

# IPV4 & Kabel

# Inhalt

## Artikel

IPv4	1
Patchkabel	8
TIA-568A/B	12

## Quellennachweise

Quelle(n) und Bearbeiter des/der Artikel(s)	15
Quelle(n), Lizenz(en) und Autor(en) des Bildes	16

## Artikellizenzen

Lizenz	17
--------	----

# IPv4

## IPv4 im TCP/IP-Protokollstapel:

<i>Anwendung</i>	HTTP	IMAP	SMTP	DNS	...
<i>Transport</i>	TCP			UDP	
<b>Internet</b>	<b>IPv4</b>				
<i>Netzzugang</i>	Ethernet	Token Bus	Token Ring	FDDI	...

**IPv4 (Internet Protocol Version 4)**, früher einfach **IP**, ist die vierte Version des Internet Protocols (IP). Es war die erste Version des Internet Protocols, welche weltweit verbreitet und eingesetzt wurde, und bildet eine wichtige technische Grundlage des Internets. Es wurde in RFC 791 im Jahr 1981 definiert.

## Adressformat

IPv4 benutzt 32-Bit-Adressen, daher sind maximal 4.294.967.296 eindeutige Adressen möglich. IPv4-Adressen werden üblicherweise dezimal in vier Blöcken geschrieben, zum Beispiel 207.142.131.235. Je Block werden 8 Bit zusammengefasst; somit ergibt sich für jeden Block ein Wertebereich von 0 bis 255. Bei der Weiterentwicklung IPv6 werden 128-Bit-Adressen verwendet.

Eine IP-Adresse unterteilt sich in einen Netzwerkteil und einen Host-(Adressen-)teil. Rechner sind im selben IP-Netz, wenn der Netzwerkteil ihrer Adresse gleich ist – das ist eine Voraussetzung, dass diese Rechner direkt miteinander kommunizieren können, also z. B. über einen Hub, einen Switch oder mittels eines Crosslink-Kabels. Im selben Netz darf keine Host-Adresse doppelt vergeben sein.

Für die Kommunikation zwischen unterschiedlichen Netzen wird ein Router benötigt. Den Adressteil vergibt der zuständige Administrator für jedes teilnehmende Gerät unterschiedlich. Die Netzadresse vergibt der Besitzer oder Planer des Netzwerks. Im Internet ist das IANA (Internet Assigned Numbers Authority) für die Vergabe der Netzadressen zuständig.

Die genaue Aufteilung zwischen Netzwerkteil und Adressteil wird durch die Subnetzmaske bestimmt (zum Beispiel 255.255.255.0). In der CIDR-Notation wird dies als 192.168.0.23/24 geschrieben, wobei die „24“ bedeutet, dass die ersten 24 Bits der Subnetzmaske gleich 1 sind. Die Bits der Subnetzmaske, die (in binärer Schreibweise) „1“ sind, legen die Stellen der IP-Adresse fest, die zum Netzanteil gehören.

Beispiel:

IP-Adresse	192.168.0.	23	→	11000000.10101000.00000000.	00010111
Subnetzmaske	255.255.255.	0	→	11111111.11111111.11111111.	00000000
	<i>Netzanteil</i>	<i>Hostanteil</i>		<i>Netzanteil</i>	<i>Hostanteil</i>

## Netzklassen

IP-Netzklassen				
Bit 0–3	4–7	8–15	16–23	24–31
<b>Class A: Netze 0.0.0.0/8 bis 127.255.255.255</b>				
0 ... 8-Bit-Netz		24-Bit-Host		
<b>Class B: Netze 128.0.0.0/16 bis 191.255.255.255</b>				
1 0 ... 16-Bit-Netz			16-Bit-Host	
<b>Class C: Netze 192.0.0.0/24 bis 223.255.255.255</b>				
1 1 0 ... 24-Bit-Netz				8-Bit-Host
<b>Class D: Multicast-Gruppen 224.0.0.0/4 bis 239.255.255.255</b>				
1 1 1 0	28-Bit-Multicast-Gruppen-ID			
<b>Class E: Reserviert 240.0.0.0/4 bis 255.255.255.255</b>				
1 1 1 1	28 Bit reserviert für zukünftige Anwendungen			

Früher gab es fest vorgeschriebene Einteilungen für Netzwerkklassen mit einer festen Länge. Da diese Einteilung sehr unflexibel ist, wird seit 1993 vor allem im WAN hauptsächlich das Classless Inter-Domain Routing-Verfahren durchgeführt, welches bitvariable Netzmasken ermöglicht. Viele netzwerkfähige Betriebssysteme bestimmen die Standardnetzmaske anhand der alten Klassifikation, da im lokalen Netz überwiegend noch mit den Klassen gearbeitet wird.

Die maximale Anzahl der zu vergebenen Host-Adressen in einem Netz ist

$$2^{\text{Anzahl Bits der Hostadresse}} - 2$$

Zwei Host-Adressen fallen immer weg – die erste Adresse (zum Beispiel 192.168.0.0) bezeichnet das Netz selber, die letzte Adresse (zum Beispiel 192.168.0.255) ist für den Broadcast (alle Teilnehmer werden angesprochen) reserviert.

## Besondere Netzwerkklassen

Einige Klassen von Netzwerkklassen sind für spezielle Zwecke reserviert. Siehe RFC 5735:

Adressblock	Verwendung	Referenz
0.0.0.0/8	Aktuelles Netzwerk	RFC 1122
10.0.0.0/8	Privates Netzwerk der Klasse A	RFC 1918
127.0.0.0/8	Loopback (Lokaler Computer)	RFC 1122
169.254.0.0/16	Privates Netzwerk (link local), APIPA	RFC 3927
172.16.0.0/12	Privates Netzwerk der Klasse B	RFC 1918
192.0.0.0/24	IETF Protocol Assignments	RFC 5735
192.0.2.0/24	Test-Netzwerke	RFC 5735
192.88.99.0/24	IPv6 zu IPv4 Relay	RFC 3068
192.168.0.0/16	Privates Netzwerk der Klasse C	RFC 1918
198.18.0.0/15	Netzwerk-Benchmark-Tests	RFC 2544
198.51.100.0/24	Test-Netzwerke	RFC 5735
203.0.113.0/24	Test-Netzwerke	RFC 5735
224.0.0.0/4	Multicasts (ehemals Klasse-D-Netzwerk)	RFC 3171

240.0.0.0/4	Reserviert (ehemals Klasse-E-Netzwerk)	RFC 1700
255.255.255.255/32	Limited Broadcast	RFC 919, RFC 922

### Lokale/Private Netzwerkadressen

Adressbereich	Klassenbeschreibung	größter CIDR-Block	Anzahl IP-Adressen
10.0.0.0–10.255.255.255	1 Klasse-A-Netz	10.0.0.0/8	$2^{24} = 16.777.216$
172.16.0.0–172.31.255.255	16 Klasse-B-Netze	172.16.0.0/12	$2^{20} = 1.048.576$
192.168.0.0–192.168.255.255	256 Klasse-C-Netze	192.168.0.0/16	$2^{16} = 65.536$
169.254.0.0–169.254.255.255	link local, 1 Klasse-B-Netz	169.254.0.0/16	$2^{16} = 65.536$

### Beispiele

#### Beispiel: (/24 (früher Klasse-C-Netz))

Subnetzmaske = 11111111.11111111.11111111.00000000 (255.255.255.0)

Der Besitzer legt den Netzteil auf 192.168.0 fest:

Netzteil = 11000000.10101000.00000000

Das führt zu folgender Adressverteilung:

Netzname = 11000000.10101000.00000000.00000000 (192.168.0.0)

Erste Adr. = 11000000.10101000.00000000.00000001 (192.168.0.1)

Letzte Adr. = 11000000.10101000.00000000.11111110 (192.168.0.254)

Broadcast = 11000000.10101000.00000000.11111111 (192.168.0.255)

Anzahl zu vergebende Adressen:  $2^8 - 2 = 254$

#### Beispiel: (Classless)

Subnetzmaske = 11111111.11111111.11111000.00000000 (255.255.248.0)

Der Besitzer legt den Netzteil auf 192.168.120 fest

(wobei im dritten Block nur die fünf höchstwertigen Bits zum Netzteil gehören):

Netzteil = 11000000.10101000.01111

Das führt zu folgender Adressverteilung:

Netzname = 11000000.10101000.01111000.00000000 (192.168.120.0)

Erste Adr. = 11000000.10101000.01111000.00000001 (192.168.120.1)

Letzte Adr. = 11000000.10101000.01111111.11111110 (192.168.127.254)

Broadcast = 11000000.10101000.01111111.11111111 (192.168.127.255)

Anzahl zu vergebende Adressen:  $2^{11} - 2 = 2046$

## Paketlänge

Ein IP-Paket besteht aus einem Header und den eigentlichen Daten. Der Datenteil enthält in der Regel ein weiteres Protokoll, meist TCP, UDP oder ICMP. Die maximale Länge eines IP-Pakets beträgt 65535 Bytes ( $2^{16}-1$ ), die maximale Datenlänge 65515 Bytes (Paketlänge – minimale Headerlänge von 20 Byte). Normalerweise beschränkt der Sender die Paketlänge auf diejenige des zugrundeliegenden Mediums. Bei Ethernet beträgt die sogenannte MTU (*Maximum Transmission Unit*) 1500 Bytes, da ein Ethernet-Datenblock maximal 1518 Bytes lang sein darf und 18 Bytes vom Ethernet selbst belegt werden. Für IP (Header und Daten) stehen also nur 1500 Bytes zur Verfügung. Deshalb ist die Länge von IP-Paketen oft auf 1500 Bytes festgesetzt.

## Routing

IPv4 unterscheidet nicht zwischen Endgeräten (Hosts) und Vermittlungsgeräten (Router). Jeder Computer und jedes Gerät kann gleichzeitig Endpunkt und Router sein. Ein Router verbindet dabei verschiedene Netzwerke. Die Gesamtheit aller über Router verbundenen Netzwerke bildet das Internet (siehe auch Internetworking).

IPv4 ist für LANs und WANs gleichermaßen geeignet. Ein Paket kann verschiedene Netzwerke vom Sender zum Empfänger durchlaufen, die Netzwerke sind durch Router verbunden. Anhand von Routingtabellen, die jeder Router individuell pflegt, wird der Netzwerkteil einem Zielnetzwerk zugeordnet. Die Einträge in die Routingtabelle können dabei statisch oder über Routingprotokolle dynamisch erfolgen. Die Routingprotokolle dürfen dabei sogar auf IP aufsetzen.

Bei Überlastung eines Netzwerks oder einem anderen Fehler darf ein Router Pakete auch verwerfen. Pakete desselben Senders können bei Ausfall eines Netzwerks auch alternativ „geroutet“ werden. Jedes Paket wird dabei einzeln „geroutet“, was zu einer erhöhten Ausfallsicherheit führt.

Beim Routing über IP können daher

- einzelne Pakete verlorengelangen,
- Pakete doppelt beim Empfänger ankommen,
- Pakete verschiedene Wege nehmen,
- Pakete fragmentiert beim Empfänger ankommen.

Wird TCP auf IP aufgesetzt (d. h. die Daten jedes IP-Pakets enthalten ein TCP-Paket, aufgeteilt in TCP-Header und Daten), so wird neben dem Aufheben der Längenbeschränkung auch der Paketverlust durch Wiederholung korrigiert. Doppelte Pakete werden erkannt und verworfen. Die Kombination TCP mit IP stellt dabei eine zuverlässige bidirektionale Verbindung eines Datenstroms dar.

## ICMP

IP ist eng verknüpft mit dem Internet Control Message Protocol (ICMP), das zur Fehlersuche und Steuerung eingesetzt wird. ICMP setzt auf IP auf, das heißt ein ICMP-Paket wird im Datenteil eines IP-Pakets abgelegt. Eine IP-Implementierung enthält stets auch eine ICMP Implementierung. Wichtig ist zum Beispiel die ICMP Source-Quench-Mitteilung, die den Sender über das Verwerfen von Paketen wegen Überlastung eines Routers informiert. Da jedes IP-Paket die Quell-Adresse enthält, können Informationen an den Sender zurückübermittelt werden. Dieser kann nach einem „Source-Quench“ die Paketsendefrequenz verringern und so die Notwendigkeit eines weiteren Verwerfens minimieren oder vermeiden.

ICMP kann zusammen mit dem *Don't-Fragment-Bit* des IP-Pakets auch eingesetzt werden, um die maximale Paketgröße MTU eines Übertragungsweges zu ermitteln (sogenannte PMTU *Path Maximum Transmission Unit*). Dies ist die MTU desjenigen Netzwerkes mit der kleinsten MTU aller passierten Netzwerke. Dadurch kann auf Fragmentierung verzichtet werden, wenn der Sender nur Pakete mit der maximalen Größe der PMTU erzeugt.

## IPv4 auf Ethernet

IPv4 kann auf vielen verschiedenen Medien aufsetzen, zum Beispiel auf serielle Schnittstellen (PPP oder SLIP), Satellitenverbindungen usw. Im LAN-Bereich wird heute fast immer Ethernet eingesetzt. Ethernet verwaltet eigene 48-Bit-Adressen. Wenn IP über Ethernet gesendet wird, wird ein 14 (oder bei VLAN 18) Byte großer Ethernet-Header vor dem IP-Header gesendet. Nach den Daten folgt eine 32-Bit-CRC-Prüfsumme. Neben der maximalen Paketlänge von 1522 (bzw. 1518) Bytes kann Ethernet keine kleineren Pakete als 64 Bytes übertragen, so dass zu kurze IP-Pakete (Datenlänge kleiner als 46 Bytes) mit Nullbytes erweitert werden (sogenanntes *Padding*). Die Länge im IP-Header gibt dann Auskunft über die tatsächliche Paketgröße.

Im Ethernet hat jede Netzwerkkarte ihre eigene, herstellerbezogene 48-Bit-Adresse, zusätzlich gibt es eine Ethernet-Broadcastadresse. Ein Sender muss die Ethernetadresse der Zielnetzwerkkarte kennen, bevor ein IP-Paket gesendet werden kann. Dazu wird ARP (*Address Resolution Protocol*) verwendet. Jeder Rechner verwaltet einen ARP-Cache, in dem er ihm bekannte Zuordnungen von Ethernet-Kartenadressen speichert. Unbekannte Adressen erfährt er über ARP mittels einer Anfrage (ARP-Request) über einen Ethernet-Broadcast (Nachricht an alle Empfänger), die der zugehörige Empfänger beantwortet (ARP-Reply).

## Header-Format

Der IPv4-Header ist normalerweise 20 Bytes lang. Bei Übertragung auf Basis von Ethernet folgt er dem Ethernet-Typfeld, das für IP-Pakete auf  $0800_{16}$  festgelegt ist. Auf anderen Übertragungsmedien und Protokollen kann der Header auch der erste Eintrag sein.

IPv4 bietet verschiedene, größtenteils ungenutzte Optionen, die den Header bis auf 60 Bytes (in 4-Byte-Schritten) verlängern können.

0–3	4–7	8–11	12–15	16–18	19–23	24–27	28–31
Version	IHL	Type of Service		Gesamtlänge			
Identifikation				Flags	Fragment Offset		
TTL		Protokoll		Header-Prüfsumme			
Quell-IP-Adresse							
Ziel-IP-Adresse							
evtl. Optionen ...							

Eine spezielle Bedeutung kommt in modernen Implementierungen dem Feld *Type of Service* zu. Ursprünglich diente dieses Feld bei der Vermittlung eines Datenpaketes als Entscheidungshilfe für die beteiligten Router bei der Wahl der Übertragungsparameter. In modernen Implementierungen wird dieses Feld im Zusammenhang mit der Vermeidung von Überlastungen verwendet.

## Fragmentierung

Auf dem Weg vom Sender zum Empfänger kann es vorkommen, dass ein Datagramm ein Netz durchlaufen muss, welches nur kleine Datagramme unterstützt. Jedes Datagramm erhält vom Sender eine Kennung (Identification). Stellt ein Router auf dem Weg zum Ziel fest, dass das Datagramm für das nächste Teilnetz zu groß ist, so kann er es in zwei Fragmente aufteilen. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- Aufteilen der Nutzdaten an einer 64-Bit-Grenze (das zweite Fragment enthält dann nicht unbedingt ein Vielfaches von 64 Bit Daten)
- Kopieren der Headerdaten des Originaldatagramms in die neuen Header
- Setzen des „more-fragments“-Flags beim ersten Fragment

- Beim zweiten Fragment erhält das *more-fragments* Flag den Wert des Originaldatagramms, da das Originaldatagramm bereits ein Fragment gewesen sein kann.
- Erneutes Setzen der Länge-Felder in den Headern
- Beim zweiten Fragment enthält Fragment-Offset die Summe aus Fragment-Offset des Originaldatagramms und Anzahl (Nutzdaten-)Bytes im ersten Fragment.

Das Fragmentieren in  $n > 2$  Fragmente funktioniert entsprechend.

Um ein Paket wieder zusammzusetzen, kombiniert der Empfänger alle Fragmente, welche die gleiche Kennung (Identifikation), den gleichen Absender, Empfänger und das gleiche Protokoll haben. Dabei erkennt er das erste Fragment daran, dass Fragment-Offset den Wert 0 hat. Das jeweils nächste Fragment erkennt er ebenfalls am Fragment-Offset und das letzte Fragment daran, dass *more-fragments* den Wert 0 hat.

## Höhere Protokolle

IPv4 ist ein geroutetes Protokoll (Schicht 2 im TCP/IP-Referenzmodell – Schicht 3 im ISO/OSI-Modell). Auf IPv4 werden weitere Protokolle aufgesetzt, das heißt in den Datenteil des IP-Pakets werden die Header, Daten und eventuelle Trailer der oberen Protokolle eingefügt (Protokollstapel). Eine Liste der registrierten Protokolle findet sich in unixoiden Betriebssystemen in der Datei „*/etc/protocols*“.

Neben dem erwähnten ICMP wird TCP verwendet, das TCP/IP zusammen mit IP den Namen gegeben hat. TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll, das einen byteorientierten, bidirektionalen, zuverlässigen Datenstrom zur Verfügung stellt. Es wird im WAN-Bereich praktisch für alle Arten von Daten- und Informationsübertragungen eingesetzt.

UDP, ein paketorientiertes Protokoll, setzt ebenfalls auf IP auf. Es ist ein einfaches Protokoll, das die Paketeigenschaften von IP im Wesentlichen beibehält (verbindungslos, unzuverlässig, Verdoppelung etc.). TCP und UDP fügen IP eine Prüfsumme über die Daten (die Prüfsumme im IP-Header prüft nur die Headerdaten) und als Quell- und Zielport jeweils eine 16-Bit-Zahl hinzu. Diese Ports bilden zusammen mit der jeweiligen Quell- und Zieladresse im IP-Paket sogenannte *Endpunkte*. Prozesse kommunizieren über diese Endpunkte. TCP baut eine Verbindung nicht zwischen IP-Adressen, sondern zwischen zwei Endpunkten auf.

Die weiteren Protokolle setzen alle entweder auf TCP oder auf UDP auf. Ein wichtiges Protokoll ist das *Domain Name System* DNS, das eine Umsetzung von Rechnernamen zu IP-Adressen erlaubt. Es überträgt Informationen normalerweise über UDP, der Abgleich zwischen zwei DNS-Servern kann aber auch TCP verwenden.

Die Ports teilen sich auf in:

- privilegierte Ports (1 – 1023); diese dürfen nur vom Benutzer Root verwendet werden.
- registrierte Ports (1024 – 49.151); die Registrierung unterliegt der IANA. Eine Liste findet sich auf Unix-Systemen in der Datei „*/etc/services*“.
- nicht registrierte Ports (49.152–65.535)



## Vergangenheit und Zukunft

IPv4 hat lange nahezu unverändert überlebt. Ab 1983 wurde die IP-Protokoll-Familie als einzige Protokollfamilie für das Arpanet übernommen, das dann später zum Internet wurde. Damals waren nur einige hundert Rechner an das Netz angeschlossen. 1989 wurde die Grenze von 100.000 Rechnern überschritten, und im selben Jahr der Backbone auf 1,5 MBit/s aufgerüstet. Am Anfang der 1990er-Jahre war erkennbar, dass die IP-Adressen bald knapp würden. Dies führte zuerst zur Entwicklung eines Entwurfes für einen Standard mit der Versionsnummer 7 (TP/IX), der dann aber zugunsten von IPv6 verworfen wurde. TP/IX sollte dabei einen 64-Bit-Adressbereich unterstützen. Die Versionsnummer 5 wurde 1995 für das *Internet Stream Protocol Version 2 (ST2)* benutzt, das nicht als

IPv4-Nachfolger geplant war, sondern als gleichzeitig benutzbares, für Streaming optimiertes Protokoll. Mittlerweile ist das Projekt jedoch eingestellt. Einige Eigenschaften, wie Fragmentierung, werden nicht mehr benötigt, da sie für die heutigen schnellen Netze zu aufwendig sind. *Path Maximum Transmission Unit Discovery* löst dieses Problem. IPv4 scheint auch in nächster Zukunft noch das allgemein verwendete Protokoll im Internet zu bleiben. Schließlich hat IP auch die konkurrierenden LAN-Protokolle wie DECnet verdrängt. NetWare, AppleTalk und NetBIOS wurden als neue Versionen hervorgebracht, die auf IP aufsetzen.

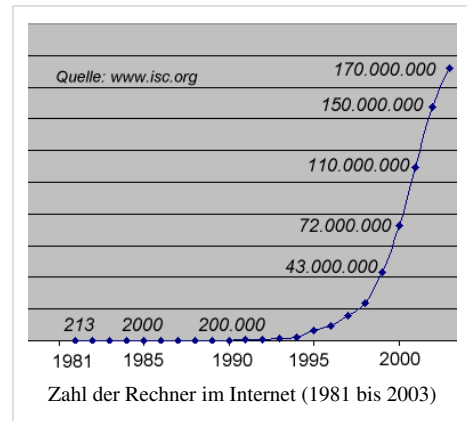
Am 3. Februar 2011 vergab die IANA die letzten IPv4-Adressen an die Regional Internet Registries<sup>[1][2]</sup>. Am 15. April 2011 teilte APNIC die letzten frei zu vergebenden Adressen für die Region Südostasien zu.<sup>[3]</sup> Ab diesem Zeitpunkt haben alle APNIC-Mitglieder nur noch Anspruch auf eine einzelne Zuteilung von IPv4-Adressraum der minimalen Zuteilungsgröße.<sup>[4]</sup>

## Weblinks

- RFC 791<sup>[5]</sup> – Internet Protocol
- L. Parziale et. al.: TCP/IP Tutorial and Technical Overview<sup>[6]</sup> in IBM Redbooks<sup>[7]</sup>, Armonk (NY, USA) 2006 (englisch)
- Subnetz-Rechner<sup>[8]</sup> im Kapitel TCP/IP – Grundlagen Computernetze

## Literatur

- *Technik der IP-Netze*, Badach, A. und Hoffmann, E.; Hanser. München 2007. ISBN 978-3-446-41089-3
- *TCP/IP - Grundlagen und Praxis*, Larisch, D., Heise Medien. Hamburg 2011. ISBN 978-3936931693
- *IP Addressing & Subnetting*, Wegner, J.D. und Rockwell, R.; Syngress. Rockland (MA, USA) 2000. ISBN 3-8266-4077-2



## Einzelnachweise

- [1] WELT ONLINE: Alle Internetadressen weltweit sind aufgebraucht (3. Februar 2011) (<http://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article12434989/Alle-Internetadressen-weltweit-sind-aufgebraucht.html>)
- [2] RIPE NCC: Final IPv4 Allocation (Engl.) (<http://ripe.net/news/final-v4-allocation.html>)
- [3] APNIC: APNIC IPv4 Address Pool Reaches Final /8 (<http://www.apnic.net/publications/news/2011/final-8>)
- [4] APNIC: Policies for IPv4 address space management in the Asia Pacific region (<http://www.apnic.net/policy/add-manage-policy#9.10>), Abschnitt 9.10.1
- [5] <http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt>
- [6] <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/gg243376.pdf>
- [7] <http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/gg243376.html>
- [8] <http://www.netzmafia.de/skripten/netze/netz8.html#8.3>

## Patchkabel

Ein **Patchkabel** (engl. *to patch* – zusammenschalten), auch **Rangierkabel** ist ein Kabeltyp der Netztechnik und der Telekommunikation. Patchkabel sind meist vorkonfektioniert. Der Begriff Patchkabel bezieht sich ursprünglich auf kurze Kabellängen (z. B. 50 cm oder 1 m), jedoch existiert keine bestimmte Kabelnormung, daher werden häufig jegliche variable, nicht fest verlegte Kabelverbindungen auch als Patchkabel bezeichnet. Patchkabel oder Anschlusskabel gibt es sowohl in Glasfaser- als auch in Kupfer-Ausführung (zum Beispiel Twisted-Pair- oder Twinax-(Koaxial)-Patchkabel für Ethernet oder InfiniBand).

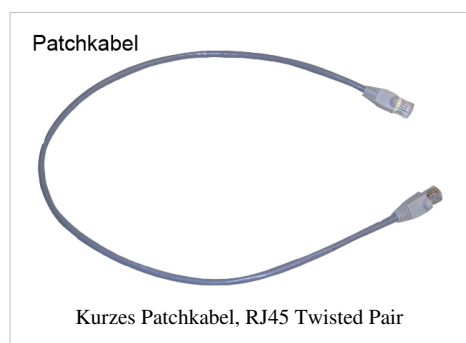
Bei Kupfer-Patchkabeln bestehen die Adern im Kabel aus flexiblen Kupferlitzen im Gegensatz zu fest verlegten Kabeln, welche aus massiven Drähten bestehen. Bei Glasfaser-Patchkabeln wird auf einen komplexen Kabelaufbau verzichtet und in der Regel bei *Duplex* auf flexiblere Zipcord-Varianten zurückgegriffen (zwei leicht trennbare separierte Lichtwellenleiter). Die Länge von Patchkabeln ist gewöhnlich etwa 0,3 bis 25 m, für längere Strecken werden meist fest installierte Verbindungen genutzt.

Kupferpatchkabel sind entweder eins zu eins verdrahtet (gleiche Positionen beider Stecker sind miteinander verbunden) oder bestimmte Adernpaare sind gekreuzt (Crosskabel).

## Verwendung

Das Patchkabel dient

- zur Verbindung von Anschlüssen (Ports) eines Patchpanel (auch Rangierfeld genannt) mit Ports eines anderen Patchfeldes; diese Verbindung nennt man *Patch* oder *Rangierung*
- zur Verbindung von Anschlüssen (Ports) eines Patchfelds mit einem Netzwerkverteilergerät (zum Beispiel Switch, Hub oder Router)
- der Anbindung von Endgeräten (zum Beispiel PC mit Netzwerkkarte) an eine Netzanschlussdose.



## Typen

Patchkabel werden bei verschiedenen Netztypen eingesetzt, zum Beispiel bei

- Ethernet-Netzen, definiert nach dem internationalen Standard TIA/EIA-568A/B
- Strukturierten Verkabelungen
- Telefonverteilungen von Telefonanlagen



Duplex-LWL-Patchkabel konfektioniert mit LC- (oben) und ST-Steckern (unten)

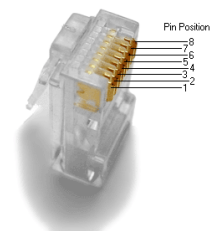
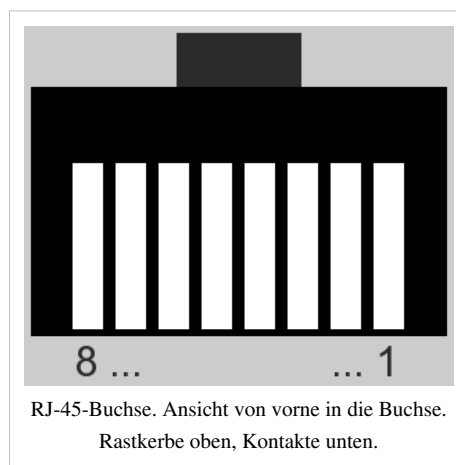
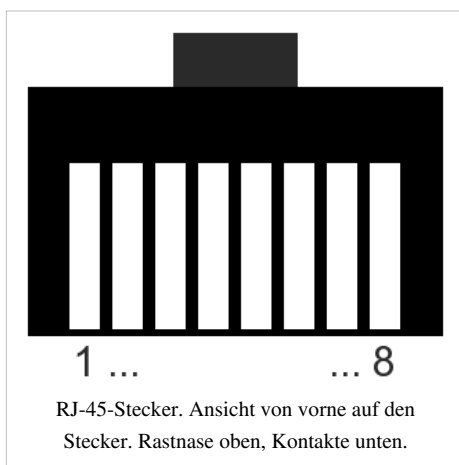
Häufig anzutreffende Kabeltypen sind vor allem Twisted-Pair-Kabel, aber auch Koaxialkabel und Lichtwellenleiter.

## Herstellung Kupferpatchkabel






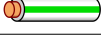




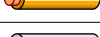
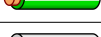




Im Prinzip können Patchkabel für Twisted-Pair-Kupferanwendungen relativ einfach selbst hergestellt werden. Jedoch ist zu berücksichtigen, dass die Qualität und Güte eines Patchkabels maßgeblichen Einfluss auf die Performance und Güte der Datenübertragung nimmt. Aderdurchmesser und Qualität der Meterware spielt hier ebenso eine Rolle wie der Stecker und die Qualität der Konfektion. Auch Faktoren wie „Power over Ethernet“ und die damit verbundenen Probleme der Steckverbindung sollten hierbei nicht außer acht gelassen werden, und es empfiehlt sich, durchgängig zertifizierte und geprüfte fertig konfektionierte Patchkabel einzusetzen.

## Verdrahtung

Unabhängig vom tatsächlich verwendeten Standard werden die Kontakte von RJ-45-Steckern und -Buchsen folgendermaßen durchnummeriert:



Entsprechend dem verwendeten Standard werden die Kontakte nach TIA-568A/B für 100BaseT folgendermaßen verdrahtet:

Kontakt	-568A Paarnr.	-568B Paarnr.	-568A Farbe	-568B (AT&T 258A) Farbe
1 (Tx+)	3	2	 weiß/grüner Strich	 weiß/oranger Strich
2 (Tx-)	3	2	 grün/weißer Strich oder grün	 orange/weißer Strich oder orange
3 (Rx+)	2	3	 weiß/oranger Strich	 weiß/grüner Strich
4	1	1	 blau/weißer Strich oder blau	 blau/weißer Strich oder blau
5	1	1	 weiß/blauer Strich	 weiß/blauer Strich
6 (Rx-)	2	3	 orange/weißer Strich oder orange	 grün/weißer Strich oder grün
7	4	4	 weiß/brauner Strich	 weiß/brauner Strich
8	4	4	 braun/weißer Strich oder braun	 braun/weißer Strich oder braun

Der einzige Unterschied zwischen *TIA-568A* und *TIA-568B* ist die Vertauschung der Farben der Aderpaare 2 und 3 (orange und grün). Beide Standards verdrahten die Kontakte eins zu eins. Da die Verdrahtung bei beiden Standards abgesehen von den Aderfarben gleich ist sind die Kabel funktionsgleich. Wichtig dabei ist, dass beide Enden eines Kabels nach demselben Standard verdrahtet sind (eins zu eins).

*TIA-568B* ist in den USA aus historischen Gründen noch recht weit verbreitet. In Europa wird allgemein nach *TIA-568A* verkabelt, da diese Belegung mit den allgemeinen Farbcodes der Telefoninstallationen übereinstimmt.

## Fertigung

Stellt man Patchkabel für Ethernet nach 1000BASE-T oder 100BASE-TX-Standard her, so ist neben der falschen Kabelgüte (Cat 5 oder besser ist erforderlich) die Verdrillung eine häufige Fehlerquelle. Ist die Verdrillung bei ISDN oder 10BASE-T auf Grund der relativ niederen Signal-Frequenzen noch fast ohne Einfluss, so kommt ihr bei 100 MBit oder Gigabit eine wesentliche Bedeutung zu.

Ethernet mit Twisted-Pair-Kabel nutzt symmetrische differenzielle Signale zur Minimierung der elektromagnetischen Ein- und Abstrahlung. Daher ist es wichtig, welche Aderpaare miteinander verdrillt sind. Das funktioniert (idealisiert) wie folgt: Liegt auf einem Draht des Aderpaars eine positive Spannung an, so liegt gleichzeitig auf dem anderen Draht eine gleich hohe negative Spannung an, folglich löschen sich die entstehenden elektromagnetischen Felder gegenseitig aus. Gleiches gilt analog für die Einwirkungen externer Felder, wird durch die Einstrahlung die Spannung an einem der verdrillten Drähte beispielsweise um 5 Volt erhöht, so erhöht diese (bedingt durch die Verdrillung) auch die Spannung am anderen Draht ebenfalls um 5 Volt, womit das Differenzsignal gleich bleibt, also die Einstrahlung keinen Einfluss auf die Signale hat. In jedem Fall müssen daher bei 1000BASE-T und 100BASE-TX Pin 1 und 2 ein verdrilltes Aderpaar bilden, gleiches gilt für das Aderpaar auf Pin 3 und 6 (bei 1000BASE-T und 100BASE-T4-Kabeln bilden auch Pin 4-5 und 7-8 verdrillte Paare). Weiter sollten alle Drähte eines Aderpaars möglichst exakt gleich lang sein und auch die Verdrillung darf nur auf einem kurzen Kabelstück (max. ca. 1,5 cm) fehlen bzw. entfernt werden.

Diese Art von Fehlern können nur teure Hochfrequenz-Kabeltester aufspüren (aber auch einige Gigabit-Ethernet-Netzwerkkarten). Die einfachen LED-Tester hingegen arbeiten mit Gleichstrom und zeigen daher nicht, welche Aderpaare verdrillt sind. Das alles gilt natürlich auch sinngemäß für 10BASE-T-Verkabelungen, wobei falsch verdrillt aufgelegte Aderpaare hier bei weitem weniger stören.

## Herstellung Glasfaser-Patchkabel

Bei der Herstellung von Glasfaser- bzw. LWL-Patchkabel werden die benötigten Fasern (bei Duplex eine Sende- [ TX-Transceiver ] und eine Empfangsfaser [ RX-Receiver ]) mit Spezialwerkzeug abgesetzt und in die Ferrule (Steckerhülse) eines LWL-Steckers eingeklebt. Der Faserüberstand wird danach angeritzt und definiert gebrochen. Als nächster Schritt wird danach die Stirnfläche des Steckers mit einem Polierset *plan* geschliffen. Die Zugentlastung des Patchkabels wird mittels einer Crimphülse am Steckerkörper, unter den das für die Entlastung zuständige Kevlargarn eingeklemmt wird, realisiert. Zusätzlichen mechanischen Schutz bietet der Kabelmantel und die am Stecker/Kabelübergang aufzubringende Knickschutzülle. Die Güte

und Qualität eines Patchkabels wird von Faktoren wie Genauigkeit der Kernbohrung in der Ferrule, Kernexzentrizität und Rundheit der verwendeten Glasfaser und Qualität der Polierung maßgeblich bestimmt. Kleinste Riefen und Verunreinigungen auf der Faserendfläche können je nach Leistungsdichte der Laserübertragung evtl. zu massiven Zerstörungen am Stecksystem und anderen Komponenten führen. Abgesehen davon führen Verunreinigungen und schlechte Konfektionsqualität schnell zu einer Erhöhung der Systemdämpfung und erhöhen die Bitfehlerrate. Umso wichtiger ist, dass die Stirnflächen bei der Fertigung durch ein Interferometer einzeln begutachtet und kontrolliert werden und die Qualität der verwendeten Rohmaterialien kontinuierlich hoch ist. Es gibt Bemühungen, durch neue Techniken und Weiterentwicklungen die Empfindlichkeit solcher LWL-Patchkabel zu reduzieren, um sie so anwenderfreundlicher zu gestalten.



Duplex-LWL-Patchkabel mit SC-Steckern

## Literatur

- Hans Joachim Geist: *Großes Praxisbuch der Kommunikationstechnik*. 1. Auflage, Elektor-Verlag, Aachen 2001, ISBN 3-89576-109-5
- Rudolf Huttary: *Haushaltselektrik und Elektronik*. 3. Auflage, Franzis Verlag GmbH, Poing 2001, ISBN 3-7723-4803-3

## Weblinks

- Twisted-Pair-Patchkabel nach EIA/TIA-568B selbst bauen <sup>[1]</sup>
- Kabel-Belegungen <sup>[2]</sup>
- Spezifikationen und Bilder verschiedener LWL Kabel <sup>[3]</sup>
- Steckertypen für Glasfaserkabel <sup>[4]</sup>

## Quellennachweise

- [1] [http://www.wind-gmbh.com/LAN-Kabel/netzwerk\\_cat.htm](http://www.wind-gmbh.com/LAN-Kabel/netzwerk_cat.htm)
- [2] [http://www.hardware-bastelkiste.de/index.html?nw\\_tp.html](http://www.hardware-bastelkiste.de/index.html?nw_tp.html)
- [3] [http://www.ftth.ccm.ch/lwl\\_kabel\\_uebersicht.asp](http://www.ftth.ccm.ch/lwl_kabel_uebersicht.asp)
- [4] [http://www.lwl-kabel.ch/stecker\\_typen\\_pub.asp](http://www.lwl-kabel.ch/stecker_typen_pub.asp)

# TIA-568A/B

**EIA/TIA-568A** und **EIA/TIA-568B** sind Standards für die Kontaktierung von achtpoligen RJ-45-Steckern und Buchsen. Sie wurden definiert durch die drei Organisationen Electronic Industries Alliance (EIA), Telecommunications Industry Association (TIA) und International Telecommunications Union (ITU). Beide Standards werden bei Computernetzen (LAN) im Ethernet (10Base-T, 100Base-TX und 1000Base-T) verwendet sowie bei vielen digitalen Telefonsystemen, wobei EIA/TIA-568B häufiger eingesetzt wird.

Die zwei Varianten sind darauf zurückzuführen, dass EIA/TIA den TIA-568A-Standard viel später als die Firma AT&T den proprietären Standard 258A einführte. Als TIA-568A veröffentlicht wurde, war 258A bereits stark verbreitet. EIA/TIA übernahm diesen bereits etablierten Standard daher als TIA-568B.



Ethernet Twisted-Pair-Kabel mit RJ45-Steckern

## Paarung und Farben

Ein Kabel besteht aus acht einzelnen Adern. Die acht Adern sind durch Verdrillung zweier Adern zu vier Adernpaaren gruppiert. Das Verdrillen der Adern soll das Übersprechen zu anderen Adernpaaren reduzieren. Die Paare *müssen* als solche verwendet werden. Wird ein Kabel falsch verdrahtet, so dass zwei Adern verschiedener Paare als ein Adernpaar verwendet werden, ist mit Fehlern im Computernetz zu rechnen. Bei der Telefonie macht sich das als Rauschen oder Übersprechen anderer Telefongespräche bemerkbar.

Die Adernpaare sind entsprechend den vier ersten Einträgen der 25-Paar-Farbcodetabelle von AT&T gefärbt, welche von der Beschaltung des 50 poligen (25 Paare) RJ-21-Steckers abgeleitet sind. Die erste Ader ist entsprechend der Primärfarbe gefärbt. Zusätzlich ist noch ein Strich der Sekundärfarbe vorhanden. Die zweite Ader ist mit der Sekundärfarbe gefärbt und zusätzlich mit einem Strich der Primärfarbe. Je nach Hersteller können die Striche auf den Adern auch quer verlaufen oder ganz entfallen.

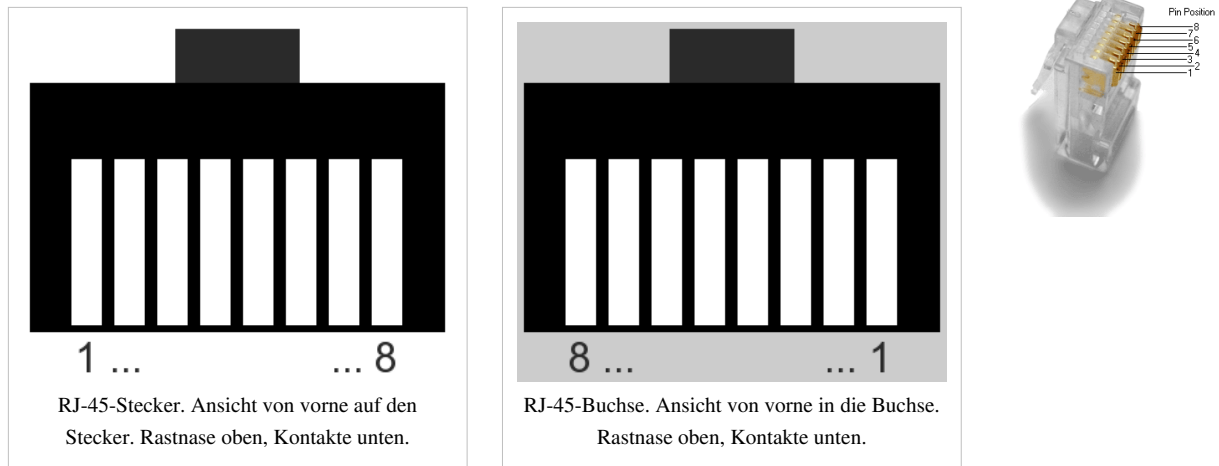
Die Primärfarbe der ersten vier Einträge ist *Weiß*. Die Sekundärfarbe des 1. Eintrages ist *Blau*, des 2. ist *Orange*, des 3. ist *Grün* und der 4. Eintrag ist *Braun*. Zu beachten ist, dass je nach Standard die Zuordnung der Kontakte unterschiedlich sein kann.

## Verdrahtung

Unabhängig vom tatsächlich verwendeten Standard werden die Kontakte von RJ-45-Steckern und -Buchsen folgendermaßen durchnummeriert:



25-Paar-Farbcodetabelle von AT&T



Entsprechend dem verwendeten Standard werden die Kontakte folgendermaßen verdrahtet:

Kontakt	-568A Paarnr.	-568B Paarnr.	-568A Farbe	-568B (AT&T 258A) Farbe
1 (Tx+)	3	2	weiß/grüner Strich	weiß/oranger Strich
2 (Tx-)	3	2	grün/weißer Strich oder grün	orange/weißer Strich oder orange
3 (Rx+)	2	3	weiß/oranger Strich	weiß/grüner Strich
4	1	1	blau/weißer Strich oder blau	blau/weißer Strich oder blau
5	1	1	weiß/blauer Strich	weiß/blauer Strich
6 (Rx-)	2	3	orange/weißer Strich oder orange	grün/weißer Strich oder grün
7	4	4	weiß/brauner Strich	weiß/brauner Strich
8	4	4	braun/weißer Strich oder braun	braun/weißer Strich oder braun

Der einzige Unterschied zwischen *TIA-568A* und *TIA-568B* ist die Vertauschung der Adernpaare 2 und 3 (orange und grün). Beide Standards verdrahten die Kontakte „straight through“. Das bedeutet, dass der Kontakt 1 auf der einen Seite mit dem Kontakt 1 auf der anderen Seite verbunden ist, und dass das bei allen acht Kontakten beibehalten wird. Ob die Patchkabel nach *TIA-568A* oder *TIA-568B* aufgelegt sind ist in diesem Fall egal, da sie 1:1 verdrahtet sind.

Bei der Verkabelung von Netzwerken wird in der Regel im Vorfeld festgelegt, ob nach *TIA-568A* oder *TIA-568B* verkabelt wird und das dann einheitlich umgesetzt. Im europäischen Raum wird im allgemeinen nach *TIA-568A* verkabelt, da diese Belegung mit den allgemeinen Farbcodes der Telefoninstallationen übereinstimmt. Aus historischen Gründen ist vor allem in den USA jedoch *TIA-568B* noch recht verbreitet, bei Neuanlagen findet aber in der Regel auch dort *TIA-568A* Anwendung.

Schließt man bei einem LAN-Kabel einen Stecker nach *TIA-568A* und den anderen Stecker nach *TIA-568B* an, so erhält man ein Crossover-Kabel. Das Crossover-Kabel ist nützlich als Patchkabel für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen zwei Computern mit 100BaseT oder 10BaseT. (Ab 1000BaseT wird die Kreuzung bei Bedarf vom Netzwerkadapter automatisch vorgenommen.)

## Weblinks

- Twisted Pair Netzwerk-Technik <sup>[1]</sup> (Deutsch, bebildert)

## Quellennachweise

[1] [http://www.hardware-bastelkiste.de/nw\\_tp.html](http://www.hardware-bastelkiste.de/nw_tp.html)

---



# Quelle(n) und Bearbeiter des/der Artikel(s)

**IPv4** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=104617997> *Bearbeiter:* Achim Raschka, Aka, Alleswissender, Andreas aus Hamburg in Berlin, Asdert, AssetBurned, Ben g, Bera, BerndEckenfels, Berntie, BesondereUmstaende, Bitsandbytes, Blane, Boonekamp, Boshomi, C.Wesner, C00n, Chris1412, Christ-ian, ChristianErtl, ChristianSchulz, Chrono, DWay, Daf, Daniel 1992, Der fahrer, Der.Traeumer, DerHexer, Diddi, Drbashir117, Echoray, Eckhart Wörner, Eke, Elvaube, Erusx, Faco, FelixD, Fleasoft, Flominator, Fomafix, Freerk, Fritz Grimpen, Gnu1742, HaeB, Harro von Wuff, Head, Hella, HenHei, HenrikHolke, Howwi, Hubi, Ich, Ilario, Inkowik, JAF, Jengelh, Jivee Blau, Jiver, Jms, Johnny Controletti, JonBs, Joni2, Jpp, Kallistratos, Kam Solusar, Kdwnv, Kgfleischmann, Kiwipferd, KonstiSG, Korinth, LKD, Leider, Libro, LudiKalell, Macfiron, Maggot, MarkusHagenlocher, Matthias Bock, Matthäus Wander, Mauerquadrant, Merlissimo, Mikue, Mm-mbs, Mnh, Morphis, Mps, MrManiac, NEUROtiker, Nilspausdd, Nolispanmo, PM3, Panse, Peter200, Pittimann, Pkn, Rdb, Ri st, Roland Bless, Rößle, SH3k, Sechmet, Smartcom5, Staro1, Stefan Knauf, Stefan Kühn, Stefan506, SteffenB, Tali, TeachesIT, The-Me, TheK, Thomas.Witzenrath, ThorJH, Timk70, Tobi B., TomK32, Tomte, Uncle Pain, Unscheinbar, W.ewert, Waelder, Wiegels, Wiki-observer, YMS, YPS, Yoursmile, Zollernalb, \ldblquote, 312 anonyme Bearbeitungen

**Patchkabel** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=100662807> *Bearbeiter:* -jha-, Abaumg, Aka, Andy king50, Biezl, Björn Bornhöft, Chriki, Clissa, Cljk, Cocker68, CommonsDelinker, Complex, DasBee, Demus Wiesbaden, DerHexer, Dick Tracy, Flominator, Frigotoni, Gerhard51, H005, HaSee, Hans J. Castorp, Hardenacke, He3nry, Head, Herr Schroeder, Howwi, Idurrudi, Iste Praetor, Itu, Jay4dee2, Julica, Kam Solusar, Kdwnv, Kevinin, Klaus Klausner, Kohl, Krib, Kristjan, LKD, Libelle63, Marc van Woerkom, Matthäus Wander, Mcaviglia, Melkom, Mikue, Mitja, Mnh, Mo4jolo, Nachtigall, Nimoas, Ocrho, Ot, Ottomanisch, PasO, Pemu, Pendulin, Peter200, Philipendula, Philipp Wetzlar, Pierre gronau, Pittimann, Pixelfire, RacoonyRE, Reaper35, Redf0x, Regi51, RichiH, Robb, STBR, Semper, Sinn, Sparti, Spuk968, Staro1, Steschke, Stormbreaker, Tetris L, The real Marcoman, Theonly1, Till.niermann, Timo.wagner, Tsor, Tönjes, Uncle Pain, Uwe Hermann, Uweschwoebel, VanGore, VisualBeo, Volker Fritzsche, Wegner8, Wiki-piet, WissensDürster, Wookie, Wst, Xenosophy, 121 anonyme Bearbeitungen

**TIA-568A/B** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=104382074> *Bearbeiter:* .hd, Aka, Ardo Beltz, Avron, BJ Axel, Birger Fricke, DasBee, Experte zweiter Klasse, Folke, Fomafix, Gerbil, Head, Hunding, Hydro, JøMa, Kako, Leider, ManfredEP, Mardil, Modem Man, Moritzh 1810, Mrq1, Pumbaa80, Pöt, Rhino2, Rmg, Rufus46, Tom md, Uweschwoebel, Wdwd, WortUmBruch, 41 anonyme Bearbeitungen

# Quelle(n), Lizenz(en) und Autor(en) des Bildes

**Datei:Zahl der Internet Hosts.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zahl\\_der\\_Internet\\_Hosts.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Zahl_der_Internet_Hosts.png) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* FEXX, Hubi

**Datei:Patchkabel Kat5.jpg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Patchkabel\\_Kat5.jpg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Patchkabel_Kat5.jpg) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Uwe Schwöbel Original uploader was Uweschwöbel at de.wikipedia. Later version(s) were uploaded by Pezweg at de.wikipedia.

**Datei:Patchcable\_black\_20m.jpg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Patchcable\\_black\\_20m.jpg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Patchcable_black_20m.jpg) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Christian "VisualBeo" Horvat

**Datei:MMF optical.jpg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MMF\\_optical.jpg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:MMF_optical.jpg) *Lizenz:* Public Domain *Bearbeiter:* Original uploader was Timewalk at en.wikibooks

**Datei:Rj 45.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rj\\_45.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rj_45.png) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Claudio Thomas Original uploader was Kako at de.wikipedia

**Datei:Rj 45 buchse.png** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rj\\_45\\_buchse.png](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rj_45_buchse.png) *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Claudio Thomas Original uploader was Kako at de.wikipedia

**Datei:Rj45plug-8p8c.png** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Rj45plug-8p8c.png> *Lizenz:* Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported *Bearbeiter:* Aaron Kaase

**Datei:Wire white green stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_white\\_green\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_white_green_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire white orange stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_white\\_orange\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_white_orange_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire green white stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_green\\_white\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_green_white_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire orange white stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_orange\\_white\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_orange_white_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire blue white stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_blue\\_white\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_blue_white_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire white blue stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_white\\_blue\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_white_blue_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire white brown stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_white\\_brown\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_white_brown_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:Wire brown white stripe.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire\\_brown\\_white\\_stripe.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Wire_brown_white_stripe.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, WikipediaMaster

**Datei:LWL-Kabel.jpg** *Quelle:* <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:LWL-Kabel.jpg> *Lizenz:* GNU Free Documentation License *Bearbeiter:* Klaus Lischewski

**Datei:10baseT\_cable.jpeg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:10baseT\\_cable.jpeg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:10baseT_cable.jpeg) *Lizenz:* Public domain *Bearbeiter:* Denniss, GreyCat, Pamri, Super1, Thryduulf, W Nowicki, WikipediaMaster, Yarl

**Datei:25 pair color code chart.svg** *Quelle:* [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:25\\_pair\\_color\\_code\\_chart.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:25_pair_color_code_chart.svg) *Lizenz:* GNU General Public License *Bearbeiter:* Pumbaa80, Rocket000, Tothwolf, Waldir, WikipediaMaster

# Lizenz

## Wichtiger Hinweis zu den Lizenzen

Die nachfolgenden Lizenzen beziehen sich auf den Artikeltext. Im Artikel gezeigte Bilder und Grafiken können unter einer anderen Lizenz stehen sowie von Autoren erstellt worden sein, die nicht in der Autorenlisenz erscheinen. Durch eine noch vorhandene technische Einschränkung werden die Lizenzinformationen für Bilder und Grafiken daher nicht angezeigt. An der Behebung dieser Einschränkung wird gearbeitet. Das PDF ist daher nur für den privaten Gebrauch bestimmt. Eine Weiterverbreitung kann eine Urheberrechtsverletzung bedeuten.

## Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported - Deed

Diese "Commons Deed" ist lediglich eine vereinfachte Zusammenfassung des rechtsverbindlichen Lizenzvertrages ([http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen\\_Commons\\_Attribution-ShareAlike\\_3.0\\_Unported](http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Lizenzbestimmungen_Commons_Attribution-ShareAlike_3.0_Unported)) in allgemeinverständlicher Sprache.

Sie dürfen:

- das Werk bzw. den Inhalt **vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen**
- Abwandlungen und Bearbeitungen** des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen

Zu den folgenden Bedingungen:

- Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
- Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten, abwandeln oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch, vergleichbar oder kompatibel sind.

Wobei gilt:

- Verzichtserklärung** — Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.
- Sonstige Rechte** — Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:

- Die gesetzlichen Schranken des Urheberrechts und sonstigen Befugnisse zur privaten Nutzung;
- Das Urheberpersönlichkeitsrecht des Rechteinhabers;
- Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzgegenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen.

- Hinweis** — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten. Am einfachsten ist es, an entsprechender Stelle einen Link auf <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de> einzubinden.

## Haftungsbeschränkung

Die „Commons Deed“ ist kein Lizenzvertrag. Sie ist lediglich ein Referenztext, der den zugrundeliegenden Lizenzvertrag übersichtlich und in allgemeinverständlicher Sprache, aber auch stark vereinfacht wiedergibt. Die Deed selbst entfaltet keine juristische Wirkung und erscheint im eigentlichen Lizenzvertrag nicht.

## GNU Free Documentation License

Version 1.2, November 2002

Copyright (C) 2000,2001,2002 Free Software Foundation, Inc.

51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies

of this license document, but changing it is not allowed.

## 0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

## 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable Transparent formats include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ, in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties; any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

## 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required text for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

## 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing modification and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A.** Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B.** List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C.** State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D.** Preserve all the copyright notices of the Document.
- E.** Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F.** Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G.** Preserve in that license notice the full list of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H.** Include an unaltered copy of this License.
- I.** Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J.** Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions if it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K.** For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L.** Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M.** Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N.** Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O.** Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words to a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need not contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects. You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

## ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document

under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2

or any later version published by the Free Software Foundation;

with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled

"GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with...Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the

Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.