpX4W2nXCj5m6MACV6nJDVV6wyUH8/VvDQC9nH
arCeloanSHXJz0HamYt5gHJ0G1bYuBcuJp/FEjLa48XFI7nXQjJHn8rlwZMjK/PW
j1lw2WZiekviuzTEDH8c3YStGJSa+gYe8Eyq3XJVAe2VQ0hImoWgGDR3tWfgrya/
IdEFb/jmjHSG5XUfbI0vNwqlf832BqSQKPG/Zix4MmBJgvAz4R71PH8WBmbmNFjd
elxVyfz80+iMgEb9aL9IMfBNC2KB1pFmg91mQTSiq7ajwVLVJK8NplHAKdLmkBC
08MgMjzGhLE=
=iw7d
-----END PGP PUBLIC KEY BLOCK-----

```

FreeBSD Glossar

Dieser Abschnitt enthält Begriffe und Abkürzungen, die innerhalb des FreeBSD-Projekts sowie der zugehörigen Dokumentation verwendet werden.

A

ACL	Siehe Access Control List .
ACPI	Siehe Advanced Configuration and Power Interface .
AMD	Siehe Automatic Mount Daemon .
AML	Siehe ACPI Machine Language .
API	Siehe Application Programming Interface .
APIC	Siehe Advanced Programmable Interrupt Controller .
APM	Siehe Advanced Power Management .
APOP	Siehe Authenticated Post Office Protocol .
ASL	Siehe ACPI Source Language .
ATA	Siehe Advanced Technology Attachment .
ATM	Siehe Asynchronous Transfer Mode .
ACPI Machine Language	Pseudocode, der von einer virtuellen Maschine innerhalb eines ACPI-konformen Betriebssystems ausgeführt wird. Bietet eine Verbindungsschicht (<i>Layer</i>) zwischen der verwendeten Hardware und der dokumentierten Schnittstelle, auf die das Betriebssystem zugreift.
ACPI Source Language	Die Programmiersprache, in der die AML geschrieben ist.
Access Control List	Eine Liste von Zugriffsrechten, die einem Objekt, normalerweise eine Datei oder ein Gerät im Netzwerk, angehängt ist.
Advanced Configuration and Power Interface	Eine Spezifikation, die eine Abstrahierung der Schnittstelle darstellt, die Hardware und Betriebssystem verbindet. Dadurch benötigt das Betriebssystem keine Informationen über die vorhandene Hardware, um diese einsetzen zu können. ACPI ist eine Weiterentwicklung von APM, PNPBIOS und anderen Technologien und bietet Funktionen zur Kontrolle des Energieverbrauchs, zur Versetzung von Rechnern in den Ruhezustand, zur Aktivierung und Deaktivierung von Geräten und andere mehr.
Application Programming Interface	Eine Sammlung von Prozeduren, Protokollen und Werkzeugen, die das Zusammenspiel von verschiedenen Programmteilen festlegt. Wie, wann und warum arbeiten sie zusammen, welche Daten werden zwischen ihnen ausgetauscht und anderes mehr.
Advanced Power Management	Eine API, die es dem Betriebssystem ermöglicht, zusammen mit dem BIOS die Stromversorgung zu verwalten. APM wurde für die meisten Anwendungen durch die allgemeinere und leistungsfähigere ACPI Spezifikation abgelöst.
Advanced Programmable Interrupt Controller	

Advanced Technology Attachment

Asynchronous Transfer Mode

Authenticated Post Office Protocol

Automatic Mount Daemon

Ein Daemon, der ein Dateisystem automatisch einhängt, wenn auf eine Datei oder ein Verzeichnis dieses Dateisystems zugegriffen wird.

B

BAR

Siehe [Base Address Register](#).

BIND

Siehe [Berkeley Internet Name Domain](#).

BIOS

Siehe [Basic Input/Output System](#).

BSD

Siehe [Berkeley Software Distribution](#).

Base Address Register

Register, die den zu einem PCI-Gerät gehörenden Adressbereich festlegen.

Basic Input/Output System

Die Bedeutung des Begriffs BIOS hängt vom Kontext ab, in dem es verwendet wird. Einmal wird damit der ROM-Chip bezeichnet, der über einen Basisbefehlssatz eine Schnittstelle zwischen Hard- und Software schafft. Aber auch die Routinen, die in diesen Chip implementiert wurden, und die dabei helfen, Ihr System zu starten, werden als BIOS bezeichnet. Und nicht zuletzt wird manchmal die Bildschirmmaske, über die der Bootprozess konfiguriert werden kann, ebenfalls als BIOS bezeichnet. Der Begriff BIOS ist zwar PC-spezifisch, andere Systeme verfügen aber über ähnliche Systeme.

Berkeley Internet Name Domain

Eine Implementierung des DNS-Protokolls.

Berkeley Software Distribution

Diesen Namen gab die Computer Systems Research Group (CSRG) der [The University of California at Berkeley](#) den Verbesserungen und Änderungen an AT&Ts 32V UNIX®. FreeBSD beruht auf der Arbeit der CSRG.

Bikeshed Building

Die Beobachtung, dass viele Leute Meinungen zu unkomplizierten Themen äußern, während gleichzeitig über ein kompliziertes Thema gar nicht oder nur wenig diskutiert wird. Die Herkunft des Ausdrucks wird in den [FAQ](#) erläutert.

C

CD

Siehe [Carrier Detect](#).

CHAP

Siehe [Challenge Handshake Authentication Protocol](#).

CLIP

Siehe [Classical IP over ATM](#).

COFF

Siehe [Common Object File Format](#).

CPU

Siehe [Central Processing Unit](#).

CTS

Siehe [Clear To Send](#).

CVS

Siehe [Concurrent Versions System](#).

Carrier Detect

Ein RS232C-Signal. Notwendig, um eine serielle Verbindung aufbauen zu können.

Central Processing Unit	Auch als Prozessor bekannt. Dieser stellt das Gehirn eines Computers dar, in dem alle Berechnungen erfolgen. Es gibt verschiedene Prozessor-Architekturen, die über verschiedene Befehlssätze verfügen, beispielsweise Intel-x86-, Sun SPARC-, PowerPC- und Alpha-Systeme.
Challenge Handshake Authentication Protocol	Eine Vorgehensweise, einen Benutzer anhand eines Geheimnisses zu authentisieren, dass zwischen Client und Server ausgetauscht wird.
Classical IP over ATM	
Clear To Send	Ein RS232C-Signal. Das entfernte System erhält durch dieses Signal die Erlaubnis, Daten zu senden. Siehe auch Request To Send .
Common Object File Format	
Concurrent Versions System	Ein Versionskontrollsystem, das es erlaubt, mit vielen verschiedenen Versionen einer Datei zu arbeiten und die an diesen Dateien durchgeführten Änderungen zu verfolgen. CVS ermöglicht es, individuelle Änderungen durchzuführen, in ein Repository einzubringen und auch wieder rückgängig zu machen. Außerdem ist es möglich, nachzuvollziehen, welche Änderungen wann, von wem und warum erfolgten.

D

DAC	Siehe Discretionary Access Control .
DDB	Siehe Debugger .
DES	Siehe Data Encryption Standard .
DHCP	Siehe Dynamic Host Configuration Protocol .
DNS	Siehe Domain Name System .
DSDT	Siehe Differentiated System Description Table .
DSR	Siehe Data Set Ready .
DTR	Siehe Data Terminal Ready .
DVMRP	Siehe Distance-Vector Multicast Routing Protocol .
Discretionary Access Control	
Data Encryption Standard	Eine Methode zur Verschlüsselung von Informationen. Wird traditionellerweise zur Verschlüsselung von UNIX®-Passwörtern und von crypt(3) verwendet.
Data Set Ready	Ein RS232C-Signal, das von einem Modem an einen Computer oder ein Terminal geschickt wird und die Sende- und Empfangsbereitschaft des Modems meldet. Siehe auch Data Terminal Ready .
Data Terminal Ready	Ein RS232C-Signal, das von einem Computer oder einem Terminal an das Modem geschickt wird und die Sende- und Empfangsbereitschaft des Computers oder des Terminals meldet.
Debugger	Eine interaktive, in den Kernel eingebaute Funktion, um den Status eines Systems zu untersuchen. Wird in der Regel nach einem Systemabsturz eingesetzt, um die Ursache für den Absturz zu finden.

Differentiated System Description Table	Eine ACPI-Tabelle, die Informationen über die Konfiguration des Basissystems enthält.
Distance-Vector Multicast Routing Protocol	
Domain Name System	Das System, dass Klartext-Rechnernamen (wie mail.example.net) in Internet-IP-Adressen (oder umgekehrt) konvertiert.
Dynamic Host Configuration Protocol	Ein Protokoll, das auf Anforderung dynamisch eine IP-Adresse an einen Rechner vergibt. Diese Adresszuweisung wird als „Lease“ bezeichnet.

E

ECOFF	Siehe Extended COFF .
ELF	Siehe Executable and Linking Format .
ESP	Siehe Encapsulated Security Payload .
Encapsulated Security Payload	
Executable and Linking Format	
Extended COFF	

F

FADT	Siehe Fixed ACPI Description Table .
FAT	Siehe File Allocation Table .
FAT16	Siehe File Allocation Table (16-bit) .
FTP	Siehe File Transfer Protocol .
File Allocation Table	
File Allocation Table (16-bit)	
File Transfer Protocol	Ein auf TCP aufsetzendes Protokoll, das zum Transfer von Daten über ein TCP/IP-Netzwerk verwendet wird.
Fixed ACPI Description Table	

G

GUI	Siehe Graphical User Interface .
Giant	Der Name für einen wechselseitigen Ausschluss (<i>mutual exclusion</i>), der einen großen Teil der Kernel-Ressourcen schützt. Zu Zeiten, als auf einer Maschine nur ein paar Prozesse liefen und die Maschine nur eine Netzwerkkarte und insbesondere nur einen Prozessor besaß, war dieser einfache Mechanismus zum Verriegeln (<i>lock</i>) einer Ressource völlig ausreichend. Heutzutage entstehen durch den wechselseitigen Ausschluss Geschwindigkeitsengpässe. Die FreeBSD-Entwickler arbeiten daran, Giant durch Locks zu ersetzen, die einzelne Ressourcen schützen. Auf Einprozessor- und Mehrprozessor-Maschinen können dadurch mehr Prozesse parallel ausgeführt werden.

Graphical User Interface

Eine grafische Oberfläche, über die der Anwender mit dem System interagiert.

H

HTML

Siehe [HyperText Markup Language](#).

HUP

Siehe [HangUp](#).

HangUp

HyperText Markup Language

Die Auszeichnungssprache, mit der Internetseite erstellt werden können.

I

I/O

Siehe [Input/Output](#).

IASL

Siehe [Intel's ASL-Compiler](#).

IMAP

Siehe [Internet Message Access Protocol](#).

IP

Siehe [Internet Protocol](#).

IPFW

Siehe [IP Firewall](#).

IPP

Siehe [Internet Printing Protocol](#).

IPv4

Siehe [IP Version 4](#).

IPv6

Siehe [IP Version 6](#).

ISP

Siehe [Internet Service Provider](#).

IP Firewall

IP Version 4

Die IP-Protokollversion 4, die 32-Bit-Adressen einsetzt. Diese Version stellt derzeit noch den in der Praxis am meisten verwendeten Standard dar, sollt aber sukzessive durch IPv6 ersetzt werden.
Siehe auch [IP Version 6](#).

IP Version 6

Das neue IP-Protokoll. Es wurde entwickelt, weil der Adressraum von IPv4 nicht mehr ausreichend ist. IPv6 verwendet 128-Bit-Adressen.

Input/Output

Intel's ASL-Compiler

Intel's Compiler zur Konvertierung von ASL nach AML.

Internet Message Access Protocol

Ein Protokoll für den Zugriff auf einen E-Mail-Server. Charakteristisch für dieses Protokoll ist, dass die Nachrichten in der Regel auf dem Server verbleiben und nicht vom E-Mail-Client heruntergeladen werden.
Siehe auch [Post Office Protocol Version 3](#).

Internet Printing Protocol

Internet Protocol

Das Standardprotokoll zur Paketübertragung im Internet. Wurde ursprünglich vom U.S. Department of Defense entwickelt, und ist ein zentraler Bestandteile des TCP/IP-Stacks. Ohne das Internet Protocol wäre das Internet in der heutigen Form nicht möglich. Das Internet Protocol ist im [RFC 791](#) definiert.

Internet Service Provider

Ein Unternehmen, das anderen den Zugang zum Internet ermöglicht.

K

KAME	Japanisch für „Schildkröte“. Der Begriff KAME wird in Computerkreisen für das KAME Project verwendet, das an einer IPv6-Implementierung arbeitet.
KDC	Siehe Key Distribution Center .
KLD	Siehe Kernel ld(1) .
KSE	Siehe Kernel Scheduler Entities .
KVA	Siehe Kernel Virtual Address .
Kbps	Siehe Kilo Bits Per Second .
Kernel ld(1)	Eine Methode, um den Kernel dynamisch um zusätzliche Funktionen zu erweitern, ohne das System neu zu starten.
Kernel Scheduler Entities	Threads, die im Kernel laufen. Näheres entnehmen Sie der Home-Page des Projekts .
Kernel Virtual Address	
Key Distribution Center	
Kilo Bits Per Second	Maßeinheit, in der die Bandbreite (also die Menge der Daten, die in einer bestimmten Zeit übertragen werden kann) angegeben wird. Statt Kilo können auch Mega, Giga, Tera und weitere Präfixe verwendet werden.

L

LAN	Siehe Local Area Network .
LOR	Siehe Lock Order Reversal .
LPD	Siehe Line Printer Daemon .
Line Printer Daemon	
Local Area Network	Ein Netzwerk, das nur in einem lokalen Bereich, wie einem Büro, einen Unternehmen oder einem Haus, eingesetzt wird.
Lock Order Reversal	<p>Der FreeBSD-Kernel benutzt eine Reihe von Ressource-Locks, um den Zugriff auf Ressourcen zu regeln. In FreeBSD-CURRENT-Kerneln (nicht in Release-Kerneln) befindet sich das Diagnose-System witness(4), das Verklemmungen (<i>deadlock</i>) zur Laufzeit erkennt. witness(4) ist vorsichtig: daher gibt es schon mal Falschmeldungen aus. Eine richtig erkannte Verklemmung bedeutet soviel wie „Wenn Sie Pech gehabt hätten, wäre es jetzt zu einer Verklemmung gekommen“.</p> <p>Richtig erkannte Verklemmungen (LOR) werden schnell behoben. Prüfen Sie daher http://lists.FreeBSD.org/mailman/listinfo/freebsd-current und die Seite LORs Seen bevor Sie die Mailinglisten kontaktieren.</p>

M

MAC	Siehe Mandatory Access Control .
MADT	Siehe Multiple APIC Description Table .

MFC	Siehe Merge From Current .
MFP4	Siehe Merge From Perforce .
MFS	Siehe Merge From Stable .
MIT	Siehe Massachusetts Institute of Technology .
MLS	Siehe Multi-Level Security .
MOTD	Siehe Message Of The Day .
MTA	Siehe Mail Transfer Agent .
MUA	Siehe Mail User Agent .
Mail Transfer Agent	Eine Anwendung zum Transfer von E-Mails. Ein MTA war von jeher im BSD-Basissystem enthalten. Aktuell handelt es sich dabei um Sendmail. Es existieren aber auch zahlreiche andere MTAs, darunter postfix, qmail und Exim.
Mail User Agent	Ein Programm zur Anzeige und zum Verfassen von E-Mails.
Mandatory Access Control	
Massachusetts Institute of Technology	
Merge From Current	Das Einbringen von Funktionen oder Fehlerbehebungen aus dem -CURRENT-Zweig in einen anderen Zweig, meist -STABLE.
Merge From Perforce	Das Einbringen von Funktionen oder Fehlerbehebungen aus dem Perforce-Repository des -CURRENT-Zweigs. Siehe auch Perforce .
Merge From Stable	Normalerweise werden Änderungen an FreeBSD zuerst im -CURRENT-Zweig getestet und dann in den -STABLE-Zweig übernommen. Selten kommt es vor, dass eine Änderung zuerst im -STABLE-Zweig vorgenommen wird und anschließend im -CURRENT-Zweig übernommen wird. Dieser Ausdruck wird auch benutzt, wenn eine Fehlerbehebung von -STABLE in einem der Sicherheitszweige übernommen wird. Siehe auch Merge From Current .
Message Of The Day	Eine Nachricht, die in der Regel beim Anmelden an einem System angezeigt wird. Enthält häufig Informationen für die Benutzer des Systems.
Multi-Level Security	
Multiple APIC Description Table	

N

NAT	Siehe Network Address Translation .
NDISulator	Siehe Project Evil .
NFS	Siehe Network File System .
NTFS	Siehe New Technology File System .
NTP	Siehe Network Time Protocol .

Network Address Translation Eine Technik, bei der IP-Pakete auf dem Weg durch ein Gateway umgeschrieben werden. Dadurch wird es möglich, dass sich mehrere Rechner hinter dem Gateway eine einzige IP-Adresse teilen.

Network File System

New Technology File System Ein von Microsoft entwickeltes Dateisystem, das in dessen „New Technology“-Betriebssystemen, wie Windows® 2000, Windows NT® und Windows® XP, eingesetzt wird.

Network Time Protocol Ein Protokoll, um die Systemzeit über ein Netzwerk zu synchronisieren.

O

OBE Siehe [Overtaken By Events](#).

ODMR Siehe [On-Demand Mail Relay](#).

OS Siehe [Operating System](#).

On-Demand Mail Relay

Operating System Eine Sammlung von Programmen, Bibliotheken und Werkzeugen, die den Zugriff auf die Hardware eines Computers erlauben. Die Bandbreite aktueller Betriebssysteme reicht von einfachen Designs, die lediglich die Ausführung eines einzigen Programms und die Nutzung eines einzigen Geräts zur gleichen Zeit erlauben bis hin zu Multitasking- und Multiprozess-Systemen, die gleichzeitig Tausende Benutzer bedienen können, von denen jeder wiederum Dutzende Programme laufen lassen kann.

Overtaken By Events Zeigt an, dass eine gewünschte Änderung (aus einem Fehlerbericht oder einer Anforderung) überholt ist. Die Ursache können beispielsweise spätere Änderungen in FreeBSD, geänderte Netzwerk-Standards oder jetzt veraltete Hardware sein.

P

p4 Siehe [Perforce](#).

PAE Siehe [Physical Address Extensions](#).

PAM Siehe [Pluggable Authentication Modules](#).

PAP Siehe [Password Authentication Protocol](#).

PC Siehe [Personal Computer](#).

PCNSFD Siehe [Personal Computer Network File System Daemon](#).

PDF Siehe [Portable Document Format](#).

PID Siehe [Process ID](#).

POLA Siehe [Principle Of Least Astonishment](#).

POP Siehe [Post Office Protocol](#).

POP3 Siehe [Post Office Protocol Version 3](#).

PPD Siehe [PostScript Printer Description](#).

PPP	Siehe Point-to-Point Protocol .
PPPoA	Siehe PPP over ATM .
PPPoE	Siehe PPP over Ethernet .
PPP over ATM	
PPP over Ethernet	
PR	Siehe Problem Report .
PXE	Siehe Preboot eXecution Environment .
Password Authentication Protocol	
Perforce	<p>Ein von Perforce Software entwickeltes Versionskontrollsystem, das mehr Funktionen als CVS aufweist. Obwohl es sich dabei nicht um Open-Source handelt, dürfen Open-Source-Projekte wie FreeBSD die Software kostenlos einsetzen.</p> <p>Einige FreeBSD-Entwickler verwenden ein Perforce-Repository, um Quellcode zu verwalten, der selbst für den -CURRENT-Zweig zu experimentell ist.</p>
Personal Computer	
Personal Computer Network File System Daemon	
Physical Address Extensions	Eine Möglichkeit, um auf Systemen, die physikalisch nur über einen 32-Bit-Adressraum verfügen, bis zu 64 GB RAM ansprechen zu können. Ohne PAE wären diese Systeme auf maximal 4 GB Hauptspeicher beschränkt.
Pluggable Authentication Modules	
Point-to-Point Protocol	
Pointy Hat	Ein Kopfschmuck, ähnlich den Eselsohren, der FreeBSD-Committern gereicht wird, wenn sie den Bau kaputtmachen, Revisionsnummern verkleinern oder sonstigen Schaden im Quellbaum anrichten. Jeder Committer, der etwas taugt, besitzt schnell eine stattliche Sammlung. Der Begriff wird (meist?) scherzhaft verwendet.
Portable Document Format	
Post Office Protocol	Siehe auch Post Office Protocol Version 3 .
Post Office Protocol Version 3	<p>Ein Protokoll für den Zugriff auf einen E-Mail-Server. Dadurch gekennzeichnet, dass neue Nachrichten vom E-Mail-Client heruntergeladen und nicht auf dem Server verbleiben.</p> <p>Siehe auch Internet Message Access Protocol.</p>
PostScript Printer Description	
Preboot eXecution Environment	
Principle Of Least Astonishment	<p>Prinzip der kleinsten Überraschung</p> <p>Änderungen an FreeBSD sollten nach Möglichkeit für den Benutzer nachvollziehbar sein. Das willkürliche Umordnen der Variablen in <code>/etc/defaults/</code></p>

	rc.conf verletzt zum Beispiel dieses Prinzip. Entwickler beachten das Prinzip, wenn Sie über für Benutzer sichtbare Änderungen nachdenken.
Problem Report	Die Beschreibung eines Problems, das im FreeBSD-Quellcode oder in der Dokumentation gefunden wurde. Lesen Sie dazu auch den Artikel Writing FreeBSD Problem Reports .
Process ID	Eine eindeutige Zahl, die einem Prozess zugewiesen ist. Identifiziert den Prozess und erlaubt es, diesen Prozess zu bearbeiten.
Project Evil	Der Arbeitstitel des von Bill Paul geschriebenen NDISulator. Der Name bezieht sich darauf, dass es (philosophisch gesehen) schlimm ist, einen solchen Treiber überhaupt schreiben zu müssen. Der NDISulator ist ein Kompatibilitätsmodul, das es erlaubt, Microsoft Windows™ NDIS-Miniport-Netzwerktreiber mit FreeBSD/i386 zu benutzen. Für gewöhnlich ist dies die einzige Möglichkeit, Karten mit einem Treiber, dessen Quellen verschlossen sind, zu benutzen. Siehe <code>src/sys/compat/ndis/subr_ndis.c</code> .

R

RA	Siehe Router Advertisement .
RAID	Siehe Redundant Array of Inexpensive Disks .
RAM	Siehe Random Access Memory .
RD	Siehe Received Data .
RFC	Siehe Request For Comments .
RISC	Siehe Reduced Instruction Set Computer .
RPC	Siehe Remote Procedure Call .
RS232C	Siehe Recommended Standard 232C .
RTS	Siehe Request To Send .
Random Access Memory	
Revision Control System	Das <i>Revision Control System</i> (RCS) ist eines der ältesten „Versionsverwaltungssysteme“ für reine Textdateien. Es erlaubt das Speichern, Laden, Archivieren, Protokollieren, Identifizieren sowie das Zusammenführen von verschiedenen Revisionen einer Datei. Bei RCS handelt es sich um eine Sammlung von vielen kleinen zusammenarbeitenden Werkzeugen. Zwar fehlen im Vergleich zu CVS oder Subversion einige Funktionen, allerdings ist RCS sehr einfach zu installieren, zu konfigurieren und zu benutzen, solange die Anzahl der zu verwaltenden Dateien überschaubar bleibt. RCS ist dabei für praktisch alle wichtigen UNIX-artigen Betriebssysteme verfügbar. Siehe auch Concurrent Versions System , Subversion .
Received Data	Ein RS232C-Pin oder -Draht, über den neue Daten ankommen. Siehe auch Transmitted Data .
Recommended Standard 232C	Ein Standard für die Kommunikation zwischen seriellen Geräten.
Reduced Instruction Set Computer	Ein Ansatz im Prozessordesign, bei dem die von der Hardware durchzuführenden Operationen so weit als möglichst vereinfacht und verallgemeinert werden. Vorteile dieses Design sind ein geringerer Energieverbrauch, eine geringere Transistoranzahl und übersichtlicherer Code. Zu den RISC-Plattformen gehören Alpha, SPARC®, ARM® sowie PowerPC®.

Redundant Array of Inexpensive
Disks

Remote Procedure Call

repocopy

Siehe [Repository Copy](#).

Repository Copy

Eine direkte Kopie von Dateien innerhalb eines Repositories.

Ohne eine Repocopy müsste ein Committer eine Datei mit `cvs add` an der neuen Position einfügen und mit `cvs rm` an der alten Position löschen.

Der Nachteil dieser Methode wäre allerdings, dass dabei die Datei-Historie (also die CVS-Logs) nicht an die neue Position kopiert werden würde. Da das FreeBSD-Projekt diese Informationen als äußerst nützlich ansieht, wird stattdessen häufig eine Repocopy durchgeführt. Bei diesem Prozess kopiert ein Repository Meister die Datei direkt innerhalb des Repository an die neue Position, statt `cvs(1)` einzusetzen.

Request For Comments

Eine Sammlung von Dokumenten, die wichtige Internetstandards, Protokolle und so weiter definieren und die unter www.rfc-editor.org zu finden sind.

Kann aber auch allgemein verwendet werden, wenn jemand eine Änderung vorschlägt und dazu Feedback möchte.

Request To Send

Ein RS232C-Signal, das der Gegenstelle signalisiert, dass sie mit dem Senden der Daten beginnen kann.

Siehe auch [Clear To Send](#).

Router Advertisement

S

SCI

Siehe [System Control Interrupt](#).

SCSI

Siehe [Small Computer System Interface](#).

SG

Siehe [Signal Ground](#).

SMB

Siehe [Server Message Block](#).

SMP

Siehe [Symmetric MultiProcessor](#).

SMTP

Siehe [Simple Mail Transfer Protocol](#).

SMTP AUTH

Siehe [SMTP Authentication](#).

SSH

Siehe [Secure Shell](#).

STR

Siehe [Suspend To RAM](#).

SVN

Siehe [Subversion](#).

SMTP Authentication

Server Message Block

Signal Ground

Ein RS232-Pin oder -Draht, der als Untergrundreferenz für das Signal verwendet wird.

Simple Mail Transfer Protocol

Secure Shell

Small Computer System Interface

Subversion

Subversion ist ein Versionskontrollsystem, ähnlich wie CVS, aber mit einer grösseren Liste von Eigenschaften.
Siehe auch [Concurrent Versions System](#).

Suspend To RAM

Symmetric MultiProcessor

System Control Interrupt

T

TCP

Siehe [Transmission Control Protocol](#).

TCP/IP

Siehe [Transmission Control Protocol/Internet Protocol](#).

TD

Siehe [Transmitted Data](#).

TFTP

Siehe [Trivial FTP](#).

TGT

Siehe [Ticket-Granting Ticket](#).

TSC

Siehe [Time Stamp Counter](#).

Ticket-Granting Ticket

Time Stamp Counter

Ein interner Zähler bei modernen Pentium®-Prozessoren, der die Ticks der *core frequency clock* bestimmt.

Transmission Control Protocol

Ein Protokoll, das auf dem IP-Protokoll aufsetzt. Es garantiert, dass Datenpakete zuverlässig und geordnet transportiert werden.

Transmission Control Protocol/Internet Protocol

Die Kombination aus TCP- und IP-Protokoll. Ein Großteil des Internets basiert auf TCP/IP.

Transmitted Data

Ein RS232C-Pin oder -Draht, über den Daten verschickt werden.
Siehe auch [Received Data](#).

Trivial FTP

U

UDP

Siehe [User Datagram Protocol](#).

UFS1

Siehe [Unix File System Version 1](#).

UFS2

Siehe [Unix File System Version 2](#).

UID

Siehe [User ID](#).

URL

Siehe [Uniform Resource Locator](#).

USB

Siehe [Universal Serial Bus](#).

Uniform Resource Locator

Eine Methode um eine Ressource, z.B. ein Dokument im Internet, zu lokalisieren und eine Art, diese Ressource zu identifizieren.

Unix File System Version 1	Das Original UNIX® Dateisystem, manchmal auch das Berkeley Fast File System genannt.
Unix File System Version 2	Eine Erweiterung für UFS1, eingeführt in FreeBSD5-CURRENT. UFS2 enthält 64-bit Blockzeiger (durchbricht dadurch die 1T Grenze), Unterstützung für extended file storage und andere Merkmale.
Universal Serial Bus	Ein Hardware-Standard, der verwendet wird um eine grosse Vielfalt von Computerperipherie an eine einheitliche Schnittstelle anzuschliessen.
User ID	Eine eindeutige Nummer, die einem Benutzer eines Computers zugewiesen wird. Kann zur Identifizierung von zugewiesenen Ressourcen und Berechtigungen verwendet werden.
User Datagram Protocol	Ein einfaches, nicht-zuverlässiges Protokoll für Datagramme, das beim Datenaustausch in einem TCP/IP Netzwerk benutzt wird. UDP enthält keine Fehlerüberprüfung und -korrektur wie TCP.

V

VPN	Siehe Virtual Private Network .
Virtual Private Network	Eine Methode ein öffentliches Netzwerk wie das Internet zu nutzen, um einen entfernten Zugriff auf ein lokales Netz, wie etwa ein Unternehmens-LAN, zu ermöglichen.

Stichwortverzeichnis

Symbole

- CURRENT, 561
 - übersetzen, 562
- STABLE, 561, 563
 - benutzen, 563
 - mit CTM synchronisieren, 564
- .k5login, 324
- .k5users, 324
- .rhosts, 414
- /boot/kernel.old, 241
- /etc, 100
- /etc/gettytab, 600
- /etc/groups, 138
- /etc/login.conf, 346
- /etc/mail/access, 631
- /etc/mail/aliases, 631
- /etc/mail/local-host-names, 631
- /etc/mail/mailer.conf, 631
- /etc/mail/mailertable, 631
- /etc/mail/sendmail.cf, 631
- /etc/mail/virtusertable, 631
- /etc/remote, 605
- /etc/src.conf, 568
- /etc/ttys, 601
- /usr, 100
- /usr/bin/login, 600
- /usr/share/skel, 134
- /var, 100
- 386BSD, 10, 10
- 386BSD Patchkit, 10
- 4.3BSD-Lite, 10
- 4.4BSD-Lite, 5, 6
- 802.11 (Siehe drahtlose Netzwerke)

A

- AbiWord, 213
- Accounting
 - Plattenplatz, 420
- Accounts
 - Benutzer-Accounts, 132
 - daemon, 132
 - einschränken, 346
 - erstellen, 134
 - Gruppen, 138
 - löschen, 135
 - nobody, 132
 - operator, 132
 - Passwort wechseln, 137
 - Superuser (root), 133
 - System-Accounts, 132
 - verändern, 134
- ACL, 339
- ACPI, 291, 293
 - ASL, 296, 296

- Fehlermeldungen, 296
- Fehlersuche, 297
 - Probleme mit, 292, 294, 297
- adduser, 134, 542
- AIX, 657
- amd, 656
- Anti-aliasing, 191
- Anwender
 - Grosse, bekannte FreeBSD-Anwender, 7
- Apache, 7, 689
 - Konfigurationsdatei, 689
 - Module, 691
 - Starten oder Beenden, 690
- Apache OpenOffice, 214
- APIC
 - deaktivieren, 295
- APM, 291
- Apple, 7
- ASCII, 540
- AT&T, 10
- AUDIT, 389
- Auslagerungsspeicher
 - verschlüsseln, 427
- Automatic Mounter Daemon, 656
- AutoPPP, 621

B

- Backup-Software, 417
 - cpio, 415
 - dump / restore, 414
 - pax, 416
 - tar, 415
- Bandmedien, 416
- Basic Input/Output System (Siehe BIOS)
- Bau des Basissystems, 564
 - Laufzeiten, 571
- Beitragende, 12
- Benutzer einschränken, 346
 - coredumpsize, 346
 - cputime, 346
 - filesize, 346
 - maxproc, 346
 - memorylocked, 346
 - memoryuse, 346
 - openfiles, 346
 - Quotas, 345
 - sbsize, 346
 - stacksize, 346
- BGP, 754
- Binärkompatibilität
 - BSD/OS, 5
 - Linux, 5, 255
 - NetBSD, 5
 - SCO, 5
 - SVR4, 5
- BIND, 635, 675
 - DNS security extensions, 685
 - Konfigurationsdateien, 677

- Start, 677
- Zonendatei, 682
- Zwischenspeichernde Nameserver, 685
- BIOS, 33, 299
- bits-per-second, 591
- Bluetooth, 773
- Boot Loader, 299
- Boot Manager, 299, 300
- boot-loader, 302
- booten, 299
- Bootstrap, 299
- Bridge, 779
- Browser
 - Web, 209
- BSD Copyright, 11
- BSD Router, 9
- bsdlabel, 417

C

- Calligra, 213
- CARP, 796
- CD-Brenner
 - ATAPI, 404
 - ATAPI/CAM Treiber, 404
- CD-ROM
 - bootbare erstellen, 406
 - brennen, 405
- CD-ROMs
 - brennen, 403
- CHAP, 618
- chpass, 136
- Chromium, 212
- Cisco, 7
- Citrix, 7
- Codierungen, 540
- Committer, 11
- Common Address Redundancy Protocol, 796
- Compiler, 7
 - C, 6
 - C++, 6
- Computer Systems Research Group (CSRG), 6
- Concurrent Versions System (Siehe CVS)
- Core Team, 11
- cron
 - konfigurieren, 266
- CTM, 564, 809
- cu, 78
- cuad, 594
- CVS, 11
- CVS-Repository, 11

D

- dangerously dedicated, 151
- Dateiserver
 - Unix-Clients, 654
 - Windows-Clients, 694
- Dateisysteme
 - abhängen, 155

- anhängen, 154
- fstab, 153
- ISO 9660, 404, 405
- Joliet, 406
- Dateizugriffsrechte, 139
- DCE, 591
- Dell KACE, 7
- Device Node, 221
- device.hints, 306
- DGA, 225
- DHCP
 - dhcpd.conf, 674
 - installieren, 674
 - Konfigurationsdateien, 673, 675
 - plattenloser Betrieb, 791
 - Server, 674
- Dienste, 265
- Disk Labels, 450
- Disk Mirroring, 437
- Disk Quotas, 420
 - Limits, 421
 - überprüfen, 420, 422
- Django, 692
- DNS, 281, 618, 630, 675
 - Einträge, 683
- DNS-Server, 7
- Documentation (Siehe Updating and Upgrading)
- documentation package (Siehe Updating and Upgrading)
- DOS, 544
- Drucker, 545
- Druckserver
 - Windows-Clients, 694
- DSP, 221
- DTE, 591
- DTrace, 581
- DTrace support (Siehe DTrace)
- Dual-Homed-Hosts, 753
- dump, 414
- DVD
 - brennen, 408
 - DVD+RW, 410
 - DVD-RAM, 412
 - DVD-RW, 411
 - DVD-Video, 410
- Dynamic Host Configuration Protocol (Siehe DHCP)

E

- E-Mail, 6, 629 (Siehe E-Mail)
 - MTA, wechseln, 633
 - Terminologie, 629
- E-Mail-Programme, 641
- E-Mail-Server, 630
- E-Mail-Server Dämonen
 - Exim, 630
 - Postfix, 630
 - qmail, 630
 - Sendmail, 630

- E-Mails
 - empfangen, 630
- Editoren, 161
- ee1, 161
- Einmalpasswörter, 316
- Einstellungen
 - mit sysctl, 283
 - von Kernel Limits, 287
- Einwählverbindungen, 599
- ELF, 258
 - Kennzeichnung, 258
- emacs, 161
- embedded, 7
- ePDFView, 217
- execution class loader, 257
- Experts Exchange, 8

F

- failover, 784
- Farben
 - Kontrast, 77
- FEC, 784
- fetchmail, 647
- File Systems, 507
- File Systems Support (Siehe File Systems)
- Firefox, 210
- Firewall, 6
- firewall, 703
 - IPFILTER, 718
 - IPFW, 734
 - PF, 705
 - Regelsatz, 704
- Flash, 210
- Free Software Foundation, 10, 162
- FreeBSD Projekt
 - Entwicklungsmodell, 11
 - Geschichte, 10
 - Ziele, 11
- FreeBSD Sicherheitshinweise, 341
- freebsd-update (Siehe updating-upgrading)
- FreeNAS, 9
- FreshPorts, 165
- FTP
 - anonymous, 52, 69, 693, 694
 - passive mode, 47
 - via a HTTP proxy, 47
- FTP-Server, 6, 693

G

- Gateway, 751
- Geeqie, 216
- Gemeinsam benutzte Bibliotheken, 256
- GEOM, 435, 435, 437, 444, 446, 450, 452
- GEOM Disk Framework (Siehe GEOM)
- Gerätedatei, 221
- getty, 599
- GhostBSD, 9
- GNOME, 7, 194

- GNU General Public License (GPL), 11
- GNU Lesser General Public License (LGPL), 11
- GNU Werkzeuge, 257
- GnuCash, 217
- Gnumeric, 218
- gpart, 397, 398
- grace period, 422
- Greenman, David, 10
- Grimes, Rod, 10
- Größe der Swap-Partition, 100
- Gruppen, 138
- gv, 216

H

- Hardlimit, 421
- HAST
 - high availability, 428
- HCI, 774
- hostname, 281
- hosts, 282
- HP-UX, 657
- Hubbard, Jordan, 10
- hw.ata.wc, 285

I

- I/O port, 221
- IEEE, 416
- IMAP, 630
- init8, 300, 306
- Installation, 15
 - Disketten, 81
 - Fehlersuche, 73
 - FTP, 46
 - headless (serielle Konsole), 77
 - Netzwerkinstallation
 - Ethernet, 83
 - FTP, 80
 - NFS, 83
 - parallel (PLIP), 83
 - seriell (PPP), 83
 - von einem QIC/SCSI-Band, 82
 - von einer MS-DOS-Partition, 82
- installation, 85
 - troubleshooting, 126
- Intel i810 Graphic Chipset, 201
- Internationalisierung (Siehe Lokalisierung)
- Internet Systems Consortium (ISC), 672
- Interrupt-Sturm, 295
- IP masquerading (Siehe NAT)
- IP-Aliase, 275
- IP-Subnetz, 779
- ipf, 719
- IPFILTER
 - enabling, 718
 - Kerneloptionen, 719
 - logging, 721
 - rule processing order, 724
 - rule syntax, 724

- stateful filtering, 727
- statistics, 720
- ipfstat, 720
- IPFW
 - aktivieren, 735
 - Kerneloptionen, 735
 - logging, 741
 - rule processing order, 738
 - rule syntax, 738
 - stateful filtering, 741
- ipfw, 737
- ipmon, 721
- ipnat, 731
- IPsec, 329
 - AH, 329
 - ESP, 329
- IRQ, 221
- Isilon, 8
- ISO 9660, 404
- iXsystems, 8

J

- jails, 349
- Jolitz, Bill, 10
- Journaling, 452
- Juniper, 8

K

- KDE, 7, 195
 - Display-Manager, 196
- Kerberos
 - Beschränkungen, 326
 - Clients einrichten, 324
 - Dienste einrichten, 323
 - Key Distribution Center, 321
 - weiterführende Dokumentation, 326
- kern.cam.scsi_delay, 285
- kern.ipc.somaxconn, 288
- kern.maxfiles, 287
- Kernel, 300
 - bauen / installieren, 240
 - boot interaction, 305
 - bootflags, 305
 - Erstellen eines angepassten Kernels, 237
 - Konfiguration, 219
 - Konfigurationsdatei, 239
 - NOTES, 239
 - Übersetzen, 571
- Kerneloption
 - IPSEC, 330
 - IPSEC_DEBUG, 330
- Kerneloptionen
 - COMPAT_LINUX, 256
 - IPDIVERT, 736
 - IPFILTER, 719
 - IPFILTER_DEFAULT_BLOCK, 719
 - IPFILTER_LOG, 719
 - IPFIREWALL, 735

- IPFIREWALL_DEFAULT_TO_ACCEPT, 736
- IPFIREWALL_VERBOSE, 735
- IPFIREWALL_VERBOSE_LIMIT, 735
- MROUTING, 755
- SCSI DELAY, 285
- keymap, 543
- KLD (kernel loadable object), 271
- KMyMoney, 218
- Kommandozeile, 158
- Konqueror, 212
- Konsole, 129, 307

L

- L2CAP, 776
- LACP, 784
- lagg, 784
- Ländercodes, 539
- Laufwerke
 - hinzufügen, 397
 - speicherbasierte, 418, 418
 - speicherbasiertes Laufwerk aushängen, 418
- LCD, 192
- LCP, 621
- LDAP, 668, 695
- LDAP Server, 669
- LibreOffice , 215
- Linux, 657
 - ELF-Binärdatei, 257
- Linux-Binärkompatibilität, 255
- Live-CD, 417
- loadbalance, 784
- loader, 302
- loader Konfiguration, 302
- Locale, 541, 542
- log management, 277
- log rotation, 277
- Logdateien
 - FTP, 693
- Login-Klasse, 541, 542
- Lokalisierung, 539
 - deutsch, 546
 - griechisch, 546
 - japanisch, 546
 - koreanisch, 547
 - russisch, 544
 - traditionell chinesisches, 546
- ls1, 140

M

- MAC, 367
 - File System Firewall Policy, 376
- MAC Biba Integrity Policy, 381
- MAC Configuration Testing, 386
- MAC Interface Silencing Policy, 377
- MAC LOMAC, 383
- MAC Multi-Level Security Policy, 380
- MAC Port Access Control List Policy, 377
- MAC Process Partition Policy, 379

MAC See Other UIDs Policy, 375
 MAC Troubleshooting, 387
 MacOS, 318
 Mail-User-Agents, 641
 Mailingliste, 565
 make, 570
 make.conf, 568
 Mandatory Access Control (Siehe MAC)
 Manualpages, 161
 Master Boot Record (MBR), 299, 300
 McAfee, 8
 Mehrbenutzerbetrieb, 5
 Mehrbenutzermodus, 307, 569
 mencoder, 229
 mergemaster, 573
 mfsBSD, 9
 mgetty, 621
 Microsoft Windows, 33, 694
 Microsoft Windows
 Gerätetreiber, 271
 MIME, 540, 542
 Modem, 599
 mod_perl
 Perl, 691
 mod_php
 PHP, 691
 mount, 77, 77
 mountd, 654
 moused, 543
 MPlayer, 227
 MS-DOS, 22, 33, 318
 Multicast-Routing, 755
 MX-Eintrag, 630, 636, 637, 684
 MySQL, 544

N

Nagios in a MAC Jail, 383
 NAS4Free, 9
 NAT, 6, 731
 and IPFILTER, 731
 und IPFW, 746
 NDIS, 271
 NDISulator, 271
 net.inet.ip.portrange.*, 288
 Net/2, 10, 10
 NetApp, 8
 NetBIOS, 618, 695
 NetBSD, 657
 Netcraft, 9
 NetEase, 9
 Netflix, 8, 9
 network address translation (Siehe NAT)
 Netzgruppen, 664, 665
 Netzwerke, drahtlos, 756
 Netzwerkkarten
 einrichten, 270, 272
 Fehlersuche, 274
 testen, 274

Treiber, 270
 newsyslog, 277
 newsyslog.conf, 277
 NFS, 422, 654
 Dateisysteme einhängen, 656
 einrichten, 655
 Export von Dateisystemen, 655
 Server, 654
 nfsd, 654
 NIS, 657
 Client, 658
 Client konfigurieren, 663
 Domänen, 657
 Domänenname, 659
 maps, 660
 Masterserver, 658
 Passwortformate, 668
 Serverkonfiguration, 659
 Slaveserver, 658, 661
 NIS+, 695
 NOTES, 239
 Novell, 10
 NTP
 ntp.conf, 696
 ntpd, 696
 Nullmodemkabel, 78, 592, 608

O

OBEX, 778
 office suite
 LibreOffice , 215
 Office-Pakete
 Apache OpenOffice, 214
 Calligra, 213
 Okular, 217
 OpenBSD, 657
 OpenSSH, 334
 aktivieren, 337
 Client, 334
 secure copy, 335
 Tunnel, 336
 OpenSSL, 326
 Zertifikate erzeugen, 327
 Opera, 211
 OPNSense, 9
 OSPF, 754

P

Pair Networks, 9
 Pairing, 775
 Pakete, 163
 PAP, 618
 Partitionen, 151, 397, 398
 vergrößern, 398
 verschlüsseln, 422
 Partitionslayout, 100
 passwd, 137
 Passwort, 619

pax, 416
PC-BSD, 9
PCI, 219
PDF
 anzeigen, 216, 216, 217, 217
pfSense, 9
PGP-Schlüssel, 841
pkg, 340
 search, 165
plattenloser Arbeitsplatz, 789
plattenloser Betrieb, 789
POP, 630
portmaster, 175
Ports, 163
 aktualisieren, 175
 entfernen, 174
 installieren, 172
 Plattenplatz, 177
Ports-Sammlung, 255
Portsnap (Siehe Updating and Upgrading)
portupgrade, 176
POSIX, 416, 540
PostScript
 anzeigen, 216
PPP, 615, 615, 636
 Erweiterungen von Microsoft, 618
 Fehlersuche, 622
 Konfiguration, 619
 mit fester IP-Adresse, 616
 NAT, 619
 over ATM, 625
 over Ethernet, 615, 624
PPPoA, 625
Präemptives Multitasking, 5
procmail, 648
Prozess-Überwachung, 345
pw, 138, 542
Python, 692

Q

Quellcode, 6
Quotas, 345

R

RAID1, 437
RAID3, 444
Rambler, 9
rc-Dateien, 307
 rc.conf, 269
 rc.serial, 594, 602
resolv.conf, 281
Resolver, 675
Ressourcen einschränken, 345
restore, 414
Reverse-DNS, 675
RFCOMM, 777
RIP, 754
rmuser, 135

Root-Dateisystem, 153
Root-Zone, 675
roundrobin, 784
routed, 620
Router, 7, 753
Routing, 751
rpcbind, 654, 658
RS-232C Kabel, 591, 593
Ruby on Rails, 692

S

Samba-Server, 694
Sandvine, 8
Scanner, 232
Schnappschüsse
 von Dateisystemen, 419
Schriftarten
 Abstände, 192
 Anti-aliasing, 191
 auf einem LCD, 192
 TrueType, 190
scp1, 335
screenmap, 543
SCSI, 33
SDL, 225
SDP, 777
security
 firewalls, 703
Security Event Auditing (Siehe MAC)
sendmail, 620
Sendmail, 631
serielle Datenübertragung, 591
serielle Konsole, 77, 607
Shells, 158
 Bourne Shell, 159
shutdown8, 307
Sicherheit, 309
 Einmalpasswörter, 316
 OpenSSH, 334
 OpenSSL, 326
Signal 11, 576
Sina, 9
Single-User Modus, 303, 307
Single-User-Modus, 569, 572
Slices, 151
SMTP, 620
Snapshot, 561
Soft Updates, 285
 Details, 285
Softlimit, 421
Software RAID
 Hardware RAID, 446
Solaris, 258, 657
Sony, 8
Sony Japan, 9
Sophos, 8
Soundkarten, 219
SourceForge, 165

Spectra Logic, 8
Speicherschutz, 5
Sprachcodes, 539
SQL database, 695
SSH
 sshd, 52
SSL, 691
statische IP-Adresse, 616
Striping, 435
Subnetz, 751
Subversion, 11, 564, 812
Subversion Repository
 Mirror Sites, 814
Subversion-Repository, 11
SVN (Siehe Subversion)
Swap Partition, 100
Symmetrisches Multi-Processing (SMP), 6
sysctl, 283, 283
sysctl.conf, 283
sysinstall, 543
syslog, 276, 693
syslog.conf, 276
syslogd8, 276
system logging, 276
System-Konfiguration, 265
System-Optimierung, 265

T

Tabellenkalkulation
 Gnumeric, 218
 KMyMoney, 218
tar, 415
TCP Bandwidth Delay Product Begrenzung
 net.inet.tcp.inflight.enable , 289
TCP Wrapper, 318
TCP-Wrapper, 664
TCP/IP-Netzwerkfähigkeit, 5
TELEHOUSE America, 9
Terminals, 129, 595
tether, 772
Text Editoren, 161, 161
 ee, 161
The GIMP, 213
The Weather Channel, 8
traceroute8, 755
traditionelles Chinesisch
 BIG-5 Codierung, 541
TrueType Schriftarten, 190
ttyu, 594
tunefs8, 285
TV-Karten, 230

U

U.C. Berkeley, 10, 10
UDP, 673
Umgebungsvariablen, 158
Unicode, 544
UNIX, 139

Updating and Upgrading, 549, 556, 557, 559
USB
 Speichermedien, 400

V

Veraltete Dateien, Verzeichnisse und Bibliotheken
löschen, 578
Verisign, 8
Verschlüsselung, 691
Verzeichnis Hierarchien, 143
Verzeichnisse, 140
vfs.hirunningspace, 284
vfs.vmiodirenable, 284
vfs.write_behind, 284
vi, 161
Video-Anwendungen, 227
vipw, 542
virtual hosts, 275
Virtual Private Network (Siehe VPN)
virtuelle Konsole, 129
virtueller Speicher, 6
vm.swap_idle_enabled, 285
Voxer, 8
VPN, 329

W

Walnut Creek CDRom, 10
Weathernews, 9
Webserver, 6
 dynamisch, 692
 konfigurieren, 689
 Verschlüsselung, 691
WhatsApp, 8
Wheel Systems, 8
Widescreen-Monitor, Konfiguration, 201
Williams, Nate, 10
Windows, 318
Windows-Treiber, 271

X

X Input Method (XIM), 544
X-Display-Manager, 193
X-Window-System, 5, 7
XML, 191
Xorg, 183, 183
Xorg anpassen, 200
Xorg True Type Font-Server, 544
xorg.conf, 200
Xpdf, 216
XVideo, 225

Y

Yahoo!, 9
Yandex, 9
yellow pages (Siehe NIS)

Z

Zonen

Beispiele, 676

ZRouter, 9

Zugriffsrechte, 139

symbolische, 140

Kolophon

Dieses Buch ist aus den Beiträgen vieler Freiwilliger zum „FreeBSD Documentation Project“ entstanden. Der Text ist in SGML entsprechend der Docbook DTD verfasst. Mit Hilfe von Jade, einem Open Source DSSSL-Prozessor, wird er in verschiedene Formate umgewandelt. Die Umwandlung wird von Norm Walsh's DSSSL Stylesheets und eigens entwickelten Stylesheets gesteuert. Die gedruckte Ausgabe des Buchs wäre ohne die Satzbeschreibungssprache TeX von Donald Knuth, LaTeX von Leslie Lamport oder den JadeTeX-Makros von Sebastian Rahtz nicht möglich.

