

Wikijunior Sonnensystem

Wikibooks.org

7. Dezember 2012

On the 28th of April 2012 the contents of the English as well as German Wikibooks and Wikipedia projects were licensed under Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported license. An URI to this license is given in the list of figures on page 221. If this document is a derived work from the contents of one of these projects and the content was still licensed by the project under this license at the time of derivation this document has to be licensed under the same, a similar or a compatible license, as stated in section 4b of the license. The list of contributors is included in chapter Contributors on page 217. The licenses GPL, LGPL and GFDL are included in chapter Licenses on page 227, since this book and/or parts of it may or may not be licensed under one or more of these licenses, and thus require inclusion of these licenses. The licenses of the figures are given in the list of figures on page 221. This PDF was generated by the \LaTeX typesetting software. The \LaTeX source code is included as an attachment (`source.7z.txt`) in this PDF file. To extract the source from the PDF file, we recommend the use of <http://www.pdflabs.com/tools/pdftk-the-pdf-toolkit/utility> or clicking the paper clip attachment symbol on the lower left of your PDF Viewer, selecting `Save Attachment`. After extracting it from the PDF file you have to rename it to `source.7z`. To uncompress the resulting archive we recommend the use of <http://www.7-zip.org/>. The \LaTeX source itself was generated by a program written by Dirk Hünninger, which is freely available under an open source license from http://de.wikibooks.org/wiki/Benutzer:Dirk_Huenniger/wb2pdf. This distribution also contains a configured version of the `pdflatex` compiler with all necessary packages and fonts needed to compile the \LaTeX source included in this PDF file.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Einleitung	3
1.2	Einführung für Eltern, Erziehungsberechtigte und Lehrer	3
2	Was ist was?	5
3	Unser Sonnensystem	9
3.1	Was ist das Sonnensystem?	10
3.2	Wer entdeckte das Sonnensystem?	12
3.3	Wie erforschten wir das Sonnensystem?	12
3.4	Wie ist es entstanden?	14
3.5	Was passiert mit unserem Sonnensystem?	15
3.6	Quellen	16
4	Die Sonne	19
4.1	Was ist die Sonne?	19
4.2	Wie macht die Sonne Licht und Hitze?	21
4.3	Was sind Sonnenflecken?	22
4.4	Wie ist die Sonnenatmosphäre aufgebaut?	22
4.5	Was ist Sonnenwetter?	25
5	Merkur	27
5.1	Wie groß ist der Planet?	29
5.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	30
5.3	Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?	30
5.4	Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?	30
5.5	Woraus besteht der Merkur?	31
5.6	Wie stark zieht Merkurs Gravitation an mir?	31
5.7	Nach wem wurde er benannt?	31
5.8	Quellen	31
6	Venus	35
6.1	Wie groß ist der Planet?	37
6.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	37
6.3	Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?	39
6.4	Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?	39
6.5	Woraus besteht er?	39
6.6	Wie schwer würde die Gravitation der Venus mich machen?	39
6.7	Nach wem wurde die Venus benannt?	39
6.8	Quellen	40
7	Erde	43
7.1	Wie groß ist die Erde?	44
7.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	44
7.3	Warum gibt es Leben auf der Erde?	45
7.4	Was ist mit dem Erdmond?	47

7.5	Wie lang dauert ein Tag auf diesem Planeten?	47
7.6	Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?	47
7.7	Woraus besteht die Erde?	47
7.8	Wie schwer macht mich die Erdgravitation?	48
7.9	Nach wem wurde sie benannt?	50
7.10	Quellen	50
8	Mond	53
8.1	Wie groß ist der Mond?	54
8.2	Wie ist die Oberfläche des Mondes beschaffen?	56
8.3	Wie lange dauert ein Tag auf dem Mond?	57
8.4	Wie lange dauert ein Jahr auf dem Mond?	57
8.5	Woraus besteht der Mond?	57
8.6	Wie schwer würde die Mondgravitation mich machen?	57
8.7	Nach wem wurde er benannt?	57
8.8	Warum zeigt uns der Mond immer dieselbe Seite ?	58
8.9	Quellen	58
9	Mars	61
9.1	Wie groß ist der Planet?	62
9.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	62
9.3	Welche Monde hat er?	65
9.4	Wie lange dauert ein Tag dieses Planetens?	66
9.5	Woraus besteht er?	66
9.6	Wie schwer würde die Gravitation des Mars mich machen?	66
9.7	Nach wem wurde er benannt?	67
9.8	Quellen	67
10	Phobos	69
10.1	Wie groß ist Phobos?	70
10.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	70
10.3	Wie lange dauert ein Tag von Phobos?	71
10.4	Wie lange dauert seine Umrundung des Mars?	71
10.5	Erzeugt Phobos Sonnenfinsternisse auf dem Mars?	72
10.6	Gibt es in Zukunft Menschen auf Phobos?	72
10.7	Nach wem wurde er benannt?	73
10.8	Wie wurde er entdeckt?	73
11	Deimos	75
11.1	Wie groß ist Deimos?	75
11.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	76
11.3	Wie lange dauert ein Tag auf Deimos?	77
11.4	Wie lange dauert ein Umlauf um den Mars?	77
11.5	Verursacht Deimos Sonnenfinsternisse auf dem Mars?	77
11.6	Nach wem ist er benannt?	78
11.7	Wie wurde er entdeckt?	78
12	Asteroidengürtel	79
12.1	Wie groß sind die Asteroiden?	81
12.2	Wieviele Asteroiden gibt es?	82
12.3	Wonach werden Asteroide benannt?	82
12.4	Wer hat sie entdeckt?	82
12.5	Woraus bestehen sie?	83

12.6	Gibt es Asteroiden auch außerhalb des Asteroidengürtels?	83
13	Jupiter	85
13.1	Wie groß ist der Planet?	87
13.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	87
13.3	Woraus bestehen die Ringe?	88
13.4	Woraus bestehen die Monde?	89
13.5	Wie lange dauert ein Tag dieses Planeten?	91
13.6	Wie lang ist ein Jahr dieses Planeten?	91
13.7	Wie schwer würde Jupiters Gravitation mich machen?	92
13.8	Nach wem wurde er benannt?	93
14	Amalthea	95
14.1	Wie groß ist Amalthea?	95
14.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	95
14.3	Wie lange dauert der Tag von Amalthea?	96
14.4	Wie lange braucht er, um Jupiter zu umrunden?	96
14.5	Wie schwer würde Amaltheas Gravitation mich machen?	96
14.6	Nach wem wurde er benannt?	96
14.7	Wie wurde er entdeckt?	96
15	Io	97
15.1	Wie groß ist Io?	97
15.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	98
15.3	Wie lange dauert der Tag von Io?	99
15.4	Wie lange braucht er, um Jupiter zu umrunden?	100
15.5	Nach wem wurde er benannt?	100
15.6	Wie schwer würde Ios Gravitation mich machen?	100
15.7	Wie wurde er entdeckt?	100
16	Europa	101
16.1	Wie groß ist Europa?	101
16.2	Wie sieht die Oberfläche von Europa aus?	102
16.3	Wie lange dauert ein Europatag?	104
16.4	Wie lange braucht Europa um Jupiter zu umkreisen?	104
16.5	Wonach ist Europa benannt?	105
16.6	Wie wurde er entdeckt?	105
17	Ganymed	107
17.1	Wie groß ist Ganymed?	107
17.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	108
17.3	Wie lange dauert ein Tag von Ganymed?	108
17.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Jupiters?	108
17.5	Nach wem wurde er benannt?	108
17.6	Wie wurde er entdeckt?	108
18	Kallisto	109
18.1	Wie groß ist Kallisto?	109
18.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	109
18.3	Wie lang dauert ein Tag auf Kallisto?	109
18.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Jupiters?	109
18.5	Nach wem wurde er benannt?	110
18.6	Wie wurde er entdeckt?	110

19	Saturn	111
19.1	Wie groß ist der Planet?	113
19.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	113
19.3	Woraus bestehen die Ringe?	114
19.4	Wie sind seine Monde beschaffen?	114
19.5	Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?	118
19.6	Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?	118
19.7	Woraus besteht er?	118
19.8	Wie schwer würde Saturns Gravitation mich machen?	118
19.9	Nach wem wurde er benannt?	119
19.10	Quellen	119
20	Mimas	121
20.1	Wie groß ist Mimas?	121
20.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	121
20.3	Wie lange dauert ein Tag auf Mimas?	122
20.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?	122
20.5	Woraus besteht er?	122
20.6	Wie schwer würde Mimas Gravitation mich machen?	122
20.7	Nach wem wurde er benannt?	122
20.8	Wie wurde er entdeckt?	122
21	Enceladus	123
21.1	Wie groß ist Enceladus?	123
21.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	123
21.3	Wie lange dauert ein Tag auf Enceladus?	124
21.4	Wie schwer würde Enceladus Gravitation mich machen?	124
21.5	Nach wem wurde er benannt?	124
21.6	Wie wurde er entdeckt?	124
22	Tethys	125
22.1	Wie groß ist Tethys?	125
22.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	125
22.3	Wie lange dauert ein Tag auf Tethys?	126
22.4	Woraus besteht er?	126
22.5	Nach wem wurde er benannt?	126
22.6	Wie wurde er entdeckt?	126
23	Dione	127
23.1	Wie groß ist Dione?	127
23.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	127
23.3	Wie lange dauert ein Tag auf Dione?	128
23.4	Woraus besteht er?	128
23.5	Wie schwer würde Diones Gravitation mich machen?	128
23.6	Nach wem wurde er benannt?	128
23.7	Wie wurde er entdeckt?	128
24	Rhea	129
24.1	Wie groß ist Rhea?	130
24.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	130
24.3	Wie lange dauert ein Tag auf Rhea?	130
24.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?	131
24.5	Woraus besteht er?	131

24.6	Wie schwer würde Rheas Gravitation mich machen?	131
24.7	Nach wem wurde er benannt?	131
24.8	Wie wurde er entdeckt?	131
25	Titan	133
25.1	Wie groß ist Titan?	133
25.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	133
25.3	Wie lang dauert ein Tag auf Titan?	134
25.4	Woraus besteht er?	134
25.5	Wie schwer würde Titans Gravitation mich machen?	134
25.6	Nach wem wurde er benannt?	134
25.7	Wie wurde er entdeckt?	134
26	Hyperion	135
26.1	Wie groß ist er?	136
26.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	136
26.3	Wie lange dauert ein Tag auf Hyperion?	136
26.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?	136
26.5	Woraus besteht er?	136
26.6	Nach wem wurde er benannt?	136
26.7	Wie wurde er entdeckt?	136
27	Iapetus	137
27.1	Wie groß ist Iapetus?	137
27.2	Wie ist die Oberfläche beschaffen?	137
27.3	Wie lange dauert der Tag von Iapetus?	138
27.4	Woraus besteht er?	138
27.5	Wie schwer würde Iapetus Gravitation mich machen?	138
27.6	Nach wem wurde er benannt?	138
27.7	Wie wurde er entdeckt?	139
28	Phoebe	141
28.1	Wie groß ist er?	141
28.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	141
28.3	Wie lang dauert ein Tag auf Phoebe?	142
28.4	Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?	142
28.5	Woraus besteht er?	142
28.6	Wie stark drückt Phoebe's Gravitation auf mich?	142
28.7	Nach wem wurde er benannt?	142
28.8	Wie wurde er entdeckt?	143
29	Uranus	145
29.1	Wie groß ist Uranus?	147
29.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	147
29.3	Woraus bestehen die Ringe?	147
29.4	Was für Monde hat er?	148
29.5	Wie lang ist ein Tag von Uranus?	149
29.6	Wie lang ist ein Uranusjahr?	150
29.7	Woraus besteht er?	150
29.8	Wie schwer würde Uranus Gravitation mich machen?	150
29.9	Nach wem wurde er benannt?	150
29.10	Quellen	150

30	Miranda	151
30.1	Wie groß ist Miranda?	151
30.2	Wie ist seine Oberfläche beschaffen?	151
30.3	Wie lange dauert der Tag von Miranda?	152
30.4	Woraus besteht er?	152
30.5	Wie schwer würde Mirandas Gravitation mich machen?	152
30.6	Nach wem wurde er benannt?	152
30.7	Wie wurde er entdeckt?	153
31	Ariel	155
31.1	Wie groß ist Ariel?	155
31.2	Wie ist die Oberfläche beschaffen?	155
31.3	Wie lange dauert der Tag von Ariel?	156
31.4	Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?	156
31.5	Woraus besteht er?	156
31.6	Wie schwer würde Ariels Gravitation mich machen?	156
31.7	Nach wem wurde er benannt?	156
31.8	Wie wurde er entdeckt?	156
32	Umbriel	157
32.1	Wie groß ist Umbriel?	157
32.2	Wie ist die Oberfläche beschaffen?	157
32.3	Wie lange dauert der Tag von Umbriel?	158
32.4	Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?	158
32.5	Woraus besteht er?	158
32.6	Wie schwer würde Umbriels Gravitation mich machen?	158
32.7	Nach wem wurde er benannt?	158
32.8	Wie wurde er entdeckt?	158
33	Titania	159
33.1	Wie groß ist Titania?	159
33.2	Wie ist die Oberfläche beschaffen?	159
33.3	Wie lange dauert der Tag von Titania?	159
33.4	Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?	159
33.5	Woraus besteht er?	160
33.6	Wie schwer würde Titantias Gravitation mich machen?	160
33.7	Nach wem wurde er benannt?	160
33.8	Wie wurde er entdeckt?	160
34	Oberon	161
34.1	Wie groß ist Oberon?	161
34.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	161
34.3	Wie lange dauert ein Tag von Oberon?	162
34.4	Woraus besteht er?	162
34.5	Wie schwer würde Oberons Gravitation mich machen?	162
34.6	Nach wem wurde er benannt?	162
34.7	Wie wurde er entdeckt?	162
35	Neptun	163
35.1	Wie groß ist der Planet?	165
35.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	165
35.3	Woraus bestehen die Ringe?	166
35.4	Was ist über die Monde bekannt?	166

35.5	Wie lange dauert ein Tag auf dem Planeten?	167
35.6	Wie lange dauert ein Jahr von diesem Planeten?	167
35.7	Woraus besteht er?	167
35.8	Wie schwer würde Neptuns Gravitation mich machen?	168
35.9	Nach wem wurde er benannt?	168
35.10	Quellen	168
36	Proteus	169
36.1	Wie groß ist er?	169
36.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	169
36.3	Wie lang ist ein Proteustag?	169
36.4	Nach wem ist der Mond benannt?	169
36.5	Wie wurde Proteus entdeckt?	170
37	Triton	171
37.1	Wie groß ist Triton?	171
37.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	171
37.3	Wie lange dauert ein Tag auf Triton?	172
37.4	Wie lange dauert seine Umrundung des Neptuns?	172
37.5	Woraus besteht er?	172
37.6	Wie stark drückt Tritons' Gravitation auf mich?	172
37.7	Nach wem wurde er benannt?	172
37.8	Wie wurde er entdeckt?	173
38	Nereid	175
38.1	Wie groß ist Nereid?	175
38.2	Wie lange dauert ein Tag auf Nereid?	175
38.3	Wie stark drückt Nereids' Gravitation auf mich?	175
38.4	Nach wem wurde er benannt?	175
38.5	Wie wurde er entdeckt?	176
39	Pluto	177
39.1	Wie groß ist Pluto?	179
39.2	Wie sieht die Oberfläche aus?	179
39.3	Was ist über die Monde bekannt?	180
39.4	Wie lang ist ein Tag für Pluto?	180
39.5	Wie lang ist ein Jahr für Pluto?	180
39.6	Woraus besteht er?	180
39.7	Wie sehr würde mich Plutos Schwerkraft anziehen?	181
39.8	Woher stammt sein Name?	181
39.9	Quellen	181
40	Charon	183
40.1	Wie groß ist Charon?	183
40.2	Aus was besteht die Oberfläche?	183
40.3	Wie lange dauert ein Tag auf Charon?	183
40.4	Wie lange dauert sein Orbit rund um Pluto?	183
40.5	Nach wem ist er benannt?	183
40.6	Wie wurde er entdeckt?	183
41	Ceres	185
41.1	Wie groß ist Ceres?	186
41.2	Was ist über die Monde bekannt?	187
41.3	Wie lang ist ein Tag für Ceres?	187

41.4	Wie lang ist ein Jahr für Ceres?	187
41.5	Woraus besteht er?	187
41.6	Wie sehr würde mich Ceres Schwerkraft anziehen?	187
41.7	Woher stammt sein Name?	188
42	Eris	189
42.1	Wie groß ist Eris?	190
42.2	Was ist über die Monde bekannt?	190
42.3	Wie lang ist ein Jahr für Eris?	190
42.4	Woraus besteht er?	190
42.5	Wie sehr würde mich Eris' Schwerkraft anziehen?	190
42.6	Woher stammt sein Name?	191
43	Makemake	193
43.1	Wie groß ist Makemake?	194
43.2	Was ist über die Monde bekannt?	194
43.3	Wie lang ist ein Jahr für Makemake?	194
43.4	Wie sehr würde mich Makemakes Schwerkraft anziehen?	194
43.5	Woher stammt sein Name?	195
44	Kometen	197
44.1	Was ist ein Komet?	197
44.2	Wie sieht ein Komet aus?	198
44.3	Kometen am Himmel sehen	198
44.4	Wieviele Kometen gibt es?	199
44.5	Wonach werden Kometen benannt?	200
44.6	Welche berühmten Kometen der Geschichte gibt es?	200
44.7	Kündigt ihr Erscheinen ein Unglück an?	201
44.8	Quellen	201
45	Kuipergürtel	203
46	Oortsche Wolke	205
46.1	Was ist die Oort'sche Wolke?	205
46.2	Wo befindet sich die Oortsche Wolke?	206
46.3	Wie entstand die Oortsche Wolke?	207
47	Raumforschung	209
47.1	Die Erforschung des Weltraums – ein langer Traum	209
47.2	Die erste Erkundung des Weltalls	209
47.3	Ein Mann im All	209
47.4	Der Wettlauf zum Mond	210
47.5	Die Internationale Raumstation	210
48	Glossar	211
49	Autoren	217
	Abbildungsverzeichnis	221
50	Licenses	227
50.1	GNU GENERAL PUBLIC LICENSE	227
50.2	GNU Free Documentation License	228
50.3	GNU Lesser General Public License	228

1 Einleitung

1.1 Einleitung

Wenn du nachts in den Himmel blickst, wirst du Erstaunliches zu sehen bekommen: Viele Sterne und mit etwas Glück auch den Mond. Mal ist er ganz rund, ein andermal nur eine Sichel, aber auch die ist nicht immer gleich. Auf keinen Fall wirst du die Sonne sehen. Die scheint nur am Tag. Wie kommt das? Wer sagt den Sternen, wo sie hingehören, dem Mond, wann er aufgehen muss und wann er der Sonne Platz machen muss? Dieses Buch soll dir helfen, diese und andere Fragen zu beantworten. Es gibt vieles zu entdecken, gänzlich neue Sachen, aber auch alte, die du vielleicht schon kennst, mit zusätzlichen Informationen. Viel Spaß beim Durchstöbern dieses Buches!

1.2 Einführung für Eltern, Erziehungsberechtigte und Lehrer

Das Sonnensystem ist ein Wikijuniorbuch, geschrieben von einer Gruppe Freiwilliger und kostenlos zugänglich für alle Internetbenutzer, Drucker und Alleinvertriebe unter der Bedingung der Lizenzen. Es ist das Ergebnis der Zusammenarbeit der Beckstiftung, der Wikimediastiftung und von freiwilligen Schreibern und Editoren.

Die freien Schreiber und Mitarbeiter danken dir, dass du dieses Buch nutzt. Wenn du dieses Buch für junge Leute erreichbar machst, hilfst du mit beim Ziel von Wikijunior, jungen Lesern das Lesen näher zu bringen.

Der Originaltext und die Grafiken können unter folgender Adresse <http://www.wikibooks.org> abgerufen werden.

2 Was ist was?

2.0.1 Die Sonne

Ohne unsere Sonne würde auf der Erde völlige Dunkelheit herrschen - nicht nur das, es wäre auch bitterkalt. Wenn du schon mal einem Lagerfeuer zu nahe gekommen bist, hast du bereits eine gute Vorstellung davon, was unsere Sonne ist. Ein riesiger Feuerball, so groß wie ein Fußball; äh ... allerdings nur wenn die Erde nicht größer als der Kopf einer Stecknadel wäre! Die Sonne hat ihren Platz im All, weit entfernt, so dass selbst ein moderner Düsenjet für die Reise mindestens zehn Jahre brauchen würde, ankommen täte er allerdings nie, vorher brächte die Hitze das Flugzeug zum Schmelzen. Trotz dieser unfassbaren Entfernung sind ihre Strahlen auf der Erde immer noch sehr stark. Wer im Sommer nicht aufpasst und zu lange in der Sonne liegt, bekommt wahrscheinlich Sonnenbrand. Du darfst auch niemals in die Sonne schauen, ohne deine Augen besonders zu schützen. Dabei kannst du blind werden!

Warum leuchtet sie eigentlich nur am Tag? Was passiert Nachts? Gibt es etwa einen Schalter? Nein! Anders als eine Wohnzimmerlampe lässt sich die Sonne nicht abschalten und das ist auch gut so. Sie leuchtet ohne Pause, Tag und Nacht. Wie kommt es, dass es Nachts dunkel ist, wo sie doch immer leuchtet? Das liegt an der besonderen Form unserer Erde. Sie ist eine Kugel und die dreht sich auch noch. Ständig, ohne Pause, Tag für Tag! Nimm einen Ball und eine Taschenlampe, gehe mit beidem in einen dunklen Raum. Wenn du den Ball in die eine und die angeknipste Taschenlampe in die andere Ecke legst, hast du schon ein recht gutes Erde-Sonne-Modell. Schau dir den angeleuchteten Ball genauer an. Eine Seite, die der Lampe zugewandt ist, ist hell, die andere liegt im Dunkeln. Tag und Nacht auf deinem Ball-Planeten. Wenn du den Ball jetzt drehst, ist die eben noch dunkle Seite hell, und die andere wird finster, sie hat Nacht. Es liegt also an der Kugelform, die Sonne kann immer nur eine Seite davon anleuchten. Das bedeutet: wenn bei uns Nacht ist, freuen sich die Menschen auf der anderen Seite der Erdkugel über den schönen Sonnenschein.

2.0.2 Der Mond

Beobachten wir jetzt mal den Mond. Du hast es bestimmt erraten: er sitzt nicht still, sondern bewegt sich. Das macht er auf zwei Arten, er dreht sich wie ein Kreisel um sich selbst und in einem weiten Bogen rund um die Erde. In der Zeit in der er einmal um die Erde saust, dreht er sich auch einmal um sich selbst. Das ist der Grund dafür, warum wir immer nur ein und die selbe Seite des Mondes sehen können.

Warum aber können wir ihn überhaupt sehen? Der Mond leuchtet nicht! Er bekommt sein Licht von der Sonne und spiegelt es zur Erde. Es wird also reflektiert, wie es die Rückstrahler an einem Fahrrad tun. Der Mond ist übrigens bislang der einzige Himmelskörper, außer der Erde, auf dem schon Menschen waren. Vor vierzig Jahren sind amerikanische Astronauten auf seiner Oberfläche gelandet und ein wenig rumgelaufen, oder eher gesprungen.

2.0.3 Die Sterne

Besonders auffallend sind die vielen Millionen Lichtpunkte, die jede Nacht zu sehen sind. Wir nennen sie Sterne. Es sind Himmelskörper die von sich aus leuchten. Sie sind alle so weit von uns entfernt, dass Ihr Licht jahrelang im All unterwegs ist, bis wir es sehen können. Auf den ersten Blick denkt man vielleicht, sie wären wahllos verstreut und würden planlos umherschwirren. Das stimmt aber so nicht. Sie haben eine besondere Ordnung zueinander und bilden ganze Gruppen, die wir Galaxien nennen. Auch unsere Erde mit Sonne, Mond und den anderen Planeten steckt in einer solchen Galaxie: Die *Milchstraße*. Unsere Sonne ist übrigens auch ein Stern.

2.0.4 Planeten

Planeten gibt es zahlreich, mit den verschiedensten Oberflächen und in allen Größen. Am schönsten ist natürlich unsere Erde, ganz klar. Bei uns ist es nicht zu kalt oder zu heiß. Wasser ist ausreichend da und eine Atmosphäre mit viel Luft zum Atmen. Das ist nicht überall so. Es ist ungeheuer heiß auf den Planeten, die näher an der Sonne sind, und extrem kalt auf denen, die weiter weg sind. Einige bestehen überwiegend aus Eis, und andere sind die größten Wüsten, die du dir nur vorstellen kannst.

2.0.5 Zwergplaneten

Pluto ist so klein, dass er seit 2006 nicht mehr als Planet gezählt wird wie bisher seit seiner Entdeckung 1930. Er hat zwar seine eigenen drei Monde, ist aber selbst noch kleiner als unser Erdenmond. Als Zwergplaneten gelten jene Objekte in unserem Sonnensystem, die eine Umlaufbahn um die Sonne haben, deren Gestalt annähernd kugelförmig ist, aber auf deren Umlaufbahn sich noch andere Objekte befinden.

2.0.6 Wie wir das Sonnensystem messen

Über Teleskope und andere Instrumente

Wenn wir das Sonnensystem betrachten, versuchen wir zu messen, was wir sehen. Wir können so die vielen Objekte miteinander vergleichen und erfahren zum Beispiel, welche Größe sie haben und wie sie sich bewegen. Weil unsere Augen aber nicht so weit sehen können, wie die vielen Himmelskörper entfernt sind, benutzen wir dafür Geräte.

Du hast sicherlich schon einmal durch ein Fernglas geschaut und warst erstaunt, wie nahe die Gegenstände plötzlich waren. Mit so einem Instrument können wir auch in den Himmel sehen und uns zum Beispiel die Krater auf dem Mond anschauen. Wissenschaftler haben riesengroße Teleskope gebaut, mit denen wir das sehr genau machen können.

Um noch weiter entfernte Planeten zu erkunden, schießen wir Satelliten mit Raketen ins Weltall. Die reisen dann manchmal jahrelang, bis sie am Jupiter oder Saturn vorbeifliegen. Die Satelliten machen Fotos und schicken sie per Funk zu uns auf die Erde. Einige landen sogar auf Planeten und fahren dort ein wenig herum.

Was ist das metrische System?

Damit wir unser Wissen über Sonne, Mond und Sterne einfacher untereinander austauschen können, haben sich die meisten Menschen auf eine gemeinsame Methode dafür geeinigt: das *metrische System*.

Was bedeutet denn das? Schau Dir zum Beispiel deinen Körper an. Er hat verschiedene Eigenschaften, die Du messen kannst: Deine Länge von Kopf bis Fuß, oder dein Gewicht. Um deine Länge zu messen nimmst Du ein Maßband oder ein Lineal, auf dem draufsteht, wie lang dieses ist, und vergleichst es mit deinem Körper. Die Zahlen auf dem Maßband haben einen bestimmten Abstand, und das metrische System schreibt diesen Abstand vor: Der Abstand soll in *Metern* gemessen werden. Das ist die *Einheit* der Länge in diesem System. Messen wir etwas, erhalten wir immer eine Zahl und eine Einheit. Ein Grundschulkind ist zum Beispiel ungefähr ein Meter lang. Die Zahl ist *Eins* und die Einheit ist *Meter*. Um nicht so viel schreiben zu müssen, kürzen wir Meter mit dem kleinen Buchstaben *m* ab.

Das metrische System wurde zuerst im Europa des achtzehnten Jahrhunderts verwendet und sollte die vielen älteren Mess-Systeme ersetzen, wie das Englische System, das Fuß und Zoll anstelle von Meter benutzte. Die Menschen konnten sich nun schneller auf gemeinsame Größen und Mengen von Dingen einigen, zum Beispiel beim Einkaufen und beim Handeln mit Waren.

In diesem Buch lernen wir mehrere Größen kennen, die wir im metrischen System messen: außer Länge sind das Masse, Temperatur und Zeit.

Die Länge benutzen wir, um den Durchmesser eines Planeten, von der einen Seite direkt durch den Mittelpunkt bis zur anderen Seite, oder die Entfernung von der Sonne anzugeben. Weil sie sehr groß ist, benutzen wir *Kilometer* anstatt Meter. Ein Kilometer sind eintausend Meter, und wir schreiben dafür kurz *km*.

Die Masse sagt dir, aus wieviel Material ein Objekt besteht. Je mehr Stoff oder Materie da ist, desto größer ist die Masse. Wenn du viel gegessen hast, steckt mehr in deinem Körper drin und deine Masse ist größer. Wir messen die Masse in *Kilogramm* und kürzen das ab mit *kg*.

Ob etwas wärmer oder kälter als etwas anderes ist, verrät dir die Temperatur, die wir in *Grad Celcius* messen. Abgekürzt schreiben wir $^{\circ}\text{C}$. Bei null Grad Celcius gefriert Wasser zu Eis, und bei einhundert Grad Celcius kocht Wasser. In manchen Ländern, zum Beispiel den Vereinigten Staaten von Amerika, benutzen die Menschen anstatt Celcius die Fahrenheit-Skala, und sie schreiben $^{\circ}\text{F}$.

Die Zeit schließlich sagt uns, wie lange etwas dauert. Die Erde umkreist die Sonne innerhalb eines Jahres. Die Zeit, die der Mond für seine Reise einmal um die Erde benötigt, nennen wir fast so wie den *Mond* selbst, nämlich *Monat*. Ein Tag ist eine komplette Drehung der Erde einmal um sich selbst.

3 Unser Sonnensystem

Hast du dich jemals über die Dinge am Himmel gewundert? Die Sonne, der Mond oder die Sterne? Menschen beobachten den Himmel schon seit langer Zeit, um herauszufinden, was dort draußen ist. Wir erfinden immer wieder neue Methoden, um mehr über den Weltraum zu erfahren.

Planeten sind große Kugeln aus Gestein oder Gas, die sich um Sterne herum bewegen. Wir leben auf einem, den wir Erde nennen. Er bewegt sich um einen Stern, den wir Sonne nennen. Es gibt sieben andere Planeten, die sich um unsere Sonne bewegen, und auch noch eine Menge kleinerer Sachen. Die Sonne und all diese Dinge, die sich um sie herum bewegen, nennen wir Sonnensystem.

Vor langer Zeit haben die Menschen nicht verstanden, dass sich die Planeten und andere Dinge im Sonnensystem um die Sonne bewegen. Sie dachten, dass sich alles um die Erde herum bewegt, einschließlich der Sonne. Das erschien natürlich, weil wir nicht spüren, dass sich die Erde bewegt, nicht wahr?

Jedenfalls, vor etwa 500 Jahren, behauptete ein Mann namens Kopernikus, dass sich alle Planeten um die Sonne bewegen. Nach weiteren 100 Jahren begann Galileo den Himmel mit einer neuen Erfindung zu beobachten: einem Teleskop. Er zeigte, dass es ganz normal ist, dass sich die Planeten um die Sonne bewegen. Später begannen immer mehr Menschen damit, mit einem Teleskop den Himmel zu beobachten. Sie begannen zu lernen, wie sich die Planeten und die anderen Dinge im Sonnensystem bewegten.

Jetzt schicken wir Raketen in den Weltraum, um mehr zu erfahren. Astronauten reisen um die Erde. Einige von ihnen landeten auf dem Mond. Roboter können zu anderen Planeten fliegen und fotografieren. Wir können Dinge sehen, von denen Astronomen wie Kopernikus oder Galileo nur träumen konnten.

Wir können mächtige Teleskope benutzen, um zu sehen, was auf anderen Sternen geschieht. Wir vergleichen Fotos von entfernten Sternen mit Fotos der Sonne. Wir können tausende Bilder der Planeten analysieren, um mehr über die Erde zu lernen. Wir wollen viel von den vielen Dingen in unserem Sonnensystem lernen, um uns vorzustellen, wie es vor langer Zeit entstand. Wir könnten dadurch auch vermuten, was damit in später Zukunft passieren könnte.

3.1 Was ist das Sonnensystem?

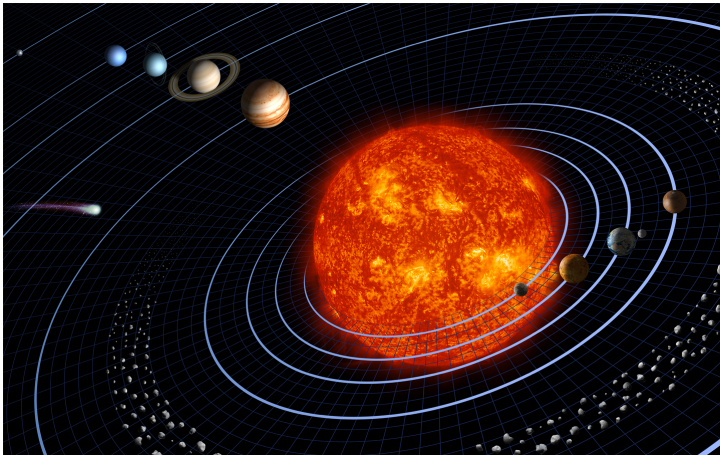


Abb. 1 Das Sonnensystem. Es zeigt die Sonne, die inneren Planeten, den Asteroidengürtel, äußere Planeten und einen Kometen. Es zeigt nicht die wahren Größen.

Im Zentrum des Sonnensystems befindet sich die Sonne. Sie ist ein Stern wie Milliarden anderer Sterne am Himmel. Die anderen Sterne sind aber so weit von uns entfernt, dass sie wie winzige Punkte aussehen. Die Sonne ist wichtig für uns, weil sie uns Wärme, Licht und Energie gibt um zu leben. Ohne die Sonne gäbe es also kein Leben auf der Erde!

Alle anderen Dinge im Sonnensystem kreisen um die Sonne herum. Die Planeten sind die größten dieser Objekte, und die Erde ist einer von den acht Planeten. Aber die Planeten sind ziemlich unterschiedlich!

Viele der Planeten haben *Monde*. Ein Mond kreist immer um seinen Planeten. Der Merkur hat keinen Mond, die Venus auch nicht, die Erde hat einen und der Jupiter hat 63!

Die der Sonne am nächsten gelegenen Planeten werden die *Inneren Planeten* genannt. Das sind Merkur, Venus, Erde und Mars. Dahinter kommt ein breiter Ring von *Asteroiden*, das sind Brocken von Gestein, die viel kleiner sind als ein Planet. Dieser Ring wird *Asteroidengürtel* genannt. Im Asteroidengürtel gibt es auch einen Zwergplaneten (kleiner als ein normaler Planet), der Ceres heißt. Anschließend kommen die *äußeren Planeten*: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Weiter außen sind noch einige Zwergplaneten. Einen davon kennst du vielleicht: Pluto, der früher noch Planet genannt wurde. Weitere Zwergplaneten sind Eris, Makemake und Haumea.

Die Planeten sind nach römischen Göttern benannt, die vor langer Zeit von den Menschen verehrt wurden. Die Namen und die Reihenfolge der Planeten kannst Du Dir ganz einfach mit einer Eselsbrücke merken: „*Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel*“. Die Anfangsbuchstaben der einzelnen Worte stehen jeweils für einen Planeten: *M*erkur, *V*enus, *E*rde, *M*ars, *J*upiter, *S*aturn, *U*ranus, *N*eptun. Weil das "M" zweimal vorkommt, kannst Du Dir einfach merken, dass Merkur zuerst kommt.

Hinter der Umlaufbahn des Neptuns gibt es einen weiteren ausgedehnten Ring, ähnlich dem Asteroidengürtel, den *Kuiper-gürtel*. Gesprochen: \\Keupa\\, Kuiper war der Nachname der Person, die als

erstes über diesen Asteroidengürtel schrieb. Die meisten Körper des Kuipergürtel sind im Teleskop nur sehr schwer zu erkennen.

Außerhalb des Kuipergürtels befindet sich noch die *Oortsche Wolke*. Die Wissenschaftler vermuten, dass das ein Gebiet ist, woher die Kometen kommen. Es ist sehr weit von der Sonne entfernt, viel, viel weiter als der Pluto, mehr als 1000 mal so weit. Es liegt sozusagen am Rand unseres Sonnensystems. Und ja, "Oort" war der Nachname des ersten Menschen, der über diese Wolke etwas schrieb.

Zwischen all diesen Dingen befindet sich Staub. Die Staubteilchen sind sehr weit voneinander entfernt, aber sie leuchten im Licht der Sonne. Vor Sonnenaufgang im September oder Oktober kann man sie im Osten glühen sehen. Wir nennen es das Zodiakallicht, wenn sich die Staubkörner zwischen der Erde und der Sonne befinden und *Gegenschein*, wenn sich die Staubkörner auf der anderen Seite der Erde befinden.

Wenn Teile des Staubes auf die Erdatmosphäre treffen, dann leuchten sie hell auf. Wir nennen das Sternschnuppen oder Meteoriten.

Dahinter ist ein großer leerer Raum ohne Luft oder andere Sachen. Der unserer Sonne nächstliegende Stern ist tausende Male weiter weg als unser gesamtes Sonnensystem groß ist. Das Universum ist ein wirklich riesiges Gebilde!

3.1.1 Was hält das Sonnensystem zusammen?

Warum umkreisen die Planeten die Sonne? Warum umkreisen Monde Planeten? Warum macht sich die Sonne nicht davon und lässt die Planeten hinter sich? Die Antwort auf all diese Fragen haben mit der *Gravitation* zu tun. Die Gravitation ist die Anziehungskraft, die jede Masse auf jede andere Masse ausübt. Ein Gegenstand auf der Erde ist "schwer", weil die Erde ihn nach unten zieht, der Gegenstand fällt, weil er von der Erde angezogen wird. Die Anziehungskraft zwischen kleineren Körpern ist zu schwach, um sie zu spüren, aber die Anziehungskraft der Sonne und der Planeten ist recht stark, da diese sehr massiv sind.

Wir spüren die Anziehungskraft der Sonne nicht, weil sie auch die Erde, auf der wir stehen, anzieht. Aber die Gravitation der Sonne ist groß genug, um die Erde nicht wegfliegen zu lassen. Obwohl sich die Erde so schnell bewegt, bleibt sie auf der Bahn um die Sonne. Es ist so, als wären sie unsichtbar aneinander festgebunden. Genauso funktioniert es mit Monden, die ihre Planeten umkreisen. Sie werden durch die Gravitationskraft auf ihren Bahnen gehalten. Übrigens steht auch die Sonne selbst nicht still im Weltraum. Das ganze Sonnensystem umkreist das Zentrum unserer Galaxie. Und alles hält zusammen, weil es die Gravitationskraft gibt.

Wenn sich die Erde nicht bewegen würde, würde sie wegen der Gravitationskraft in die Sonne fallen. Da sie aber sehr schnell um die Sonne herum läuft und dabei ständig „um die Kurve“ fliegt, wird sie nach außen gedrückt, genauso wie du im Auto in der Kurve nach außen gedrückt wirst. Diese Kraft, die auf jeden Körper wirkt, der sich um eine Kurve bewegt, heißt Fliehkraft oder Zentrifugalkraft. (Zentrifugen sind Apparate, in denen Flüssigkeiten schnell gedreht und so die schwereren Bestandteile der Mischung an die Wand gedrückt werden.)

Die Gravitationskraft und die Zentrifugalkraft halten sich für jeden Planeten genau das Gleichgewicht, und so kreisen diese immer weiter auf ihren Bahnen.

Über Gravitation, Masse und Gewicht

Materie ist das, woraus alle Dinge bestehen. Die Masse eines Körpers sagt uns, welche Menge von Materie er enthält. Zwei Bananen haben die doppelte Masse einer Banane. Aber ein Stück Eisen, was so groß ist wie eine Banane, hat mehr Masse, denn im Eisen ist die Materie dichter zusammengedrückt (es ist deshalb auch schwerer). Je mehr Masse ein Ding hat, desto mehr wird es von der Gravitation angezogen und desto stärker zieht seine Gravitation andere Objekte an.

Die Kraft, mit der die Erde uns anzieht, nennen wir *Gewicht*. Die Astronauten wiegen auf dem Mond viel weniger als auf der Erde, weil der Mond eine kleinere Masse als die Erde hat. Deshalb ist auch seine Gravitationskraft kleiner, er zieht nicht so doll. Jeder Himmelskörper besitzt eine eigene Gravitation. Die Banane wird auf dem Mond viel langsamer zu Boden fallen, da der Mond nicht so stark an ihr zieht.

Die Gravitationskraft eines Körpers ist umso stärker, je näher man dran ist, und um so schwächer, je weiter man weg ist. Auf einem hohen Berg wiegen wir ein klein bisschen weniger als an einem viel niedrigeren Punkt. Das ist so, weil wir auf dem Berg viel weiter vom Erdmittelpunkt, respektive Erdkern entfernt sind.

Die Anziehungskraft der Erde oder von anderen Himmelskörpern hört im Weltraum nicht auf, sie wird nur immer schwächer. Wenn man eine Banane stark genug im richtigen Winkel werfen könnte, so würde sie die Erde umkreisen. So bringen Raketen Astronauten in den Weltraum. Wenn Du die Banane noch viel viel stärker in die richtige Richtung werfen würdest, dann würde sie von der Erde wegfliegen und nie wieder zurückkommen - aber unsere Arme sind nicht so stark.

3.2 Wer entdeckte das Sonnensystem?

Jeder, der nach oben in den klaren Himmel sieht, kann sieben helle Objekte sehen. Das sind unsere Sonne, unser Mond, der Merkur, die Venus, der Mars, der Jupiter und der Saturn. Menschen wussten schon seit langer Zeit von ihnen. Die Griechen und Römer glaubten, dass sie mit den Göttern verbunden seien. In Babylon hatte man die Tage der Woche nach ihnen benannt. Fast jeder war sich sicher, dass alle Dinge die Erde umkreisen. Sie wussten nicht, dass wir in einem *Sonnensystem* leben.

Im Jahr 1543 fand Nikolaus Kopernikus heraus, dass die Planeten die Sonne umkreisen. Nur der Mond umkreist die Erde. Aber Kopernikus hatte die meiste Zeit seines Lebens Angst, das zu sagen. Dann richtete aber Galileo Galilei sein Teleskop in den Himmel. Er fand Monde, die den Jupiter umkreisten. Er war sich sicher, dass Kopernikus mit seiner Idee recht hatte und bekam große Schwierigkeiten, als er das sagte. Es brauchte 70 Jahre, um die Wissenschaftler davon zu überzeugen, dass die Planeten die Sonne umkreisen. Aber heute versteht fast jeder, dass wir in einem Sonnensystem leben.

Die Menschen bauten bessere Teleskope und fanden noch viel mehr Dinge im Himmel - Monde, Planeten, Asteroiden. Selbst heute werden weitere Dinge gefunden. Erst vor Kurzem fanden Astronomen Dinge wie etwa den Pluto. Eines wird **2003 UB₃₁₃**, genannt und ist größer als der Pluto. Seit August 2006 werden diese dem Pluto ähnlichen Objekte Zwergplaneten genannt.

3.3 Wie erforschten wir das Sonnensystem?

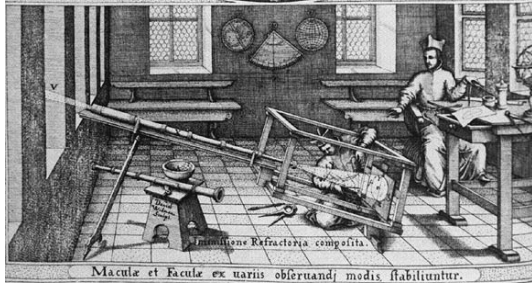


Abb. 2 Das Bild der Sonne erscheint auf einem Blatt Papier (Jahr 1625).
Lass niemals die Sonne direkt in Deine Augen leuchten!

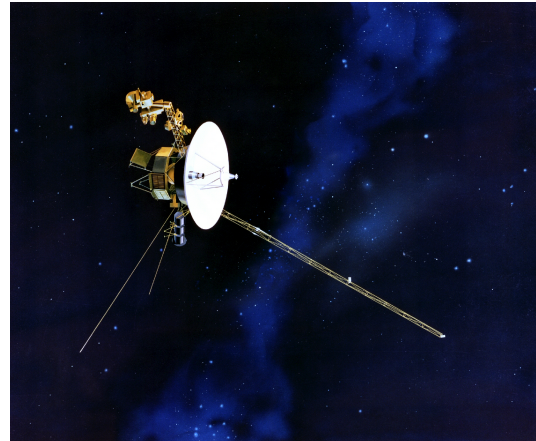


Abb. 3 Die Voyager-2 Sonde.

Bevor das Teleskop erfunden wurde, erforschten die Menschen den Himmel mit bloßen Augen. Sie sahen, wie die Planeten über den Himmel wanderten. Sie lernten vorherzusagen, wo die Sonne, der Mond und die Planeten am Himmel zu finden sein würden. Sie bauten *Observatorien* -- das sind Plätze, um den Himmel zu beobachten. Sie beobachteten die Sonne und die Sterne, um die Zeit im Jahr zu wissen. In China wusste man sogar, wann der Mond die Sonne verdeckt. Die meisten Menschen dachten, dass *Himmelskörper* Kriege oder Frieden auf der Erde auslösen können.

Nachdem das Teleskop zum ersten Mal gebaut wurde, wurde es von den Menschen immer mehr verbessert. Astronomen sahen, dass die Planeten nicht wie die Sterne sind. Es gibt Welten wie die Erde. Sie konnten sehen, dass einige Planeten Monde hatten. Die Menschen begannen darüber nachzudenken, wie diese Welten aussehen würden. Als erstes dachten einige, dass die anderen Planeten und Monde auch von Menschen oder Tieren bewohnt seien. Sie überlegten, wie es wäre, auf einer der anderen Welten zu leben. Dann bauten sie noch bessere Teleskope und sahen, dass es keine Pflanzen oder Tiere auf dem Mond gibt oder gar auf dem Mars.

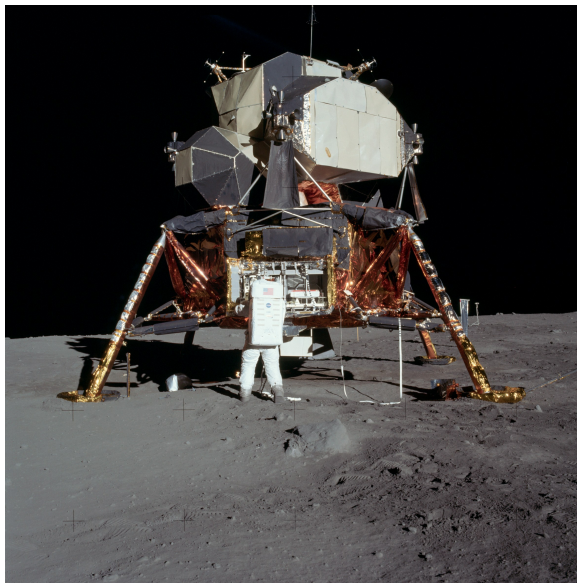


Abb. 4 Der Astronaut Buzz Aldrin auf dem Mond.

Jetzt können wir die anderen Welten erforschen, indem wir dorthin reisen. Insgesamt zwölf Astronauten waren vor 30 Jahren auf dem Mond spazieren. Sie brachten Gestein und Staub zurück auf die Erde. Sonden flogen an den Planeten Venus, Mars und an den äußeren Planeten vorbei. Die Bilder, die sie machten, zeigten uns das meiste, was wir heute über diese Planeten wissen. Roboter landeten auf dem Mars im Jahr 1971, 1976, und 1997. Sie machten tausende Bilder vom Planeten. Zwei Roboter-Sonden, "Spirit" und "Opportunity", arbeiten noch immer auf dem Mars. Sie senden uns Fotos und Videos zurück zur Erde. Außerdem untersuchen sie, woraus die Steine und das Gestein auf dem Mars bestehen.

Bis jetzt haben wir noch kein Leben gefunden, außer auf der Erde. Vielleicht lebten einst kleine einzellige Lebewesen auf dem Mars. Vielleicht gibt es Leben unter dem Eis auf Europa, einem der Monde des Jupiters. Neue Missionen sind geplant, um zu erforschen, ob es auf diesen Welten irgendwo Leben gibt.

3.4 Wie ist es entstanden?

Unser Sonnensystem ist ein Teil der Milchstraßengalaxie. Galaxien sind große Ansammlungen von Staub, Gasen, Sternen und anderen Himmelskörpern. In unserer Milchstraßengalaxie gibt es Wolken von Staub und Gas, in der neue Sterne entstehen. Unser Sonnensystem entstand in einer Wolke. Ein Teil dieser Wolke wurde kleiner und weniger weit verteilt. Es bildete sich eine dicke, sich drehende Scheibe von Gas und kleinen Staubteilchen. Diese Scheibe war in der Mitte am dicksten. Langsam stürzte die Mitte ein, bis daraus eine Sonne wurde. Wir erforschen immer noch, wie sich die Planeten gebildet haben. Die meisten Wissenschaftler glauben, dass sie aus dem übriggebliebenen Gas und Staub entstanden.



Abb. 5 Eine Proto-Planetarische Scheibe
Die Sonne und die Planeten bilden sich aus einer Scheibe aus Schmutz und Gasen.

So könnte es gewesen sein. Der Rest der Scheibe drehte sich weiter um die Sonne. Die kleinen Teilchen stießen miteinander zusammen, und einige blieben haften. So entstanden aus dem Staub nach und nach Körnchen, die ihrerseits Klumpen in Kiesgröße bildeten, dann Kiesel und dann Steine. Die Zusammenstöße der Steine bildeten Felsen, und aus zusammenstoßenden Felsen wurden noch größere Dinge. Diese großen Gebilde fegten die übrigen Reste zusammen und bildeten Planeten, Monde und Asteroiden.

Die Sonne wurde immer heißer, als sie kollabierte. Sie begann zu strahlen. Die Temperatur im Zentrum erreichte eine Temperatur von einer Million Grad. Die Sonne begann damit, eine Menge Licht und Wärme zu erzeugen. Das Licht und die Wärme verdrängten den meisten verbliebenen Staub und das Gas zwischen den inneren Planeten. Das Licht und die Wärme sind das Sonnenlicht, was wir jeden Tag auf der Erde sehen und fühlen können.

3.5 Was passiert mit unserem Sonnensystem?

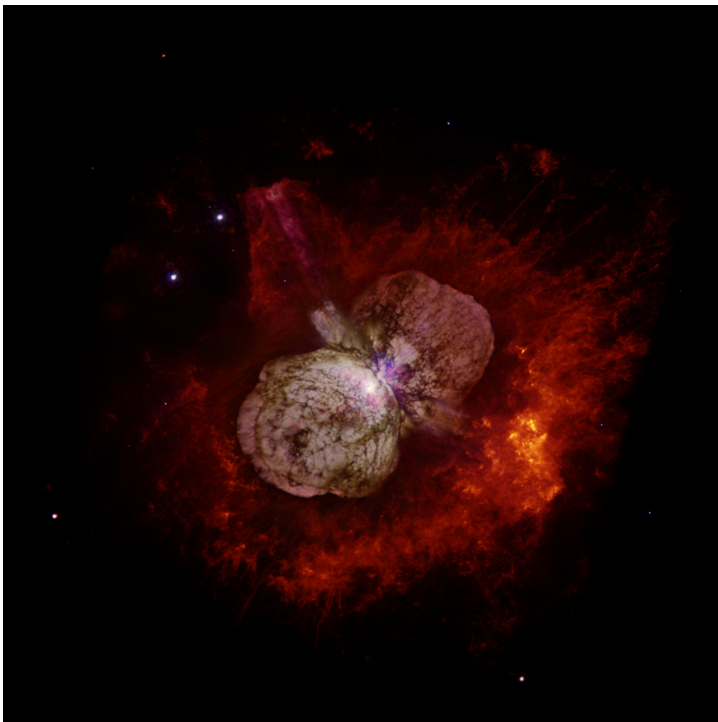


Abb. 6 Der massive schnell alternde Stern Eta Carinae stößt eine riesige Gaswolke aus und bildet einen *planetarischen Nebel*.

In etwa 5 Milliarden Jahren wird die Sonne den meisten Teil ihres Treibstoffs, also den Wasserstoff, verbraucht haben. Damit wird sie in den letzten Zyklus ihres Lebens eintreten. Sie wird kollabieren und anschließend wird sich die äußere Hülle der Sonne aufblähen. Sie wird zu einem *Roten Riesen*.

Sie wird dabei so groß werden, dass einige der Planeten innerhalb der Sonne sein werden. Diese Planeten werden verbrennen. Welche Planeten dadurch zerstört werden, hängt davon ab, wie viel der Sonnenmasse verloren geht. Ein heftiger Sonnenwind wird den größten Teil der äußeren Hülle von

der Sonne wegwehen. Die Sonne wird deshalb viel weniger Masse besitzen. Die Gravitationskraft der Sonne wird kleiner. Und die Planeten werden sich noch weiter von der Sonne weg bewegen.

Nachdem sie ein Roter Riese geworden ist, wird die Sonne damit beginnen, das *Helium* zu verbrennen und dadurch noch kleiner werden. Dann ist sie kein roter Riese mehr. Die Sonne wird ihr Helium in etwa hundert Millionen Jahren verbraucht haben. Dann wird sie noch einmal zu einem roten Riesen und noch mehr Gas wird in den nächsten hunderttausend Jahren weggeweht werden.

Ein *planetarer Nebel* wird sich bilden. Dieser kann ein paar Tausend bis zu ein paar Zehntausend Jahre existieren. Er wird im Licht der Sonne glühen.

Im Zentrum könnte die Sonne zu einem kleinen Stern schrumpfen, der **Weißer Zwerg** genannt wird. Ein solcher Stern ist etwa so groß wie die Erde. Es würden zirka Hundert solcher weißen Zwerge gebraucht, um die Größe der heutigen Sonne einzunehmen. Die Sonne hat nun keinen Treibstoff mehr. Sie hat noch jede Menge Wärme gespeichert und wird langsam kühler und trüber. Dann, in etwa Hundert Milliarden Jahren, geht ihr Licht ganz aus.

3.6 Quellen

Alle Links führen derzeit nur zu englischen Webseiten.

Demnächst gibt es hier auch Links zu deutschsprachigen Seiten.

"About 500 years ago, however, a man we call Copernicus..." <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Ssolsys.htm#q21>

"Then, about 100 years later, a man called Galileo..." <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Ssolsys.htm#galileo>

Was ist das Sonnensystem?

"None of the life on Earth..." http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_11/sun.html

"Mercury has no moons." <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=Moons>

"Jupiter has 63!" <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Jupiter&Display=Moons>

"It is near the edge..." <http://solarsystem.nasa.gov/index.cfm>

"We call this the *zodiacal glow*." <http://www.gsfc.nasa.gov/scienceques2001/20020301.htm>

"The edge where the solar wind meets..." <http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/ap020624.html>

1. "Outside Our Solar System" in <http://vathena.arc.nasa.gov/curric/space/spacover.html>
2. "Gravity is the force responsible for keeping the Earth and other planets in our solar system in orbit around the Sun." from Cosmic Glue, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/ask_astro/answers/970108b.html
3. Definitions of Mass, Gravity, and Weight from <http://ksnn.larc.nasa.gov/webtext.cfm?unit=float>
4. <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Ssolsys.htm#q21>
5. <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Ssolsys.htm#galileo>
6. Calinger, Ronald S. "Huygens, Christiaan." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. [http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar268300.;](http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar268300.) http://www.nasa.gov/worldbook/huygens_worldbook.html
7. <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Uranus>
8. <http://solarsystem.nasa.gov/planetselector.cfm?Object=Asteroids>
9. <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Neptune>
10. [http://www.space.com/scienceastronomy/050729_new_planet.html;](http://www.space.com/scienceastronomy/050729_new_planet.html) [http://science.nasa.gov/headlines/y2005/29jul_planetx.xml;](http://science.nasa.gov/headlines/y2005/29jul_planetx.xml) <http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2005-126>
11. Eclipse2001 museum <http://museumeclipse.org/about/history.html>
12. Varadaraja V Raman: *Glimpses of Ancient Science and Scientists* Xlibris Corporation 2000, ISBN 073881363X, page 339 "The Chaldeans ... were also the first to suspect. ... that the Sun, the moon, the planets and the constellation of stars, all affect human life and destiny. ... These beliefs gradually spread ... to Egypt, China, Greece, India, and Rome, for example ... astrology is still very popular."
13. <http://www-spof.gsfc.nasa.gov/stargaze/Ssolsys.htm#galileo>
14. [http://vesuvius.jsc.nasa.gov/er/seh/mars.html;](http://vesuvius.jsc.nasa.gov/er/seh/mars.html) Sagan, Carl: "Mars and the Mind of Man", Harper and Row 1973 ISBN 0060104430; Verne, Jules: "From the Earth to the Moon" North Books 1995 ISBN 1582871035; From the Earth to the Moon on Project Gutenberg -- [http://www.gutenberg.org/etext/83;](http://www.gutenberg.org/etext/83)
15. <http://www.space.com/reference/mars/history.html>
16. <http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-350/ch-15-4.html> (bottom of page)
17. <http://spaceflight.nasa.gov/history/apollo/index.html>
18. http://www.solarviews.com/eng/sc_hist.htm
19. <http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/>
20. [http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/Why_We_12.html;](http://www.nasa.gov/missions/solarsystem/Why_We_12.html) <http://www.infoplease.com/spot/astronomy1.html>
21. <http://planetquest.jpl.nasa.gov/science/origins.html>
22. http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect19/Sect19_2a.html

23. **Outline of Sun's death** <http://www-astronomy.mps.ohio-state.edu/~pogge/Lectures/vistas97.html>
24. **Which planets may get destroyed** <http://www.public.iastate.edu/~lwillson/FuturSun.pdf>
25. **Planetary nebulae** <http://www.seds.org/messier/planetar.html>
26. **Has information on white dwarf stars** <http://math.ucr.edu/home/baez/RelWWW/tests.html>

4 Die Sonne



Abb. 7

Sonnenfakten

Niemals direkt in die Sonne schauen !

- **Wenn du mit einem Fernglas oder Teleskop in die Sonne schaust, kannst du erblinden.**
- Ebenso bei einer Sonnenfinsternis, immer nur mit speziellen Brillen mit getönten (Plastik-)Gläsern.
- Diese Spezialbrillen dürfen **nie** zusammen mit einem Fernglas oder Teleskop benutzt werden, da sie dann kaputtgehen könnten, und man dann ohne Schutz blind würde.
- Die Sonne ist von uns 150.000.000 km (93.000.000 Meilen) entfernt.
- Das Sonnenlicht braucht 8 Minuten bis zur Erde.
- Jede Sekunde verwandelt die Sonne 4.000.000 Tonnen Gas in Energie.
- Die Sonne ist so breit wie 109 Erdkugeln nebeneinander.
- Die Sonne besteht aus Gas. Du würdest reinfallen.
- Die Sonne ist **heiß** (5.500 °C oder 9,900 °F). Du würdest verbrennen.

4.1 Was ist die Sonne?

Die Sonne ist kein Planet, sondern ein Stern. Ein ungemütlicher Ort, ungeeignet für einen Ausflug. Auf ihrer Oberfläche herrscht eine Temperatur von mehr als 5.000 °C, in Europa war die höchste je gemessene Temperatur (Spanien) bei 50 °C. Aber nicht nur deshalb kann man dort nicht herumlaufen, die Sonne hat ausserdem keine feste Oberfläche; sie besteht aus Gasen. Hauptsächlich Wasserstoff, den sie in Helium umwandelt und dabei eine unvorstellbare Hitze freisetzt.

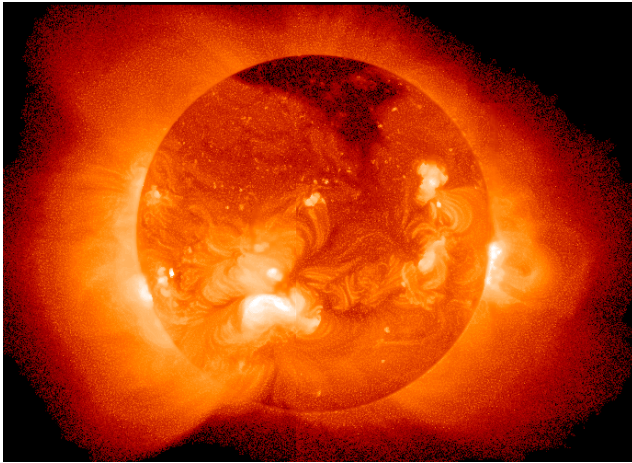


Abb. 8 Die Sonne, beobachtet durch ein Röntgenteleskop.

Auf dem Weg zur Sonne kommen wir an zwei anderen Planeten vorbei. Zunächst die Venus und der Sonne am nächsten der Merkur. Das Wetter auf diesen Planeten lässt sehr zu wünschen übrig: Viel zu heiß tagsüber (425 °C) und zu kalt (-170 °C) nachts, dazu kommen noch Stürme mit 300 km/h .

Von dieser immensen Hitze bekommen wir auf der Erde auch einiges ab. Nur sind wir viel weiter weg; darum wird es hier nicht so heiß. Unser ganzes Leben hängt von der Versorgung mit Licht und Wärme ab. Die Pflanzen, die unseren Sauerstoff produzieren, hätten ohne die Kraft der Sonne keine Chance, genauso wenig wie wir Menschen.

Anm.: Die höchste gemessene Temperatur war in der Stadt Azizia (Libyen) mit 58 Grad! Diese Stadt liegt am Äquatorgürtel auf dem Nullten Breitengrad.

4.1.1 Wie groß ist die Sonne?

Unsere Sonne ist um ein vielfaches größer als die Erde! Ihr Durchmesser beträgt mehr als $1.000.000\text{ km}$ (109 mal der Erddurchmesser) und ihre Masse macht ungefähr 98% des Sonnensystems aus. Auf der Sonnenoberfläche würde man 28 mal so schwer sein wie auf der Erde, weil die höhere Masse auch eine höhere Anziehungskraft erzeugt.

Mehr als $1.000.000$ Erdkugeln passen in die Sonne rein, das möchte man gar nicht glauben, wenn man das Kügelchen am Himmel sieht. Dass sie bei uns so klein wirkt, liegt allerdings nur an der enormen Entfernung. Im Vergleich zu anderen Sternen ist unsere Sonne nur Durchschnitt.

Ein sehr schwacher *Solarwind*, bestehend aus Gasen, bläst von der Sonne in alle Richtungen des Sonnensystems.

4.1.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche der Sonne heißt *Photosphäre*, was "Kugel aus Licht" bedeutet. Diese Lichtkugel besteht aus sehr heißem Gas (rund 5.500 °C), das bei dieser Temperatur ionisiert ist und darum

Plasma genannt wird. Die Gase an der Oberfläche sind weniger dicht als im Inneren, und sie leuchten vom Licht und der Hitze, die sie durchdringen.

4.2 Wie macht die Sonne Licht und Hitze?

Die Sonne ist die Hauptenergiequelle für die Erde. Die Energie wird durch einen Prozess mit dem Namen *Nukleare Fusion* oder "Kernfusion" tief im Inneren der Sonne hergestellt. Vier Wasserstoffatome verschmelzen zu einem Heliumatom. Ein Heliumatom ist leichter als vier Wasserstoffatome. Aus der fehlenden Materie ist Energie geworden. Das ist die gleiche Energie, die in einer Wasserstoffbombe frei wird.

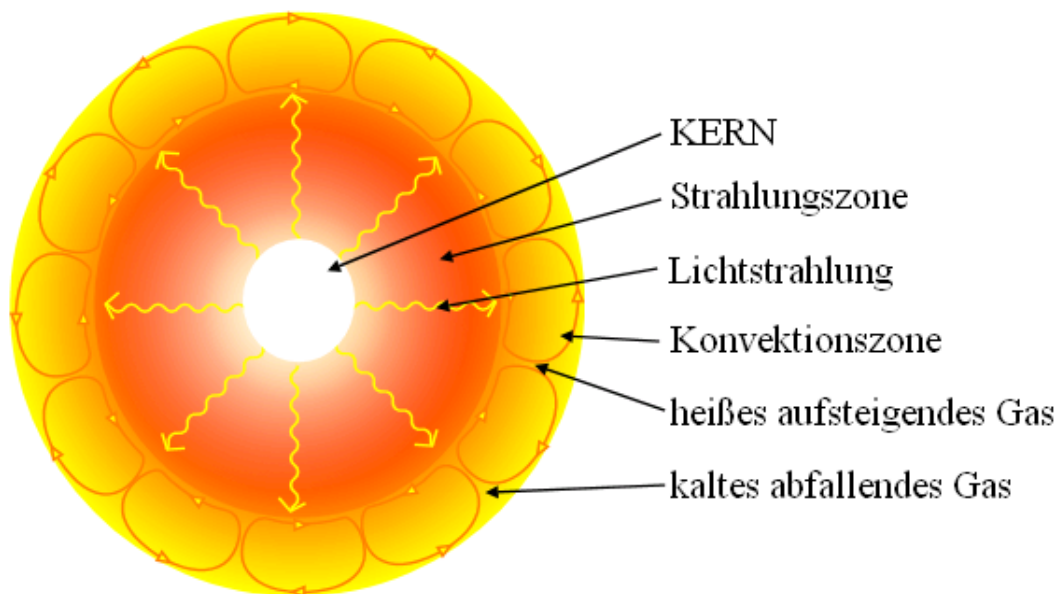


Abb. 9 Wie sieht das Sonneninnere aus? Die Farben zeigen die verschiedenen Regionen.

Element	Atomgewicht
H	1,0079
4 H	4 * 1,0079 = 4,0316
He	4,0026
Differenz	0,0290

Kern: Das Zentrum der Sonne ist sehr dicht, das heißt, es ist sehr schwer. Etwa 12 mal so schwer wie Blei, oder anders ausgedrückt, wäre es aus Blei müsste es 12 mal so groß sein, wie es tatsächlich ist. Außerdem ist die Hitze unvorstellbar groß, ca 15.000.000 °C. Es ist jener Ort an dem die meisten nuklearen Reaktionen statt finden.

Strahlungszone: In dieser Zone kämpfen sich die Hitze, das Licht und die Röntgenstrahlen vom Kern zur Oberfläche. Die Gase aus dieser Zone sind dicht; sie schlucken die Strahlung und geben sie später wieder ab. Hast du jemals versucht im Wasser zu rennen? Das ist das selbe wie für die

Lichtwellen in dieser Region der Sonne. Es kann für einen einzigen Lichtstrahl Jahrtausende dauern um diese Zone zu durchqueren.

Konvektionszone: Hast du schon einmal die flimmernde, heiße Luft über Feuer beobachtet? Bestimmt, es ist, weil die Hitze die Luft in Bewegung versetzt. Heiße Gase werden leichter und steigen auf. Kalte Gase werden schwerer und sinken. In dieser Zone sind die Gase weniger dicht. Sie sind etwa gleich wie die Luft auf der Erde. Gase im inneren Teil dieser Zone werden von der Zone darunter aufgeheizt. Sie steigen auf, kühlen ein wenig ab, und sinken wieder. Manchmal stoßen, steigen oder fallen die Gase aufeinander aber meistens bilden sie Kreisläufe wie im Meer und in der Atmosphäre auf der Erde. Diese Kreisläufe werden üblich *Konvektionszellen* genannt.

4.3 Was sind Sonnenflecken?

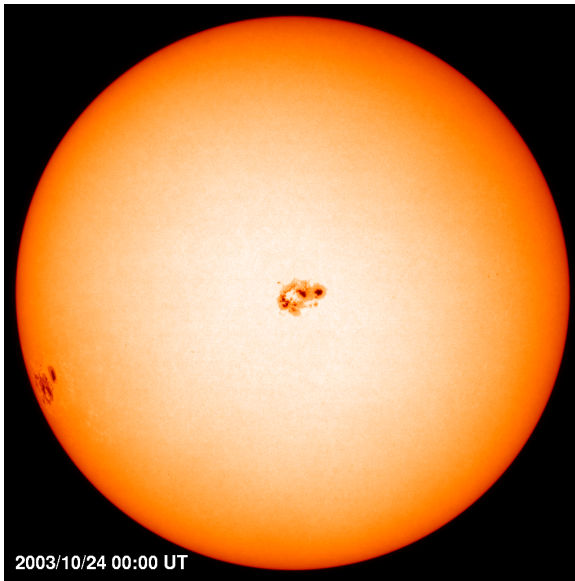


Abb. 10 Die dunklen Flächen sind Sonnenflecken

Sonnenflecken sind dunkle Punkte auf der Sonne. Aber sie sind trotzdem noch sehr hell — heller als ein Blitz. Diese Flecken sind kälter als der Rest, aber dennoch sehr heiß — etwa 2.000 °C (3600 °F). Sonnenflecken entstehen durch Veränderungen des Magnetfeldes der Sonne und bilden normalerweise Gruppen, die sich zusammen mit der Sonne drehen.

Die Anzahl der Sonnenflecken steigt oder fällt alle 11 Jahre.

4.4 Wie ist die Sonnenatmosphäre aufgebaut?

Über der Photosphäre sind alle Sonnengase weniger dicht. Es gibt 2 Schichten, die wir mit speziellen Teleskopen beobachten können. Über diesen strömt das Gas als *Sonnenwind*, der bis zum Ende des Sonnensystems reicht.

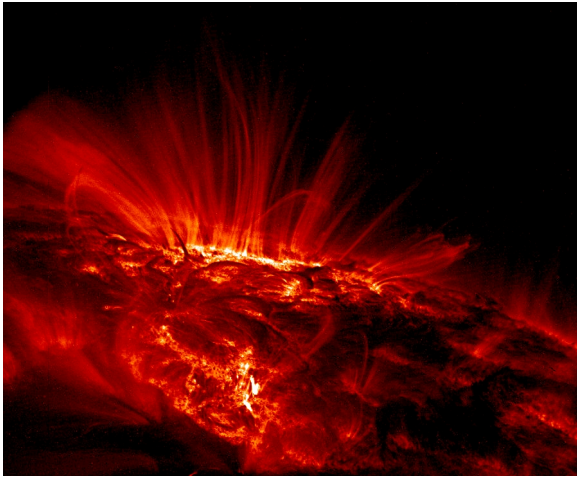


Abb. 11 Die Großaufnahme eines Sonnenflecks mit Protuberanzen

4.4.1 Protuberanzen und Sonneneruptionen

Wenn du ein Teleskop mit speziellen Filtern hast, könntest du Ausbrüche rund um die Sonne sehen. Man nennt sie "Protuberanz". Diese Protuberanzen sehen aus wie Vulkane. Sie sind Hunderte oder Tausende Kilometer lang. Einige davon sind sogar grösser als die Erde. Sie scheinen häufig von den Sonnenflecken auszugehen. Manchmal entfernen sie sich so weit von der Sonne, dass sie wegfliegen. Passiert so etwas, nennt man das Sonneneruptionen.

4.4.2 Chromosphäre

Chromosphäre bedeutet so viel wie "Lichtball". Sie liegt über der Photosphäre und ist weniger hell. Normalerweise kann man sie gar nicht sehen, doch kurz vor einer Sonnenfinsternis ist es möglich, sie mit speziellen Filtern sichtbar zu machen. Sie sieht aus wie ein Blitz, der die Farben des Regenbogens hat.

4.4.3 Korona

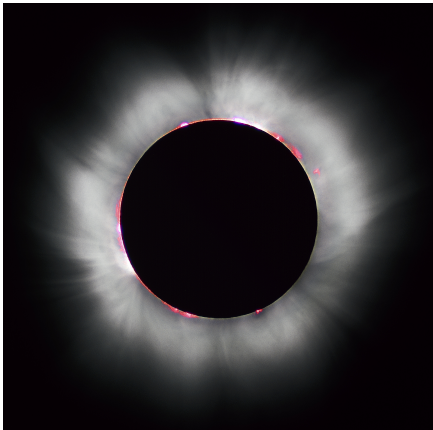


Abb. 12 Die Korona (Lichtkranz) der Sonne, während einer Sonnenfinsternis

Korona bedeutet Krone, und tatsächlich sehen die Bilder der Korona wie eine Krone aus. Die Korona liegt über der Chromosphäre und ist heißer als die Photosphäre; sie glüht. Sie besteht aus dünnem Gas, das von der Sonne weggeblasen wird. Die Korona wandelt und wechselt sich, aber es ist schwer sie zu sehen, selbst mit speziellen Teleskopen.

4.4.4 Sonnenwind

Etwas von dem Gas der Sonne wird an der Oberfläche der Korona herausgeblasen. Eine steife Brise, der Wind, weht mit mehr als 200.000 km/h ins All hinaus. Der Sonnenwind ist stark genug, um Staub und Gas von einem Kometen wegzudrücken und daraus den Schweif zu bilden. Im Jahre 1960 wurde der Satellit "Echo 1" ins Weltall geschossen, er war im Prinzip ein großer Luftballon, den die Sonnenwinde in seine vorbestimmte Bahn gepustet hatten. Mit diesem Wind soll es in Zukunft möglich sein, ganze Raumschiffe zu bewegen. Mit einem Sonnensegel wird der Wind eingefangen und das Raumschiff angetrieben. Das funktioniert etwa so wie ein Piratenschiff aus alten Zeiten.

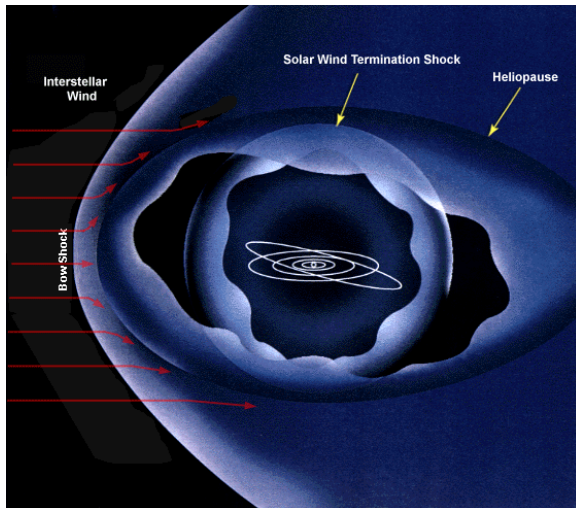


Abb. 13 Heliopause: wo der Sonnenwind auf den Rand des Sonnensystems trifft

4.4.5 Heliopause

Die *Heliopause* ist ein Bereich, in dem der Sonnenwind auf den Wind anderer Sterne trifft. Hier wird der Sonnenwind plötzlich langsamer. Im Mai 2005 flog das Raumfahrzeug Voyager I durch diese Region und bekam einen ordentlichen Stoß. Voyager I durchfliegt gerade die Heliopause. Weil das alles so weit von der Erde entfernt geschieht, ist es schwierig zu beobachten.

4.5 Was ist Sonnenwetter?

Wusstest du, dass die Sonne Wetter hat? Erdwetter ist das, was in unserer Atmosphäre geschieht. Sonnenwetter ist das, was in der Atmosphäre der Sonne geschieht. Die Atmosphäre der Sonne reicht bis zum Rand des Sonnensystems, also beeinflusst das Sonnenwetter die Erde. Das Sonnenwetter (auch Weltraumwetter) umfasst Sonnenlicht, Sonnenwind, Röntgenstrahlen und andere Strahlung.

Sonneneruptionen schießen eine Menge sehr heißes Gas aus der Sonne. Wenn so ein Ausbruch die Erde trifft, wird er Sonnensturm genannt. Er kann elektrische Ausfälle verursachen oder Funksignale blockieren. Auch Satelliten können beschädigt werden. Die Strahlung eines starken Sonnensturmes könnte Astronauten töten, wenn sie nicht geschützt sind. Die Atmosphäre der Erde ist es, die uns vor diesen Ausbrüchen schützt.

Sonneneruptionen können Lichteffekte verursachen, die man "Aurora" nennt. Sie sehen aus wie schöne Vorhänge aus schimmerndem Licht. Sie werden auch Nordlichter (*Aurora borealis*) genannt, wenn sie in der Nähe des Nordpols erscheinen, und Südlichter (*Aurora australis*), wenn sie nahe beim Südpol auftreten. Das Sonnenwetter beeinflusst auch andere Planeten. Außer auf Merkur und Pluto konnten Auroras auf allen Planeten beobachtet werden.

5 Merkur



Abb. 14

Merkur Fakten

- Der Merkur umrundet die Sonne schneller als jeder andere Planet.
- Merkurs Oberflächentemperatur liegt zwischen -180°C (-300°F) und 430°C (800°F). Auf der Erde war die höchste im Schatten gemessene Temperatur 58°C (136°F).
- Am Nord- und Südpol von Merkur könnte es Eis geben.

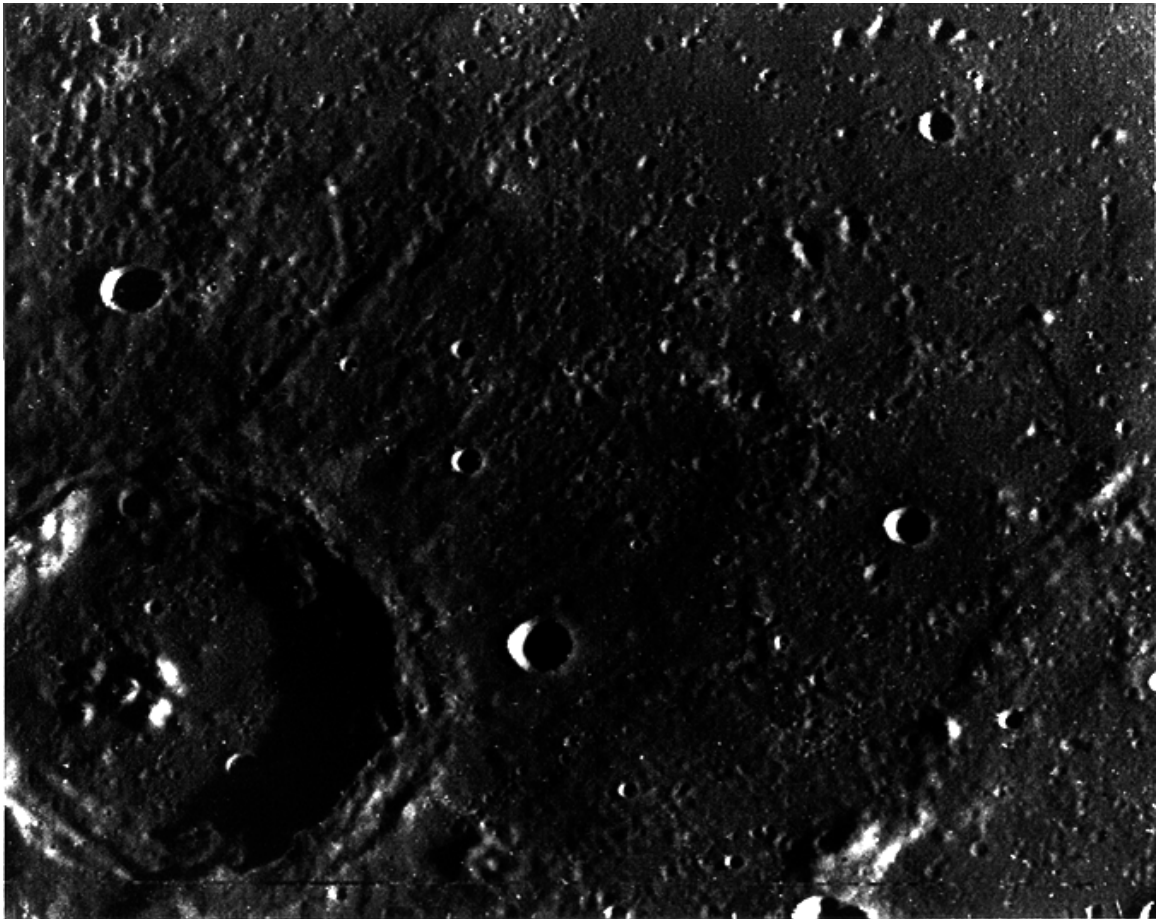


Abb. 15 Ein Blick auf die Oberfläche des Merkurs.

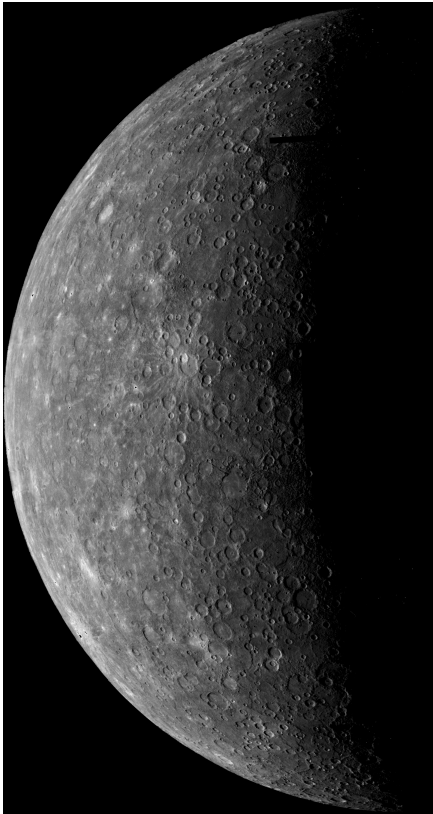


Abb. 16 Der Merkur, wie er von der Sonde Mariner 10 fotografiert wurde.

Merkur ist der Planet, der der Sonne am nächsten ist. Er ist ein *erdähnlicher Planet*. Das bedeutet, dass er aus Gestein besteht.

Nur eine einzige Sonde, Mariner 10, hat den Merkur besucht. Vieles, was wir über diesen Planeten wissen, waren Ergebnisse dieser Mission.

5.1 Wie groß ist der Planet?

Merkur hat einen Durchmesser von 4879 Kilometern. Er ist der kleinste Planet in unserem Sonnensystem und nicht einmal halb so groß wie die Erde. Weil der Merkur so klein ist und sich so nah an der Sonne befindet, ist es schwierig, ihn durch ein Teleskop oder ein Fernglas zu betrachten.



Abb. 17 Vergleich der Größe von Merkur und Erde.

5.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Merkur hat Krater, wie sie auf unserem Mond auch zu sehen sind. Diese Krater haben sogar Namen, der größte von ihnen heißt *Caloris Basin*. Er hat eine Breite von etwa 1300 Kilometern und entstand durch den Einschlag eines Asteroiden.

Die Oberfläche des Merkurs ist wild zerklüftet. Die Klüfte entstanden vor langer Zeit, während der Merkur sich noch abkühlte.

Auf dem Merkur gibt es vielleicht sogar Eis. Wie auf der Erde sind das Gebiete (genannt *Pole*), die nicht so viel Wärme von der Sonne abbekommen. Nicht alles Eis in diesen Gebieten würde schmelzen.

Tagsüber wird es über 400°C heiß und nachts bis -200°C kalt. Die Hitze entsteht, weil der Merkur so nahe an der Sonne ist. In der Nacht jedoch fallen die Temperaturen, weil der Merkur praktisch keine *Atmosphäre* hat, die die Wärme halten könnte.

5.3 Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?

Merkur *rotiert* (dreht sich um sich selbst) sehr viel langsamer als die Erde, ein einzelner Merkurtag dauert so lange wie 58 Tage auf der Erde! Deshalb gibt es genügend Zeit, dass die Temperaturen so stark ansteigen und auch so tief fallen können.

5.4 Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?

Merkur hat das kürzeste Jahr im Sonnensystem. Es ist etwa 88 Erdtage lang. Das bedeutet, dass ein Merkurjahr nur eineinhalb Merkurstage dauert.

5.5 Woraus besteht der Merkur?

So weit wir wissen, besteht der Kern des Merkurs aus Eisen. Verglichen mit seiner Größe besitzt der Merkur mehr Eisen als jeder andere Planet in unserem Sonnensystem. Der Rest des Merkurs besteht aus Gestein.

5.6 Wie stark zieht Merkurs Gravitation an mir?

Wenn du auf dem Merkur stündest, dann würde er dich mit weniger als der Hälfte der Erdanziehung anziehen.

5.7 Nach wem wurde er benannt?



Abb. 18 Eine künstlerische Darstellung des Merkurs

In der römischen Mythologie war der Merkur der Bote der Götter. Er trug einen Hut und Sandalen mit Flügeln daran, mit denen er schnell um die Welt reisen konnte. Der Planet Merkur wurde nach ihm benannt, weil er sich so schnell um die Sonne bewegt, schneller als jeder andere Planet im Sonnensystem. Er bewegt sich fast 48 Kilometer in jeder Sekunde!

5.8 Quellen

Diese Links führen alle zu englischsprachigen Webseiten.

Demnächst gibt es hier auch Links zu Webseiten in deutscher Sprache.

"ein erdähnlicher Planet" <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=OverviewLong> <http://www.nineplanets.org/overview.html>

"Nur eine Sonde, Mariner 10..." <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar356240> http://www.nasa.gov/worldbook/mercury_worldbook.html

"...weniger als der Halbe Erddurchmesser." <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=Facts>

"Nur Pluto ist kleiner." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>

"...ohne Teleskop oder Fernglas." <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar356240> http://www.nasa.gov/worldbook/mercury_worldbook.html <http://www.nineplanets.org/mercury.html>

"...auf Merkur einschlagen." <http://www.solarviews.com/eng/mercury.htm> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=OverviewLong>

"daraus entstanden die Kratzer." <http://www.solarviews.com/eng/mercury.htm>

"...nicht alles Eis würde schmelzen." <http://solarsystem.nasa.gov/index.cfm> <http://www.nineplanets.org/mercury.html>

"tags über wird es sehr heiß..." <http://www.solarviews.com/eng/mercury.htm> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=Facts>

"...dauert 58 Erdtage!" <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar356240> http://www.nasa.gov/worldbook/mercury_worldbook.html <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html>

"...nur 1½ Tage pro Merkurjahr!" <http://www.solarviews.com/eng/mercury.htm> <http://www.nineplanets.org/mercury.html>

"...besteht aus Gestein." <http://www.nineplanets.org/mercury.html> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mercury&Display=OverviewLong>

"...weniger als halb so viel wie auf der Erde." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/mercuryfact.html>

"...Merkur war der Götterbote." <http://www.pantheon.org/articles/m/mercury.html> <http://www.nineplanets.org/mercury.html> <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>

6 Venus



Abb. 19

Venus Fakten

- Venera 7, die erste Raumsonde, die auf der Venus landen sollte, hatte schon nach 23 Minuten wegen der schlechten Bedingungen auf der Venus aufgehört zu senden.
- Alle Oberflächenmerkmale auf der Venus wurden nach Frauen benannt.
- Ein einzelner Tag ist fast genauso lang wie ein ganzes Erdjahr.

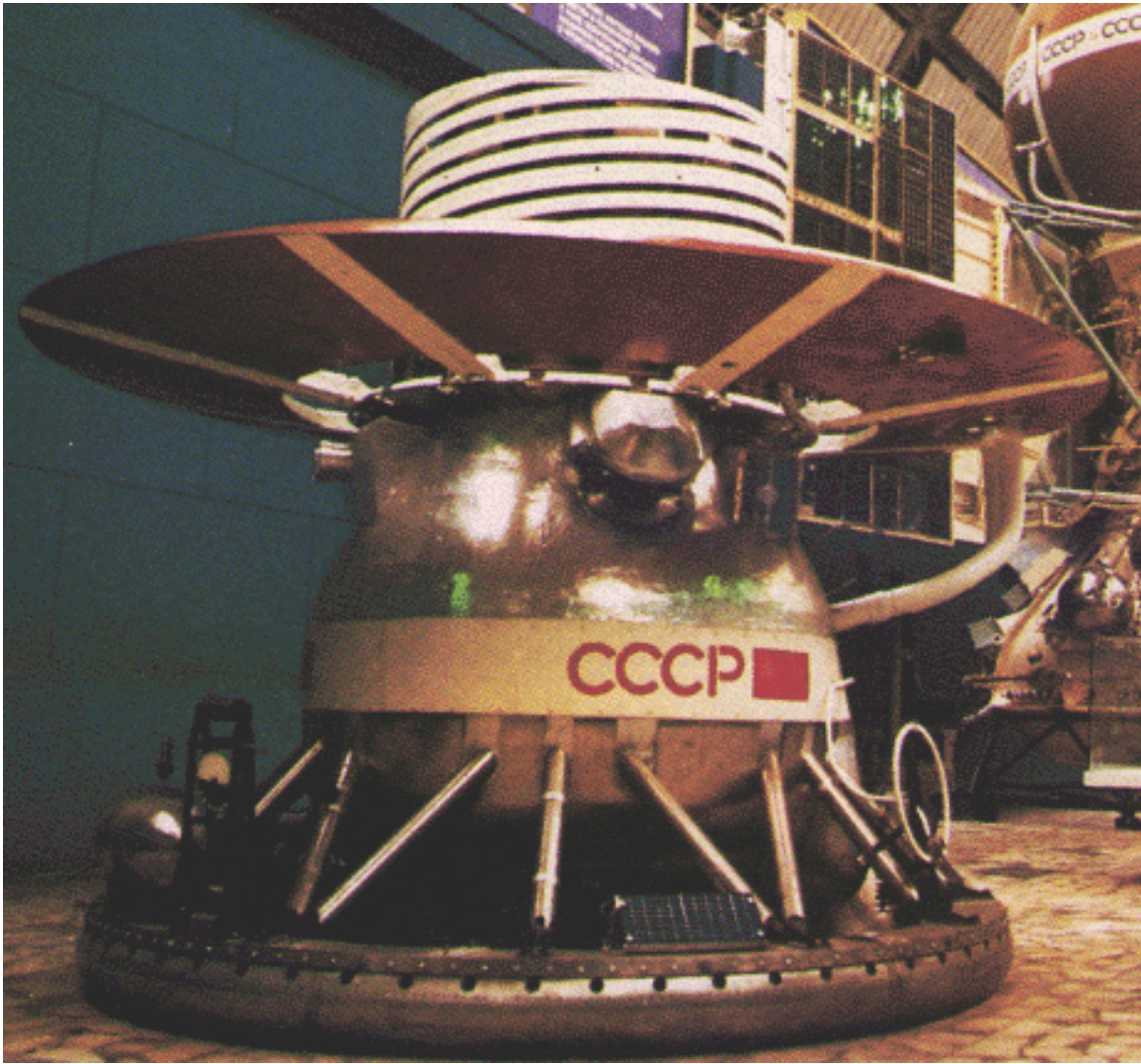


Abb. 20 Das Venera 13 Landemodul, welches wissenschaftliche Messungen vornahm und Bilder der Oberfläche zurücksendete.

Die Venus ist der Sonne zweitnächster Planet. Sie ist ein *erdähnlicher Planet*. Das bedeutet, dass wir glauben, dass die Venus auf die selbe Art wie unser Planet, die Erde, entstanden ist.

6.1 Wie groß ist der Planet?

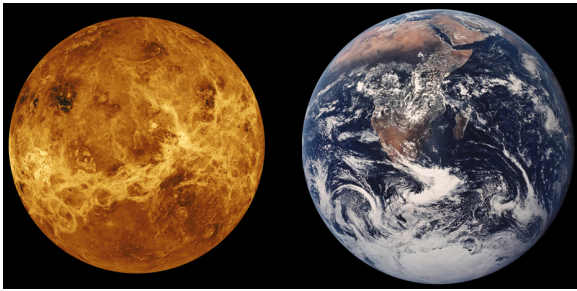


Abb. 21 Ein Vergleich der Erde mit der Venus

Die Venus hat ungefähr die gleiche Größe wie die Erde. Das ist einer der Gründe, warum die Venus manchmal als "Zwilling der Erde" bezeichnet wird. Die Venus hat einen *Durchmesser* von etwa 12.100 Kilometer.

6.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche der Venus ist ganz anders als die der Erde. Sie ist extrem trocken und heiß genug, um Blei zu schmelzen. Der Gasdruck auf der Oberfläche ist sehr hoch. Etwa so wie auf der Erde in einer Wassertiefe von einem Kilometer.

Auf der Venus gibt es Kanäle, die wie Flüsse aussehen. Wissenschaftler denken, dass diese Kanäle durch Lava erzeugt wurden. Die Lava strömte und erkaltete, wobei sie diese Kanäle bildete.

Ein Oberflächenmerkmal der Venus sind die ungewöhnlichen Vulkane, die *Arachnoiden* (spinnenartig) genannt werden. Diese Vulkane sind anders entstanden als andere Vulkane unseres Sonnensystems. Wir wissen aber nicht genau, wie diese entstanden sind. Die Venus hat auch Vulkanarten, wie sie auch auf der Erde vorkommen.

Teile der Oberfläche der Venus sehen aus wie Kontinente. Die größte dieser Flächen wird *Ishtar Terra* genannt. Tiefe Becken wie die unter den Erdozeanen wurden ebenfalls entdeckt. Allerdings enthalten sie auf der Venus kein Wasser. Merkmale wie Bergketten und Meteoritenkrater wurden auch auf der Venus gefunden. Einer der höchsten Berge auf der Venus, der *Maxwell Montes*, ist etwa 11 Kilometer höher als der Mount Everest, der höchste Berg auf der Erde.

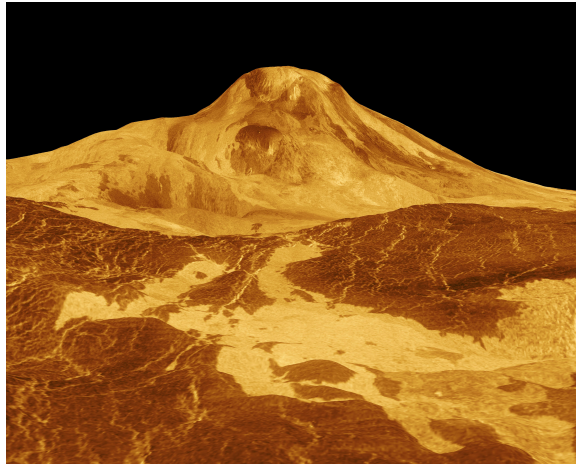


Abb. 22 Maat Mons auf der Oberfläche der Venus, (Radarbild)

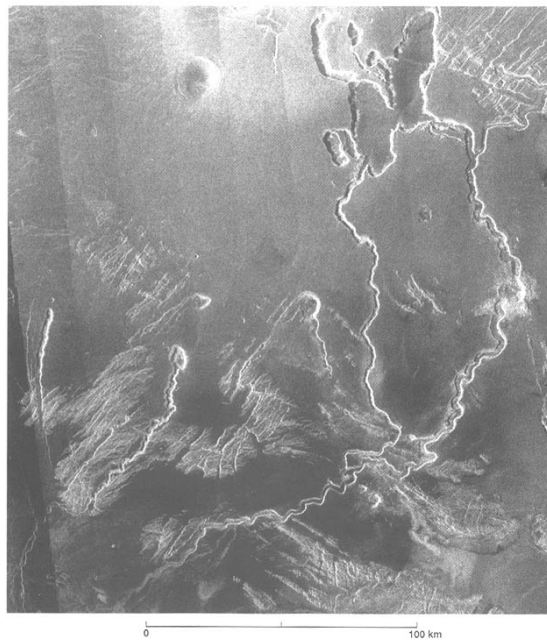


Abb. 23 Kanäle auf der Oberfläche der Venus, sie sehen aus wie die Flüsse auf der Erde

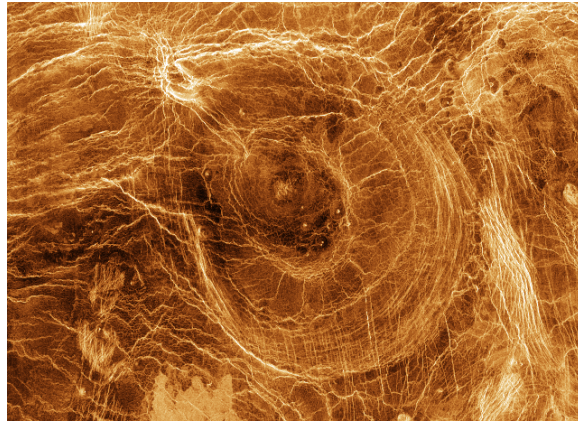


Abb. 24 Ein spinnenartiger Vulkan auf der Oberfläche der Venus

6.3 Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?

Die Venus *rotiert* (dreht sich) noch langsamer als der Merkur. Ein Tag auf der Venus dauert etwa 243 Erdtage lang. Außerdem rotiert die Venus in die entgegengesetzte Richtung verglichen mit den meisten anderen Planeten im Sonnensystem. Ausser der Venus tut dieses noch der Uranus.

6.4 Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?

Ein Jahr auf der Venus dauert 225 Erdtage. Somit dauert ein einzelner Venustag länger als ein ganzes Venusjahr.

6.5 Woraus besteht er?

Wie auch der **Merkur** und die **Erde** besteht die Venus aus einem **Eisenkern**, der von Gestein umgeben ist.

6.6 Wie schwer würde die Gravitation der Venus mich machen?

Wenn Du auf der Venus wärst, dann würdest Du fast genausoviel wiegen wie auf der Erde.

6.7 Nach wem wurde die Venus benannt?

Venus ist nach der römischen Göttin der Liebe benannt. Manchmal kannst Du sie kurz vor dem Sonnenaufgang oder kurz nach dem Sonnenuntergang mit bloßem Auge sehen, weil Sie so hell angestrahlt wird. Einige Völker, wie die Azteken oder die Griechen, gaben der Venus zwei Namen - einen für den Morgen und einen für den Abend.

Weil Venus und Erde fast gleich groß sind, nennen manche Wissenschaftler die Venus den "Schwester-Planeten der Erde". Lange Zeit dachten die meisten Wissenschaftler, dass auf der Venus Pflanzen, Tiere und vielleicht sogar Menschen leben würden. Heute wissen wir, dass es auf der Venus viel zu heiß ist und dass dort deswegen kein Leben existieren kann.

6.8 Quellen

Diese Links verzweigen zu englischsprachigen Webseiten.

Demnächst wird es aber auch Links zu deutschsprachigen Quellen geben.

"...mit der Erde." <http://www.nineplanets.org/overview.html> <http://www.nineplanets.org/venus.html>

"Der Durchmesser..." <http://www.nineplanets.org/venus.html> <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html>

"Die Oberfläche der Venus..." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html> <http://www.solarviews.com/eng/venus.htm>
<http://www.nineplanets.org/venus.html> <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar582880> http://www.nasa.gov/worldbook/venus_worldbook.html

"...erzeugt Kanäle" <http://www.solarviews.com/eng/venvolc.htm> http://volcano.und.edu/vwdocs/planet_volcano/venus/lava_flow_features.html
<http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Venus&Display=OverviewLong>

"Eine einzigartige Eigenschaft der Venus..." <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap980120.html> <http://www.solarviews.com/cap/venus/arach1.htm>
<http://www.nineplanets.org/venus.html>

"...heißt Ishtar Terra." <http://www.nineplanets.org/venus.html> <http://www.adlerplanetarium.org/learn/planets/venus/ishtar.ssi>

"Tiefe Becken wie auf..." <http://www.nineplanets.org/venus.html> <http://www2.worldbook.com/features/venus/html/pioneer.html>

"Merkmale wie Bergkette..." <http://www.solarviews.com/eng/venus.htm>
<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar582880> http://www.nasa.gov/worldbook/venus_worldbook.html

"Einer der höchsten Berge..." <http://www.nineplanets.org/venus.html>
<http://www.mnteverest.net/history.html> <http://www.adlerplanetarium.org/learn/planets/venus/maxwell.ssi>

"Ein Venustag..." <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Venus&Display=OverviewLong> <http://www.solarviews.com/eng/venus.htm>

"Ein Venusjahr..." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html>

"...Venus besteht aus..." <http://www.nineplanets.org/venus.html>

"...dein Gewicht..." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/venusfact.html>

"Venus wurde benannt..." <http://www.nineplanets.org/venus.html>

"Einige Völker wie die Azteken..." http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/mythology/tlahuizcal_venus.html&edu=high <http://www.pantheon.org/articles/x/xolotl.html>

7 Erde



Abb. 25

Erdfakten

- Die Erde ist der einzige Planet, von dem wir wissen, dass Leben auf ihm existiert.



Abb. 26 Die Erde, wie man sie aus dem Weltraum sieht.

Die Erde ist der Planet, auf dem wir leben. Er ist der einzige Planet im Sonnensystem, der flüssiges Wasser auf der Oberfläche besitzt. Und es ist der einzige Planet von dem wir wissen, dass es **Leben** auf ihm gibt.

7.1 Wie groß ist die Erde?

Die Erde hat einen Durchmesser von fast 13.000 Kilometern. Unter den erdähnlichen Planeten in unserem Sonnensystem ist die Erde der größte.

Die Erde hat eine Masse von 5.973.700.000.000.000.000.000 Kilogramm (kg). Das sind fast 6 Quadrillionen kg. Das ist eine ganze Menge. Aber es ist wenig, verglichen mit dem Jupiter, der so viel wiegt wie 319 Erden, und verglichen mit der Sonne (335.789 Erdmassen) oder anderen Sternen ist es extrem wenig.

7.2 Wie sieht die Oberfläche aus?



Abb. 27 Strand von Anawhata, Auckland-West, New Zealand



Abb. 28 Zabriskie Point, Death Valley National Park, California

Die Oberfläche der Erde besteht aus Gestein. Viel vom Gestein befindet sich unterhalb der Wasseroberfläche, aber nicht alles. Inseln ragen aus den Meeren hervor. Die größten Inseln werden *Kontinente* genannt. Davon haben wir insgesamt sieben. Nordamerika¹, Südamerika², Europa³, Asien⁴, Afrika⁵, Australien⁶, and Antarktis⁷. Die größten Wasserflächen werden *Ozeane* genannt. Es

1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Nordamerika>
2 <http://de.wikipedia.org/wiki/S%FCdamerika>
3 <http://de.wikipedia.org/wiki/Europa>
4 <http://de.wikipedia.org/wiki/Asien>
5 <http://de.wikipedia.org/wiki/Afrika>
6 <http://de.wikipedia.org/wiki/Australien>
7 <http://de.wikipedia.org/wiki/Antarktis>

gibt 4 Stück: den Pazifik⁸, den Atlantik⁹, den Indischen¹⁰ und den Arktischen Ozean¹¹. Einige sehen das Südpolarmeer¹² als einen fünften Ozean an.

Die Erdoberfläche ist aus gewaltigen *Platten* zusammengesetzt. Sie sind wie große steinerne Puzzle-Steine. Diese Platten bewegen sich sehr, sehr langsam und nehmen die Kontinente dabei mit. Die Platten können aneinander reiben, aufeinander stoßen oder sich voneinander fortbewegen. Entstehen Lücken zwischen ihnen, kann heiße geschmolzene Lava aufsteigen und *Vulkane* bilden. Wo die Platten aneinander stoßen oder sich reiben, finden *Erdbeben* statt. Wenn zwei Platten beim Zusammenstoß das Gestein aufwärts schieben, entstehen *Gebirge*.

Die Erde hat viele verschiedene *Lebensräume*. Es ist kalt und eisig in Gegenden wie der Antarktis. Es ist heiß und trocken in Wüsten wie in der Sahara in Afrika und im Death Valley in den Vereinigten Staaten. Es ist kalt und trocken in Tundren wie in Russland. Wo es warm und feucht ist, wachsen Regenwälder.

7.3 Warum gibt es Leben auf der Erde?

Überall wohin wir auf dieser Erde sehen, finden wir Leben. Es kann sein, dass es sehr klein ist, so wie *Bakterien*, aber es ist da. Wir haben Bakterien in Gegenden gefunden, die sehr kalt, sehr heiß, sehr tief, sehr hoch oder sehr dunkel sind.

8 <http://de.wikipedia.org/wiki/Pazifischer%20Ozean>

9 <http://de.wikipedia.org/wiki/Atlantischer%20Ozean>

10 <http://de.wikipedia.org/wiki/Indischer%20Ozean>

11 <http://de.wikipedia.org/wiki/Arktischer%20Ozean>

12 <http://de.wikipedia.org/wiki/s%FCdlicher%20Ozean>



Abb. 29 Sonde Galileo entfaltet sich nach ihrem Start durch das Space Shuttle *Atlantis*

Es scheint so, dass alle Lebensformen auf der Erde flüssiges *Wasser* benötigen. Wo immer du etwas Wasser finden kannst, gibt es fast immer Leben, selbst wenn du es nicht sehen kannst. Wissenschaftler vermuten, dass wir im Sonnensystem Leben finden können, wo wir flüssiges Wasser finden. Und selbst wenn wir es dort nicht finden, dann können wir im restlichen Universum suchen!

Es gibt aber auch eine weitere Möglichkeit. Alle Lebensformen, die wir kennen, benötigen Wasser. Aber vielleicht gibt es irgendwo Lebensformen, die kein Wasser brauchen. Vielleicht müssen wir lernen, sie zu erkennen.

7.4 Was ist mit dem Erdmond?

Die Erde hat einen Mond, den wir den Mond¹³ nennen! Manchmal wird er Luna genannt, damit wir ihn nicht mit den *Monden* der anderen Planeten verwechseln. Der Mond wird manchmal auch Selene genannt.

7.5 Wie lang dauert ein Tag auf diesem Planeten?

Ein Tag auf der Erde dauert 23 Stunden und 59 Minuten. So lange dauern Tag *und* Nacht. Das ist die Zeit, die die Erde braucht, um sich einmal um ihre Achse zu drehen. Die eine fehlende Minute pro Tag ergibt einen viertel Tag Abweichung pro Jahr.

7.6 Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?

Ein Jahr auf der Erde dauert 365 Tage und ein viertel Tag. Das ist die Zeit, die der Planet braucht, um einmal die Sonne zu umrunden.

7.7 Woraus besteht die Erde?

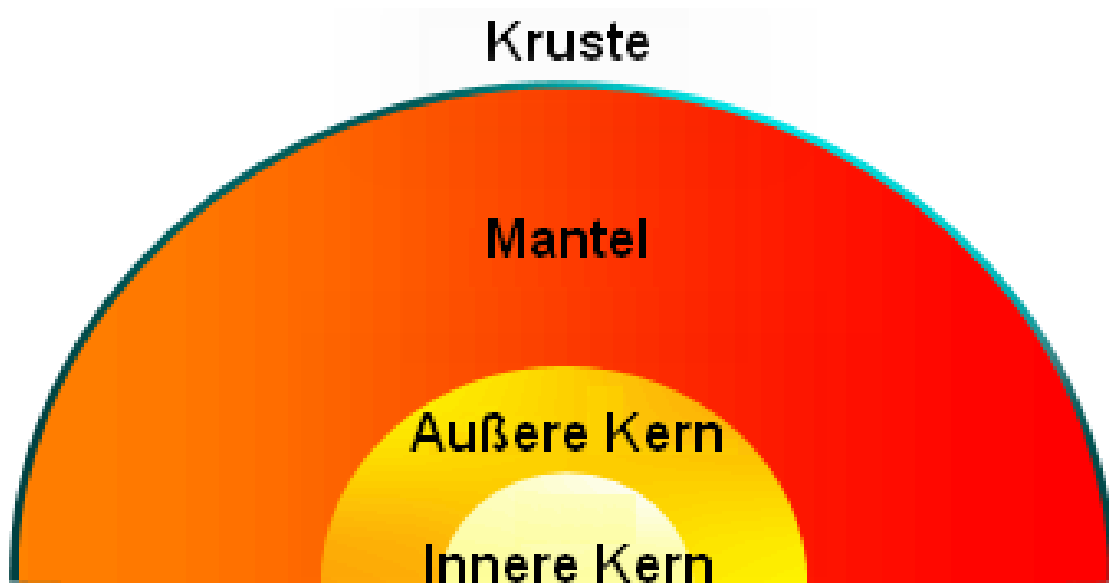


Abb. 30 Querschnitt durch die Erdschichten

Besteht ein Planet aus Gestein, wird seine Oberfläche die *Kruste* genannt. Unter der Erdkruste befindet sich heißes geschmolzenes Gestein. Es befindet sich in einer *Mantel* genannten Schicht. Das heiße geschmolzene Gestein ist das, was aus den Vulkanen kommt, es wird dann *Lava* genannt.

13 Kapitel 8 auf Seite 53

Unterhalb des Erdmantels befindet sich der *Kern* der Erde (Erdkern). Wir denken, dass er aus festem Eisen und Nickel besteht, der von flüssigem geschmolzenem Eisen umgeben ist. Die Temperatur hier ist sehr sehr hoch!

Die Erdkruste ist sehr dünn verglichen mit dem Erdmantel und dem Erdkern. Aber in unseren Maßstäben ist das sehr dick. Niemand hat es bislang geschafft, ein Loch durch die Erdkruste zu bohren.

7.8 Wie schwer macht mich die Erdgravitation?

Es ist leicht, mit einer Waage dein Erdgewicht zu bestimmen. Du hast ein Gewicht, weil die **Erdgravitation** dich in Richtung Erdmittelpunkt zieht. Weil dich der Boden davor bewahrt, bis zum Erdmittelpunkt zu fallen, hast du das Gefühl, am Boden fest zu haften.

Es gibt verschiedene Waagen-Arten:

1. Vergleich von zwei Massen (Gewichten). Du legst das Wiegegut in die eine Waagschale (zum Beispiel ein paar Murmeln) und in die andere Schale legst du einige "Gewichte", bis der Zeiger das Gleichgewicht der Waage anzeigt. Dann zählst du die Gewichte der zweiten Schale zusammen. Die Summe entspricht der Masse des gewogenen Guts (deine Murmeln).
2. Eine Federwaage hat meistens einen Haken mit einer Schale. Du legst das Wiegegut in die Schale, die Feder wird gezogen und je größer das Gewicht ist, desto weiter dehnt sich die Feder aus. Die Länge dieser Ausdehnung ist in Kilogramm oder Pfund geeicht und wird meistens auf einer runden oder länglichen Skala angezeigt.
3. Es gibt auch elektronische Waagen, an denen das richtige Gewicht abgelesen werden kann; sie werden zum Beispiel von Lebensmittelgeschäften genutzt.

Anmerkung: Je nach Lage des Ortes, an dem du etwas wiegen willst, ist die Gravitation geringfügig unterschiedlich, so dass Federwaagen und einige elektronische Waagen theoretisch unterschiedliche Gewichte an verschiedenen Orten anzeigen, doch sind diese Unterschiede in der Praxis zu gering, um bemerkt zu werden. Da aber eine Balkenwaage nach einem anderen Prinzip funktioniert, zeigt sie überall die korrekte, wahre Masse an. Sie würde sogar auf dem Mond, der eine andere Schwerkraft hat als die Erde, korrekt die Masse anzeigen.



Abb. 31

Wußtest Du eigentlich, dass *Sir Isaac Newton* der erste Mensch war, der erkannte, dass die Kraft, die dich auf den Boden zieht, die selbe ist, die die Planeten auf ihren Bahnen um die Sonne hält? Die Legende besagt, dass er das bemerkte, als er einen Apfel vom Baum fallen sah.

Gravitation ist eine sehr wichtige Kraft. Sie hält dich ebenso sicher auf der Erde fest wie sie den Mond um die Erde kreisen lässt. Die Erde dreht sich um die Sonne, und die Sonne kreist um das Zentrum der **Galaxis** Milchstraße. Gravitation sorgt dafür, dass die Sonne und die Planeten eine Kugelform haben. Ohne Gravitation gäbe es sogar Sonne, Mond und Erde gar nicht, weil das Material, aus dem sie bestehen, einfach auf und davon geflogen wäre.

7.9 Nach wem wurde sie benannt?



Abb. 32 Die Erde, wie sie von der Mondoberfläche aus zu sehen ist.

Das Wort Erde wird sowohl für den Planeten Erde verwendet als auch für den Erdboden. Andere Namen wurden für die Erde benutzt, wie Gaia oder Tellus. Gaia ist die griechische Gottheit (ein Synonym für die Erde). Tellus ist der römische Name der gleichen Gottheit.

7.10 Quellen

Diese Links führen zu englischsprachigen Webseiten.

Demnächst gibt es hier aber auch Verweise auf deutschsprachige Quellen.

"Er ist der einzige Planet..." <http://www.nineplanets.org/earth.html>
http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/Interior_Structure/overview.html&edu=high

"Die Erde ist fast.." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>
<http://www.planetary.org/learn/primer/>

"Die Erde wiegt..." [http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?
Object=Earth&Display=Facts](http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Earth&Display=Facts)

"Die Erdoberfläche besteht aus..." <http://www.nineplanets.org/earth.html>
[http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/interior/e_global_
geography.html](http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/interior/e_global_geography.html)

8 Mond



Abb. 33

Mondfakten

- Wenn wir von der Erde zum Mond schauen, sehen wir stets die gleiche Seite. Bis im Jahre 1959 die ersten Fotos von Luna 3¹ gesendet wurden, kannte niemand die Rückseite des Mondes.

- Der Mond ist etwa doppelt so groß wie der Zwergplanet Pluto².
- Der *Mann im Mond* wurde nicht schon immer als Mann interpretiert. Die Menschen aus Indien sehen eine alte Frau mit einem Spinnrad darin. Die Menschen aus Mexiko sehen einen Hasen!
- Im Vergleich zur Erde ist der Mond nicht sehr klein. Manchmal werden Erde und Mond auch als *Doppelsystem* oder *binäres system* bezeichnet.

Der Mond ist der einzige **Trabant** der Erde. Ein Trabant ist eine andere Bezeichnung für einen Mond eines Planeten. Meistens sagen oder schreiben wir *der Mond*, wenn der Erdmond gemeint ist, und *ein Mond*, wenn damit ein Trabant eines anderen Planeten gemeint ist.

Von der Erde aus betrachtet ist der Mond gleich nach der Sonne das hellste und größte Objekt des Sonnensystems.



Abb. 34 Der Mond ist im Weltraum unser nächster Nachbar.

8.1 Wie groß ist der Mond?

Die meisten Planeten des Sonnensystems sind viel größer als ihre Monde. Der Mond hat einen Durchmesser von knapp 3500 km. Damit ist der Mond im Vergleich zur Erde nicht sehr klein. Deshalb werden Erde und Mond gelegentlich auch *Doppelsystem* oder *binäres System* genannt.



Abb. 35 Größenvergleich zwischen Erde und Mond

8.2 Wie ist die Oberfläche des Mondes beschaffen?



Abb. 36 Astronaut Harrison Schmitt sammelt Gestein auf dem Mond während der Apollo 17 Mission.

Der Mond hat überhaupt keine Atmosphäre. Es gibt auch kein flüssiges Wasser auf seiner Oberfläche. Tagsüber wird er sehr heiß, aber Nachts ist es eiskalt. Ein Mondbesucher braucht deshalb einen Raumanzug und einen Atemluftvorrat.

Der Mond hat viele *Krater* auf seiner Oberfläche. Der größte hat einen Durchmesser von 2500 km und wird *Südpol-Aitken-Becken* genannt. Damit ist er zweifach so groß wie die Europäische Union! Es ist der größte bekannte Krater im Sonnensystem.

Wir glauben, dass fast alle Krater auf Monden und Planeten durch große Felsen verursacht wurden, die vor langer Zeit in sie einschlugen. Sie werden auch *Impaktkrater* genannt.

Einige Mondkrater sehen aus, als ob von ihnen Strahlen ausgingen. Diese Strahlen sind ausgeworfene Steine, die beim Aufprall über den Mond verteilt wurden. Einige Krater in Polnähe könnten Wasser enthalten.

Es gibt dunklere Gebiete, die *Maria* genannt werden. Das sind große Lavaseen, die vor langer Zeit erstarrt sind. Die meisten Maria gibt es auf der erd zugewandten Seite des Mondes. Die helleren Gebiete sind die Hochebenen des Mondes.

8.3 Wie lange dauert ein Tag auf dem Mond?

Der Mond braucht etwas mehr als 27 Tage, um eine volle *Rotation* um sich selbst zu vollführen.

8.4 Wie lange dauert ein Jahr auf dem Mond?

Der Mond braucht ebenfalls 27 Tage, um einmal die Erde zu umrunden. Das ist der Grund, warum wir immer die gleiche Seite des Mondes sehen, wenn wir von der Erde aus schauen. Wir nennen diese Seite die *erdzugewandte* Seite. Die andere Seite nennen wir die *erdabgewandte* Seite. Im Jahre 1959 sendete uns eine Sonde Bilder der Rückseite des Mondes. Das war das erste Mal, dass jemand sehen konnte, wie sie aussah.

8.5 Woraus besteht der Mond?

Die Mondoberfläche ist voller Steine und Staub. Sie ist ungefähr 70 km dick auf der erdzugewandten und 100 km auf der erdabgewandten Seite. Sie ist dünner unter den Maria und dicker unter den Hochebenen. Vielleicht gibt es mehr Maria auf der erdzugewandten Seite, weil es der Lava dort leichter gelang, in Krater zu fließen.

Es wird angenommen, dass der Mond einen kleinen *Kern* (Zentrum) von 300 km Durchmesser hat.

8.6 Wie schwer würde die Mondgravitation mich machen?

Wärest du auf dem Mond, so hättest du dort weniger als ein Viertel deines Erdgewichts. (Aus diesem Grund war es recht leicht für die Astronauten auf dem Mond, dort Steine einzusammeln.)

8.7 Nach wem wurde er benannt?



Abb. 37 Diana, die Göttin des Mondes in der römischen Mythologie

Die Namen "Mond" und "Monat" stammen beide vom altgriechischen Namen für den Mond, "Mene". Es gab auch andere Namen für den Mond wie "Selene" und "Luna". Selene war die griechische Göttin des Mondes. Luna war die römische Göttin des Mondes. Die Römer hatten aber auch ihre Göttin Diana mit dem Mond verbunden.

8.8 Warum zeigt uns der Mond immer dieselbe Seite ?

Wissenschaftler glauben, dass sich der Mond vor sehr langer Zeit schneller gedreht hat als heute. Hätte es damals schon jemanden gegeben, der den Mond von der Erde aus beobachtet, so würde er einen sich drehenden Mond sehen können, bei dem nach und nach jede Seite und jeder Krater zur Erde zeigt.

Durch die **Gezeitenwirkung**, die durch die Gravitation von beiden Himmelskörper verursacht wird, hat der Mond seine Rotation der Umlaufzeit angepasst.

8.9 Quellen

Diese Links verweisen auf englischsprachige Webseiten.

Bald wird es hier auch Verbindungen zu deutschsprachigen Webseiten geben.

"Der Mond ist knapp..." <http://www.nineplanets.org/luna.html> <http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>

"Erde und Mond zusammen..." http://www.esa.int/SPECIALS/SMART-1/SEMO1VMKPZD_0.html http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/moons_and_rings.html&edu=high

"Der Mond hat überhaupt keine Atmosphäre." <http://www.nineplanets.org/luna.html> <http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>

"Während des Mondtages wird es..." <http://www.solarviews.com/eng/moon.htm> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon&Display=Facts>

"Der größte wird genannt..." <http://www.nineplanets.org/luna.html> http://www.guinnessworldrecords.com/content_pages/record.asp?recordid=45870&Reg=1

"Diese Strahlen sind Steine..." http://www.space.com/spacewatch/moon_guide-2.html

"Einige Krater an den Polgebieten..." <http://www.nineplanets.org/luna.html>
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice_moon.html

"Die dunkleren Gebiete..." <http://www.nineplanets.org/luna.html> <http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>

"Die helleren Gebiete..." http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/kids_space/moon_awaits_2.html

"Der Mond hat über 27..." <http://www.solarviews.com/eng/moon.htm> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon&Display=Facts>

"Diese Seite wird genannt..." <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar370060> http://www.nasa.gov/worldbook/moon_worldbook.html
<http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>

"Die andere Seite trägt den Namen..." <http://www.nineplanets.org/luna.html> <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Moon&Display=OverviewLong>

"Mondoberfläche..." <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar370060> http://www.nasa.gov/worldbook/moon_worldbook.html <http://www.solarviews.com/cap/moon/moonint.htm> <http://www.nineplanets.org/luna.html>

"...wie schwer würde mich..." <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html> http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/earth/moons_and_rings.html

"Die Namen von "Mond" und..." <http://teacher.scholastic.com/researchtools/articlearchives/space/moon.htm> <http://www.nineplanets.org/luna.html> <http://www.pantheon.org/articles/d/diana.html>

9 Mars



Abb. 38

Marsfakten

- Der Mars ist rot wegen des Rostes im Oberflächengestein.
- Der höchste Berg im Sonnensystem ist ein Marsvulkan mit dem Namen "Olympus Mons".

- Der Mars hat polare Eiskappen wie die Erde¹.
- Der Mars hat uralte, an Flussbetten erinnernde Canyons, von denen Wissenschaftler glauben, dass dort vor Millionen oder Milliarden von Jahren einmal Wasser geflossen sein könnte.

Mars ist der vierte Planet der Sonne.² Er wird als **erdähnlicher Planet** bezeichnet, weil er wie die Erde eine steinige Oberfläche hat.³

9.1 Wie groß ist der Planet?

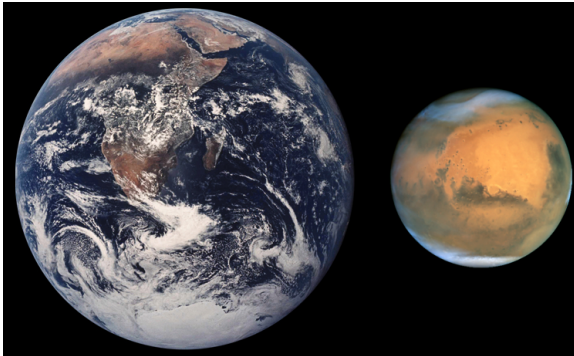


Abb. 39 Größenvergleich zwischen Mars und Erde

Der Mars ist 6.804,9 km breit, sein Durchmesser beträgt 0,533 des Erddurchmessers.⁴ Sein Volumen ist ungefähr 15% vom Erdvolumen.⁵

9.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

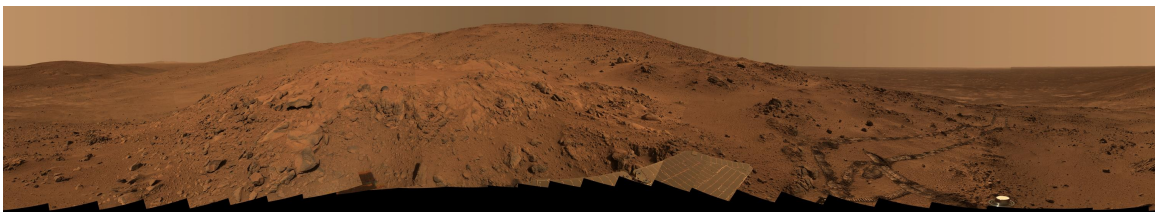


Abb. 40 Panorama vom Mars Rover "Spirit"

2 Steven W. Squyres, *Mars*, World Book Online Reference Center, World Book, Inc., 2004. http://www.nasa.gov/worldbook/mars_worldbook.html <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar346000>

3 "a terrestrial planet" <http://www.solarviews.com/eng/solarsys.htm>

4 "How big is the planet?" <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html> <http://solarsystem.jpl.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mars&Display=Facts>

5 http://www.uni-bonn.de/~uzsrcj/index/Geologie/Arbeiten/Mars/Mars-Referat.htm#_Toc20619311

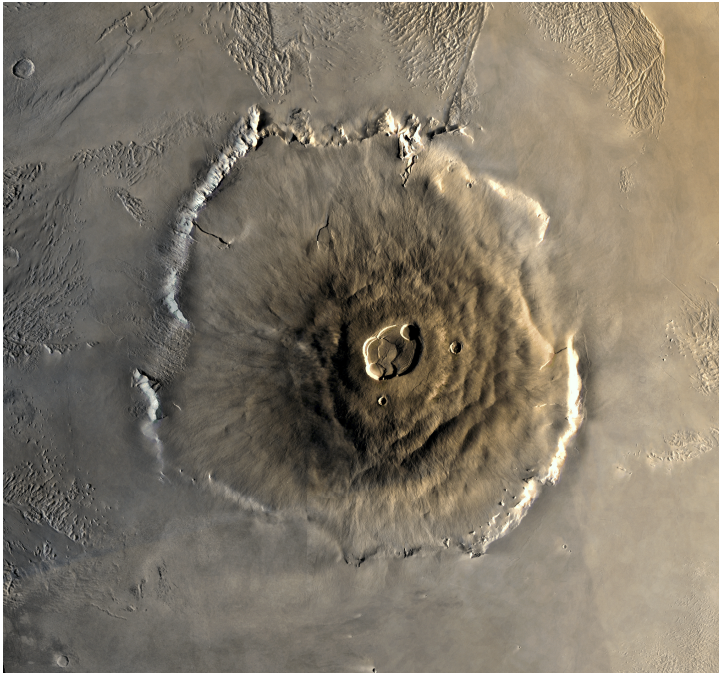


Abb. 41 Der Vulkan Olympus Mons

Die Oberfläche des Mars ist trocken und staubig. Die Hochebenen der südlichen Marshälfte haben mehr Krater als die flacheren Ebenen der Nordhalbkugel. Einer der Krater ist der gewaltige *Hellas Planitia* mit einem Durchmesser von 2.100 km.

Im Gebiet *Tharsis Bulge* liegen vier gewaltige Vulkane. Sie sind seit einer Million Jahren nicht mehr ausgebrochen. Der größte Vulkan ist der *Olympus Mons*. Er ist 27 km hoch, was ihn zum höchsten Berg des Sonnensystems macht, viel höher als der Mount Everest auf der Erde. Olympus Mons hat einen Durchmesser von 540 km, sodass er wegen dieser Größe von der Marsoberfläche aus nicht mehr als Ganzes gesehen werden kann.

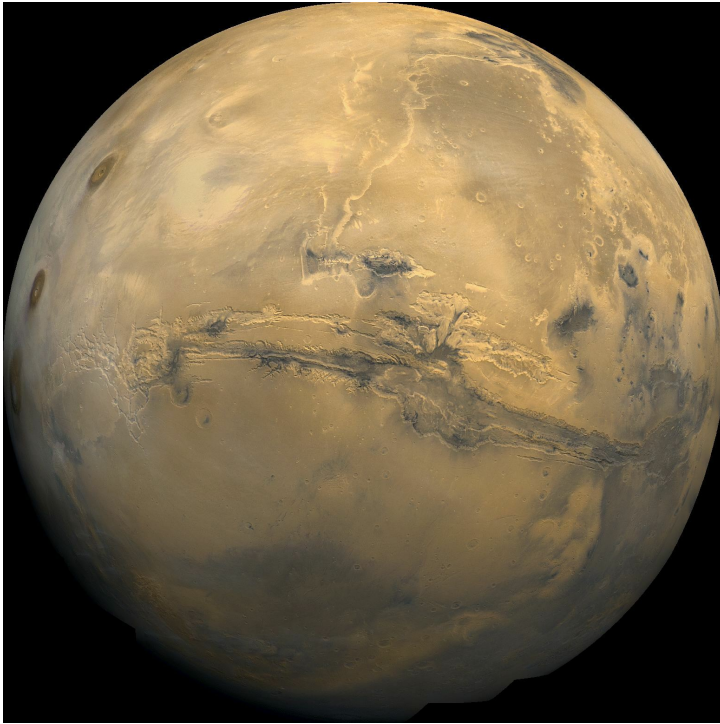


Abb. 42 Canyon *Valles Marineris* auf dem Mars

Auf dem Mars gibt es einen gewaltigen **Canyon**, der als *Valles Marineris* bezeichnet wird. Er ist viel größer als der Grand Canyon auf der Erde. Seine Länge beträgt 4.000 km, er ist fast 7 km tief und bis zu 200 km breit. Es wird angenommen, dass bei der Entstehung der Tharsis Bulge die Oberfläche zerriss und dabei *Valles Marineris* entstand.

Es gibt auch Eiskappen an den beiden Polen. Sie bestehen aus **Kohlenstoffdioxid** und Wasser-Eis. Die nördliche Polkappe ist größer, die südliche ist die kleinere.

An einigen Stellen gibt es **Kanäle**, die so aussehen, als wären sie durch **Wassererosion** entstanden. Vielleicht war Mars einmal ein nasser Planet wie die Erde.

Könntest du ein Raumschiff besteigen und auf dem Mars landen, würde dir auffallen, dass es dort Luft und eine Atmosphäre gibt, wenn sie auch sehr dünn ist. Auf dem Grund des Valles Marineris ist der Luftdruck genau so groß wie auf dem höchsten Berg der Welt, dem Mount Everest. Aber du würdest die Luft trotzdem nicht atmen wollen, denn sie enthält nur sehr wenig Sauerstoff und viel mehr Kohlenstoffdioxid als die Erdatmosphäre. Kohlenstoffdioxid ist das Gas, dass beim Atmen aus deinen Lungen kommt. Trotz dieser Probleme werden eines Tages Menschen zum Mars fliegen und seine Oberfläche betreten.

9.3 Welche Monde hat er?



Abb. 43 Die Monde des Mars

Mars hat zwei Monde, sie heißen Phobos und Deimos. Es wird angenommen, dass diese Monde ursprünglich nicht um den Mars kreisten, sondern Teil des Asteroidengürtels⁶ waren. Als sich diese Stücke des Sonnensystems dem Mars näherten, wurden sie durch seine Schwerkraft eingefangen und wanderten in ziemlich stabile Umlaufbahnen um den Mars. Wie beim Erdmond befinden sich diese Monde mit dem Mars in **gebundener Rotation** und zeigen ihm deshalb während ihrer Umkreisung stets die gleiche Seite.

9.3.1 Phobos

In der römischen Mythologie waren Phobos und Deimos die Söhne des Kriegsgottes Mars. Phobos bedeutet "Furcht" oder "Angst". Phobos umkreist den Mars näher als die Monde aller anderen Planeten des Sonnensystems es tun. In einigen Millionen Jahren wird Phobos wahrscheinlich auf der Oberfläche von Mars einschlagen, der er aufgrund von **Bahnstörungen** immer näher kommt.

6 Kapitel 12 auf Seite 79

9.3.2 Deimos

Deimos bedeutet "Panik" oder "Furcht". Auch Deimos war ein Sohn des Mars. Deimos ist einer der kleinsten Monde des gesamten derzeit bekannten Sonnensystems.

9.4 Wie lange dauert ein Tag dieses Planetens?

Ein Marstag ist nur um ein Vierzigstel geringfügig länger als ein Erdtag.⁷ Das Marsjahr dauert ein Erdjahr und 322 Erdtage.⁸

9.5 Woraus besteht er?

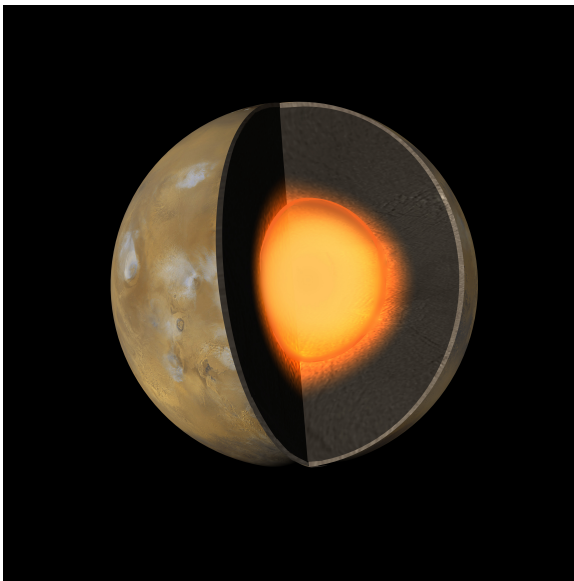


Abb. 44 Aufbau des Mars

Es wird vermutet, dass der Mars einen Kern aus **Eisen** besitzt mit geringen Mengen von **Schwefel** und **Nickel**. **Mantel** und **Kruste** bestehen aus **Silikatgestein**.⁹

9.6 Wie schwer würde die Gravitation des Mars mich machen?

Stündest du auf dem Mars, so wärest du nur zwei Fünftel so schwer wie auf der Erde. Von Gegenständen, die du auf der Erde gerade noch anheben könntest, würdest du auf dem Mars fast die dreifache Menge tragen können. Auch könntest du nahezu dreimal so hoch springen wie auf der

7 "Wie lang dauert ein Tag auf dem Mars?" <http://www.solarviews.com/eng/mars.htm> <http://solarsystem.jpl.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Mars&Display=Facts>

8 *Bitte nachtragen*

9 "What is it made of?" Steven W. Squyres, *ibid.*

Erde, und es würde bis zur Landung viel länger dauern, wenn du auf dem Mars aus der selben Höhe herunterspringst wie auf der Erde.

Obwohl es so aussieht als wärest du auf dem Mars wie ein Held aus Comics, solltest du immer noch die Masse der Gegenstände beachten. Ein großes Objekt, das sich vorwärts bewegt, würde dich immer noch zerquetschen, wenn du ihm im Wege wärest, genau so wie es hier auf der Erde wäre, und die Kugel aus einem Gewehr richtete auf dem Mars den gleichen Schaden an wie auf der Erde. Ein Fahrzeug, das auf dem Mars fährt, hätte beim Bremsen die gleichen Probleme wie auf der Erde, doch käme noch erschwerend hinzu, dass aufgrund der geringeren Schwerkraft des Mars die Räder weniger *griffig* wären, sodass es noch schwerer wäre, aus hoher Geschwindigkeit abzubremesen.

9.7 Nach wem wurde er benannt?

Der Mars hat am Nachthimmel eine rötliche Farbe. Aus diesem Grund wurde er nach dem römischen Kriegsgott benannt.

9.8 Quellen

Hier findest du zur Zeit nur Links auf Webseiten in englischer Sprache.

Demnächst wird es auch Links zu deutschsprachigen Webseiten geben.

10 Phobos

Phobosfakten

- Phobos umkreist den Mars näher als jeder andere Mond in unserem Sonnensystem.
- Während der nächsten 50 Millionen Jahre ist zu erwarten, dass die Schwerkraft des Mars Phobos in kleinere Teile zerbrechen wird, wodurch eindrucksvolle Einschläge auf dem Mars entstehen könnten

Phobos ist ein Marsmond.



Abb. 45 Phobos, fotografiert von Viking-1 Orbiter

10.1 Wie groß ist Phobos?

Verglichen mit anderen Monden im Sonnensystem ist Phobos ziemlich klein. Er ist kein rundes, kugelförmiges Objekt, sondern hat eine unregelmäßige Form wie eine dicke Kartoffel. An der breitesten Stelle ist er 26 km und an der schmalsten 18 km breit. Er ist ungefähr so groß wie eine größere Stadt auf der Erde.

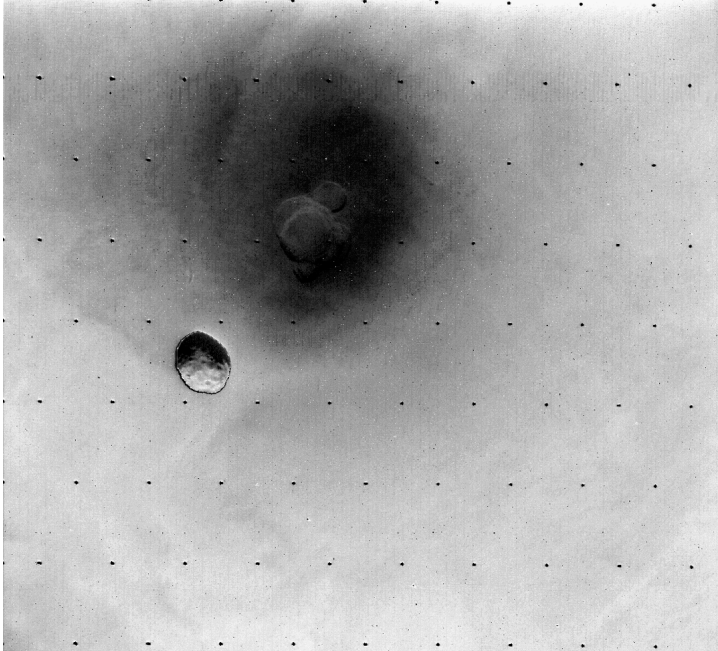


Abb. 46 Phobos auf Marsumlaufbahn, über dem Marsvulkan Ascræus Mons von der Sonde Viking-2 fotografiert.

10.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

Vom Grundeindruck her erinnert Phobos sehr an das Aussehen des Erdmondes, außer dass die Oberflächenmerkmale übertrieben wirken. Wie der Erdmond hat Phobos keine Atmosphäre. Und ebenso wie bei Erde und Mond zeigt Phobos mit stets der gleichen Seite zum Mars, was **gebundene Rotation** genannt wird.



Abb. 47 Phobos als Nahaufnahme vom Viking-1 Orbiter

Ein großer Unterschied, der sofort auffällt, liegt in der fast nicht wahrnehmbaren Schwerkraft von Phobos. Die Sprungkraft würde ausreichen, um eine Umlaufbahn um Phobos zu erreichen. Die Schwerkraft beträgt nur ein Tausendstel von der auf der Erde. Das wirkt sich auch auf die "Berge" auf Phobos aus, deren steile Kliffs und andere Merkmale bereits auf dem Erdmond in sich zusammenbrechen würden, weil die Schwerkraft sie einstürzen ließe.

Eines der auffallendsten Merkmale von Phobos ist ein riesiger Krater namens **Stickney**. Die Wucht des Einschlags hat sich massiv auf den gesamten Mond ausgewirkt und Linien oder "Furchen" gebildet, die sich über Phobos Oberfläche ziehen.

Stündest du auf Phobos, böte der Mars einen imposanten Anblick, der ein Viertel des Himmels ausmacht.

10.3 Wie lange dauert ein Tag von Phobos?

Ein Phobostag ist genau so lang wie seine Umrundung des Mars, weil sie in gebundener Rotation sind. Er dauert 7 Stunden und 40 Minuten.

10.4 Wie lange dauert seine Umrundung des Mars?

Phobos ist der Marsoberfläche sehr nahe. Er ist sogar viel näher als jeder andere bisher im Sonnensystem entdeckte Mond es über der Oberfläche des Planeten, den er umkreist, ist.

Eine Umrundung des Mars dauert 7 Stunden und 40 Minuten. Für jemanden auf dem Mars ergibt sich daraus ein interessanter Effekt: Phobos geht im Westen auf und eilt gen Osten und ist dabei schneller als die Sonne während eines Marstages.



Abb. 48 Phobos verfinstert die Sonne auf dem Mars.

10.5 Erzeugt Phobos Sonnenfinsternisse auf dem Mars?

Genau wie der Erdmond gelegentlich die Erde verfinstert, bedeckt Phobos die Sonne auf dem Mars. Das wird ein **Transit** genannt und hat die gleichen Auswirkungen wie hier bei einer Sonnenfinsternis. Könntest du eine Eklipse auf dem Mars beobachten, würde die Sonne deutlich dunkler werden, aber es käme zu keiner totalen Bedeckung wie es der Mond bei der Erde schafft. Weil Phobos so schnell ist, dauert die sehr kurze Eklipse nur wenige Sekunden statt einige Minuten wie bei einer Mondfinsternis auf der Erde.

Weil Phobos den Mars so nahe umkreist, ist eine Eklipse an Marsäquator eher zu bemerken als an anderen Stellen, denn für einen Beobachter am Äquator fliegt Phobos viel niedriger und erscheint daher größer.

10.6 Gibt es in Zukunft Menschen auf Phobos?

Aufgrund seiner Nähe zum Mars und seiner niedrigen Schwerkraft könnte Phobos eine Zwischenstation für Menschen und Güter auf ihrer Reise zur Marsoberfläche oder zurück zur Erde sein, wie eine Raumstation, die die Erde umkreist. Es ist gut möglich, dass bei geplanten Mars Expeditionen die

Menschen auch Phobos besuchen werden. Phobos besitzt gefrorenes Wasser, das auf dem Mars zum Trinken und zur Sauerstoffgewinnung für Atemluft verwendet werden könnte.

10.7 Nach wem wurde er benannt?

Phobos wurde nach dem Sohn des Mars benannt, der in der Mythologie der Gott der "Furcht" oder der "Angst" war und ebenso einer der Diener des Mars.



Abb. 49 Asaph Hall, Entdecker des Phobos

10.8 Wie wurde er entdeckt?

Asaph Hall war ein Astronom des **United States Naval Observatoriums**, wo er viele Planeten und Objekte des Sonnensystems untersuchte. Im Jahre 1877 entdeckte er Phobos und Deimos und identifizierte sie als Monde des Mars. Phobos Name wurde von Henry Madan vorgeschlagen und stammt aus der **Ilias**, einer klassisch griechischen mythologischen Erzählung.

11 Deimos

Deimosfakten

- Deimos ist einer der kleinsten Monde im Sonnensystem.

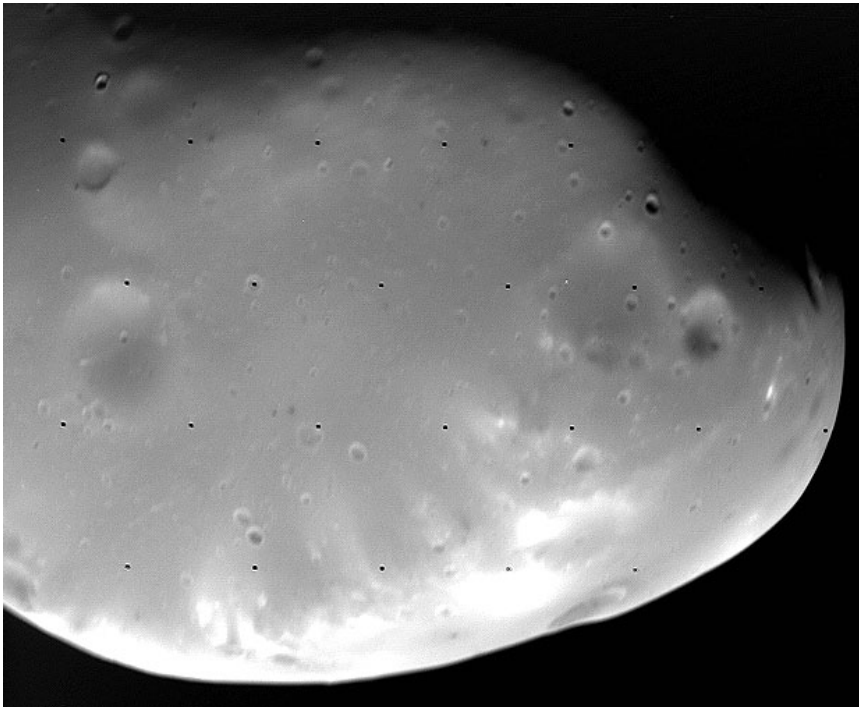


Abb. 50 Deimos von der Sonde Viking-2 aus fotografiert.

11.1 Wie groß ist Deimos?

Deimos ist einer der kleinsten Monde in unserem Sonnensystem. Er hat einen Durchmesser von nur 12 Kilometern. Das entspricht ungefähr der Hälfte des Durchmessers von Phobos. Erstaunlicherweise wurde Deimos noch vor Phobos als Mond identifiziert. Das liegt zum Teil an seiner größeren Entfernung zum Mars. Die Gesamtoberfläche des Mondes hat ungefähr die Größe einer mittelgroßen Stadt auf der Erde. Außerdem hat er wegen seiner geringen Größe eine unregelmäßige Form.

Für einen Beobachter, der auf dem Mars stünde, würde Deimos wie ein sehr heller Stern erscheinen, und er würde ohne Teleskop nicht in der Lage sein, eine Oberflächenstruktur zu erkennen.

11.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

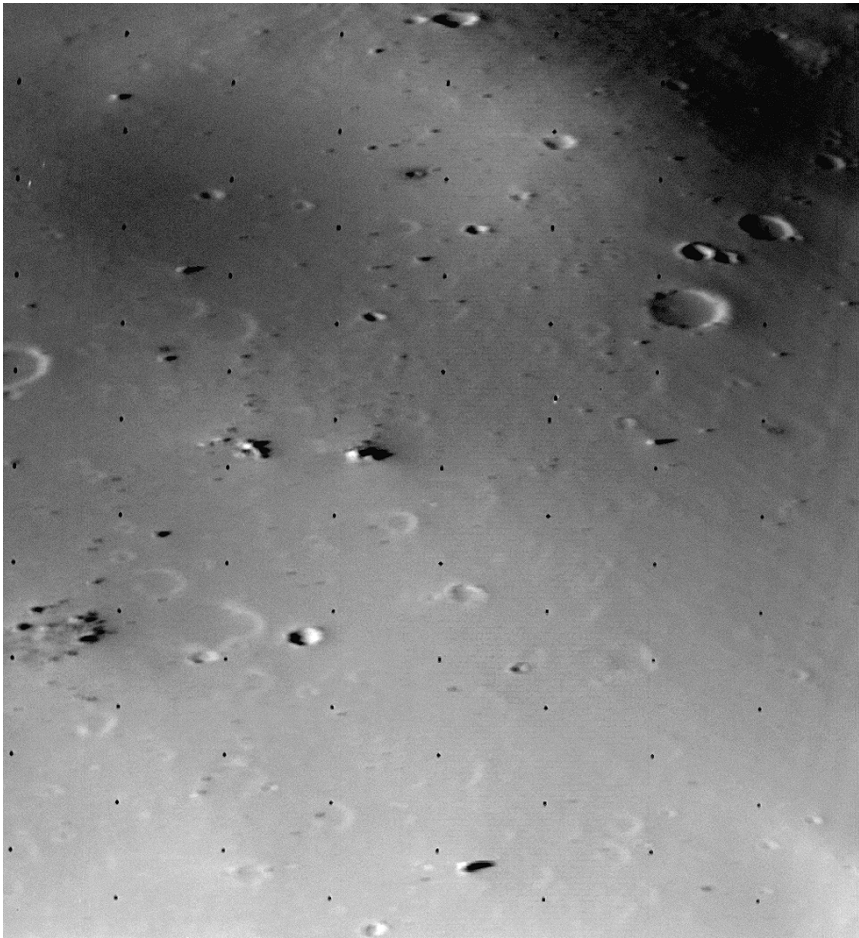


Abb. 51 Ein Blick auf die Oberfläche von Deimos, aus nur 30 Kilometern Entfernung.

Deimos hat keine eigene Atmosphäre und ist übersät mit Kratern von Meteoriten, die dort einschlugen, das ist in etwa so wie auf dem Erdmond. Die Oberfläche von Deimos besteht aus schwarzem Gestein, das **Kohliger Chondrit** genannt wird. Dieses Gestein besteht aus dem Element Kohlenstoff. Es gibt kein Wasser auf der Oberfläche von Deimos, genauso wenig wie fast überall in seinem Inneren.

Weil Deimos so klein ist, ist das erste, was man merken würde, dass es auf Deimos fast keine Gravitation gibt. Die Gravitation ist etwa 2500 mal kleiner als auf der Erde. Die Gravitation ist so gering, dass es für Menschen gefährlich wäre, ohne Halteseil oder Sicherungsgerät auf Deimos zu laufen, weil sie sich mit jedem Schritt so stark von Deimos abstoßen könnten, dass sie nie wieder zurückgelangen würden. Wenn es auf Deimos Strukturen gäbe, die für Menschen gebaut sind, dann würden sie Innen wie eine Raumstation aussehen.

Weil sich Deimos in **gebundener Rotation** um den Mars befindet, zeigt er dem Mars immer die gleiche Seite. Lebtest Du auf dieser Seite, würdest Du während des ganzen Umlaufs immer nur dem Mars sehen. Auf der anderen Seite wäre der Mars nie zu sehen. Auf der dem Mars zugewandten

Seite bedeckt der Mars rund ein Elftel des Himmels, so dass der Mars ein ziemlich beachtliches Objekt zum Anschauen wäre.

Einer der Gründe, warum Wissenschaftler ein Interesse an der Erforschung von Deimos haben, liegt darin, dass sie glauben, dass er ein vor vielen Millionen Jahren eingefangener Asteroid ist. Durch die Beobachtung des Deimos und seines Bruders Phobos erhoffen sich die Wissenschaftler Erkenntnisse darüber, wie andere Asteroiden von vergleichbarer Größe in unserem Sonnensystem aussehen.

11.3 Wie lange dauert ein Tag auf Deimos?

Ein Deimostag dauert etwa 30,5 Stunden. Er ist umlaufsynchon zum Mars, so dass ein Tag auf Deimos genauso lange dauert wie ein Umlauf um den Mars.

11.4 Wie lange dauert ein Umlauf um den Mars?

Ein vollständiger Umlauf um den Mars dauert 30,5 Stunden. Das hat eine sehr ungewöhnliche Situation zu Folge, weil der Mond fast genauso lange braucht, um einmal den Mars zu umkreisen, wie ein Marstag dauert. Von der Oberfläche des Mars aus würde der Mond im Osten auf- und im Westen untergehen, so wie unsere Sonne und die Planeten und alles andere am Himmel, außer Phobos. Deimos benötigt fast drei ganze Marstage, um einmal auf- und im Westen wieder unterzugehen.



Abb. 52 Eine Sonnenfinsternis auf dem Mars, verursacht vom Deimos, wie sie vom Mars Rover Opportunity fotografiert wurde.

11.5 Verursacht Deimos Sonnenfinsternisse auf dem Mars?

So wie der Erdmond sich hin und wieder zwischen Erde und Sonne befindet, gerät Deimos gelegentlich zwischen Mars und Sonne. Man bezeichnet das als einen **Transit**, und im Falle von Deimos ist Transit ein weitaus passenderer Begriff als Sonnenfinsternis. Obwohl das gleiche passiert.

Weil Deimos aber so klein ist und selbst auch noch ziemlich weit vom Mars entfernt ist, ist der von Deimos verdeckte Teil der Sonne bei einer Sonnenfinsternis sehr gering, und ein Betrachter auf dem Marsboden würde diese Sonnenfinsternis wohl kaum bemerken.

11.6 Nach wem ist er benannt?

Deimos ist nach dem griechischen Sohn des Ares (der griechische Name des Mars) benannt, welcher auch "Schrecken" oder "Grauen" bedeutet. In der Mythologie begleitete Deimos zusammen mit Phobos und anderen den Ares im Kampf mit den Göttern.

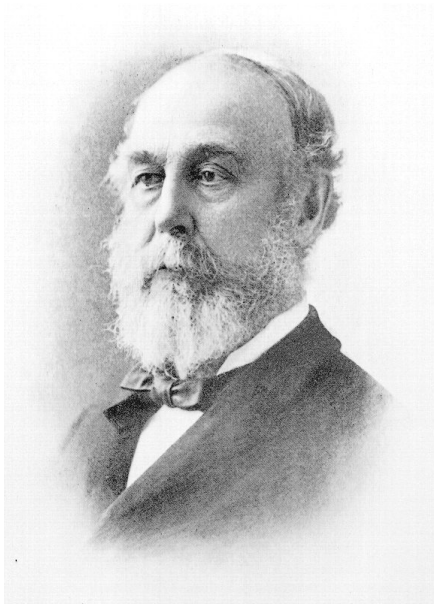


Abb. 53 Asaph Hall, der Entdecker von Phobos

11.7 Wie wurde er entdeckt?

Asaph Hall war ein Astronom des **United States Naval Observatory**, wo er viele der Planeten und Objekte unseres Sonnensystems studierte. Im Jahre 1877 entdeckte er beide, Phobos und Deimos und identifizierte sie als Monde des Mars. Der Name für Deimos wurde von Henry Madan vorgeschlagen, basierend auf dem Buch **Ilias**, einem klassischen Werk über die griechische Mythologie.

12 Asteroidengürtel

Asteroidengürtel Fakten

- Das Gesamtgewicht aller Asteroiden im Asteroidengürtel beträgt ungefähr $\frac{1}{35}$ des Gewichts unseres Mondes, wenn man den Pluto nicht mitzählt. Der Pluto allein hat $\frac{1}{6}$ des Gewichtes unseres Mondes und damit 85 Prozent des Gesamtgewichts aller Asteroiden.
- Der zweitgrößte Asteroid, Ceres genannt, hat nur etwa 5 Prozent des Gewichts aller Asteroiden!

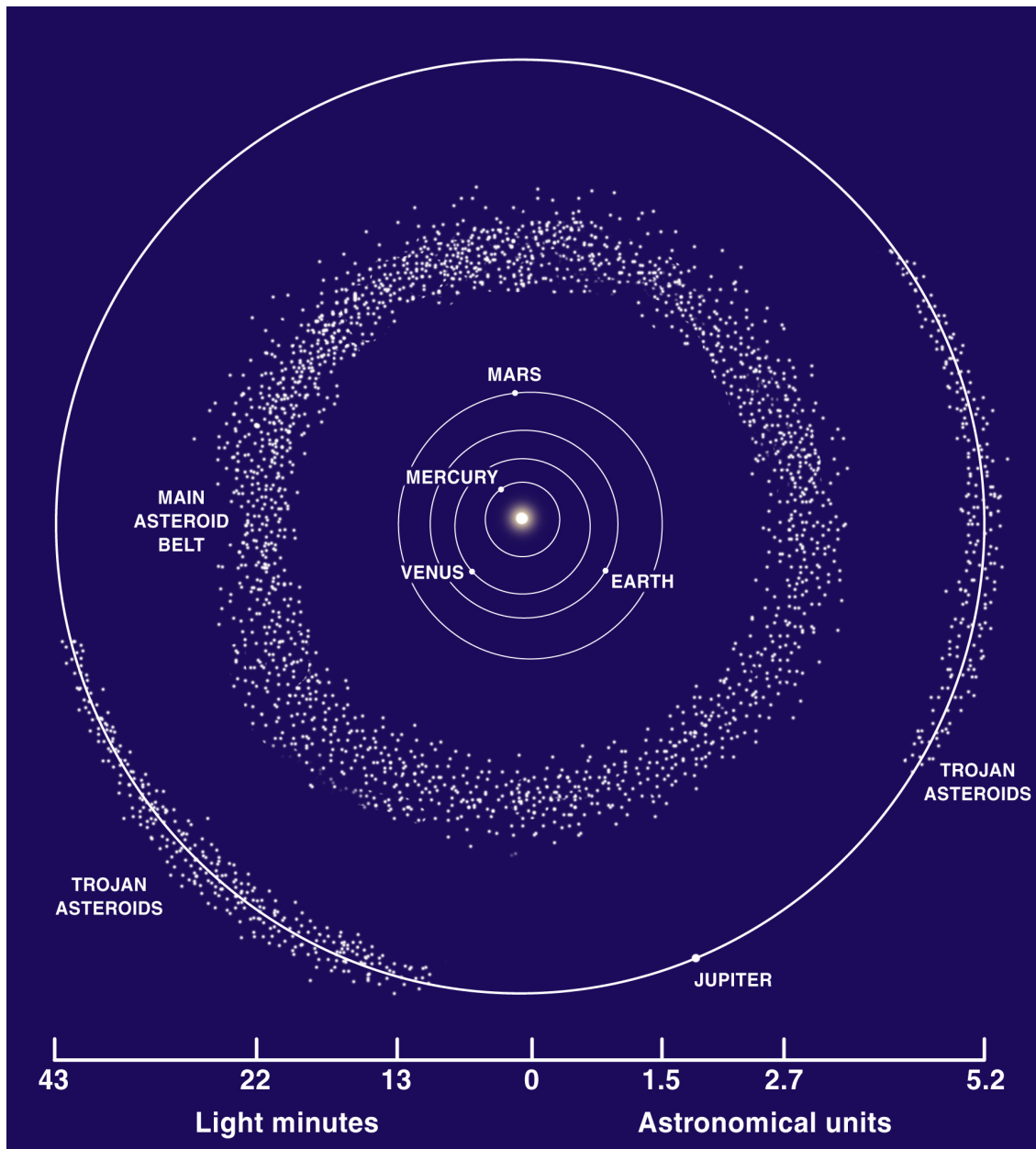


Abb. 54 Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter



Abb. 55 Asteroid Ida und sein Mond

Der Asteroidengürtel liegt zwischen Mars und Jupiter. Er besteht aus Gesteinsklumpen, die viel kleiner sind als Planeten. Diese Klumpen werden Asteroiden, Planetoiden oder Kleinstplaneten genannt. Sie sind mit bloßem Auge von der Erde aus nicht zu sehen, doch können viele bereits durch ein Fernglas oder durch ein kleines Teleskop beobachtet werden.

12.1 Wie groß sind die Asteroiden?

Der größte im Asteroidengürtel ist Ceres mit einem Durchmesser von 1032 km und der zweitgrößte heißt Pallas und hat einen Durchmesser von 588 km. Es wurden auch schon Asteroiden mit einem Durchmesser von weniger als einem Kilometer gesehen.

Die inoffizielle Grenze liegt bei 50 Metern, alles was kleiner ist, wird schlicht Meteoroid genannt. Durch verbesserte Teleskope wurden besonders unter Objekten, die sich dicht an die Erde annäherten, auch schon einige gesichtet, die tatsächlich kleiner als 50 Meter waren und dicht an der Erde vorbeiflogen.

12.2 Wieviele Asteroiden gibt es?

Es gibt vermutlich einige Millionen Asteroiden im Sonnensystem. Mehr als 96000 erhielten Zahlen. Fast 12000 davon haben einen Namen. Doch obwohl es so viele Asteroiden gibt, besteht der Asteroidengürtel fast nur aus leerem Raum. Eine Reise mit einem Raumschiff durch den Asteroidengürtel wäre kaum anders als du es in Science-Fiction-Filmen sehen kannst.

12.3 Wonach werden Asteroide benannt?

Die ersten Asteroiden wurden ähnlich wie die größten Planeten nach Helden und Göttern der Mythologie benannt. Der Erstentdeckte wurde Ceres genannt, nach der römischen Göttin für das Wachsen von Pflanzen (vor allem Getreide) und die Mutterliebe. Der als zweites entdeckte Asteroid wurde Pallas genannt, nach der griechischen Göttin der Weisheit. Asteroiden erhalten auch eine Zahl in der Reihenfolge ihrer Entdeckung, also ist Ceres 1 und Pallas 2 und so weiter. Nachdem die Anzahl der entdeckten Asteroiden immer weiter anstieg, war der Vorrat an mythologischen Namen erschöpft, so dass man auf Namen aus anderen Quellen zurückgriff.

Einige Asteroiden wurden nach Ländern benannt. Der Asteroid 136 heißt beispielsweise Österreich. Andere wurden nach Pflanzen benannt, wie zum Beispiel 978 Petunie. 1620 Geographos wurde nach der Nationalen Geographischen Gesellschaft benannt in Anerkennung für ihre Bemühungen zur Wissensverbreitung über das Sonnensystem. Viele wurden nach lebenden oder toten Personen benannt. In einigen Fällen wurden Asteroiden nach der Hauskatze ihres Entdeckers benannt, wie bei 2309 Mr. Spock. Solche Namensvergaben sind sicherlich kein gutes Beispiel, aber gelegentlich geschah das eben. Selbst erfundene Personen wurden schon verwendet.

Heute dürfen die Entdecker von Asteroiden einen Namen vorschlagen. Der wird erst offiziell, nachdem einige Leute ihn überprüft haben, um sicher zu sein, dass er nicht anstößig oder anderen Namen zu ähnlich ist. Da einige Observatorien automatisch nach Asteroiden suchen und das Sonnensystem systematisch nach erdnahen Asteroiden durchforscht wird, bekommen viele neu entdeckte Asteroiden nicht einmal einen Namen, sondern nur eine Zahl als Bezeichnung, und es steht nicht fest, ob sie jemals einen Namen erhalten werden, zumindest nicht mehr in diesem Jahrhundert.

12.4 Wer hat sie entdeckt?

Am 1. Januar 1801 entdeckte Giuseppe Piazzi mehr durch ein Missgeschick den ersten Asteroiden und nannte ihn Ceres. Zunächst dachte er, es sei ein Komet, dann hielt er ihn sogar für einen Planeten! Als feststand, dass er dafür zu klein war, bildete Sir William Herschel (der Astronom, der Uranus entdeckte) aus dem lateinischen Ausdruck *aster* für Stern und der Wortendung *oid*, die "ähnlich" bedeutet, das neue Wort "Asteroid", was soviel wie "sternähnliches Gebilde" bedeutet. Also ein sternähnlicher Planet, denn er konnte keine Einzelheiten erkennen, da der Fund so klein war. Bis 1807 wurden drei weitere Asteroiden entdeckt, doch erst 1830 gelang es dem hartnäckigen Asteroidenjäger Karl Ludwig Hencke, einen fünften und sechsten Asteroiden zu finden. Seit dieser Zeit wird mindestens ein neuer Asteroid pro Jahr gefunden.

1891 wurde erstmals ein Foto des Nachthimmels gemacht, um weitere Asteroiden zu finden. Das führte zur Entdeckung von vielen weiteren Asteroiden. In zwei verschiedenen Nächten wird ein

Foto vom selben Himmelsausschnitt geschossen. Beim Vergleich der beiden Bilder erkennt man alle Asteroiden daran, dass sie ihre Position zwischen den Sternen verändert haben.

Bis zu unserer Zeit wurden über 280000 Asteroiden entdeckt. Viele neue werden immer noch gefunden. Einige dieser Asteroiden ziehen nahe der Erde vorbei, und Astronomen suchen nach allen, die der Erde sehr nahe kommen.

12.5 Woraus bestehen sie?

Drei Viertel aller Asteroiden bestehen aus festem, kohlenstoffhaltigem Gestein. Die restlichen bestehen aus den Metallen Eisen und Nickel. Die Hälfte davon sind aus reinem Eisen und Nickel, der Rest ist vermischt mit Silikatverbindungen. Jeder größere metallhaltige Asteroid enthält mehr Eisen, als in der ganzen Menschheitsgeschichte abgebaut wurde.

Wissenschaftler sind am Aufbau der Asteroiden sehr interessiert, weil es ihnen helfen kann zu erfahren, wie das Sonnensystem entstanden ist. Mehrere Raumfahrzeuge haben bereits Asteroiden besucht, um sie zu erforschen.

12.6 Gibt es Asteroiden auch außerhalb des Asteroidengürtels?

Die meisten Asteroiden gehören zum Asteroidengürtel, aber nicht alle. Einige Asteroiden umkreisen die Sonne weiter innen. Asteroiden, die sich der Erde dicht nähern, werden erdnahe Asteroiden genannt. Gelegentlich treffen sie die Erde und verbrennen als Meteoren in der Atmosphäre. Wenn sie groß genug sind, können sie sogar die Erdoberfläche erreichen - sie werden dann Meteorit genannt.

Im äußeren Bereich des Sonnensystems kreist der Pluto, der bis 2006 als Planet gezählt wurde. Noch weiter außen im Sonnensystem gibt es eine Sorte Asteroiden, die Centauren genannt werden, doch es ist schwierig festzustellen, ob ein bestimmter Centaur nun ein Asteroid, ein Komet oder ein Objekt aus dem Kuipergürtel ist. Ein Beispiel dafür ist der als erstes entdeckte Centaur, der Chiron genannt wird. Einige Wissenschaftler halten ihn jedoch für einen Kometen und nicht für einen Asteroiden. Offiziell ist er sogar beides: Der Asteroid 2060 Chiron und der Komet 95P/Chiron!

Einige Asteroiden werden auch an stabilen Punkten gefunden, die in Umlaufrichtung 60° vor beziehungsweise 60° hinter den Bahnen von Jupiter und anderen Planeten liegen. Diese Punkte werden Lagrange-Punkte genannt, die dortigen Asteroiden heißen Trojaner. Viele der kleinen Monde einiger Planeten könnten einmal Asteroiden gewesen sein, die durch die Schwerkraft der Planeten eingefangen wurden, als sie ihnen zu nahe kamen.

13 Jupiter

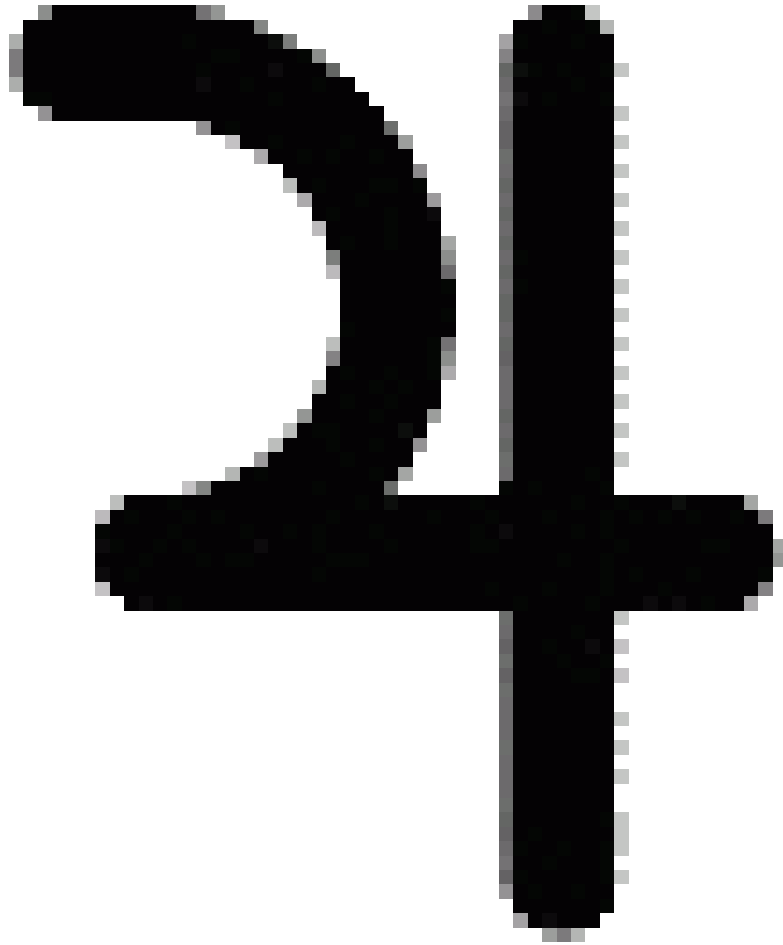


Abb. 56

Jupiterfakten

- Die von Jupiters Magnetfeld eingefangenen Sonnenpartikel erzeugen um Jupiter einen mächtigen Strahlungsgürtel, dessen Durchquerung tödlich wäre.
- Der Jupitermond Europa hat vermutlich einen riesigen Ozean unter seiner Oberfläche.

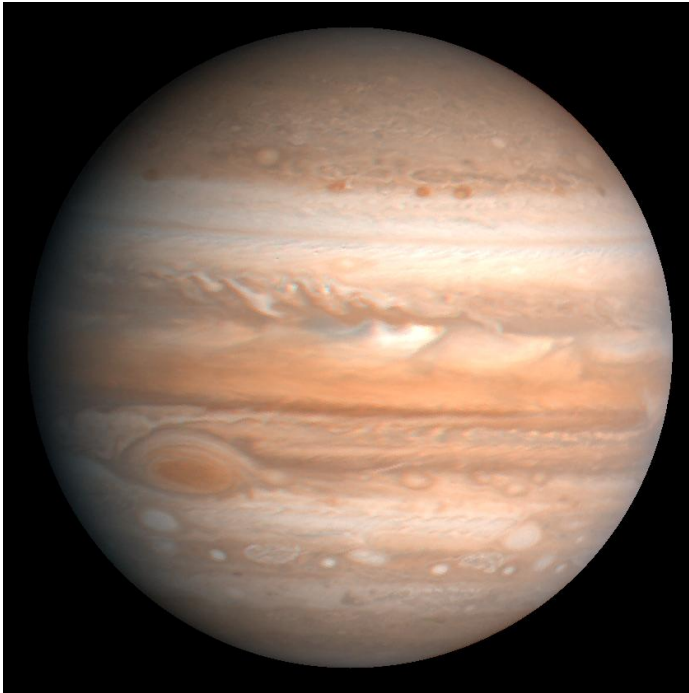


Abb. 57 Jupiter (beachte den roten Fleck)

Jupiter ist der mit Abstand größte Planet des Sonnensystems, zweieinhalb mal so groß wie alle anderen Planeten zusammen. Er ist von der Sonne aus der fünfte Planet und auch einer der hellsten. Jupiter wird gelegentlich auch ein **Gasriese** genannt, da er größtenteils aus Gas und Flüssigkeiten besteht.

Jupiter hat das größte Magnetfeld im Sonnensystem. Mit seinem Durchmesser von 26 Millionen km ist es sogar zwanzig mal größer als das der Sonne. Es hat einen Schweif, der bis hinter die Saturnbahn reicht. Wäre es sichtbar, würde es von der Erde aus fünf mal so groß wie der Mond sein.

13.1 Wie groß ist der Planet?

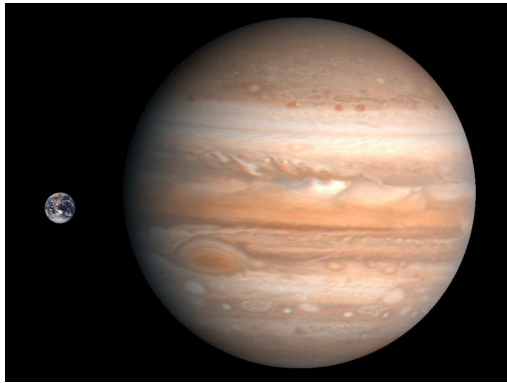


Abb. 58 Größenvergleich zwischen Erde und Jupiter

Jupiter hat am **Äquator** einen Durchmesser von 142.984 km und ist damit so breit wie 11 Erden in einer Reihe. Damit ist er ungefähr ein Zehntel so groß wie die Sonne! Im Volumen von Jupiter hätte die Erde 1400 mal Platz. Zwischen Jupiters Polen könnte die Erde zehn mal Platz finden, es sind 133.709 km. Seine schnelle **Rotation** sorgt für einen breiteren Äquator.

13.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

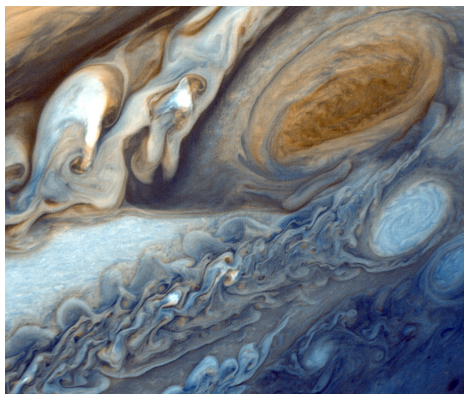


Abb. 59 Jupiter's atmosphere

Die Oberfläche, die man sehen kann, ist nicht fest. Dieser riesige Planet hat einen relativ kleinen festen steinernen Kern. Flüssigkeiten und Gase umgeben diesen Kern und vermischen sich mit der Atmosphäre.

Jupiter ist ein wolkenreicher, windiger und stürmischer Planet. Stets ist er mit einer Wolkenschicht bedeckt, und Windgeschwindigkeiten von 600 km/h sind nichts Ungewöhnliches. Die Stürme sind als Wirbel, Bänder und Flecken zu erkennen. Ein besonders gewaltiger Sturm, der drei mal so groß ist wie die Erde, ist als *Großer Roter Fleck* bekannt. Diesen Sturm gibt es schon seit fast 300 Jahren!

Die Wolkenschicht teilt sich in mehrere Bänder auf. Die hellerfarbigen Bänder werden **Zonen** genannt und die dunkleren **Gürtel**. Die Farben entstehen durch kleine Veränderungen in der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung. Jedes Band rotiert entgegengesetzt zur Richtung des Nachbarbands. An den Kanten, wo sich die Bänder treffen, stoßen die Winde aufeinander und erzeugen dabei verwirbelte Muster.

Jupiters stürmische Atmosphäre wird von Blitzen durchzuckt, genau wie auf der Erde. Dennoch sind sie 100 mal mächtiger. Das Gewitter wird von Wasser an den Wolkengipfeln erzeugt.

13.3 Woraus bestehen die Ringe?

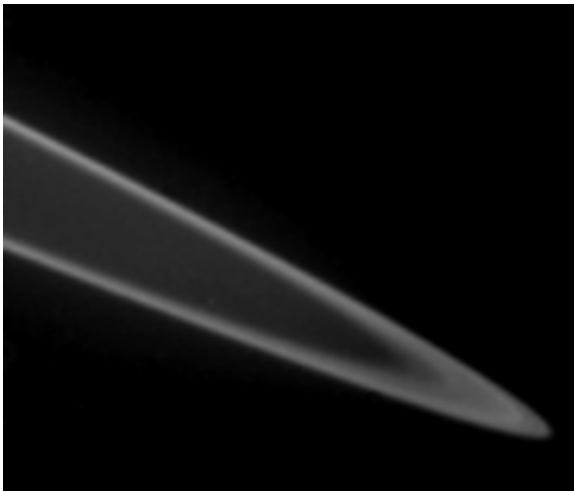


Abb. 60 Jupiters Ringe von der Sonde Voyager 2 beobachtet

Die Jupiterringe sind dunkel und schwer zu sehen. Sie bestehen aus kleinen Partikeln, die Meteore aus Jupiters kleinen inneren Monden herausgeschlagen haben und aus Trümmern, die von Kometen oder anderen Objekten, die Jupiters Oberfläche nahe kamen, übrig geblieben sind. Tatsächlich wussten Wissenschaftler nicht, dass Jupiter Ringe besitzt, ehe ihn die Sonde Voyager erreichte und Nahaufnahmen von den Ringen anfertigte. Zwei der Ringe bestehen aus Material, das von zwei Gruppen der inneren Jupitermonde stammt.

Die Namen der Ringe und ihre Größe:

Jupiterringe

Ringname	Entfernung von Jupiters Mittelpunkt (mal 1000 km)
Halo	100 - 122
Main	122 - 129
Gossamer (innen)	129 - 182
Gossamer (außen)	182 - 225

13.4 Woraus bestehen die Monde?

66 Monde von Jupiter sind bekannt. Die vier Hauptmonde wurden von Galileo im Jahre 1610 entdeckt. Das sind Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Sie werden Galileische Monde genannt. Häufig gibt es **Eclipsen** von den Galileischen Monden auf Jupiters obersten Wolkenschichten.

13.4.1 Amalthea-Gruppe

Vier kleine Monde umlaufen Jupiter innerhalb der Umlaufbahn von Io. Diese Gruppe wird Amalthea-Gruppe genannt, weil Amalthea der größte von ihnen ist. Sie sind alle recht klein und kartoffelförmig. Amalthea ist sehr rot. Die Bestandteile der Jupiterringe wurden durch Meteore aus diesen Monden herausgeschlagen.

13.4.2 Io

Io ist unter den Hauptmonden am nächsten bei Jupiter. Er hat einen Durchmesser von 3.643,2 km und ist nur wenig größer als der Erdmond. Er hat **Vulkane** und Seen aus geschmolzenem **Schwefel**. Wenn überhaupt gibt es nur wenige Krater dort, weil sie durch vulkanische Aktivität wieder zugeschüttet wurden. Ios **Kern** besteht aus **Eisen** und möglicherweise auch aus Eisensulfid und hat einen Durchmesser von mindestens 1.800 km. Der Kern ist von einer **Silikatschicht** umhüllt. Es gibt kaum Wasser auf Io. Vielleicht war es bei Jupiters Entstehung so heiß, dass Io ausgetrocknet wurde, jedoch nicht die anderen Monde. In der römischen Mythologie war Io eine schöne junge Frau, die von Jupiter geliebt wurde.

13.4.3 Europa

Europa hat einen Durchmesser von 3.121,6 km und ist 10 Prozent kleiner als der Erdmond. Europa besteht aus Silikatgestein und ist von einer 10 bis 30 km dicken Schicht aus glattem Wassereis bedeckt. Das Eis hat lange Spalten und sehr wenige Krater. Es sieht wie Meereseis auf der Erde aus. Um die Spalten herum hat sich das Eis verschoben. Unter dem Eismantel ist ein bis zu 100 km tiefer Ozean. Es gibt auch einige große Flecken auf der Oberfläche. In der römischen Mythologie wurde Europa von Jupiter in der Gestalt eines Stiers umworben.

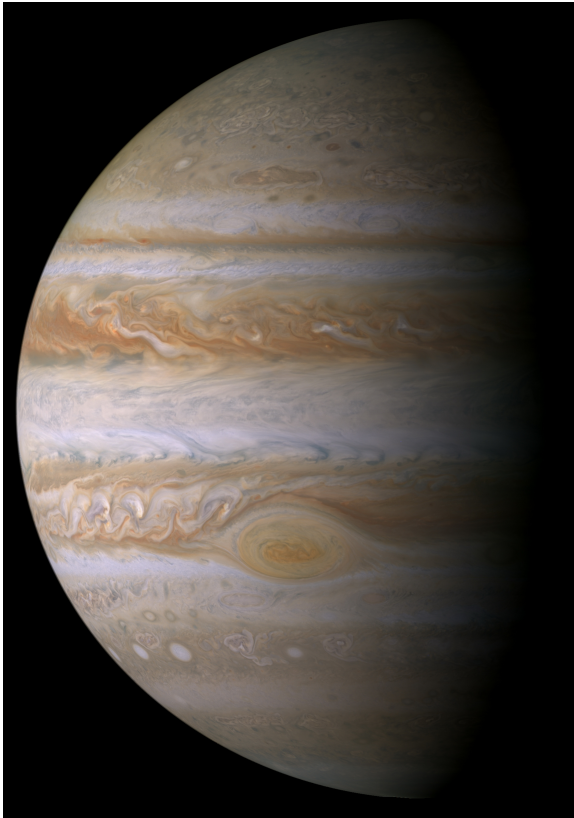


Abb. 61 Jupiter von der Sonde "Cassini" aufgenommen. Das ist das detailreichste Farbbild, das bislang von Jupiter (per Computer) zusammenmontiert wurde.

13.4.4 Ganymed

Ganymed hat einen Durchmesser von 5.262,4 km, womit er 380 km breiter als Merkur ist. Er ist der größte Jupitermond und auch der größte des Sonnensystems. Er hat eine **Plattentektonik** wie die Erde. Wo die Platten sich verschieben, gibt es ältere dunklere Gebiete und neuere mit Bergrücken. Junge Krater sind von helle Strahlen umgeben aus Material, das durch die Wucht des Aufpralls fortgeschleudert wurde. Alte Krater sehen flach und eingefallen aus, weil die Eisoberfläche die Kraterform über lange Zeiträume nicht so gut wie Gestein beibehalten kann. Ganymed könnte einen Eisen- und Schwefelkern mit einem **Mantel** aus Silikatgestein besitzen sowie eine Hülle aus Eis. Es könnte so sein wie auf Io mit einer Eisschicht. In der römischen Mythologie war Ganymed ein schöner junger Mann, der von Jupiter entführt und zum Mundschenk der Götter auf dem Berg Olymp gemacht wurde.

13.4.5 Kallisto

Kallisto hat einen Durchmesser von 4.820,6 km und ist fast so groß wie Merkur. Er hat viele Krater. Wie bei Ganymed sind die alten Krater eingefallen. Der größte Krater ist *Valhalla*. Er hat ein 600 km

großes helles Zentrum mit Ringen von 3.000 km Durchmesser. Kallisto besteht aus Silikatgestein und Eis. Die Eiskruste ist 200 km dick mit flüssigem Wasser darunter. In der römischen Mythologie wurde Kallisto von Jupiters eifersüchtiger Ehefrau Juno in einen Bären verwandelt. Später brachte Jupiter sie als *Großer Bär* an den Sternenhimmel.

13.4.6 Andere Monde

Die anderen Monde sind klein und gehören zu verschiedenen Gruppen jenseits der Bahnen der Hauptmonde. Es gibt einen kleinen Mond namens Themisto und vier Mondgruppen, die in sehr weiter Entfernung den Jupiter umkreisen.

13.5 Wie lange dauert ein Tag dieses Planeten?

Der Jupitertag dauert zirka 10 Erdstunden. Diese ungefähre Angabe kommt zustande, weil unterschiedliche Teile von Jupiter sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten bewegen. Jupiter besteht ja hauptsächlich aus Gasen, die in permanenter Bewegung sind und gelegentlich auch in die entgegengesetzte Richtung strömen. Es wurde versucht, die Umdrehung des inneren Kerns zu messen, doch scheiterten diese Bemühungen an Jupiters äußerem Magnetfeld, das Messtechniken wie Radar, mit denen die Oberflächen von Venus und Mars erforscht wurden, erheblich stört.

13.6 Wie lang ist ein Jahr dieses Planeten?



Abb. 62 Der Große Rote Fleck

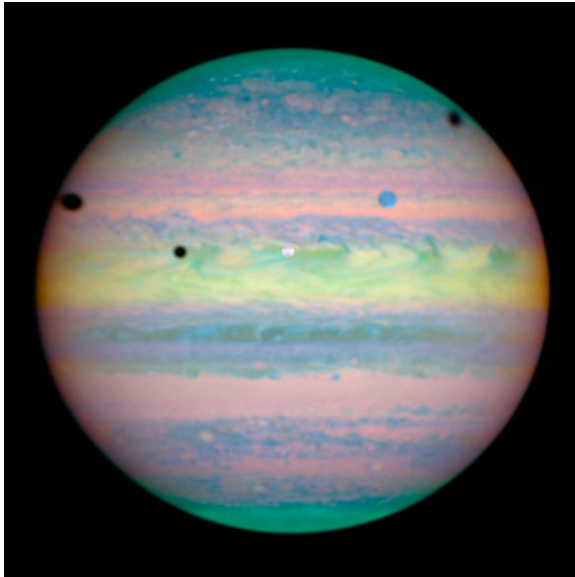


Abb. 63 Eklipsen auf Jupiter

Ein Jupiterjahr dauert 4335 Erdtage oder 11,87 Erdjahre.

Das Jupiterjahr dauert so lange wie vier Zehntel eines Saturnjahres. So hat nach zwei Saturnjahren Jupiter fünf mal die Sonne umkreist. Nach 59 Jahren sind Saturn und Jupiter wieder fast an der gleichen Position. Wenn die Umlaufzeiten von zwei Planeten sich in so einfachen Verhältnissen zueinander befinden, wird das eine **Resonanz** genannt.

13.7 Wie schwer würde Jupiters Gravitation mich machen?

Würdest du in Wolkenhöhe auf Jupiter fliegen, so wärest du zweieinhalb Mal so schwer wie auf der Erde.

Jupiters schnelle Rotation wölbt den Äquator aus. Dadurch ist die Schwerkraft hier um rund 10 Prozent kleiner als an den Polen. Je mehr du dich den Polen näherst, um so kleiner wird dieser Effekt.

13.8 Nach wem wurde er benannt?



Abb. 64 Zeus-Statue
(Jupiter) in Olympia,
Griechenland

Jupiter wurde nach dem obersten Gott der Römer benannt, der bei den alten Griechen den Namen Zeus trug. Aufgrund seiner gewaltigen Größe, mit der er alle anderen Planeten überragt, wurde dieser Name gewählt.

14 Amalthea

Amaltheefakten

- Amalthea ist das rötlichste Objekt des Sonnensystems, rötlicher noch als Mars.

Amalthea ist der dritte Mond des Jupiter.

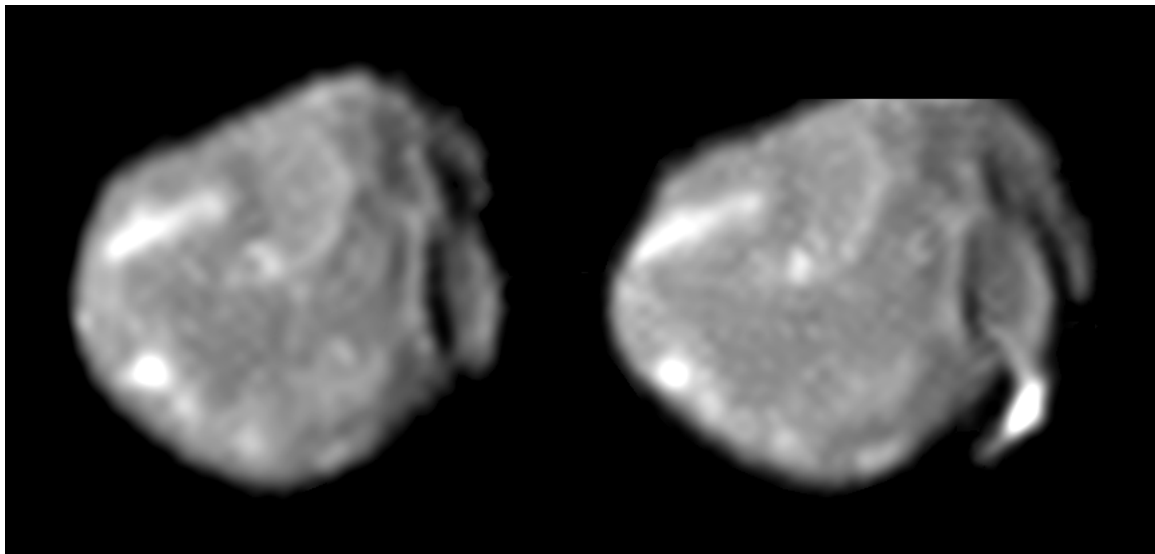


Abb. 65 Amalthea

14.1 Wie groß ist Amalthea?

Amalthea hat keine Kugelform, sondern eine sehr unregelmäßige Gestalt und sieht wie ein Asteroid aus. Er ist ungefähr 270km lang, 170 km breit und 150 km hoch.

14.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

Amaltheas Oberfläche hat viele Krater. Der größte namens Pan hat einen Durchmesser von 100 km und ist 8 km tief. Ein anderer Krater namens Gaea hat einen Durchmesser von 80 km und ist doppelt so tief wie Pan.

Es gibt zwei Berge auf Amalthea. Sie werden Mons Lyctas und Mons Ida genannt und sind etwa 20 km hoch.

14.3 Wie lange dauert der Tag von Amalthea?

Amaltheas Tag dauert knapp einen halben Erdtag. Genauer sind es 11 Stunden, 57 Minuten und 23 Sekunden.

14.4 Wie lange braucht er, um Jupiter zu umrunden?

Eine Umkreisung von Jupiter dauert einen halben Tag. Die lange Seite von Amalthea ist immer auf Jupiter gerichtet.

14.5 Wie schwer würde Amaltheas Gravitation mich machen?

Könntest du auf Amaltheas Oberfläche stehen, würdest du knapp zwei Tausenstel deines Erdgewichtes wiegen. Ein 100 kg schwerer Mensch wöge nur 180 gr auf Amalthea!

14.6 Nach wem wurde er benannt?

Amalthea erhielt seinen Namen nach einer Nymphe, die Zeus mit Ziegenmilch aufzog.

14.7 Wie wurde er entdeckt?

Amalthea wurde am 22. September 1892 von Edward Emerson Barnard entdeckt, der dafür den 91 cm-**Refraktor**, ein Linsenteleskop, des Lick-Observatoriums nutzte. Amalthea wurde fast 300 Jahre nach den anderen vier großen Jupitermonden entdeckt, und er war der letzte Planetenmond, der von der Erde aus mit dem menschlichen Auge direkt am Teleskop entdeckt werden konnte. Danach gelangen Entdeckungen durch Auswertungen von Fotografien.

15 Io

Iofakten

- Ios Vulkantätigkeit ist die intensivste im ganzen Sonnensystem.
- Io gehört zu den wenigen Monden mit eigener Atmosphäre, wenn sie auch sehr dünn ist.

Io ist der innerste der vier größten Jupitermonde.

15.1 Wie groß ist Io?

Io ist 3642,6 km breit, also unmerklich größer als unser Mond.

15.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

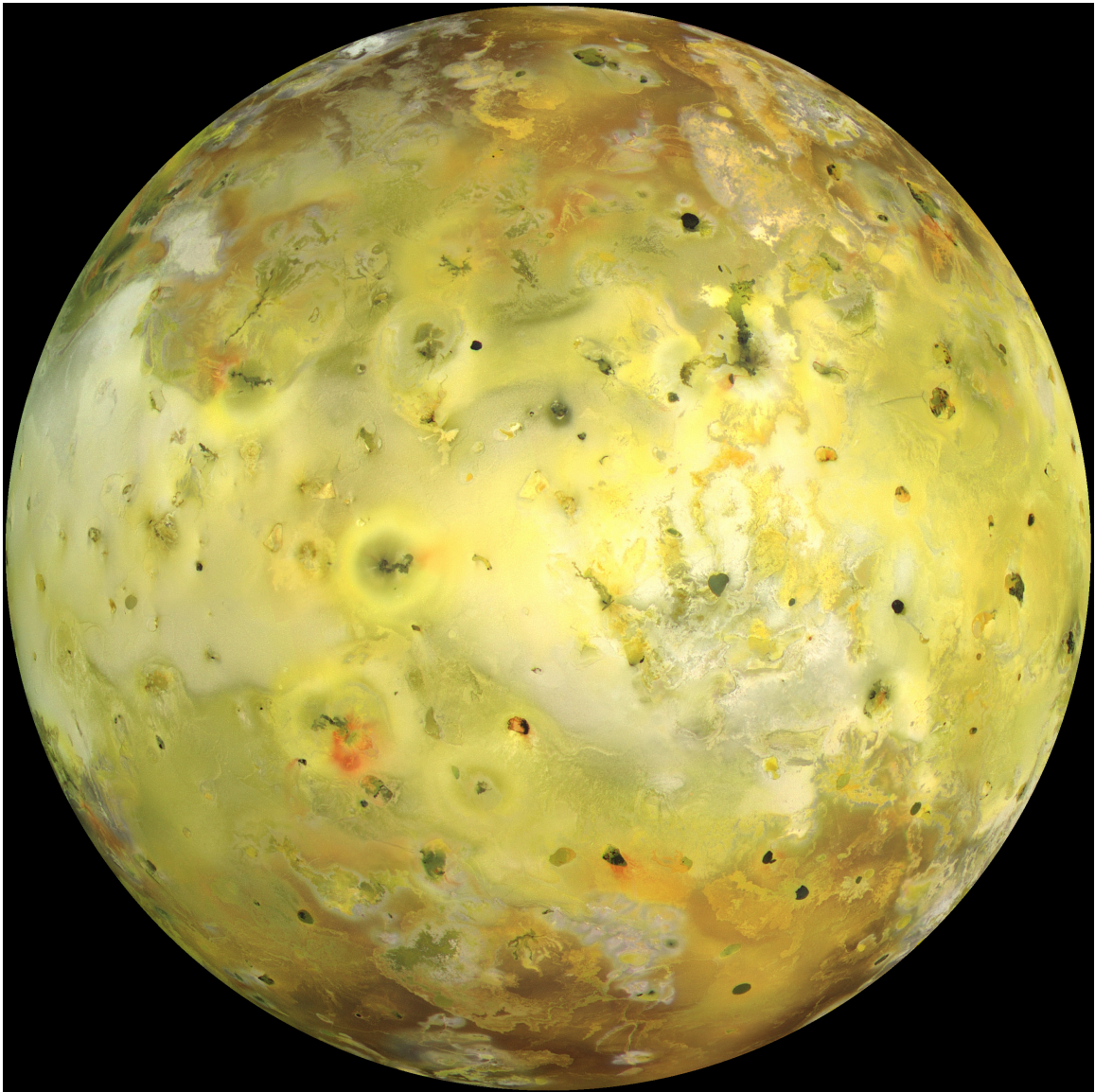


Abb. 66 Jupitermond Io

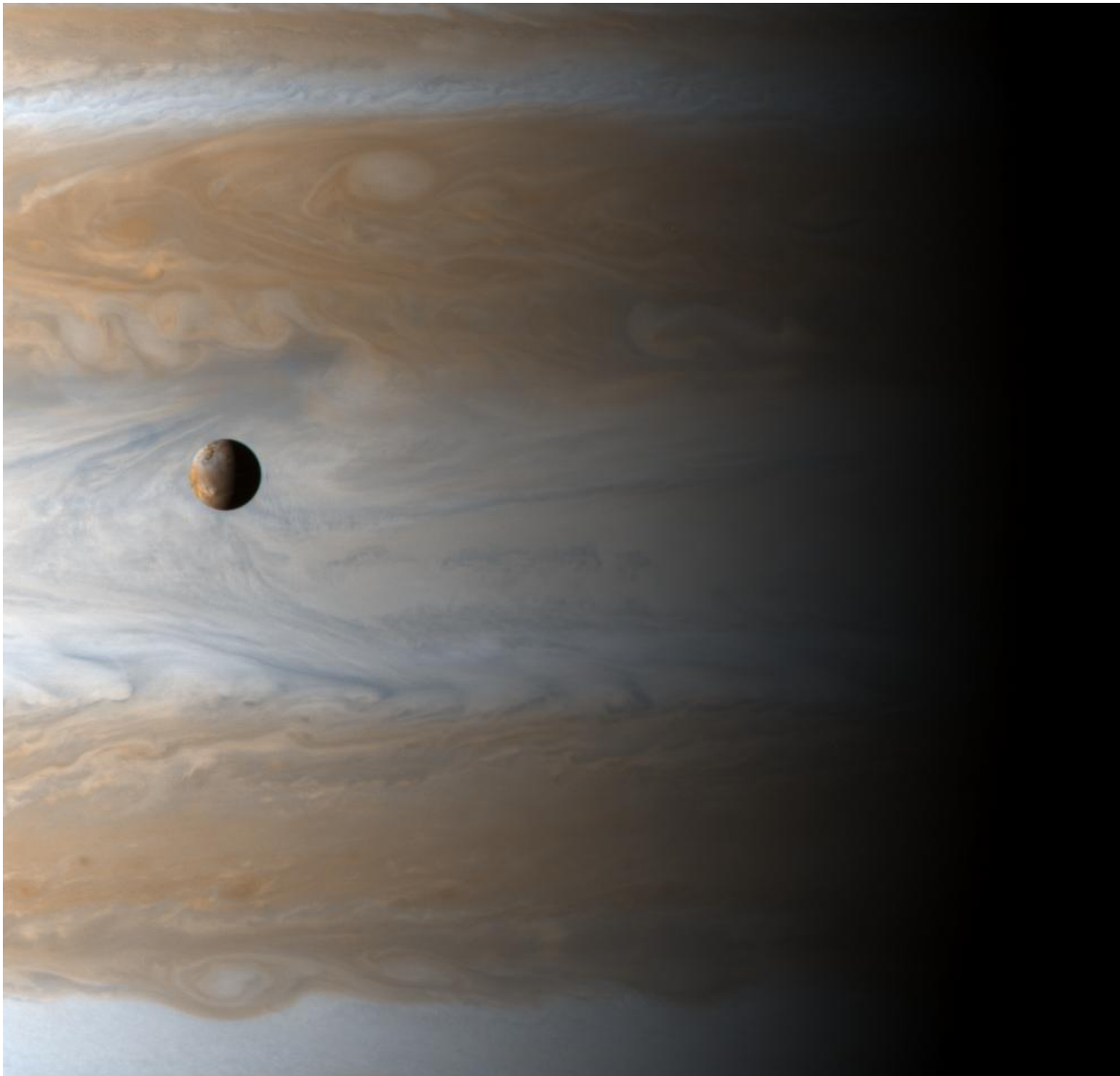


Abb. 67 Io mit Jupiter im Hintergrund, von der Sonde Cassini fotografiert

Im Vergleich zu anderen Monden hat Io eine *junge* Oberfläche. Weil es unentwegt Vulkanausbrüche gibt, ist die Oberfläche nahezu frei von Kratern.

Zusätzlich zu den Vulkanen hat Io auch viele Berge, Seen aus geschmolzenem Schwefel, Einstürze der Oberfläche, die **Calderen** genannt werden und hunderte von Kilometern lange Flüsse aus geschmolzenem Schwefel oder Silikatgestein. Die Farbe der Oberfläche wird durch den Schwefel und seine vielen Verbindungen bestimmt.

15.3 Wie lange dauert der Tag von Io?

Io dreht sich in eindreiviertel Erdtagen um sich selbst.

15.4 Wie lange braucht er, um Jupiter zu umrunden?

Io benötigt 1,8 Erdtage um Jupiter zu umkreisen.

15.5 Nach wem wurde er benannt?

Io ist nach einer der vielen Geliebten des Zeus benannt.

15.6 Wie schwer würde Ios Gravitation mich machen?

Könntest du auf Ios Oberfläche stehen, würdest du weniger als auf der Erde wiegen. Ein Mensch mit einem irdischen Gewicht von 100 kg wöge auf Io nur 18 kg.

15.7 Wie wurde er entdeckt?

Io wurde sowohl von Simon Marius als auch von Galileo Galilei entdeckt. Galileo gelang das am 7. Januar 1610 und Marius entdeckte ihn zu etwa der selben Zeit.

16 Europa

Europafakten

- Europa besitzt einen Ozean unter seiner Eisoberfläche
- Einige Wissenschaftler glauben, dass es in diesem Ozean Leben gibt

Europa ist einer der Monde von Jupiter und hat eine Oberfläche aus Eis. Europa ist sehr interessant für die Wissenschaftler, da geglaubt wird, dass sich ein Ozean unter dem Eis befindet und es dort Leben geben könnte.

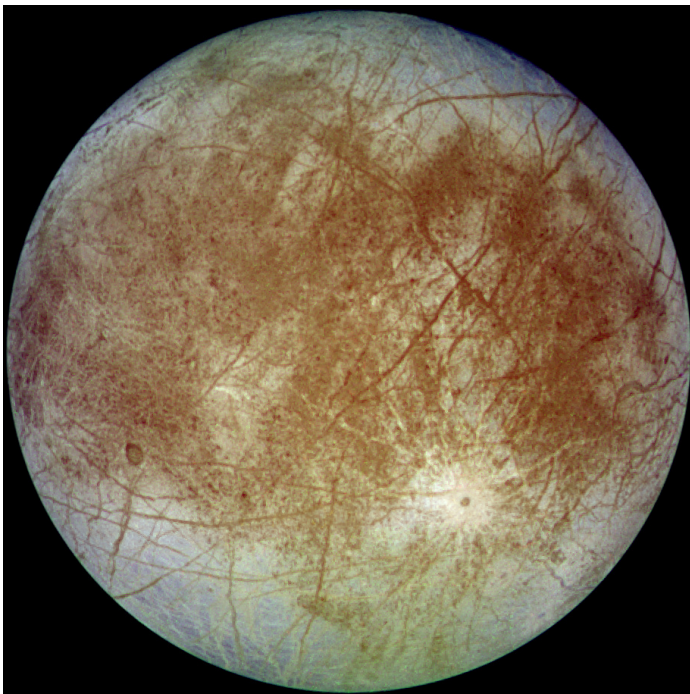


Abb. 68 Europa, von der Sonde Galileo fotografiert

16.1 Wie groß ist Europa?

Europa hat einen Durchmesser von 3122 km (das ist rund 1/4 des Erddurchmessers). Du bräuchtest 125 Europas, um das Gewicht der Erde zu bekommen und du könntest 67 Europas in die Erde stecken..

16.2 Wie sieht die Oberfläche von Europa aus?



Abb. 69 Foto von Europas Oberfläche, aufgenommen von der Sonde Galileo

Die Oberfläche von Europa ist außerordentlich eben; nur wenige Dinge ragen weiter als ein paar hundert Meter empor. Es gibt nur sehr wenige Krater auf Europa und nur drei davon sind breiter als 5 km. Das spricht für eine junge und aktive Oberfläche, denn ausgehend von Schätzungen über die Häufigkeit von Kometeneinschlägen, die Europa vermutlich erduldet, ist die Oberfläche nicht älter als 30 Millionen Jahre. Das Glatte und die sichtbaren Markierungen erinnern sehr an das Meereis auf der Erde, und es wird geglaubt, dass es unter der Oberfläche eine Schicht mit flüssigem Wasser gibt, die durch Hitze aus den Gezeitenkräften warm gehalten wird. Die Temperatur auf der Oberfläche liegt weit unter dem Gefrierpunkt, selbst am Äquator, sodass das Wassereis steinhart ist. Berechnet man die Hitze aus Europas Gezeitenkräften und berücksichtigt auch noch, dass die größten Krater mit flachem frischem Eis gefüllt zu sein scheinen, so lässt sich die äußere Kruste von Europa auf eine Dicke von 10 - 30 km abschätzen, was bedeuten würde, dass der flüssige Ozean darunter bis zu 90 km tief sein könnte.

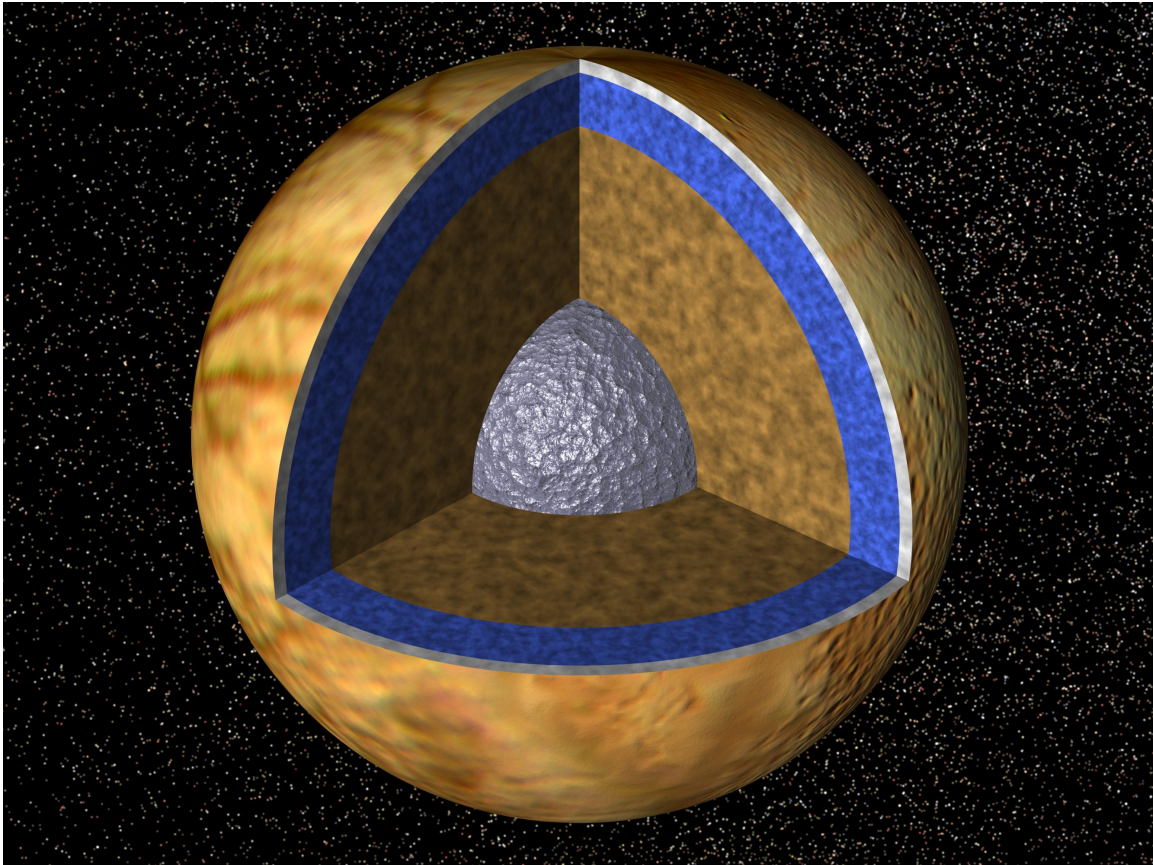


Abb. 70 Aufriss von dem, wie wir uns derzeit das Innere von Europa vorstellen

Das auffallendste Merkmal auf Europas Oberfläche ist eine Serie dunkler Streifen, die kreuz und quer über den gesamten Globus verlaufen. Diese Streifen erinnern sehr an die Risse, die sich auf irdischem Meereseis bilden. Nähere Untersuchungen zeigen, dass sich die Kanten von Europas Kruste an beiden Seiten der Risse zueinander verschoben haben. Die größeren Streifen sind grob 20 km breit mit einem zentralen Streifen aus hellerem Material. Sie wurden möglicherweise durch eine Serie von vulkanischen Wasserausstößen oder Geysiren erzeugt, die die Kruste Europas aufbrachen und wärmere Schichten hervortreten ließen. Die Wirkung ist so ähnlich wie bei Meereseis auf der Erde. Diese verschiedenen Brüche werden wahrscheinlich durch Gezeitenkräfte verursacht, die von Jupiter ausgeübt werden. Dabei wird Europas Oberfläche zwischen Ebbe und Flut um bis zu 30 Metern abgesenkt und angehoben. Da Europa und Jupiter in **gebundener Rotation** sind - Europa zeigt Jupiter stets dieselbe Seite - sollte das Muster der Belastung ein besonderes und vorhersagbares Muster erzeugen. Dennoch stimmt das vorhergesagte Muster nur mit den jüngeren Brüchen auf Europa überein; andere Brüche scheinen zunehmend andersartige Ausrichtungen zu haben, je älter sie sind. Das kann dadurch erklärt werden, dass sich Europas Oberfläche geringfügig schneller dreht als sein Inneres. Das ist möglich, weil der Ozean unter der Oberfläche diese vom steinigen Mantel des Mondes trennt.

Es wird angenommen, dass Leben in diesem Ozean unter dem Eis existieren könnte. Wissenschaftler, die das vermuten, weisen darauf hin, dass Leben unter ähnlich harten Bedingungen auf der Erde überleben kann: An unterseeischen hydrothermalen Öffnungen oder im antarktischen Lake Vostok, der sich ebenfalls unter einer dicken Eisschicht befindet. Derzeit gibt es noch keinen klaren Beweis

für Leben auf Europa, doch werden große Anstrengungen unternommen, damit es zu keiner Kontamination kommt. Die Galileo-Mission wurde durch einen gewollten Absturz auf Jupiter beendet - wäre sie sich selbst überlassen worden, wäre die Sonde vielleicht auf Europa abgestürzt und hätte dort Mikroorganismen der Erde verbreitet. Dadurch wäre es unmöglich geworden festzustellen, ob Europa mal eigenes Leben gehabt hatte, vorhandenes Leben könnte so zerstört werden.

16.3 Wie lange dauert ein Europatag?

Europa dreht sich genauso schnell um sich selbst wie er sich um Jupiter dreht. Damit schaut immer die gleiche Seite zu Jupiter, genauso wie bei unserem Mond.

16.4 Wie lange braucht Europa um Jupiter zu umkreisen?

Europa braucht ein wenig mehr als 3,5 Tage, um Jupiter zu umrunden.

16.5 Wonach ist Europa benannt?

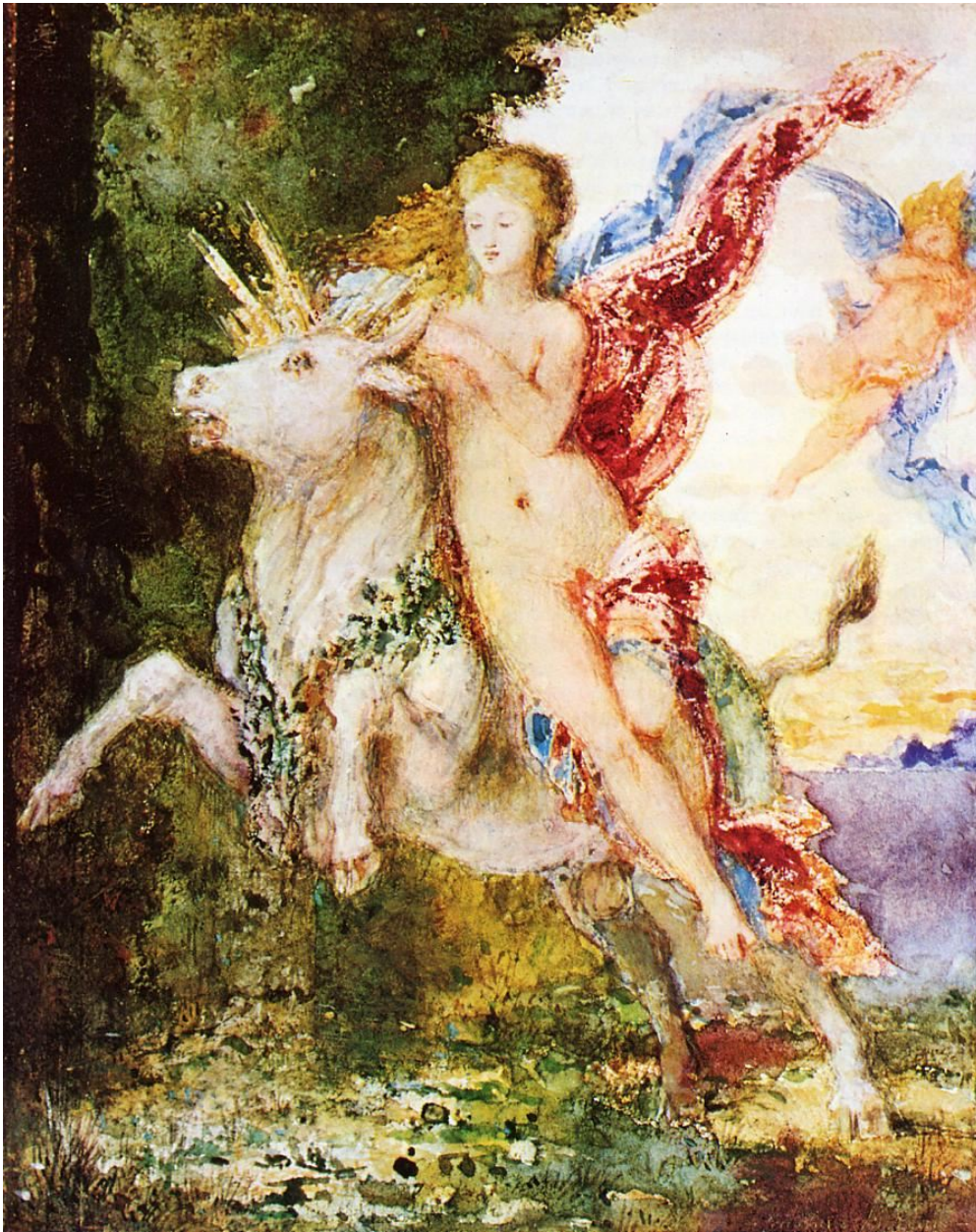


Abb. 71 Europa und Zeus in der Gestalt eines weißen Bullen

Europa ist nach einer Geliebten von Zeus benannt.

16.6 Wie wurde er entdeckt?

Europa wurde von zwei Leuten entdeckt: Simon Marius und Galileo Galilei. Galileo entdeckte ihn am 7. Januar 1610. Marius entdeckte ihn unabhängig von Galileo im gleichen Zeitraum.

17 Ganymed

Ganymedfakten

- Ganymed ist der einzige von Galileo entdeckte Jupitermond, der nach einem Mann benannt ist.
- Ganymed, der größte Mond im Sonnensystem, ist sogar größer als Merkur und Pluto.



Abb. 72 Ganymed, Foto von Voyager 1

Ganymed ist ein Jupitermond.

17.1 Wie groß ist Ganymed?

Ganymed ist 5262,4 km breit, also 0,413 mal so breit wie die Erde.

17.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

Die Oberfläche von Ganymed ist in zwei Gebiete unterteilt: Dunkle Bereiche und helle Bereiche. Die dunklen Bereiche sind sehr kalt mit enorm vielen Kratern, während die hellen Bereiche jünger sind (doch trotzdem ziemlich alt) und Schluchten und Bergkämme aufweisen. Dennoch gibt es in beiden Geländearten Krater; sie sind zwischen 3 und 3,5 Milliarden Jahre alt.

Ganymeds Kruste besteht aus Wassereis. Wie die Erdkruste ist sie in Platten aufgebrochen, die sich verschieben können. Entlang der Bruchzonen haben sich Bergketten gebildet. Weil die Kruste schwimmen kann, bleiben die Krater flach. Manchmal werden alte Krater durch die von der Kruste verursachte Verwitterung **palimpsest** (wieder abgeschabt).

Kürzlich konnte mit dem **Hubble-Weltraumteleskop** eine Sauerstoffatmosphäre auf Ganymed nachgewiesen werden. Das bedeutet nicht, dass es Leben auf Ganymed gibt; vermutlich entsteht der Sauerstoff dadurch, dass **Radioaktivität** das Wassereis (H₂O) in Wasserstoff und Sauerstoff aufspaltet. Der Wasserstoff geht verloren, weil er nur eine geringe **Masse** besitzt, während der Sauerstoff die Atmosphäre bilden kann.

17.3 Wie lange dauert ein Tag von Ganymed?

Ein Ganymedtag dauert ungefähr 7,15 Erdtage.

17.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Jupiters?

Ganymed benötigt für eine Umrundung 7,15 Erdtage. Ganymed umkreist Jupiter mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der er sich dreht.

17.5 Nach wem wurde er benannt?

Ganymed wurde nach einem Geliebten des Zeus benannt, der außerdem Mundschenk für die Götter war.

17.6 Wie wurde er entdeckt?

Ganymed wurde von Galileo Galilei und Simon Marius entdeckt. Galileo fand ihn am 11. Januar 1610 und Marius ungefähr zur selben Zeit.

18 Kallisto

Kallistofakten

- Kallistos Kruste ist etwa 4 Milliarden Jahre alt, also entstand er etwa zu der Zeit, als unser Sonnensystem entstand.

Kallisto ist ein Mond des Jupiter.

18.1 Wie groß ist Kallisto?

Kallisto hat einen Durchmesser von 4820,6 Kilometern, das entspricht 0,378 Erddurchmessern.

18.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Kallistos Oberfläche gehört zu denen mit den meisten Kratern im Sonnensystem. Tatsächlich sind Einschlagskrater die einzigen Merkmale der Oberfläche. Weil Kallistos Oberfläche vereist ist, sind große Krater und Berge mit der Zeit verwittert.

Der größte Krater auf der Oberfläche ist Valhalla. Er hat eine Ausdehnung von 3000 Kilometern. Der zweitgrößte Krater, Asgard, hat eine Ausdehnung von 1600 Kilometern. Gipul Catena, das ist eine Serie von Kratern in einer Linie, sind wahrscheinlich durch ein Objekt entstanden, das durch die Gezeiteneffekte beim nahen Vorbeiflug am Jupiter zerbrach.

18.3 Wie lang dauert ein Tag auf Kallisto?

Ein Tag auf Kallisto dauert etwa 16,7 Erdtage.

18.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Jupiters?

Ein Umlauf um den Planeten benötigt ebenso 16,7 Erdtage.

18.5 Nach wem wurde er benannt?

Kallisto wurde nach einer der vielen Geliebten des Zeus benannt.

18.6 Wie wurde er entdeckt?

Kallisto wurde durch Galileo Galilei und durch Simon Marius entdeckt. Galileo entdeckte den Mond am 7. Januar 1610 und Marius beobachtete ihn zu etwa der gleichen Zeit.

19 Saturn

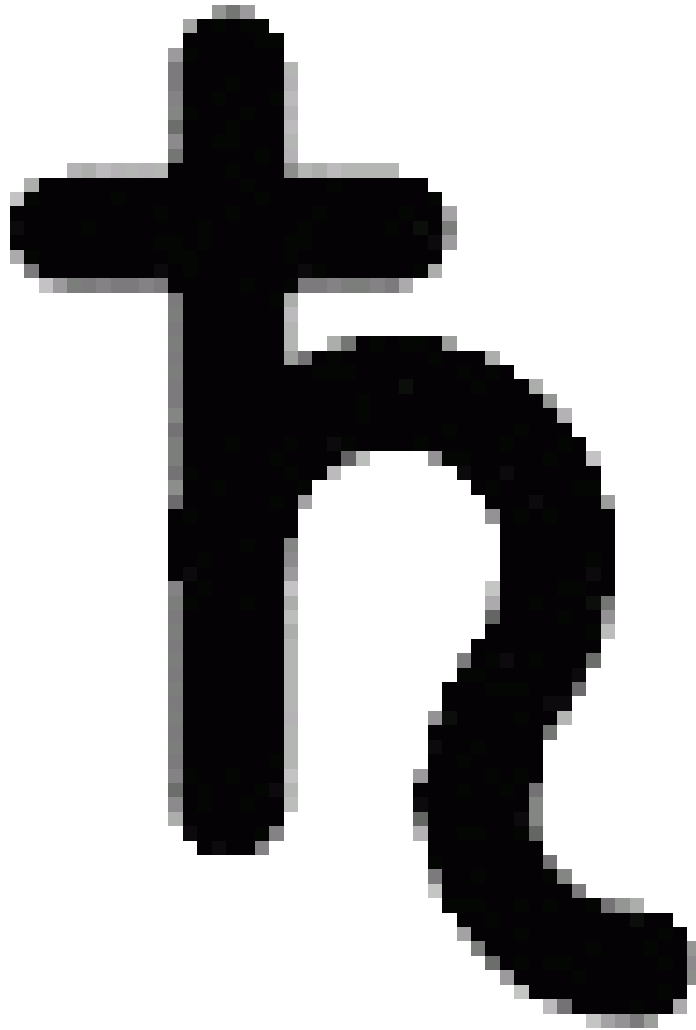


Abb. 73

Saturnfakten

- Wenn du eine Badewanne findest, die groß genug ist, würde Saturn in ihr schwimmen.

- Einige der Saturnmonde wirken sich auf die Breite der Ringe aus. Diese sind als Schäfermonde bekannt.
- Alles in allem besteht er aus Gasen und könnte einen festen Kern haben.

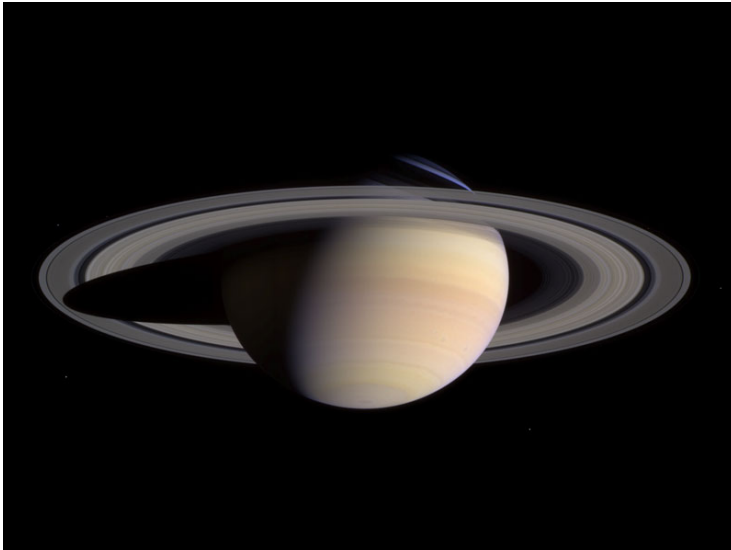


Abb. 74 Der Saturn wirft einen Schatten auf seine Ringe

19.1 Wie groß ist der Planet?

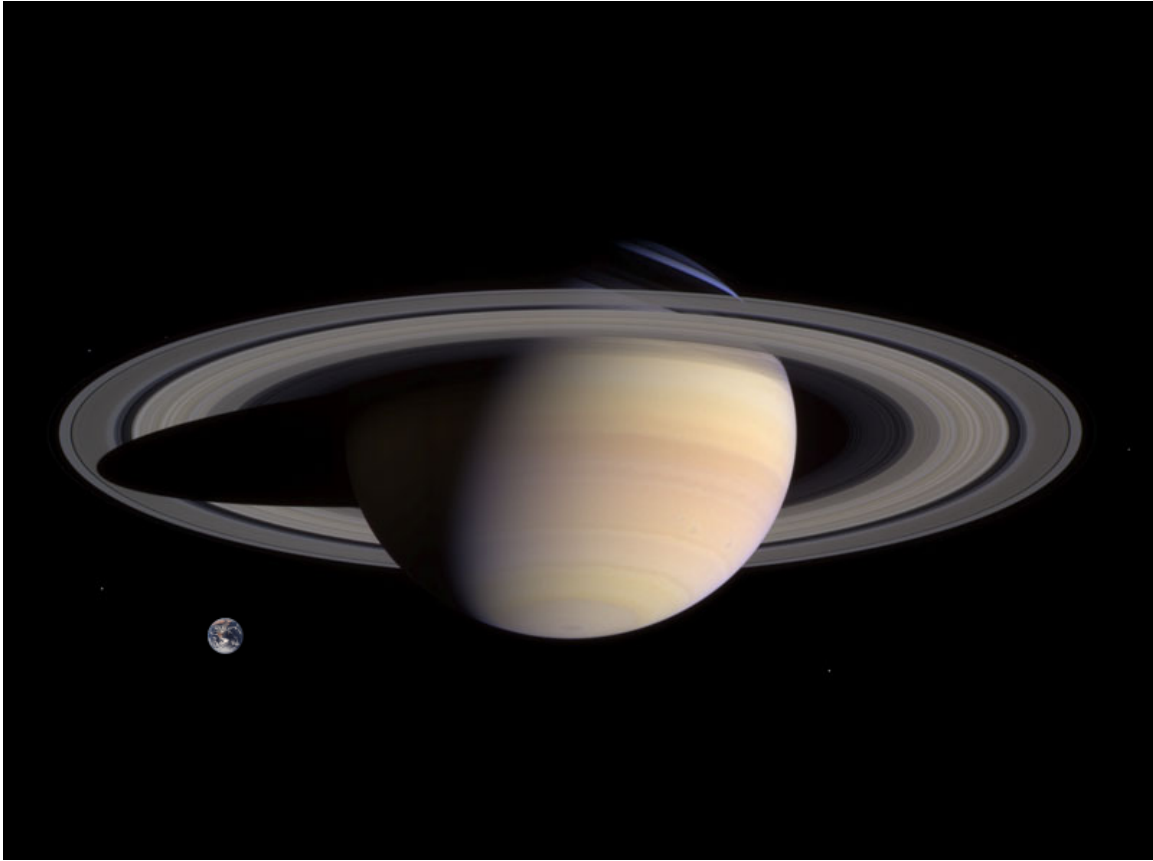


Abb. 75 Vergleich der Größe des Saturns mit der der Erde

Der Saturn hat einen **Äquator**durchmesser von 120536 km und ist damit so breit wie 10 Erden in einer Reihe.¹

19.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Der Saturn besteht hauptsächlich aus Gasen und Flüssigkeiten.² Saturn könnte eine dünne Schale aus Stein und Eis haben.³ Die **Atmosphäre** hat Bänder ähnlich zum Jupiter, die aber nicht so farbreich sind, wie die des Jupiters.⁴

1 "Durchmesser des Saturns" <http://www.nineplanets.org/saturn.html>; <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/saturnfact.html>

2 <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Saturn&Display=OverviewLong>

3 http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=166

4 http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/saturn/lower_atmosphere.html&edu=high

19.3 Woraus bestehen die Ringe?

Die Ringe des Saturns bestehen aus Gesteins- und Eisklumpen, die klein wie Staub oder groß wie Häuser sind. Einige dieser Klumpen können sogar einige Kilometer groß sein! Die Klumpen sind aber ziemlich weit voneinander entfernt. Es wäre also einfach, durch die Ringe des Saturns hindurchzuflogen.⁵

19.4 Wie sind seine Monde beschaffen?

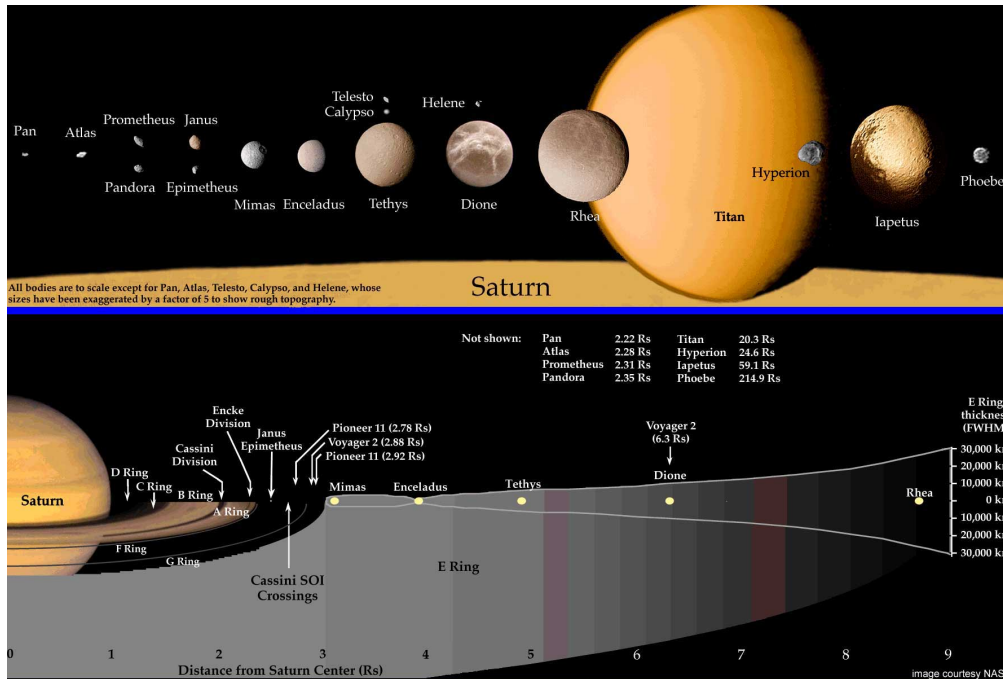


Abb. 76 Eine Karte des Saturnsystems (NASA)

Der Saturn hat insgesamt 34 Monde, die einen Namen haben.⁶ Die Saturnmonde sind nur wenig größer als die größten Eisstücke in den Saturnringen. Das bedeutet, dass wir die genaue Zahl der Monde nicht wissen. Bis jetzt hat man 48 Monde entdeckt und man entdeckt immer wieder weitere Monde.⁷

⁵ <http://www.nineplanets.org/saturn.html>; <http://www.solarviews.com/eng/saturnrings.htm>; <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Saturn&Display=Rings>

⁶ <http://www.nineplanets.org/saturn.html>

⁷ <http://www.factmonster.com/ce6/sci/A0860937.html>

19.4.1 Schäfermonde

Es gibt einige kartoffelförmige kleine Monde in oder nahe bei Saturns Ringen. Durch ihre Schwerkraft steuern sie die Ringteilchen. Aus diesem Grund werden sie Schäfermonde genannt. Sechs sind bekannt, doch mag es weitere geben.⁸

19.4.2 Mimas

Mimas besteht größtenteils aus Wassereis mit etwas Gestein.⁹ Er hat einen großen **Krater**, der wegen seiner Größe *Herschel* genannt wird. Der hat einen Durchmesser von 130 km, wodurch er ungefähr ein Drittel so groß ist wie Mimas selbst.¹⁰ Der Krater lässt Mimas so aussehen wie der Todesstern aus den *Star Wars*-Filmen.

19.4.3 Enceladus

Enceladus besteht aus Eis. Er hat eine größere **Dichte** als die anderen Eismonde. Das lässt vermuten, dass sein Inneres Gestein enthält.¹¹ Er hat glatte Gebiete, Spalten und einige Krater. Die glatten Gebiete sind jünger. Ihre Krater sind in den vergangenen 100 Millionen Jahren zusammengefallen. Über einer glatten Ebene des Südpols wurde Wasserdampf gefunden. Die Spalten und Furchen weisen wie bei Ganymed auf **Tektonik** hin. Es wurden wie auf Europa einige Bergketten entdeckt. Das weist auf Gebiete von Enceladus mit Ozeanen wie unter Europa hin.¹² **Gezeitenkräfte** von Dione könnten einige dieser Aktivitäten verursacht haben. Das liegt daran, dass Enceladus während eines Umlaufs von Dione zwei Mal um Saturn kreist. Dadurch zerren Dione und Saturn an Enceladus. So ähnlich erzeugen auch Europas und Ganymeds Gezeitenkräfte die Energie für Ios Vulkane¹³

19.4.4 Tethys



Abb. 77 Tethys, Foto von der Sonde Cassini.

8 <http://saturn.jpl.nasa.gov/faq/saturn.cfm#q13>

9 <http://www.nineplanets.org/mimas.html>

10 <http://www.nineplanets.org/mimas.html>

11 http://saturn.jpl.nasa.gov/multimedia/products/pdfs/20050830_CHARM_Esposito.pdf; <http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb/phoebe.html>

12 <http://www.nineplanets.org/enceladus.html>; http://www.nasa.gov/home/hqnews/2005/jul/HQ_05208_cassini_watery_world.html;

13 <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/saturn/enceladus.shtml>; <http://www.spacedaily.com/news/cassini-01e3.html>

Tethys ist ein Eismond mit vielen Kratern, zu denen auch der gewaltige *Odysseus* gehört. Der hat einen Durchmesser von 400km, was bereits 1/5 von Tethys ist. Der Krater wurde mit der Zeit flacher, weil das eisige Material seine Form nicht so gut beibehält wie Gestein es tut. Es gibt auch ein langes Tal namens *Ithaca Chasma*. Es ist 3 bis 5 km tief, 100 km breit und 2000 km lang, drei Viertel der Strecke um Tethys herum.¹⁴

Zwei Monde, Telesto und Calypso, liegen ebenfalls auf Tethys Umlaufbahn. Telesto läuft voraus und Calypso ist hinter Tethys.¹⁵

19.4.5 Dione

Dione besteht aus einer großen Menge Eis und vielleicht etwas Gestein im **Kern**. Er hat eine Menge Krater. Die Krater sind flach, weil das Eis ihre Form nicht so gut erhält wie Gestein. Eine Seite hat helle weiße Linien, die Spalten sind. Zwei Monde liegen ebenfalls auf Diones Umlaufbahn. Helene läuft voraus und Polydeuces liegt hinter Dione.¹⁶

19.4.6 Rhea

Rhea ist ein eisiger Mond ähnlich wie Dione mit etwas Gestein im Kern. Er hat viele Krater auf einer Seite und auf der anderen einige leuchtend weiße vereiste Gebiete.¹⁷

19.4.7 Titan

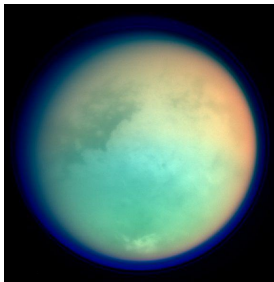


Abb. 78 Titan
aufgenommen von der
Cassini Sonde.

Titan ist der größte Saturnmond und der zweitgrößte des ganzen Sonnensystems.¹⁸ Er ist der einzige Mond des Sonnensystems, der eine dichte Atmosphäre besitzt. Die Atmosphäre besteht aus **Stickstoff**,

14 <http://www.nineplanets.org/tethys.html>

15 <http://apod.gsfc.nasa.gov/apod/ap020519.html>

16 <http://www.nineplanets.org/dione.html>; <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Dione>; http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat_Polydeuces

17 <http://www.nineplanets.org/rhea.html>; http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat_Rhea

18 <http://www.nineplanets.org/titan.html>; http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat_Titan

Argon, Methan und verschiedenen **organischen Verbindungen**.¹⁹ Seine Oberfläche hat helle und dunkle Bereiche und wenige Krater. Allerdings entdeckte die Sonde Cassini einen großen Krater mit einer Breite von 440 km.²⁰

19.4.8 Hyperion

Hyperion besteht aus Wassereis mit wenig Gestein. Seine Form erinnert an eine Kartoffel. Er taumelt, anstatt wie die anderen Monde um eine feste Achse zu rotieren.²¹

19.4.9 Iapetus

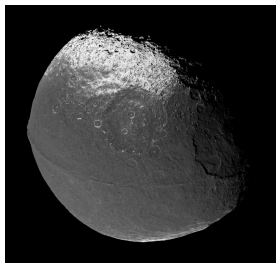


Abb. 79 Aus Einzelaufnahmen von Iapetus zusammengesetzt, Fotos von der Sonde Cassini.

Iapetus besteht fast vollständig aus Eis.²² Er hat einen hellen Bereich, der *Roncevaux Terra* heißt und Krater hat.²³ Es gibt ein großes dunkles Gebiet namens *Cassini Regio*, das die Hälfte von Iapetus bedeckt. Das dunkle Material könnte von Phoebe stammen. Einiges davon liegt auf dem Grund der Krater. Eine gewaltige Krater und eine Bergkette wurden von der Sonde Cassini in *Cassini Regio* entdeckt. Die Bergkette erstreckt sich 1300 km um den Äquator. Sie ist bis zu 13 km hoch, das ist ungefähr 1,5 mal so hoch wie der Mount Everest.²⁴

19 <http://www.nineplanets.org/titan.html>; http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sat_Titan

20 <http://www.nineplanets.org/titan.html>; http://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/media/cassini-021605.html

21 <http://www.nineplanets.org/hyperion.html>

22 <http://www.nineplanets.org/iapetus.html>

23 <http://www.seasky.org/solarsystem/sky3g8.html>

24 <http://www.solarviews.com/cap/pia/PIA06166.htm>; <http://www.solarviews.com/eng/iapetus.htm>; <http://www.nineplanets.org/iapetus.html>; <http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap030831.html>

19.4.10 Phoebe

Phoebe besteht aus Eis und Gestein. Er sieht dunkel aus, weil er eine Schicht aus dunklem Material auf seiner Außenseite hat. Er sieht ziemlich rau aus.²⁵

19.4.11 Weitere Monde

Es gibt zwei Gruppen kleinerer äußerer Monde. Phoebe gehört zu der zweiten äußeren Gruppe.²⁶

19.5 Wie lange dauert ein Tag auf diesem Planeten?

Ein einzelner Tag auf dem Saturn dauert etwa 10 Stunden und 42 Minuten.²⁷

19.6 Wie lange dauert ein Jahr auf diesem Planeten?

Ein Saturnjahr dauert etwa 29,46 Erdjahre. Das sind volle 10760 Erdtage!²⁸

19.7 Woraus besteht er?

Der Saturn besitzt wahrscheinlich einen Gesteinskern. Um den Kern herum befindet sich Eis. Auf dem Eis ist flüssiger metallischer **Wasserstoff**. Darüber befindet sich gasförmiger Wasserstoff. Es gibt keine scharfe Grenze, an der der Wasserstoff plötzlich von gasförmig in flüssig umwechselt.

Saturns Atmosphäre besteht zum größten Teil aus Wasserstoffgas. Zu den weiteren Gasen gehören **Helium** und andere. Es könnte sein, dass es Regen aus Helium gibt, der durch den Wasserstoff fällt.²⁹

19.8 Wie schwer würde Saturns Gravitation mich machen?

Würdest du in Wolkenhöhe auf Saturn schweben, würde es dich mit nur ein wenig mehr Kraft nach unten ziehen als auf der Erde.³⁰ Die Auswirkungen von Saturns großem **Radius** und seiner **Masse** gleichen sich in etwa aus, sodass die Kraft nur ein wenig größer ist.

25 <http://www.solarviews.com/eng/phoebe.htm>

26 <http://www.factmonster.com/ce6/sci/A0860937.html>

27 <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Saturn&Display=Facts&System=Metric>

28 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/saturnfact.html>

29 <http://www.nineplanets.org/saturn.html>; <http://www.solarviews.com/eng/saturn.htm>; <http://www.seasky.org/solarsystem/sky3g1.html>

30 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/saturnfact.html>

19.9 Nach wem wurde er benannt?

Saturn ist nach dem römischen Gott der Aussaat benannt. Er lehrte die Menschen, wie sie das Land nutzen. Er ist der Vater des Jupiters. Auch der Sonnabend (saturday) ist nach diesem Gott benannt worden.³¹

19.10 Quellen

Diese Webseiten sind alle in englischer Sprache. Bald findest du hier auch Verweise auf deutschsprachige Internetseiten.

31 <http://www.pantheon.org/articles/s/saturn.html>;
caltech.edu/cosmic_kids/AskKids/saturn_name.shtml

<http://coolcosmos.ipac.>

20 Mimas

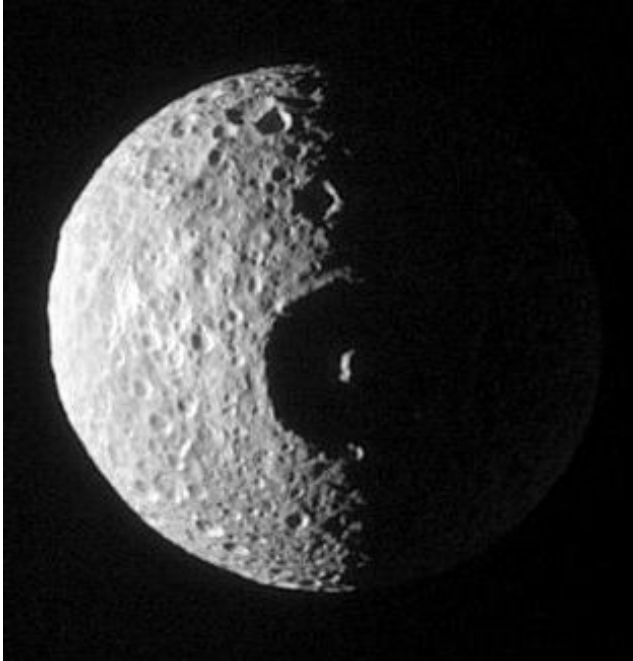


Abb. 80 Mimas von der Sonde Cassini-Huygens aus fotografiert

Mimas ist einer der Monde des Saturns.

20.1 Wie groß ist Mimas?

Mimas hat einen Durchmesser von 397,2 Kilometern.

20.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche des Mimas ist mit Kratern bedeckt, von denen der Herschel (benannt nach William Herschel) der größte ist. Allein dieser Krater hat einen Durchmesser von einem Drittel von Mimas Breite. Er ist 5 Kilometer hoch und 10 Kilometer tief und der höchste Punkt des Kraters befindet sich 6 Kilometer über dem Grund des Kraters.

Mimas hat auf der Oberfläche auch viele **Klüfte**, welche sehr lang, schmal und stark abfallend sind.

20.3 Wie lange dauert ein Tag auf Mimas?

Ein ganzer Tag auf Mimas dauert 23 Stunden.

20.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?

Mimas braucht 23 Stunden, um den Saturn einmal zu umkreisen. Er hat eine **gebundene Rotation**, das bedeutet, dass es genauso lange dauert, den Saturn zu umrunden, wie sich einmal um sich selbst zu drehen. Damit zeigt immer die gleiche Seite des Mimas zum Saturn.

20.5 Woraus besteht er?

Mimas besteht hauptsächlich aus Eis und ein paar Gesteinsbrocken.

20.6 Wie schwer würde Mimas Gravitation mich machen?

Mimas würde dich nur 0.008-mal so stark anziehen wie die Erde.

20.7 Nach wem wurde er benannt?

Mimas wurde nach Mimas benannt, einen der Söhne der griechischen Gottheit Gaia. Dieser Name wurde von John Herschel vorgeschlagen, das ist William Herschels Sohn. Außerdem wurde Mimas auch Saturn 1 genannt.

20.8 Wie wurde er entdeckt?

Mimas wurde im Jahr 1789 von William Herschel entdeckt. Es war insgesamt der zweite Mond, den Herschel entdeckte.

21 Enceladus

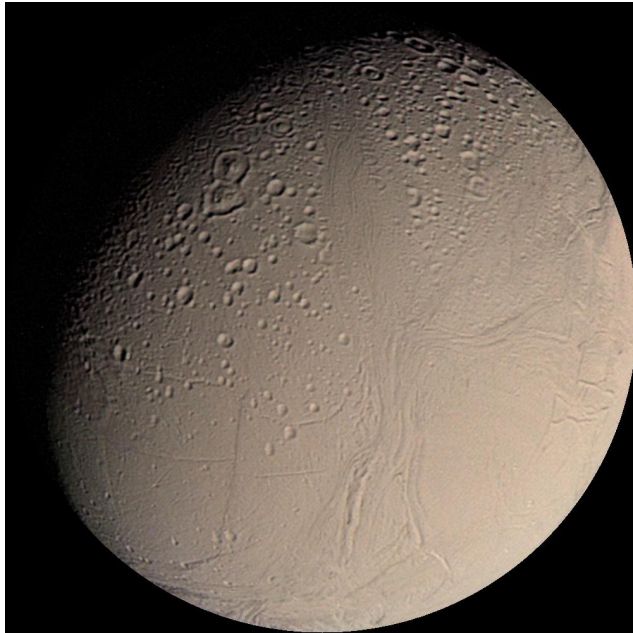


Abb. 81 Enceladus, von Voyager 2 fotografiert

Enceladus ist einer der Monde des Saturns.

21.1 Wie groß ist Enceladus?

Enceladus durchmisst etwa 498,8 Kilometer.

21.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche des Enceladus ist sehr vielfältig. Bilder, die von *Voyager 2* aufgenommen wurden, zeigten, dass es mindestens 5 verschiedene Typen von Strukturen gibt. Dazu gehören Regionen mit vielen Kratern, Regionen mit glattem, jungem Gelände und Straßen von zerpfügtem Gelände, das die glatten und ebenen Regionen umschließt. Die Bilder zeigen außerdem Risse, die sich über die Region mit den vielen Kratern und die glatten und ebenen Region hinweg erstrecken.

Die ebenen und glatten Regionen haben nur sehr wenige Krater, was bedeutet, dass sie noch nicht sehr alt sind. Das bedeutet aber, dass es wohl **Kryovulkane** oder etwas Ähnliches geben muss, welche die Oberfläche immer wieder erneuern.

Als die Sonde *Cassini* am 17. Februar und am 9. März 2005 am Saturn vorbei flog, konnten noch mehr Details über die Oberfläche von Enceladus herausgefunden werden. Die glatten und ebenen Regionen, die *Voyager 2* fotografieren konnte, offenbarten nun viele kleine Risse und Klippen, während die alten Regionen große Verwerfungen aufwiesen.

21.3 Wie lange dauert ein Tag auf Enceladus?

Ein einzelner Tag auf Enceladus dauert genau 1,37 Erdtage, beziehungsweise einen Tag, 8 Stunden und 53 Minuten. Das ist genauso lange, wie er braucht, um sich einmal um den Saturn herum zu bewegen. Daraus ergibt sich, dass vom Saturn aus immer die gleiche Seite des Mondes zu sehen ist. Wenn es genauso lange dauert, den Planeten zu umrunden, wie sich einmal selbst zu drehen, so nennt man das eine **gebundene Rotation**.

21.4 Wie schwer würde Enceladus Gravitation mich machen?

Wenn du auf der Oberfläche stündest, dann würdest du nur ein Zehntel dessen wiegen, was du auf der Erde wiegst.

21.5 Nach wem wurde er benannt?

Enceladus wurde nach einem Giganten der griechischen Mythologie benannt. Er wurde von Zeus Blitzen vernichtet und unter dem Vulkan Edna begraben. Das Feuer des Edna wird manchmal als der Atem bezeichnet und das Donnern und Grollen des Berges, so sagt man, stamme von Enceladus, wenn er sich gerade auf die andere Seite dreht.

Dieser Name und andere Namen der Saturnmonde wurden von John Herschel, Sohn von William Herschel, im Jahre 1847 in seiner Veröffentlichung *Resultate der astronomischen Beobachtung vom Kap der Guten Hoffnung* (Results of Astronomical Observations made at the Cape of Good Hope) vorgeschlagen.

21.6 Wie wurde er entdeckt?

Enceladus wurde im Jahr 1847 vom englischen Astronomen William Herschel entdeckt.

22 Tethys



Abb. 82 Tethys - aufgenommen von Voyager 2

Tethys ist einer der Monde des Saturns.

22.1 Wie groß ist Tethys?

Tethys hat einen Durchmesser von zirka 1060 Kilometer.

22.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche von Tethys hat viele Krater und Risse, die durch Brüche der Eisoberfläche entstanden sind.

Es gibt 2 Arten von Gelände auf der Oberfläche. Die eine ist eine starke Kraterlandschaft und die andere ist ein dunkelfarbiger Gürtel mit wenigen Kratern. Die geringe Krateranzahl auf der Oberfläche zeigt uns, dass der Mond einmal im Innern aktiv war, wodurch alte Landschaften erneuert wurden. Der Grund, warum die Oberfläche dunkel gefärbt ist, wurde noch nicht herausgefunden, aber neue Bilder von Ganymed und Kallisto lassen uns vermuten, dass der Mond 2 Eiskappen hat und der schwarze Gürtel aus Stein besteht.

Der größte Krater auf Tethys heißt Odysseus. Er ist über 400 Kilometer groß und bedeckt zwei Fünftel seiner Oberfläche! Er ist relativ flach, weil sich die Eiskruste des Tethys bewegt.

Ein weiteres interessantes Detail von Tethys Oberfläche ist die Schlucht *Ithaca Chasma*. Sie hat eine Größe von 100 Kilometer und ist zwischen drei und fünf Kilometer tief. Sie verläuft auf etwa 2000 Kilometer auf fast 3/4 der Länge von Tethys **Umfang**. Es gibt zwei Theorien, wie dieses riesige Tal entstanden sein könnte. Die erste besagt, dass als Tethys inneres Wasser sich verfestigt hat, sich der Mond dabei ausdehnte und die Oberfläche aufbrach, um sie dem zusätzlich erforderlichen **Volumen** anzupassen. Die andere Theorie lautet, dass der Aufprall, der den Krater Odysseus erschuf, Schockwellen erzeugte, die durch Tethys liefen und das Eis auf der anderen Seite aufbrechen ließen.

22.3 Wie lange dauert ein Tag auf Tethys?

Ein Tag auf Tethys dauert 1,89 Erdtage, oder besser gesagt 1 Tag und 21 Stunden. Dieser Mond braucht für eine Umdrehung um sich selbst genauso lange wie für eine Umrundung um den Saturn. Das bedeutet, dass immer die gleiche Seite des Mondes zu Saturn zeigt.

22.4 Woraus besteht er?

Tethys besteht fast vollständig aus Wasser-Eis.

22.5 Nach wem wurde er benannt?

Als Tethys, Dione Rhea und Iapetus entdeckt wurden, wurden sie zu Ehren von König Ludwig dem Vierzehnten *Sidera Lodoicea (Die Sterne von Louis)* genannt. Doch Astronomen nannten sie und ebenso Titan "Saturn 1" bis Saturn 5". Als im Jahre 1789 Mimas und Enceladus entdeckt wurden, wurde das Zahlenschema bis Saturn 7 erweitert.

Der Name Tethys wurde vom Astronom John Herschel, Sohn des Astronomen William Herschel, vorgeschlagen. Im Jahre 1847 veröffentlichte er *Ergebnisse astronomischer Beobachtungen vom Kap der Guten Hoffnung*, worin er vorschlug, die Namen der Titanen, also die der Schwestern und Brüder von Kronos (Saturn bei den alten Römern), zu verwenden.

In der griechischen Mythologie war Tethys eine Titanin und Meeresgöttin, die Schwester und Frau von Okeanos. Sie war die Mutter der wichtigsten Flüsse des Universums wie zum Beispiel des Nils, des Alpheus und des Maeanders und weiteren über dreitausend Töchtern, den Oceaniden.

22.6 Wie wurde er entdeckt?

Tethys wurde durch Giovanni Cassini am 21. März 1684 entdeckt.

23 Dione



Abb. 83 Dione von Voyager 1 aufgenommen

Dione ist einer der Monde des Planeten Saturn. Er wurde zum ersten Mal genau fotografiert, als die Voyager 1 Sonde den Saturn im Jahre 1980 passierte. Die Cassinisonde begann mit den ersten Nahaufnahmen im Jahr 2004 und wir wissen nun viel mehr über diesen Mond.

23.1 Wie groß ist Dione?

Dione hat einen Durchmesser von 1118 Kilometern. Er ist viel kleiner als unser Mond, welcher einen Durchmesser von fast 3.500 Kilometer hat. Er ist etwa ein Fünftel mal so groß wie der Titan, das ist der größte Mond, der den Saturn umkreist.

23.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Es ist eine kalte, eisige Welt, ganz ohne Atmosphäre. Die Seite des Mondes, die in Richtung seiner Umkreisung zeigt, ist übersät mit Kratern von Kollisionen mit Asteroiden. Auf der anderen Seite sind helle, büschelige Streifen auf der Oberfläche verteilt. Das sind Klippen im Eis, die entstanden, als sich das Eis bewegte.

23.3 Wie lange dauert ein Tag auf Dione?

Dione braucht 2,74 Tage für eine vollständige Umrundung des Saturns. Das sind etwas weniger als 2 Tage und 11 Stunden. Genau so lange dauert es, bis sich Dione einmal um sich selbst gedreht hat. Das bedeutet, dass immer die gleiche Seite des Mondes auf den Saturn gerichtet ist, das ist genauso, wie es auch bei unserem Mond ist, er wendet uns auch immer die gleiche Seite zu.

23.4 Woraus besteht er?

Dione besitzt einen Mantel aus Eis um ein felsiges Inneres. Der Felsanteil innen ist größer als der aller anderen Monde des Saturns, ausgenommen hiervon ist der Titan.

23.5 Wie schwer würde Diones Gravitation mich machen?

Eine Person, die auf der Oberfläche steht, würde weniger als ein Dreißigstel dessen wiegen, was sie auf der Erde wiegt.

23.6 Nach wem wurde er benannt?

Dieser Mond ist nach einem der Titanen der griechischen Mythologie benannt. Das geschah in Anlehnung an die ursprünglichen 12 Titanen aus den Gedichten des griechischen Hesiod.

23.7 Wie wurde er entdeckt?

Er wurde durch den italienischen Astronomen Giovanni Cassini im Jahr 1684 entdeckt. Zu dieser Zeit war Cassini Direktor des Pariser Observatoriums in Frankreich.

24 Rhea



Abb. 84 Bild des Rhea von der Cassini-Sonde

Rhea ist ein Mond des Saturn.

24.1 Wie groß ist Rhea?

Rhea hat einen Durchmesser, das ist die Entfernung von einer Seite zur anderen durch den Mittelpunkt, von 1530 Kilometern. Rhea ist ziemlich groß im Vergleich zu den anderen Monden im Sonnensystem.

24.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

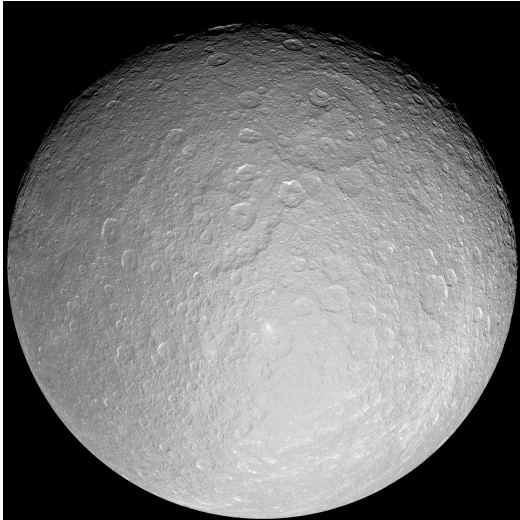


Abb. 85 Große Krater auf Rhea

Rheas Oberfläche ist mit Kratern übersät und hat dünne helle Markierungen. Die Oberfläche kann in zwei Bereiche unterteilt werden. Das erste Gebiet hat Krater mit mehr als 40 km Durchmesser, während die Krater des zweiten Gebietes kleiner sind.

Die führende Hemisphäre ist stark mit Kratern überzogen und zeigt durchgängig die gleiche Helligkeit. Wie auf Kallisto sehen die Krater verwittert aus. Auf der folgenden Hemisphäre sind helle Streifen auf dunklem Hintergrund sowie einige sichtbare Krater. Diese hellen Streifen könnten Material aus Eisevulkanen aus Rheas Vergangenheit sein, als er in seinem Inneren noch flüssig war. Nun haben jüngste Beobachtungen auf Dione, der die gleichen hellen Streifen hat, gezeigt, dass es sich wirklich um Klippen aus Eis handelt. Deshalb kann angenommen werden, dass es sich bei den hellen Streifen auf Rheas Oberfläche ebenfalls um Eisklippen handelt.

Am 17. Januar 2006 flog die Sonde Cassini an Rhea vorbei und machte neue, bessere Fotos. Obwohl die wissenschaftlichen Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, scheint die Vermutung bestätigt worden zu sein, dass es sich um Eisklippen handelt.

24.3 Wie lange dauert ein Tag auf Rhea?

Ein Tag auf Rhea dauert viereinhalb Erdtage.

24.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?

Eine Umrundung des Saturns dauert ebenso viereinhalb Erdtage. Rhea hat eine **gebundene Rotation**, das bedeutet, dass Rhea genausolange für eine Umrundung des Saturns benötigt, wie für eine volle Drehung um sich selbst. Das bedeutet aber auch, dass immer die gleiche Seite von Rhea dem Saturn zugewandt ist.

24.5 Woraus besteht er?

Ein Drittel der Masse Rheas besteht aus einem Gesteinskern. Der Rest besteht aus Wassereis.

24.6 Wie schwer würde Rheas Gravitation mich machen?

Wenn du auf Rheas Oberfläche stündest, dann würdest du etwa ein Viertel (26%) dessen wiegen, was du auf der Erde wiegst. Eine Person mit einem Gewicht von 100 Kilogramm würde auf Rhea 26 Kilogramm wiegen.

24.7 Nach wem wurde er benannt?

Rhea ist nach einer der Titaninnen der griechischen Mythologie benannt. Der Name wurde vom Astronomen William Herschel in seiner Veröffentlichung *Ergebnisse astronomischer Beobachtungen vom Kap der Guten Hoffnung* aus dem Jahre 1847 vorgeschlagen, in der er riet, die Namen der Titanen, also die der Schwestern und Brüder von Kronos (Saturn bei den alten Römern), zu verwenden. Davor wurden Tethys, Dione und Iapetus zu Ehren von König Ludwig dem Vierzehnten *Sidera Lodoicea* ("Die Sterne von Louis") genannt.

24.8 Wie wurde er entdeckt?

Rhea wurde durch Giovanni Cassini am 23. Dezember 1672 entdeckt.

25 Titan

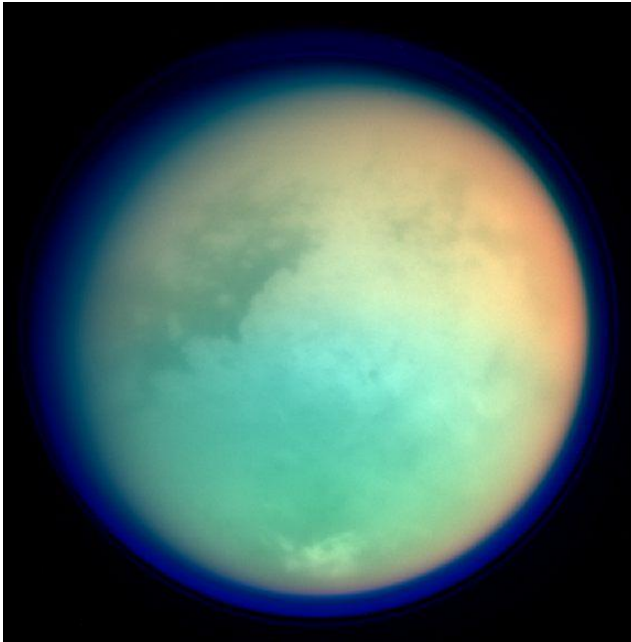


Abb. 86 Der Titan von der Cassini-Sonde aus fotografiert

Titan ist der größte der Monde des Saturns.

25.1 Wie groß ist Titan?

Der Mond Titan hat einen Durchmesser von 5150 Kilometern. Er ist damit der zweitgrößte Mond in unserem Sonnensystem. Nur Ganymed, ein Mond des Jupiters, ist noch größer. Titan ist damit sogar größer als die Planeten Merkur oder Pluto.

25.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Der Titan ist der einzige Mond im Sonnensystem, der eine dichte Atmosphäre besitzt. Bis zu dem Zeitpunkt, als die Cassini-Sonde die Umlaufbahn des Saturns erreichte, wussten wir überhaupt nicht, wie die Oberfläche aussieht. Auf dem Boden ist es sehr kalt auf dem Titan und das ganze Wasser ist gefroren. Die Oberfläche sieht aus, als sei sie glatt, mit Flächen von hellem und dunklem Material. Die meisten dieser Stellen sehen so aus, als seien sie Krater, die sich wieder gefüllt haben.

Man dachte, dass der Titan Meere aus flüssigem Methan besitzen würde, aber nun sieht es so aus, als seien es nur ganz wenige Seen. Die Sonde Huygens wurde in die Atmosphäre von Titan abgeworfen und fiel langsam zu Boden. Sie brachte uns die ersten Bilder von Titans Oberfläche. Es gibt Anzeichen für etwas, das sich als Kanäle herausstellen könnte, die zwischen Hügeln bis hinunter zu tieferen Gebieten führen. Diese könnten Anzeichen für das Fließen irgendwelcher Flüssigkeiten sein, die dunkles Material zurückließen.

25.3 Wie lang dauert ein Tag auf Titan?

Ein Tag auf dem Titan dauert genauso lange, wie der Mond braucht, um den Saturn zu umrunden, das sind etwa 15 Tage, 22 Stunden und 41 Minuten. Er zeigt Saturn immer die gleiche Seite, wie auch unser Mond uns immer seine gleiche Seite zeigt. Das hat seine Ursache in der Gravitation des Saturns, die eine Gezeitenkraft auf Titan ausübt, durch die seine Rotation verändert wurde.

25.4 Woraus besteht er?

Die Atmosphäre des Titans besteht hauptsächlich aus Stickstoff, welcher mit Spuren anderer Gase gemischt ist. Bei vielen dieser Gase handelt es sich um **Kohlenwasserstoffe**, denn sie enthalten Wasserstoff und Kohlenstoff. Diese Kohlenwasserstoffe werden in der oberen Atmosphäre durch das Sonnenlicht erzeugt.

Der Mond besteht zur Hälfte aus Eis und zur Hälfte aus Gestein. Das meiste Gestein befindet sich als Kern in der Mitte des Mondes. Der Kern könnte heiß sein, ebenso wie der Kern unserer eigenen Welt und es könnte einige vulkanische Aktivitäten geben. Die Oberfläche besteht hauptsächlich aus Eis.

25.5 Wie schwer würde Titans Gravitation mich machen?

Wenn du auf dem Titan wärst, dann würdest du die Kraft von etwa einem Siebtel der Erdanziehungskraft verspüren.

25.6 Nach wem wurde er benannt?

Titan wurde nach einer Riesenrasse aus der griechischen Mythologie benannt.

25.7 Wie wurde er entdeckt?

Er wurde im Jahr 1655 von einem holländischen Astronomen entdeckt, sein Name war Christiaan Huygens.

26 Hyperion

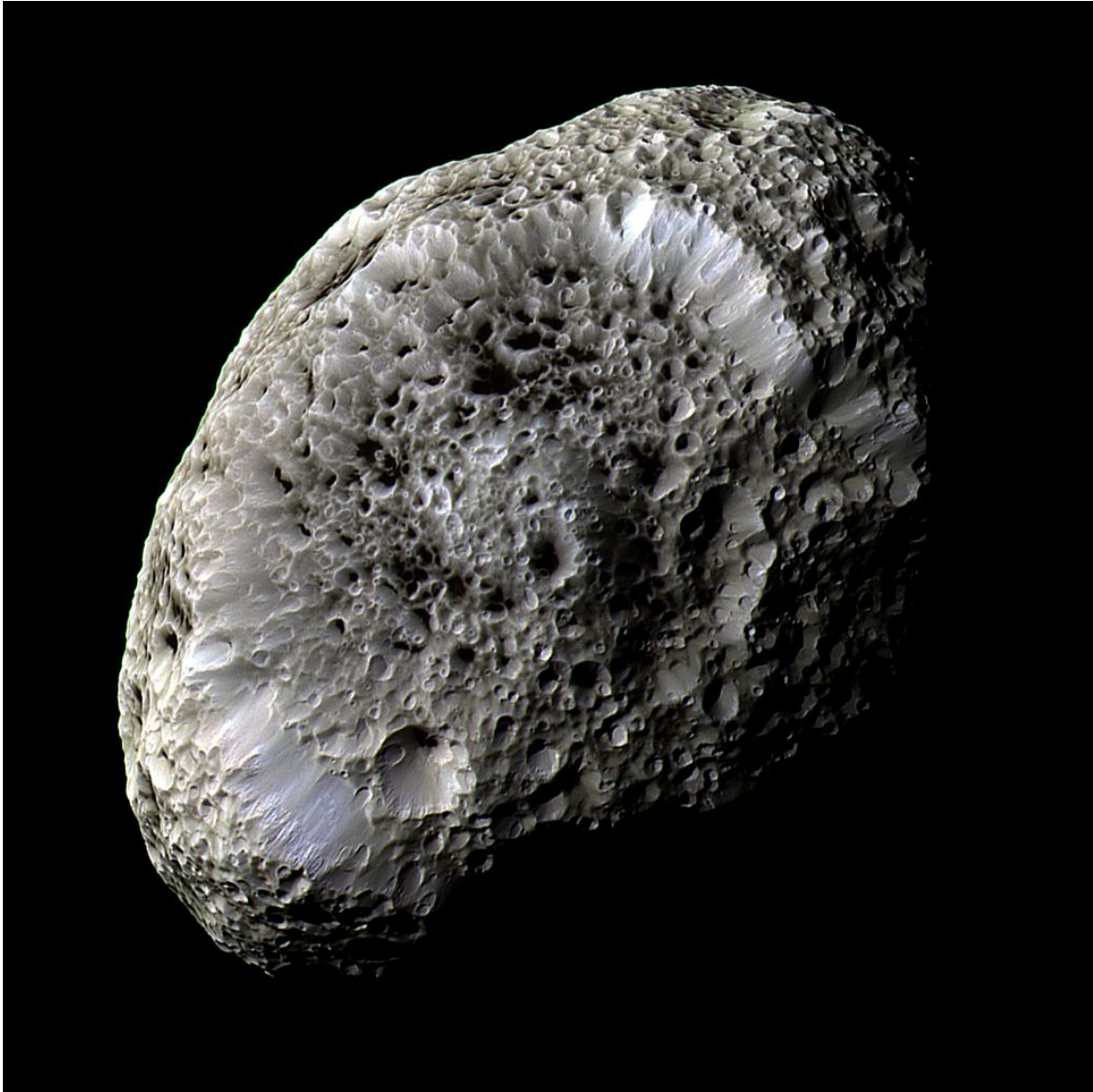


Abb. 87 Hyperion von der Sonde Cassini-Huygens aus fotografiert

Hyperion ist einer der Monde des Saturns.

26.1 Wie groß ist er?

Hyperion hat einen Durchmesser von 266 Kilometern.

26.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche hat eine rote Farbe. Einige interessante Merkmale sind der Bond-Lassell-Rücken, der größte Gebirgskamm auf Hyperion (und der einzige der benannt ist), und der größte Krater, der 120 km breit und 10 km tief ist.

26.3 Wie lange dauert ein Tag auf Hyperion?

Hyperion hat eine chaotische Rotation. Er verschiebt seine Umdrehungsachse so sehr, dass ihre Ausrichtung im Weltraum unmöglich vorhergesagt werden kann.

26.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?

Hyperion benötigt 21,28 Tage, um den Saturn einmal zu umrunden.

26.5 Woraus besteht er?

Hyperion besteht aus Wassereis und zu einem kleinen Teil aus Gestein.

26.6 Nach wem wurde er benannt?

Hyperion ist nach einem Titanen der griechischen Mythologie benannt. Er war der Sohn von Gaia (Erde) und des Uranus (Himmel). Er ist der Vater von Helios (der Sonne), Selene (des Mondes) und Eos (der Morgenröte).

26.7 Wie wurde er entdeckt?

Hyperion wurde insgesamt von drei Menschen entdeckt: William Cranch Bond, seinem Sohn George Phillips Bond und William Lassell im Jahre 1848. Lassell entdeckte Hyperion zwei Tage nach den beiden Bonds, aber er hat es früher veröffentlicht. Jedenfalls wird allen dreien zugesprochen, Hyperion entdeckt zu haben.

27 Iapetus



Abb. 88 Iapetus, von Voyager 2 aufgenommen

Iapetus ist ein Mond des Saturns.

27.1 Wie groß ist Iapetus?

Iapetus ist der drittgrößte Mond des Saturns und ist ungefähr 1436 km breit.

27.2 Wie ist die Oberfläche beschaffen?

Im Weltraum sind die zwei Farbtöne von Iapetus gut zu erkennen. Eine Hemisphäre ist von dunkler rotbrauner Farbe, während die andere hell und von Kratern übersät ist. Es sieht aus wie ein Ying-Yang Symbol.

Wissenschaftler wissen nicht genau, woher das Material stammt, das die dunkle Hemisphäre bedeckt, aber sie glauben, es könnte aus dem Weltraum oder aus dem Inneren von Iapetus stammen. Sollte es aus dem Weltraum kommen, könnte es von Meteoriten oder der Oberfläche von Kometen stammen,

oder es könnte auch von Phoebe, einem anderen Saturnmond, stammen. Falls das Material aus dem Inneren von Iapetus stammt, könnte es von **Kryovulkanen** oder von verdampftem Wassereis stammen.

Die Sonde *Cassini* entdeckte am 31. Dezember 2004 bei ihrem Vorbeiflug eine Bergkette auf Iapetus. Sie ist 1300km lang, 20 km breit und 13 km hoch. Sie verläuft nahezu direkt am Äquator, ist mit Kratern übersät und daher sehr alt.

Zur Zeit sind sich die Wissenschaftler nicht sicher, wie dieser Bergkamm entstanden ist. Einer Theorie nach handelt es sich bei der Bergkette um gefrorenes Material, das aus dem Mondinneren stammt und sich wieder verfestigt hat. Die andere Theorie besagt, dass Iapetus einmal die äußeren Ringe des Saturns gestreift hat.

27.3 Wie lange dauert der Tag von Iapetus?

Ein Tag von Iapetus dauert 79,32 Erdtage oder 79 Tage, 7 Stunden und 41 Minuten. Genau so lange dauert es, bis er Saturn einmal umrundet hat. Das bedeutet, dass er stets mit der gleichen Seite zu Saturn zeigt.

27.4 Woraus besteht er?

Iapetus besteht zum größten Teil aus Eis mit einem geringen Gesteinsanteil.

27.5 Wie schwer würde Iapetus Gravitation mich machen?

Könntest du auf Iapetus stehen, wäre dein Gewicht nur 1/40 deines Erdgewichts.

27.6 Nach wem wurde er benannt?

Als Iapetus, Tethys, Dione und Rhea entdeckt wurden, wurden sie zu Ehren von König Ludwig dem Vierzehnten *Sidera Lodoicea* ("Die Sterne von Louis") genannt. Doch Astronomen nannten sie und auch Titan "Saturn 1" bis "Saturn 5". Als im Jahre 1789 Mimas und Enceladus entdeckt wurden, wurde das Zahlenschema bis Saturn 7 erweitert.

Der Name Iapetus wurde vom Astronom John Herschel (Sohn von William Herschel, ebenfalls ein Astronom) in seiner Veröffentlichung "Ergebnisse astronomischer Beobachtungen vom Kap der Guten Hoffnung" im Jahre 1847 vorgeschlagen.

Iapetus war ein Titan aus der griechischen Mythologie. Er war der Sohn von Uranus und Gaia und der Vater (zusammen mit einer der Okeanos-Töchter Klymene oder Asia) von Atlas, Prometheus, Epimetheus und Meonetus. Durch Prometheus, Epimetheus und Atlas ist er ein Vorfahre der menschlichen Rasse.

27.7 Wie wurde er entdeckt?

Iapetus wurde am 25. Oktober 1671 von Giovanni Cassini entdeckt.

28 Phoebe

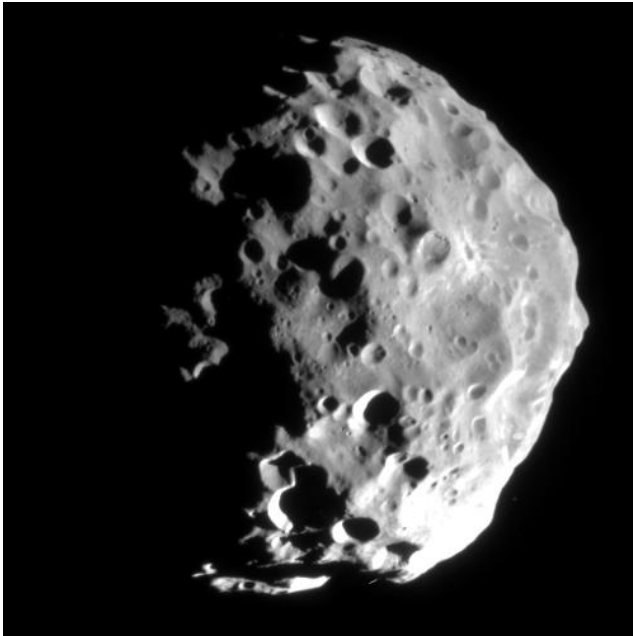


Abb. 89 Ein Bild von der Cassini-Sonde vom Mond Phoebe

Phoebe ist ein Mond des Saturns.

28.1 Wie groß ist er?

Phoebe hat einen ungefähren Durchmesser von 220 Kilometern und ist nicht sehr rund. Er ist an manchen Stellen breiter und schmaler an anderen.

28.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche von Phoebe ist dunkel und mit sehr vielen Kratern übersät. Die Krater sind bis zu 80 Kilometer groß und einer von ihnen hat eine Kraterwand-Höhe von 16 Kilometern.

28.3 Wie lang dauert ein Tag auf Phoebe?

Ein Tag auf Phoebe dauert 9 Stunden, 16 Minuten und 55,2 Sekunden. Anders als die anderen Monde des Saturns hat Phoebe keinen **synchronen Orbit**. Das bedeutet, dass die Zeit, die Phoebe benötigt, um sich ein mal selbst zu drehen, verschieden ist von der, die Phoebe braucht, um einmal den Saturn zu umrunden.

28.4 Wie lange dauert eine Umrundung des Saturns?

Eine Umrundung des Saturns dauert 550,6 Erdtage, oder anders gesagt etwa eineinhalb Jahre. Phoebe's Kreisumlaufbahn ist **gegenläufig**, das heißt, er bewegt sich entgegengesetzt der anderen Mondumlaufbahnen wie die von Rhea oder Titan.

28.5 Woraus besteht er?

Die dunkle Farbe des Phoebe liess Wissenschaftler glauben, dass er ein eingefangener Asteroid sei. Jedenfalls zeigen die letzten Bilder der *Cassini-Sonde*, dass Phoebe's Krater sich sehr in den Helligkeiten unterscheiden. Das bedeutet, dass sich unter der dunklen Oberfläche eine große Menge Eis verbirgt. Zusätzlich wurden große Mengen von Kohlendioxid auf der Oberfläche entdeckt - so etwas wurde noch nie auf einem Asteroiden gefunden. Wissenschaftler nehmen an, dass Phoebe aus rund 50% Gestein besteht, anders als die Saturnmonde, die aus ungefähr 35% Gestein bestehen. Aus diesen Gründen glauben die Wissenschaftler heute, dass Phoebe ein eingefangener Zentaur ist, ein vereister **Planetoid** aus dem Kuipergürtel, der zwischen Jupiter und Neptun liegend die Sonne umkreist.

28.6 Wie stark drückt Phoebe's Gravitation auf mich?

Wenn Du auf Phoebe stündest, würdest Du nur den 25sten Teil dessen wiegen, was Du auf der Erde wiegst. Beispielsweise würde ein Mensch mit dem Gewicht von 100 Kilogramm auf Phoebe 4 Kilogramm wiegen.

28.7 Nach wem wurde er benannt?

Phoebe wurde nach einem der Titanen der griechischen Mythologie benannt. Sie war die Großmutter von Apollo und Artemis und die Mutter von Leto und Asteria.

28.8 Wie wurde er entdeckt?

Phoebe wurde von William Henry Pickering am 17. März. 1899 auf Fotografien entdeckt, die ab dem 16. August 1898 in Arequipa in Peru von DeLisle Stewart angefertigt wurden. Es war der erste **Satellit**, der fotografisch entdeckt wurde.

29 Uranus

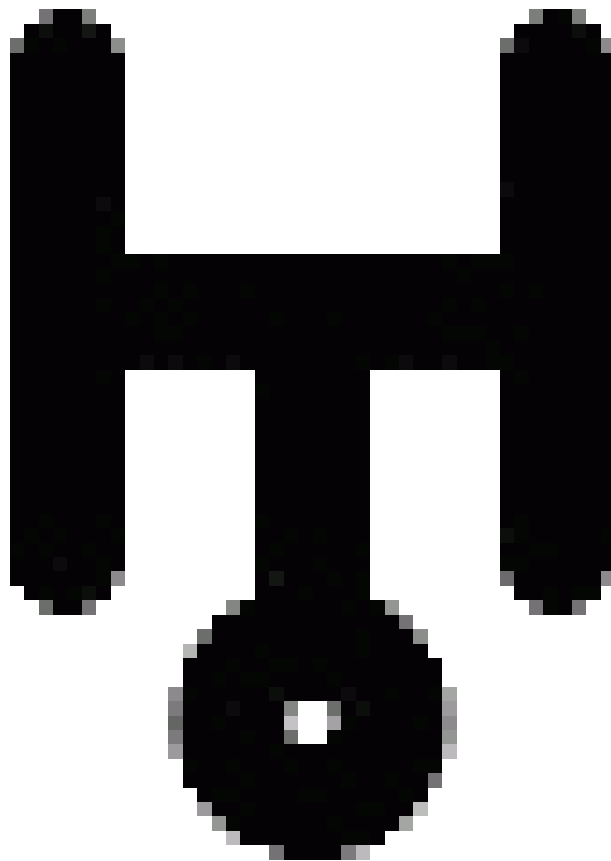


Abb. 90

Uranusfakten:

- Uranus Ringe sehen auf Bildern weiß aus, sind aber aus asphaltfarbenen Materialien.

- Als Uranus das erste Mal entdeckt wurde, wurde er fälschlicherweise für den Stern "34 Tauri" gehalten.
- Uranus rotiert auf seiner Seite wie Pluto.
- Uranus ist der einzige Planet, der nach einem griechischen Gott benannt ist und nicht wie die anderen nach römischen.



Abb. 91 Uranus fotografiert von Voyager 2

Uranus, der siebente Planet von der Sonne aus, wurde von William Herschel am 13. März 1781 entdeckt.¹

¹ <http://www.nineplanets.org/uranus.html> <http://www.nineplanets.org/uranus.html>

29.1 Wie groß ist Uranus?

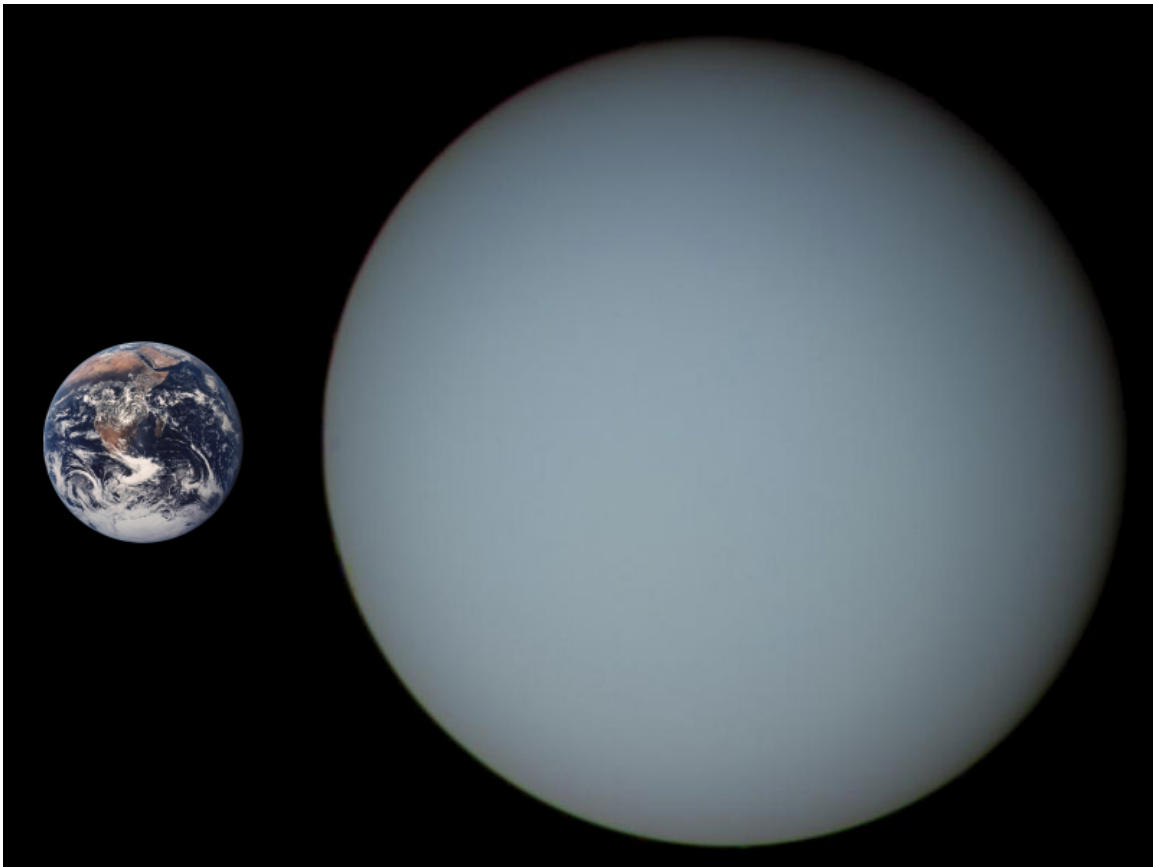


Abb. 92 Ein Größenvergleich zwischen Uranus und der Erde

Uranus hat einen Durchmesser von 51118 km, das ist 4 mal soviel wie bei der Erde. Er ist der drittgrößte und der viertschwerste Planet im Sonnensystem.²

29.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Uranus hat keine Oberfläche, auf der man stehen kann, ohne in die **Atmosphäre** einzusinken. Unter der Atmosphäre könnte eine einheitliche Mischung aus Gestein und Eis liegen.³

29.3 Woraus bestehen die Ringe?

Der Uranus besitzt 11 Ringe. Diese Ringe bestehen aus großen Felsbrocken, die bis zu 10 Meter groß sind. Sie haben eine dunkle Farbe und sind nur sehr schwer zu sehen. Man hat sie nur durch

² <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/index.html>

³ <http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm> ^{<http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm>} ;
<http://www.nineplanets.org/uranus.html> ^{<http://www.nineplanets.org/uranus.html>}

einen Zufall im Jahre 1977 entdeckt. Die Wissenschaftler hatten die hellen Sterne in der Nähe des Uranus untersucht. Doch merkwürdig, das Licht dieser Sterne wurde bereits verdeckt, bevor sie hinter dem Planeten verschwanden und immer noch, obwohl sie bereits hinter dem Planeten wieder hervorkommen sollten. So fanden sie heraus, dass der Planet ein Ringsystem besitzt.⁴

29.4 Was für Monde hat er?

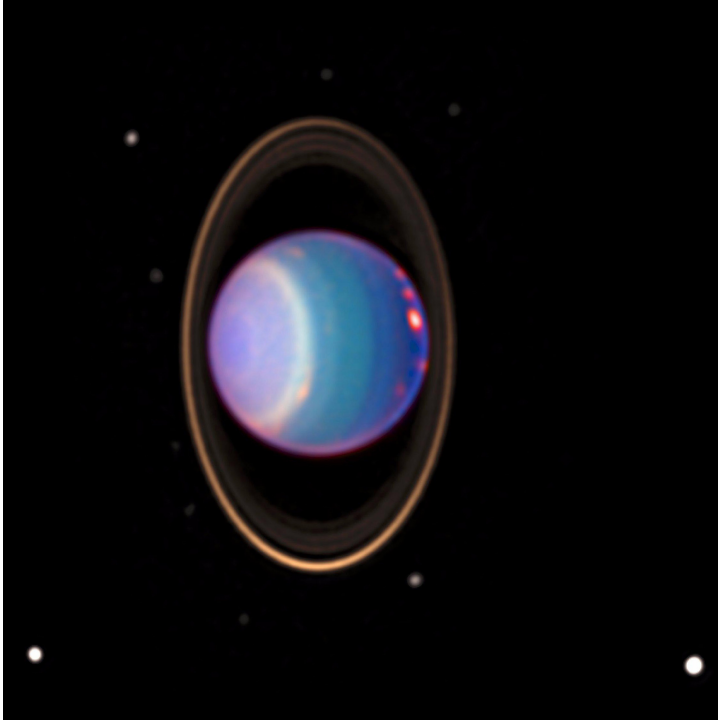


Abb. 93 Die Ringe des Uranus und seine Monde

Uranus hat 27 bekannte Monde, womit er auf Platz drei im Sonnensystem liegt, was die Anzahl an Monden angeht! Die fünf Hauptmonde sind Miranda, Ariel, Umbriel, Titania und Oberon.⁵

29.4.1 Miranda

Miranda ist der kleinste und nahesten von Uranus Hauptmonden. Er besteht fast nur aus Eis und Stein. Mirandas Oberfläche hat Rillen, Klippen und Täler. Der Mond wurde nach einem Wesen aus dem Shakespearestück "Der Sturm" benannt.⁶

4 <http://www.solarsystem.org.uk/uranus/> {<http://www.solarsystem.org.uk/uranus/>}

5 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/index.html>; <http://www.nineplanets.org/uranus.html>

6 <http://www.nineplanets.org/miranda.html> {<http://www.nineplanets.org/miranda.html>}; <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/uranus/miranda.shtml>

29.4.2 Ariel

Ariel besteht aus Gestein und Eis. Ariel hat viele Täler, aber kaum Krater. Ariels Name kommt in einem Stück von William Shakespeare und von Alexander Pope vor.⁷

29.4.3 Umbriel

Umbriel besteht aus sehr viel Eis und einigem Gestein. Außerdem ist er der dunkelste Hauptmond von Uranus. Sein Name stammt aus dem Stück "Der Raub der Locke" von Alexander Pope.⁸

29.4.4 Titania

Titania ist der größte Uranusmond. Er besteht aus Eis und Gestein. Seine Oberfläche ist von Schluchten durchzogen. Er wurde nach der Königin des Feenreichs aus dem Shakespearestück "Ein Sommernachtstraum" benannt.⁹

29.4.5 Oberon

Oberon ist der äußere Hauptmond von Uranus. Er ist wie Titania beschaffen. Er hat viele Krater, Einige davon haben weiße Ränder um sich und dunkle Kraterböden. Er wurde nach dem König des Feenreichs aus dem Shakespearestück "Ein Sommernachtstraum" benannt.¹⁰

29.4.6 Weitere Monde

Es gibt dreizehn winzige Monde, die Uranus innerhalb von Mirandas Umlaufbahn umkreisen. Neun weitere winzige Monde liegen auf weiten Umlaufbahnen außerhalb Oberons Bahn.¹¹

29.5 Wie lang ist ein Tag von Uranus?

Ein Uranustag dauert ungefähr 17 Erdstunden. Uranus dreht sich liegend, seine Achse zeigt zur Sonne. Das könnte durch einen großen Aufprall in der Vergangenheit des Sonnensystems geschehen sein.¹²

7 <http://www.nineplanets.org/ariel.html> ^{<http://www.nineplanets.org/ariel.html>}; <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/uranus/ariel.shtml>

8 <http://www.nineplanets.org/umbriel.html>; <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/uranus/umbriel.shtml>

9 <http://www.nineplanets.org/titania.html> ^{<http://www.nineplanets.org/titania.html>}; <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/uranus/titania.shtml>

10 <http://www.nineplanets.org/oberon.html> ^{<http://www.nineplanets.org/oberon.html>}; <http://www.bbc.co.uk/science/space/solarsystem/uranus/oberon.shtml>

11 <http://www.factmonster.com/ce6/sci/A0860937.html>

12 Gierasch, Peter J., and Philip D. Nicholson. "Uranus." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720> ^{<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720>}; http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html}

29.6 Wie lang ist ein Uranusjahr?

Ein Jahr auf Uranus beträgt 30708 Tage oder 84 Erdjahre.¹³

29.7 Woraus besteht er?

Anders als Jupiter und Saturn besteht Uranus möglicherweise überwiegend aus Gestein und Eissorten. Die Gase seiner Atmosphäre sind überwiegend **Wasserstoff** und **Helium**. Andere Gase mit geringem Anteil sind Ammoniak, Wasser und **Methan**.¹⁴ Uranus blaue Farbe stammt von Methanwolken, die das rote Licht schlucken und blaues reflektieren.¹⁵

29.8 Wie schwer würde Uranus Gravitation mich machen?

Wenn du nahe den Wolkenspitzen von Uranus fliegen würdest, wäre dein Gewicht nur das 0,9fache deines Erdgewichtes.¹⁶

29.9 Nach wem wurde er benannt?

Uranus erhielt seinen Namen nach Uranos, dem griechischen Namen für Himmel. Nach der griechischen Mythologie war Uranos der Sohn und spätere Ehemann von Gaia, der Erdenmutter.¹⁷

29.10 Quellen

13 Gierasch, Peter J., and Philip D. Nicholson. "Uranus." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720> ^{<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720>} ; http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html}

14 <http://www.nineplanets.org/uranus.html> ^{<http://www.nineplanets.org/uranus.html>} ; <http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm> ^{<http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm>}

15 <http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm> ^{<http://www.solarviews.com/eng/uranus.htm>}

16 Gierasch, Peter J., and Philip D. Nicholson. "Uranus." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720> ^{<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar577720>} ; http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/uranus_worldbook.html}

17 <http://www.nineplanets.org/uranus.html> ^{<http://www.nineplanets.org/uranus.html>}

30 Miranda

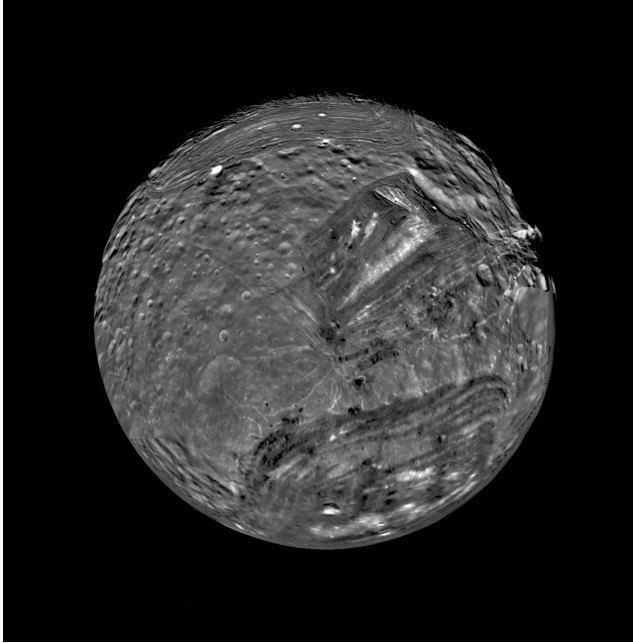


Abb. 94 Miranda von Voyagb 2 aus gesehen

Miranda ist ein Mond des Planeten Uranus. Er ist der kleinste Mond, der Uranus umkreist, und er umfliegt ihn am dichtesten. Gelegentlich wird er auch "Uranus V" genannt.

Die ersten Bilder dieses Mondes wurden am 24. Januar 1986 von der Sonde Voyager 2 aufgenommen, als sie an Uranus vorbei flog. Nur die südliche Hälfte von Miranda konnte genauer betrachtet werden, der Rest des Mondes wurde noch nicht gesehen.

30.1 Wie groß ist Miranda?

Dieser Mond hat einen Durchmesser von nur 472 km. Das ist ungefähr so groß wie der Asteroid Vesta, der gerade mal das viertgrößte Objekt des Asteroidengürtels ist. Miranda hätte leicht innerhalb der Grenzen des amerikanischen Bundesstaates Arizona Platz.

30.2 Wie ist seine Oberfläche beschaffen?

Mirandas Oberfläche scheint ganz aus Eis zu bestehen. Es gibt riesige tiefe Schluchten und reichlich steinigen Boden, mit einigen weitläufigen, merkwürdig parallelen Furchen an Teilen der Oberfläche.

Auch gibt es einige Krater auf Miranda. Dieser Mond hat überhaupt keine Atmosphäre und ist bitterlich kalt.

30.3 Wie lange dauert der Tag von Miranda?

Dieser Mond benötigt genau so lange für eine Umkreisung von Uranus wie für eine Umdrehung um sich selbst. Das bedeutet, es wirkte eine **Gezeitenbremsung** auf ihn. Die Gravitation von Uranus sorgte dafür, dass Miranda allmählich immer langsamer rotierte bis er heute immer mit der gleichen Seite zum Planeten zeigt. Die Dauer eines Umlaufes und die der eigenen Umdrehung von Miranda beträgt 1,41 Erdtage, das sind ein Tag und etwa zehn Stunden.

30.4 Woraus besteht er?

Dieser Mond besteht aus Gefrorenem wie Wassereis und er hat einen Kern aus Gestein im Inneren.

30.5 Wie schwer würde Mirandas Gravitation mich machen?

Wie stark dich eine Schwerkraft anzieht, wird in **Newton** angegeben. Würdest Du auf der Erde 51 kg oder 112 englische Pfund wiegen, dann wären das 500 Newton. Die Angabe in Newton wird nur in besonderen Fällen benutzt, wenn wir wirklich wissen wollen, wie stark wir niedergedrückt werden, weil die Gravitation uns anzieht.

Dein Gewicht in Newton wäre auf Ariel viel geringer, nämlich nur $1/124$ deines Erdgewichts. Um dein Gewicht so in Newton zu bestimmen, wie du es auf Ariel hättest, nimmst du einfach dein Erdgewicht (in Kilogramm) und multiplizierst das mit 0,079. Kennst du dein Gewicht in englischen Pfund, so teile es durch 28, um es in Newton umzurechnen. Natürlich musst du noch das Gewicht deines Raumanzuges hinzurechnen, denn der wird ebenfalls auf die Oberfläche gezogen, genau wie du.

30.6 Nach wem wurde er benannt?

Der englische Dramatiker William Shakespeare schrieb ein Stück namens "Der Sturm". In diesem Stück gibt es einen Zauberfürsten namens Prospero, der eine Tochter namens Miranda hat. Zauberer und Tochter waren gemeinsam für zwölf Jahre auf einer Insel im adriatischen Meer (zwischen Italien und Jugoslawien) gestrandet.

Shakespears Miranda hat einen aus dem **Lateinischen** stammenden Namen, denn die lateinische Wurzel *mira* bedeutet *sich wundern*. In dem Stück wird die Tochter oft *ein Wunder* genannt.

30.7 Wie wurde er entdeckt?

Dieser Mond wurde vom Astronomen Gerard Kuiper entdeckt, der in Holland geboren wurde und zur Schule ging, dann aber nach Amerika kam. Er fand diesen Mond am 16. Februar 1948. Ein Jahr später entdeckte er auch den Neptunmond Nereid.

31 Ariel

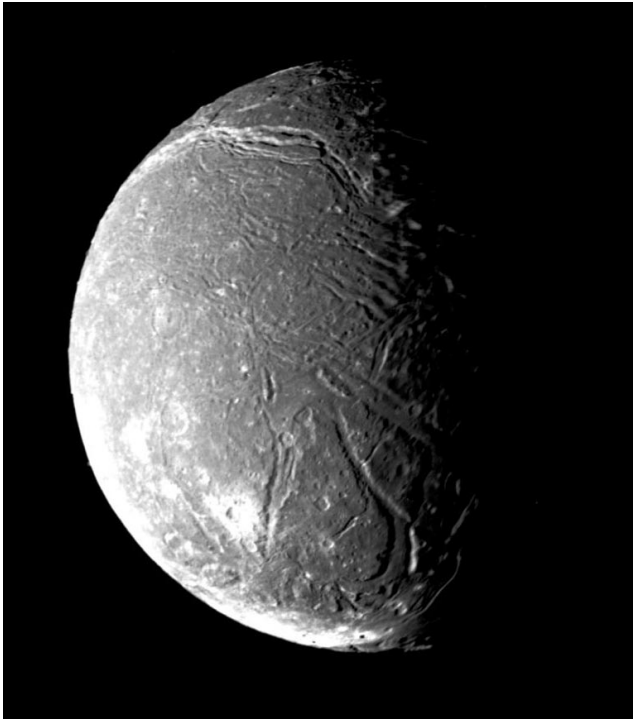


Abb. 95 Ariel von Voyager 2 aus gesehen

Ariel ist ein Mond von Uranus. Die ersten und bislang einzigen Beobachtungen von Ariel gelangen Voyager 2 bei ihrem Vorbeiflug an Uranus im Januar 1986. Nur die südliche Hemisphäre wurde fotografiert, da der Südpol des Mondes zur Sonne zeigt.

31.1 Wie groß ist Ariel?

Ariel ist ungefähr 1157.8 km breit.

31.2 Wie ist die Oberfläche beschaffen?

Die Oberfläche von Ariel hat nicht so viele Krater. Sie ist mit einem großen Netzwerk von Grabensystemen und Wasserausflüssen überzogen.

31.3 Wie lange dauert der Tag von Ariel?

Ein Arieltag ist so lang wie 2,52 Erdtage.

31.4 Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?

Eine Umkreisung von Uranus dauert einen Umbrieltag. Damit zeigt Ariel wie andere Uranusmonde auch stets mit der gleichen Seite zu Uranus.

31.5 Woraus besteht er?

Ariel besteht aus knapp 50% Wassereis, 30% Silikatgestein und 20% Methaneis, und es scheint Gebiete zu geben, die erst kürzlich gefroren sind.

31.6 Wie schwer würde Ariels Gravitation mich machen?

Wie stark dich eine Schwerkraft anzieht, wird in **Newton** angegeben. Würdest Du auf der Erde 51 kg oder 112 englische Pfund wiegen, dann wären das 500 Newton. Die Angabe in Newton wird nur in besonderen Fällen benutzt, wenn wir wirklich wissen wollen, wie stark wir niedergedrückt werden, weil die Gravitation uns anzieht.

Dein Gewicht in Newton wäre auf Ariel viel geringer, nämlich nur 0,27 deines Erdgewichts. Um dein Gewicht so in Newton zu bestimmen, wie du es auf Ariel hättest, nimmst du einfach dein Erdgewicht (in Kilogramm) und multiplizierst das mit 2,65. Kennst du dein Gewicht in englischen Pfund, so multipliziere es mit 1,2, um es in Newton umzurechnen. Natürlich musst du noch das Gewicht deines Raumanzuges hinzurechnen, denn der wird ebenfalls auf die Oberfläche gezogen, genau wie du.

31.7 Nach wem wurde er benannt?

Es gibt zwei Quellen für Ariels Namen. Einige halten Alexander Popes Komödie "Der Raub der Locke" für die Quelle, in dem ein Sylphe namens Ariel vorkommt, ein Wesen aus purer Luft. Andere glauben, die Quelle läge in William Shakespeares Stück "Der Sturm", in dem ein Luftgeist mit Namen Ariel eine wichtige Rolle spielt.

31.8 Wie wurde er entdeckt?

Ariel wurde am 24. Oktober 1851 von William Lassell entdeckt. Zur gleichen Zeit entdeckte er auch Umbriel.

32 Umbriel

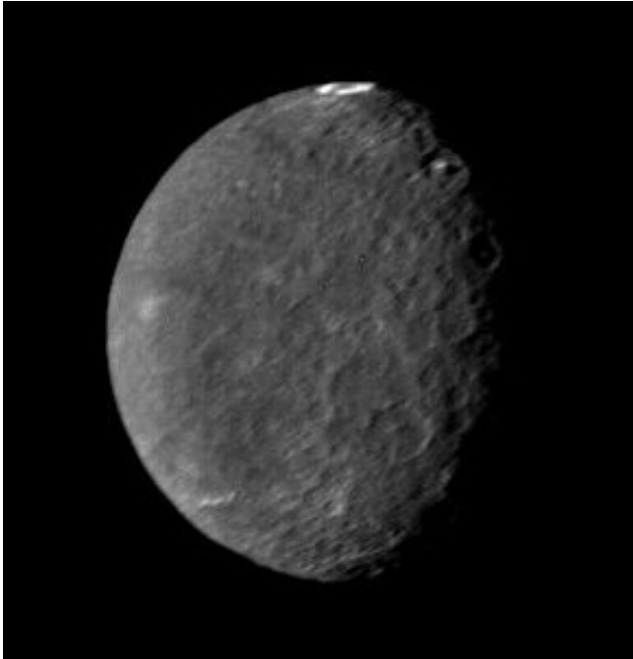


Abb. 96 Umbriel von Voyager 2 aus gesehen

Umbriel ist ein Mond von Uranus

32.1 Wie groß ist Umbriel?

Umbriel ist ungefähr 1169 km breit, also etwa ein Zehntel des Erddurchmessers.

32.2 Wie ist die Oberfläche beschaffen?

Die einzigen Nahaufnahmen, die wir von Umbriels Oberfläche haben, stammen vom Vorbeiflug der Sonde *Voyager 2* von Januar 1986. Diese Bilder zeigen, dass Umbriel eine dunkle Oberfläche hat, die dunkelste aller Uranusmonde. Nahe am Äquator liegt Wunda, ein großer Ring aus leuchtendem Material. Wissenschaftler nehmen an, dass Wunda ein Krater ist, aber niemand weiß das mit Sicherheit. Dicht bei Wunda ist der Krater Skynd.>!--und weiss man von dem auch nicht genau, ob es ein Krater ist? -->

32.3 Wie lange dauert der Tag von Umbriel?

Ein Umbrieltag ist etwa so lang wie vier Erdtage.

32.4 Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?

Eine Umkreisung von Uranus dauert einen Umbrieltag. Damit zeigt Umbriel wie andere Uranusmonde auch stets mit der gleichen Seite zu Uranus.

32.5 Woraus besteht er?

Umbriel besteht überwiegend aus Wassereis mit Silikatgestein und Methaneis. Der größte Teil des Methaneis liegt an der Oberfläche.

32.6 Wie schwer würde Umbriels Gravitation mich machen?

Könntest du auf Umbriel stehen, läge dein Gewicht bei fast einem Fünftel (genauer: 0,23) deines Erdgewichtes. Jemand, der 100 englische Pfund auf der Erde wiegt, wöge 23 englische Pfund auf Umbriel, also so viel wie ein durchschnittlicher Hund.

32.7 Nach wem wurde er benannt?

Umbriel erhielt seinen Namen nach dem "düsteren melancholischen Elf" aus Alexander Popes Stück "Der Raub der Locke", und der Name erinnert an das lateinische Wort "umbra", was Schatten bedeutet.

32.8 Wie wurde er entdeckt?

Umbriel wurde am 24. Oktober 1861 von William Lassell entdeckt. Am gleichen Tag entdeckte er auch den Mond Ariel.

33 Titania

Titania ist der größte Mond des Planeten Uranus. Der naheste Blick auf den Mond gelang im Jahre 1986, als die Sonde Voyager 2 an Uranus vorbei flog.

33.1 Wie groß ist Titania?

Dieser Mond ist 1578 km breit. Titania ist weniger als halb so groß wie der Erdmond. Die Gesamtoberfläche dieses Mondes ist nur etwas größer als die Fläche von Australien.

33.2 Wie ist die Oberfläche beschaffen?

Die Oberfläche von Titania ist unfruchtbar und es gibt dort keine Atmosphäre. Der Boden der Oberfläche ist mit schmutzigem Eis vermischt mit Gestein bedeckt. Es gibt viele Krater, die beim Einschlag von Gestein auf dem Mond entstanden sind und dabei einen leuchtend weißen Fleck hinterließen. Der Mond hat einen großen Krater mit einem Doppelwall, wie es oben auf dem Bild gut zu sehen ist.

Es gibt langgezogene Täler auf der Oberfläche, die geformt wurden, als das Innere sich erhitze und dabei ausdehnte. Das hinterließ was heute **Risse** in der Oberfläche genannt wird. Das längste dieser Täler erstreckt sich ungefähr 1000km dahin.

33.3 Wie lange dauert der Tag von Titania?

Es dauert 8,71 Erdtage, bis Titania sich einmal um seine Achse gedreht hat. Das sind ungefähr 8 Tage und 17 Stunden.

33.4 Wie lange braucht er, um Uranus zu umrunden?

Titania schafft eine Umrundung von Uranus pro eigenem Tag. Eine Durchquerung seines Orbits dauert also 8,71 Erdtage. Das bedeutet, dass von Titania stets die gleiche Seite zu Uranus zeigt. Das ist ganz ähnlich wie mit unserem Mond, der der Erde auch stets die gleiche Seite zeigt.

33.5 Woraus besteht er?

Nahezu die Hälfte des Mondes besteht aus gefrorenem Wasser. Der Rest ist Gestein und eine Mischung aus gefrorenen Gasen.

33.6 Wie schwer würde Titanias Gravitation mich machen?

Wie stark dich eine Schwerkraft anzieht, wird in **Newton** angegeben. Würdest Du auf der Erde 51 kg oder 112 englische Pfund wiegen, dann wären das 500 Newton. Die Angabe in Newton wird nur in besonderen Fällen benutzt, wenn wir wirklich wissen wollen, wie stark wir niedergedrückt werden, weil die Gravitation uns anzieht.

Dein Gewicht in Newton wäre geringer auf Titania, etwa ein Sechszwanzigstel deines Erdengewichts. Um dein Gewicht so in Newton zu bestimmen, wie du es auf Titania hättest, nimmst du einfach dein Erdgewicht in Kilogramm und multiplizierst das mit drei Achtel. Kennst du dein Gewicht in englischen Pfund, so teile es durch 6, um es in Newton umzurechnen. Natürlich musst du noch das Gewicht deines Raumanzuges hinzurechnen, denn der wird ebenfalls auf die Oberfläche gezogen, genau wie du.

33.7 Nach wem wurde er benannt?

Der englische Dichter und Dramatiker William Shakespeare schrieb einmal ein Stück, das *Ein Sommernachtstraum* genannt wird. In diesem Stück gibt es eine mythische Frau namens Titania, die die Frau von Oberon war und ebenso die Königin des Feenreichs. Uranus hat nämlich auch einen Mond namens Oberon, der nach Titanias Gatten benannt wurde.

Der Name ist so ähnlich wie der vom Saturnmond Titan. Doch Titan wurde nach einer Riesenrasse aus der griechischen Mythologie benannt.

33.8 Wie wurde er entdeckt?

Dieser Mond wurde im Jahre 1787 vom englischen Astronomen Sir William Herschel benannt. Der Mann entdeckte ebenfalls Uranus und seinen Mond Oberon. Der Name für diesen Mond wurde im Jahre 1852 von Sohn Sir Herschels vorgeschlagen.

34 Oberon



Abb. 97 Oberon; Foto von Voyager 2

Oberon ist ein Mond des Planeten Uranus. Er ist der äußerste von Uranus Hauptmonden. Die ersten Details von Oberon wurden durch die Sonde Voyager 2 bei ihrem Vorbeiflug an Uranus im Jahre 1986 aufgenommen.

34.1 Wie groß ist Oberon?

Dieser Mond hat einen Durchmesser von 1523 km. Er ist der zweitgrößte Mond von Uranus und nur geringfügig kleiner als Titania. Seine gesamte Oberfläche hat eine Ausdehnung, die kleiner als der australische Kontinent ist.

34.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Bisher konnte nur die halbe Oberfläche aus der Nähe betrachtet werden, sodass es auch nur hierzu Bekanntes gibt. Der Boden sieht so aus, als bestünde er aus Eis mit einigen dunklen Einschlüssen. Die Oberfläche ist mit vielen Kratern bedeckt, die beim Einschlag von großen Gesteinen entstanden. Es ist eine äußerst kalte Gegend, die keine Atmosphäre hat.

34.3 Wie lange dauert ein Tag von Oberon?

Oberon benötigt 13 Tage und 11 Stunden für eine Umdrehung und ebenso lange für eine vollständige Umkreisung von Uranus, also knapp zwei Wochen. Damit zeigt er Uranus stets die gleiche Seite.

34.4 Woraus besteht er?

Dieser Mond besteht aus einem Gemisch von Gestein, Eis und anderem gefrorenen Material.

34.5 Wie schwer würde Oberons Gravitation mich machen?

Wie stark dich eine Schwerkraft anzieht, wird in **Newton** angegeben. Würdest Du auf der Erde 51 kg oder 112 englische Pfund wiegen, dann wären das 500 Newton. Die Angabe in Newton wird nur in besonderen Fällen benutzt, wenn wir wirklich wissen wollen, wie stark wir niedergedrückt werden, weil die Gravitation uns anzieht.

Dein Gewicht in Newton wäre geringer auf Oberon, etwa ein Achtundzwanzigstel deines Erdgewichts. Um dein Gewicht so in Newton zu bestimmen, wie du es auf Oberon hättest, nimmst du einfach dein Erdgewicht (in Kilogramm) und multiplizierst das mit 0,35. Kennst du dein Gewicht in englischen Pfund, so teile es durch 6, um es in Newton umzurechnen. Natürlich musst du noch das Gewicht deines Raumanzuges hinzurechnen, denn der wird ebenfalls auf die Oberfläche gezogen, genau wie du.

34.6 Nach wem wurde er benannt?

Der Name wurde von John Herschel, dem Sohn von Sir William Herschel, vorgeschlagen. Er stammt vom mystischen König des Feenreiches aus William Shakespeares Stück "Ein Sommernachtstraum". Dieser Charakter wurde aus der legendären Geschichte Englands übernommen und hat seine Wurzeln in den Legenden von König Arthus und seiner Zeit.

34.7 Wie wurde er entdeckt?

Er wurde am 11. Januar 1787 vom englischen Astronom William Herschel entdeckt.

35 Neptun

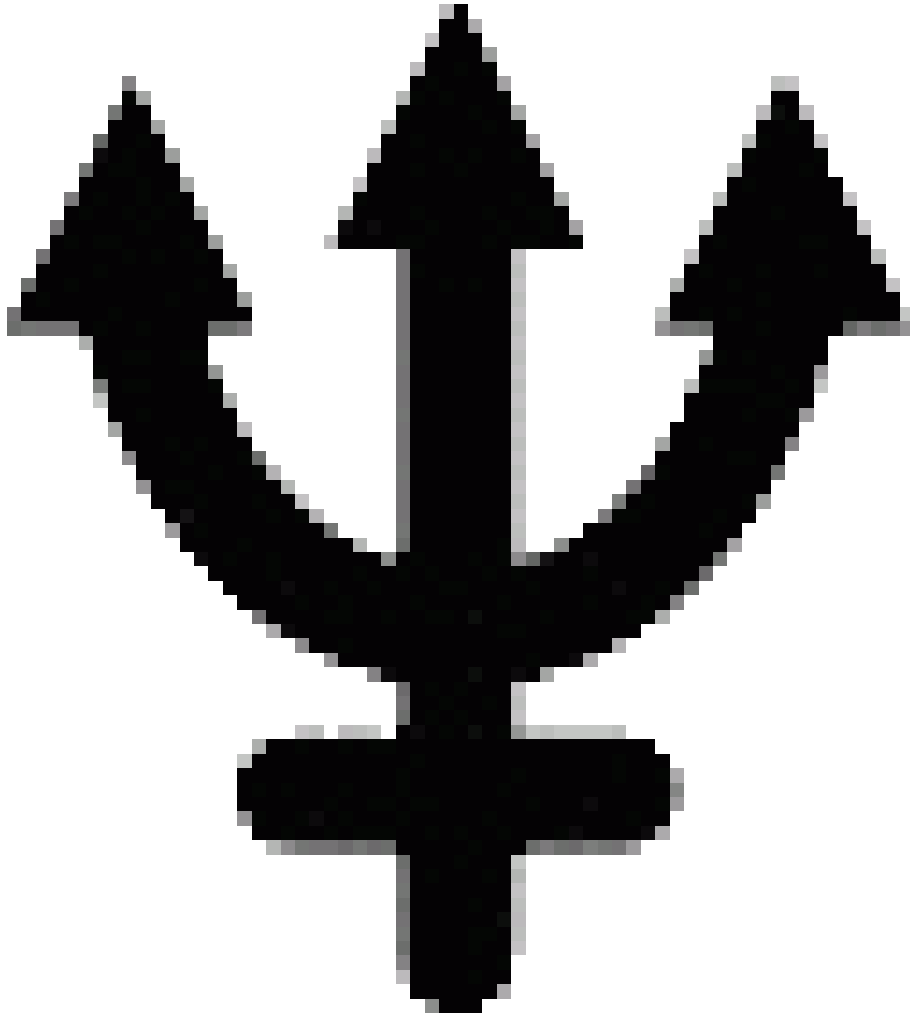


Abb. 98

Neptunfakten:

- Die Windgeschwindigkeit auf Neptun kann 450 Meter pro Sekunde erreichen.

- Neptun wurde dadurch entdeckt, dass sein Gravitationsfeld die Umlaufbahn von Uranus um die Sonne beeinflusste.
- Neptun ist manchmal der neunte Planet von unserer Sonne aus.

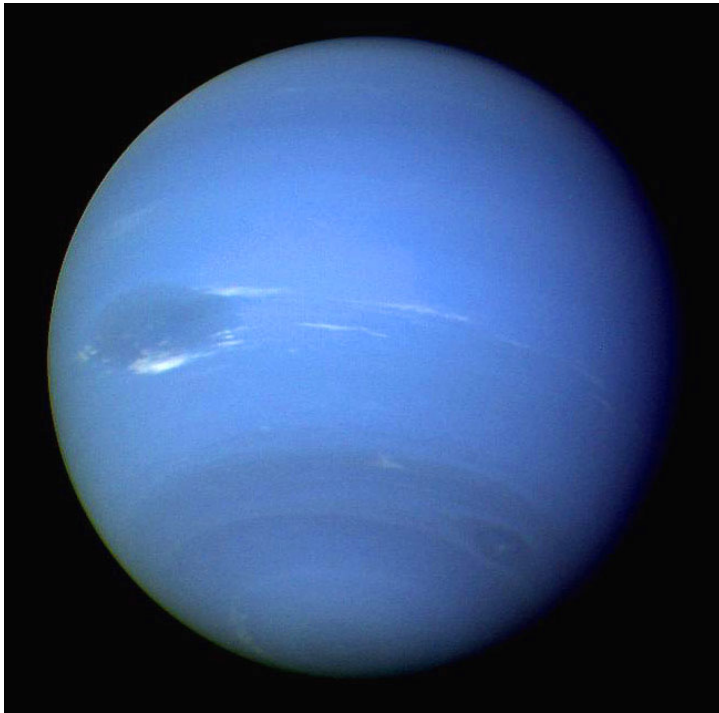


Abb. 99 Neptun, wie er von der Voyager 2 Sonde zu sehen war.

Neptun ist der achte Planet in unserem Sonnensystem. Doch die Bahnen von Neptun und Pluto kreuzen sich ein kleines Stück. Deshalb ist Pluto alle 248 Jahre dichter an der Sonne, und Neptun umkreist sie dann ungefähr 20 Jahre lang weiter außen! Das letzte Mal ist das zwischen 1979 und 1999 geschehen.

35.1 Wie groß ist der Planet?

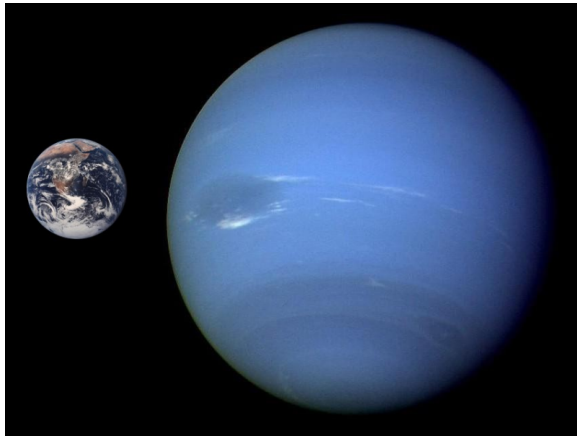


Abb. 100 Größenvergleich zwischen Neptun und der Erde

Neptuns Größe weicht nur wenig von der Größe des Uranus ab. Sein Durchmesser ist nur ein wenig kleiner. Er beträgt 49.528 km.¹ Es ist fast so groß wie 4 Erden in einer Reihe.²

35.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Neptuns "Atmosphäre" hat einige dunkleblaue Flecken. "Großer Dunkler Fleck" ist der Name eines besonders großen, den die Sonde Voyager im Jahre 1989 bei ihrem Vorbeiflug an Neptun registrierte. Im Jahre 1994 war er verschwunden, tauchte aber später wieder auf.³ Es gibt außerdem eine große weiße Wolke mit dem Spitznamen "Scooter". Sie umläuft Neptun alle 16 Stunden.⁴ Die Stürme auf Neptun haben eine hohe Geschwindigkeit und erreichen bis zu 2000 km pro Stunde.⁵ Das ist zirka vier mal so schnell wie der schnellste jemals aufgezeichnete Tornado auf der Erde.⁶

1 Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}

2 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/neptunefact.html>

3 Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}

4 <http://www.nineplanets.org/neptune.html> ^{http://www.nineplanets.org/neptune.html} ; http://www.moreheadplanetarium.org/index.cfm?fuseaction=page&filename=science_resources_neptune.html ^{http://www.moreheadplanetarium.org/index.cfm?fuseaction=page&filename=science_resources_neptune.html}

5 <http://www.nineplanets.org/neptune.html> ^{http://www.nineplanets.org/neptune.html} ; http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level1/neptune.html ^{http://starchild.gsfc.nasa.gov/docs/StarChild/solar_system_level1/neptune.html}

6 <http://www.pnr-rpn.ec.gc.ca/air/summersevere/ae00s12.en.html> ^{http://www.pnr-rpn.ec.gc.ca/air/summersevere/ae00s12.en.html}; <http://www.usatoday.com/weather/tornado/wtwur318.htm> ^{http://www.usatoday.com/weather/tornado/wtwur318.htm}

35.3 Woraus bestehen die Ringe?

Der Neptun besitzt ganz schwache Ringe, die dunkel und schwer zu erkennen sind. An einigen Stellen mit größerer **Dichte** der Materie kann man klumpige Gebilde in den Ringen erkennen.⁷

35.4 Was ist über die Monde bekannt?

Neptun hat 13 bekannte Monde. Es könnte noch weitere geben.⁸

35.4.1 Innere Monde

Es gibt fünf kleine, kartoffelähnliche Monde, die Neptun mit geringem Abstand umkreisen.

Proteus

Proteus ist ein dunkler Mond mit ungefähr 418 km Durchmesser. Er hat eine unregelmäßige Form. In der römischen Mythologie war Proteus ein Meeresgott, der sich in jede gewünschte Form verwandeln konnte.⁹

Triton

Triton ist Neptuns größter Mond. Wissenschaftler halten ihn für recht ähnlich wie Pluto. Sein Durchmesser beträgt 2700 km, das ist gut 3/4 mal so groß wie der Erdmond. Er besteht aus Gestein und Eis. Die Temperatur an seiner Oberfläche beträgt $-235\text{ }^{\circ}\text{C}$. Triton hat eine sehr dünne Atmosphäre, die aus **Stickstoff** und etwas **Methan** besteht.

Es gibt dort Vulkane, die flüssigen Stickstoff, Staub und Methanverbindungen ausspucken. Die Ausbrüche werden von Jahreszeiten verursacht. Es gibt nur wenige **Krater**, weil die Ausbrüche sie verschüttet haben. Es gibt auch vereiste Polkappen, deren Größe sich mit den Jahreszeiten verändern. Auch sieht man **Gräben** und **Täler**. Sie könnten durch wiederholtes Tauen und Einfrieren entstanden sein.

Bemerkenswert an Tritons Umlaufbahn ist, dass sie entgegengesetzt zu Neptuns Eigenumdrehung verläuft. Aus diesem Grund glauben Wissenschaftler, dass Neptun vor langer Zeit Triton eingefangen hat. In der römischen Mythologie war Triton der Sohn von Neptun.¹⁰

7 Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{<http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900>}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}

8 <http://www.nineplanets.org/neptune.html> ^{<http://www.nineplanets.org/neptune.html>}

9 <http://www.nineplanets.org/proteus.html> ^{<http://www.nineplanets.org/proteus.html>}

10 <http://www.nineplanets.org/triton.html> ^{<http://www.nineplanets.org/triton.html>}

Nereid

Nereid ist ein unregelmäßig geformter Mond mit zirka 340 km Durchmesser. Seine Umlaufbahn ist sehr exzentrisch oder unkreisförmig. Er könnte durch Neptun eingefangen worden sein oder durch Tritons Schwerkraft in eine exzentrische Umlaufbahn gebracht worden sein, als Triton selbst eingefangen wurde. In der römischen Mythologie waren Nereiden Meeresnympfen.¹¹

35.4.2 Weitere Monde

Es gibt fünf weitere Monde. Es sind kleine unregelmäßig geformte Monde, die weit vom Neptun entfernt sind. Es gibt vielleicht noch mehr, die wir aber noch nicht gefunden haben. ja das stimmt ja mal so garnicht

35.5 Wie lange dauert ein Tag auf dem Planeten?

Ein Tag auf dem Neptun dauert 16 Stunden und 7 Minuten.¹²

35.6 Wie lange dauert ein Jahr von diesem Planeten?

Ein Jahr auf dem Neptun dauert 165 Erdjahre, das sind 60265 Erdtage.¹³

35.7 Woraus besteht er?

Neptun besteht aus Gestein und hat einen **Kern** aus Metall. Der Kern ist wahrscheinlich größer als der von Uranus, denn trotz gleicher Größe ist Neptun schwerer. Der Kern ist umhüllt von Gestein, Wasser, **Ammoniak** und **Methan**. Die Atmosphäre besteht aus **Wasserstoff** und **Helium**. Weiter unten in der Atmosphäre gibt es auch noch Methan und Ammoniak. Dem Methan verdankt der Neptun seine blaugüne Farbe.¹⁴

11 <http://www.nineplanets.org/nereid.html> ^{http://www.nineplanets.org/nereid.html}

12 Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}

13 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/neptunefact.html> ^{http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/neptunefact.html}; Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}

14 <http://www.nineplanets.org/neptune.html> ^{http://www.nineplanets.org/neptune.html}; Smith, Bradford A. "Neptune." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900> ^{http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar386900}; http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html ^{http://www.nasa.gov/worldbook/neptune_worldbook.html}



Abb. 101 Eine künstlerische Impression des Neptuns

35.8 Wie schwer würde Neptuns Gravitation mich machen?

Würdest du in Wolkenhöhe von Neptun fliegen, zöge die Schwerkraft nur etwas stärker an dir als die Erdanziehungskraft.¹⁵ Die Einflüsse von Neptuns größerem Radius und seiner **Masse** heben sich gegenseitig fast auf, sodass die Kraft nur etwas größer wäre.

35.9 Nach wem wurde er benannt?

Neptun ist nach dem römischen Gott des Meeres benannt, der auch als Poseidon im antiken Griechenland bekannt war.¹⁶

35.10 Quellen

15 Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 281. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9

16 Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 282. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9

36 Proteus

Proteus ist ein Mond des Planeten Neptun. Er wird manchmal Neptun VIII (8) genannt. Wir wissen noch gar nicht viel von diesem Mond, was wir haben sind ein paar Bilder, die von der Voyager 2 gemacht wurden, als sie im Jahr 1981 am Neptun vorbeiflog.

36.1 Wie groß ist er?

Dieser Mond hat eine unebene Form und ist im Durchschnitt etwas über 400 km groß im Durchmesser. Dieser Mond hat etwa die Größe, die ein Satellit haben kann, ohne dass er durch seine eigene Schwerkraft in eine runde Form gezwungen wird. Trotz alledem, dass es ein kleiner Mond ist, ist es der zweitgrößte Mond des Neptuns, nach Triton.

36.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche des Mondes ist übersät mit Kratern und einigen Furchen. Er ist ein sehr dunkler Mond er hat einen Boden, so dunkel wie Ruß. Er ist eines der dunkelsten Objekte in unserem Sonnensystem.

36.3 Wie lang ist ein Proteustag?

Es dauert 26 Stunden und 56 Minuten für diesen Mond um den Planeten Neptun zu umkreisen.

36.4 Nach wem ist der Mond benannt?

Der Mond ist nach einem Seegott der alten griechischen Mythologie benannt. In manchen Geschichten ist er der erste Sohn von Poseidon, dem alten griechischen Gott des Wassers. Die Römer nannten ihn später Neptun und so ist Proteus der erste Sohn von Neptun.

In der griechischen Mythologie war Proteus in der Lage, die Zukunft vorherzusagen. Er war auch in der Lage, seine Form zu verändern. Er benutzte seine Fähigkeiten, um nicht erkannt zu werden, so vermied er es Fragen über die Zukunft zu beantworten.

36.5 Wie wurde Proteus entdeckt?

Proteus wurde 1982 entdeckt als die Voyager 2 Sonde an Neptun vorbeiflog.

37 Triton

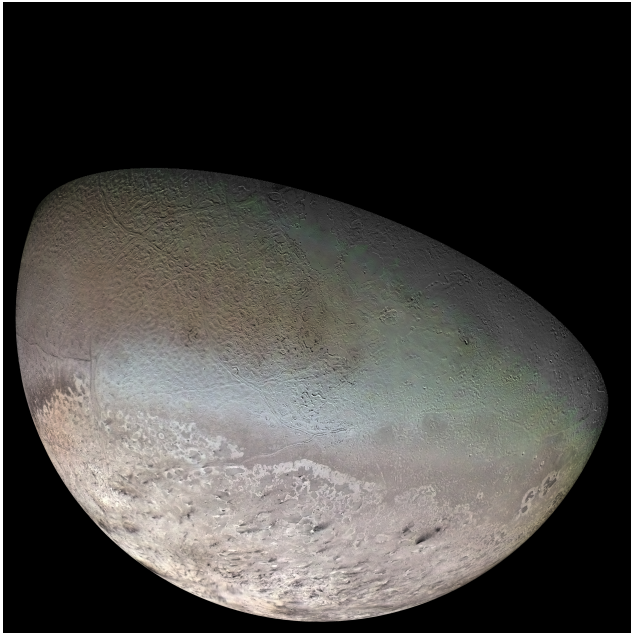


Abb. 102 Triton als er von der Voyager 2 fotografiert wurde.

Triton ist der größte Mond des Planeten Neptun und der siebentgrößte in unserem Sonnensystem. Die beste Sicht auf den Neptun hatten wir, als 1989 die Voyager 2 Sonde den Neptun passierte.

37.1 Wie groß ist Triton?

Triton hat einen mittleren Durchmesser von 2700 Kilometern, womit er größer als der Planet Pluto ist und etwa die gleiche Größe hat wie Europa. Der Mond hat etwa die halbe Breite der USA.

37.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Die Oberfläche ist eisig und die Temperatur auf der Oberfläche ist bitterkalt. Die südliche Hälfte des Planeten ist von einer Eiskappe bedeckt und der Mond hat eine sehr dünne Atmosphäre.

Triton ist einer der wenigen Plätze im Sonnensystem, an dem es Vulkane gibt. Sie werden von der entfernten Sonne verursacht. Die Vulkane spucken Material von unterhalb der Oberfläche aus, zum

größten Teil sehr kalten Staub und Gas. Diese Geysire bauen langsam die Oberfläche um und haben dadurch jeden Krater ausgelöscht.

37.3 Wie lange dauert ein Tag auf Triton?

Ein einzelner Tag auf Triton dauert etwa 5,877 Tage, was in etwa 5 Tage und 21 Stunden entspricht.

37.4 Wie lange dauert seine Umrundung des Neptuns?

Triton braucht 5,887 Tage, um den Neptun einmal zu umrunden, also genau so lange wie ein Tritontag. Das bedeutet, dass immer die gleiche Seite dem Neptun zugewandt ist.

Dieser Mond ist ungewöhnlich aufgrund der Richtung, in der er um Neptun kreist. Normalerweise fliegt ein Mond in die gleiche Richtung, in die sein Planet sich dreht. Doch Triton hat eine *retrograde* Umlaufbahn, was bedeutet, dass er Neptun in die entgegengesetzte Richtung umkreist. Er ist der einzige große Mond des Sonnensystems, der eine retrograde Umlaufbahn hat.

Durch den ungekehrten Orbit wird Triton immer näher und näher an den Neptun herangezogen. In Millionen von Jahren wird er so nahe an den riesigen Planeten herankommen, dass er zerbricht. Wenn das passiert, werden die Trümmer einen großen Ring bilden, der vergleichbar mit dem Ring des Saturns sein wird.

37.5 Woraus besteht er?

Dieser Mond besteht hauptsächlich aus Gesteinsmaterial und einem Viertel Eis. Er ist dem Pluto sehr ähnlich.

37.6 Wie stark drückt Tritons' Gravitation auf mich?

Wärest Du auf Triton, so würde er dich mit einer Kraft von weniger als einem Zwölftel der Erdanziehung anziehen.

37.7 Nach wem wurde er benannt?

Triton wurde nach dem Sohn Poseidons aus der griechischen Mythologie benannt. Er war ein Wassermann.

37.8 Wie wurde er entdeckt?

Triton wurde von William Lassell im Jahre 1846 entdeckt, kurz nachdem der Planet Neptun entdeckt wurde. Jedenfalls bekam der Mond durch Camille Flammarion im Jahre 1880 seinen Namen. Der Name dieses Mondes wurde bis zur Mitte des zwanzigsten Jahrhundert nicht allgemein verwendet.

38 Nereid

Nereid ist ein Mond des Planeten Neptun. Er wird manchmal als "Neptun II" bezeichnet. Wir wissen immer noch nicht sehr viel über diesen Mond. Weil er aber einen ziemlich ungewöhnlichen Orbit um den Neptun hat, vermuten Wissenschaftler, dass der Mond einmal ein Asteroid war, der durch die Gravitation von Neptun eingefangen wurde.

38.1 Wie groß ist Nereid?

Es ist der drittgrößte Mond des Neptuns, aber er hat nur einen Durchmesser von 340 Kilometern. Er ist nicht rund, sondern hat eine unregelmäßige Form.

38.2 Wie lange dauert ein Tag auf Nereid?

Ein einzelner Tag auf Nereid dauert elfeinhalb Stunden.

38.3 Wie stark drückt Nereids' Gravitation auf mich?

Nereid ist ein sehr kleiner Mond und hat deswegen eine sehr kleine Gravitation.

Wie stark dich eine Schwerkraft anzieht, wird in **Newton** angegeben. Würdest Du auf der Erde 51 kg oder 112 englische Pfund wiegen, dann wären das 500 Newton. Die Angabe in Newton wird nur in besondern Fällen benutzt, wenn wir wirklich wissen wollen, wie stark wir niedergedrückt werden, weil die Gravitation uns anzieht.

Dein Gewicht in Newton wäre auf Nereid sehr viel geringer, nämlich nur 1/137 des Erdgewichts. Ein durchschnittlicher Erwachsener wöge gerade mal ein halbes Newton. Natürlich musst du noch das Gewicht deines Raumanzuges hinzurechnen, denn der wird ebenfalls auf die Oberfläche gezogen, genau wie du.

38.4 Nach wem wurde er benannt?

Dieser Mond wurde nach einer Seenymphe aus der griechischen Mythologie benannt. Eine Nymphe ist ein Naturgeist, der wie eine schöne Frau aussieht.

38.5 Wie wurde er entdeckt?

Der Mond wurde durch den Astronomen Gerard P. Kuiper entdeckt.

39 Pluto

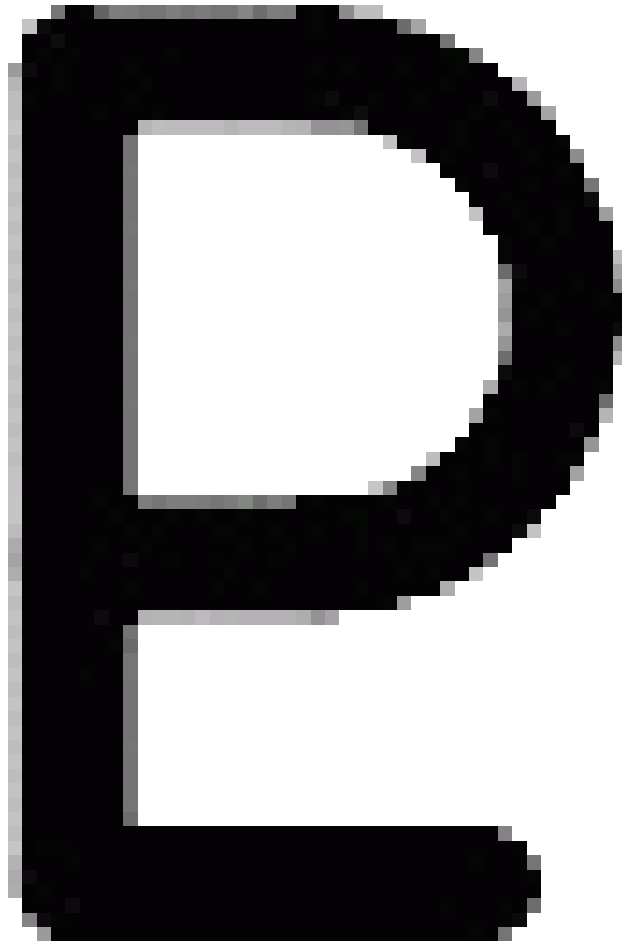


Abb. 103

Plutofakten

- Pluto ist ein sogenannter Zwergplanet und kein Planet mehr!



Abb. 104 Pluto vom Hubble Space Telescope fotografiert.

Bis 2006 galt Pluto noch als Planet; heute gehört er zu den sogenannten Zwergplaneten, da die Astronomen beschlossen haben, dass Pluto zu klein sei, um ein Planet zu sein.

39.1 Wie groß ist Pluto?



Abb. 105 Ein Größenvergleich von Pluto, Charon, unserem Mond und der Erde

Pluto ist kleiner als alle Planeten in unserem Sonnensystem, sogar kleiner als unser Mond. Er wiegt 13.000.000.000.000.000.000 Kilogramm.¹ Das sieht zwar nach ziemlich viel aus, aber das ist nur 1/454 der **Masse** der Erde und ein Sechstel der Masse des Erdmondes. Pluto hat einen Durchmesser zwischen 2200 und 2400 Kilometern.² Seine Oberfläche beträgt 17.950.000 Quadratkilometer (bzw. nur 1/30 der gesamten Erdoberfläche).³ Das **Volumen** von Pluto beträgt 7.150.000.000 km³ (bzw. 1/150 dessen der Erde).⁴

39.2 Wie sieht die Oberfläche aus?

Leider wissen wir das nicht genau. Es gibt noch kein Raumfahrzeug, das jemals dort war und selbst unsere besten Teleskope können keine Details erkennen. Aber sicher ist, dass es sehr kalt dort ist,

1 <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Pluto&Display=Facts&System=Metric>

2 Spinrad, Hyron. 2004 "Pluto." World Book Online Reference Center. 2004. World Book, Inc. <http://www.worldbookonline.com/wb/Article?id=ar435500>; http://www.nasa.gov/worldbook/pluto_worldbook.html; Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 285. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9; <http://amazing-space.stsci.edu/resources/fastfacts/pluto.php.p=Astronomy+basics@,eds,astronomy-basics.php&a=,eds>

3 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>

4 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>

etwa $-230\text{ }^{\circ}\text{C}$.⁵ Die Oberfläche ist mit Eis bedeckt.⁶ Außerdem hat Pluto eine dünne **Atmosphäre**, welche gefriert, wenn Pluto weiter von der Sonne weg ist.⁷

Das Bild auf der linken Seite zeigt den Pluto in Farbe.

39.3 Was ist über die Monde bekannt?

Pluto hat drei Monde. Der größte heißt Charon. Charon ist halb so groß wie Pluto und ebenfalls ein Zwergplanet.⁸ Seine Oberfläche ist mit Wassereis bedeckt.⁹ In der römischen Mythologie brachte Charon die toten Seelen über den Fluss Acheron in das Land der Toten.¹⁰

Im Oktober 2005 wurde die Entdeckung der anderen beiden Monde von Wissenschaftlern des Hubble Weltraumteleskops mitgeteilt. Sie sind sehr kleine Monde mit einem Durchmesser von knapp 40 km. Weil sie so weit entfernt sind, ist nahezu nichts über sie bekannt.

39.4 Wie lang ist ein Tag für Pluto?

Ein Tag auf Pluto dauert 6,3 Erdentage, das sind 153,3 Stunden. Wie auch Uranus rotiert Pluto liegend.¹¹

39.5 Wie lang ist ein Jahr für Pluto?

Ein Jahr auf Pluto dauert 6387 Tage oder 17,7 Erdenjahre!¹²

39.6 Woraus besteht er?

Wissenschaftler glauben, dass Pluto überwiegend aus Fels und Eis besteht,¹³ aber das ist nicht sicher, bis weitere Untersuchungen gemacht wurden. Die Entdeckung von Charon half den Wissenschaftlern

5 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>; Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 285. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9; http://www.nasa.gov/worldbook/pluto_worldbook.html

6 Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 287. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9; http://www.nasa.gov/worldbook/pluto_worldbook.html

7 Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 287. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9; <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>

8 http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Plu_Charon

9 <http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/pluto.html>

10 <http://www.pantheon.org/articles/c/charon.html>

11 <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>; <http://www.nineplanets.org/pluto.html>

12 <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Pluto&Display=Overview>

13 <http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/pluto.html>

dabei, die **Dichte** von Pluto abzuschätzen. Die gewonnenen Informationen verrieten ihnen, woraus Pluto bestand und woraus nicht. Bestünde Pluto aus schwerem Material, hätte er eine hohe Dichte. Bestünde er aus Gas, wäre seine Dichte gering. Pluto liegt irgendwo dazwischen, und deshalb besteht er wohl aus Fels und Eis.

39.7 Wie sehr würde mich Plutos Schwerkraft anziehen?

Wenn du auf Pluto wärest, würde die Schwerkraft nur 0,06 mal so stark wie auf der Erde sein.¹⁴ Das bedeutet, du könntest um einiges höher springen, als auf dem Mond, je nach Muskelkraft und Fortbewegungsmöglichkeiten auf dem Planeten, kann man sogar beschleunigen und unglaubliche Geschwindigkeiten erreichen!

39.8 Woher stammt sein Name?

Pluto wurde nach dem römischen Gott der Unterwelt benannt. In der römischen Mythologie hatte er Prosperina (Persephone) entführt, damit er sie heiraten könnte. Das machte ihre Mutter sehr traurig, wodurch der Winter entstand. Um den Winter zu beenden schickte Jupiter Plutos Bruder, Merkur aus, um sie zurück zu holen. Bevor er sie gehen ließ, gab Pluto ihr einen Granatapfel zu essen. Das Essen bewirkte, dass sie nun immer ein halbes Jahr mit ihm leben muss. Das ist die römische Legende über die Entstehung des Frühlings. Wenn sie in die Unterwelt geht, hört alles auf zu wachsen. Wenn sie zurückkehrt, ist ihre Mutter wieder fröhlich und das Leben kehrt zurück.¹⁵

39.9 Quellen

Die nachfolgenden Webseiten sind allesamt in englischer Sprache.

Mit der Zeit werden sie alle durch deutschsprachige ersetzt.

14 Snow, Theodore P. (1996) "The Outer Planets." In *The Dynamic Universe: An Introduction to Astronomy*. pp. 285. West Publishing Company. ISBN 0-314-64212-9; <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/plutofact.html>

15 http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/mythology/persephone_seasons.html;
<http://www.pantheon.org/articles/p/persephone.html>

40 Charon

Charon ist Plutos größter Mond.

40.1 Wie groß ist Charon?

Charon misst 1207 km im Durchmesser, mehr als die Hälfte des Durchmessers von Pluto. Weil der Größenunterschied zwischen Pluto und Charon so gering ist, werden sie manchmal als "Doppelplanet" betrachtet. Sie werden auch gelegentlich als die ersten beiden "Transneptunische Objekte" bezeichnet.

40.2 Aus was besteht die Oberfläche?

Die Oberfläche von Charon ist mit Wassereis bedeckt.

40.3 Wie lange dauert ein Tag auf Charon?

Ein Tag auf Charon entspricht 6 Tagen, 9 Stunden und 18 Minuten auf der Erde.

40.4 Wie lange dauert sein Orbit rund um Pluto?

Charon benötigt 6387 Tage für eine Umkreisung von Pluto. Dies entspricht der gleichen Zeitdauer, die Pluto für eine ganze Umdrehung benötigt.

40.5 Nach wem ist er benannt?

Charon ist nach einer Gestalt aus der griechischen Mythologie benannt. Charon beförderte die Toten über den Fluss Acheron in den Hades, wenn sie seine Dienste bezahlen konnten.

40.6 Wie wurde er entdeckt?

Charon wurde von James Christy am 22. Juni 1978 entdeckt. Er untersuchte sehr stark vergrößerte Bilder von Pluto und bemerkte eine kleine Ausbuchtung, welche auf manchen Bildern auftauchte.

Diese Ausbuchtung wurde später auf älteren Bildern bestätigt und wurde vorübergehend mit *S/1978 P 1* bezeichnet.

41 Ceres

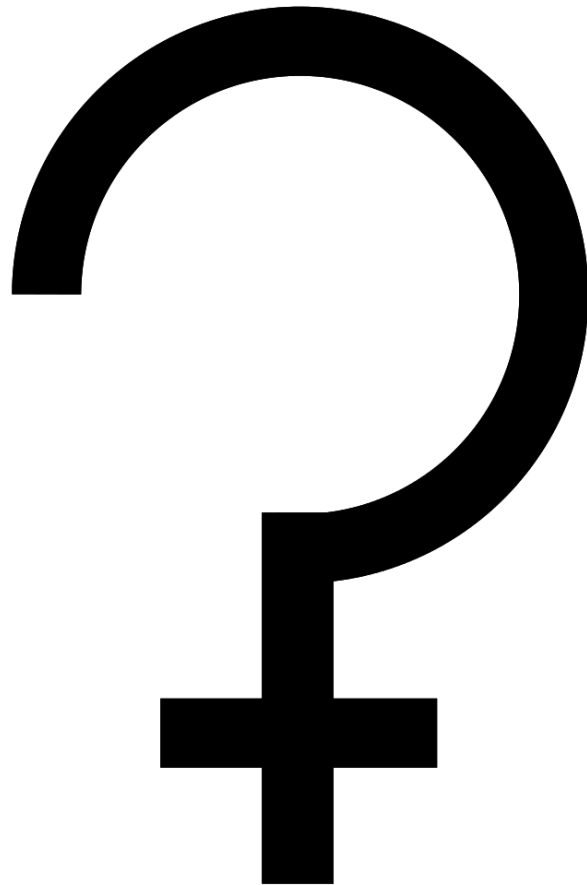


Abb. 106

Ceresfakten

- Ceres ist ein Zwergplanet
- Ceres befindet sich innerhalb des Asteroidengürtels

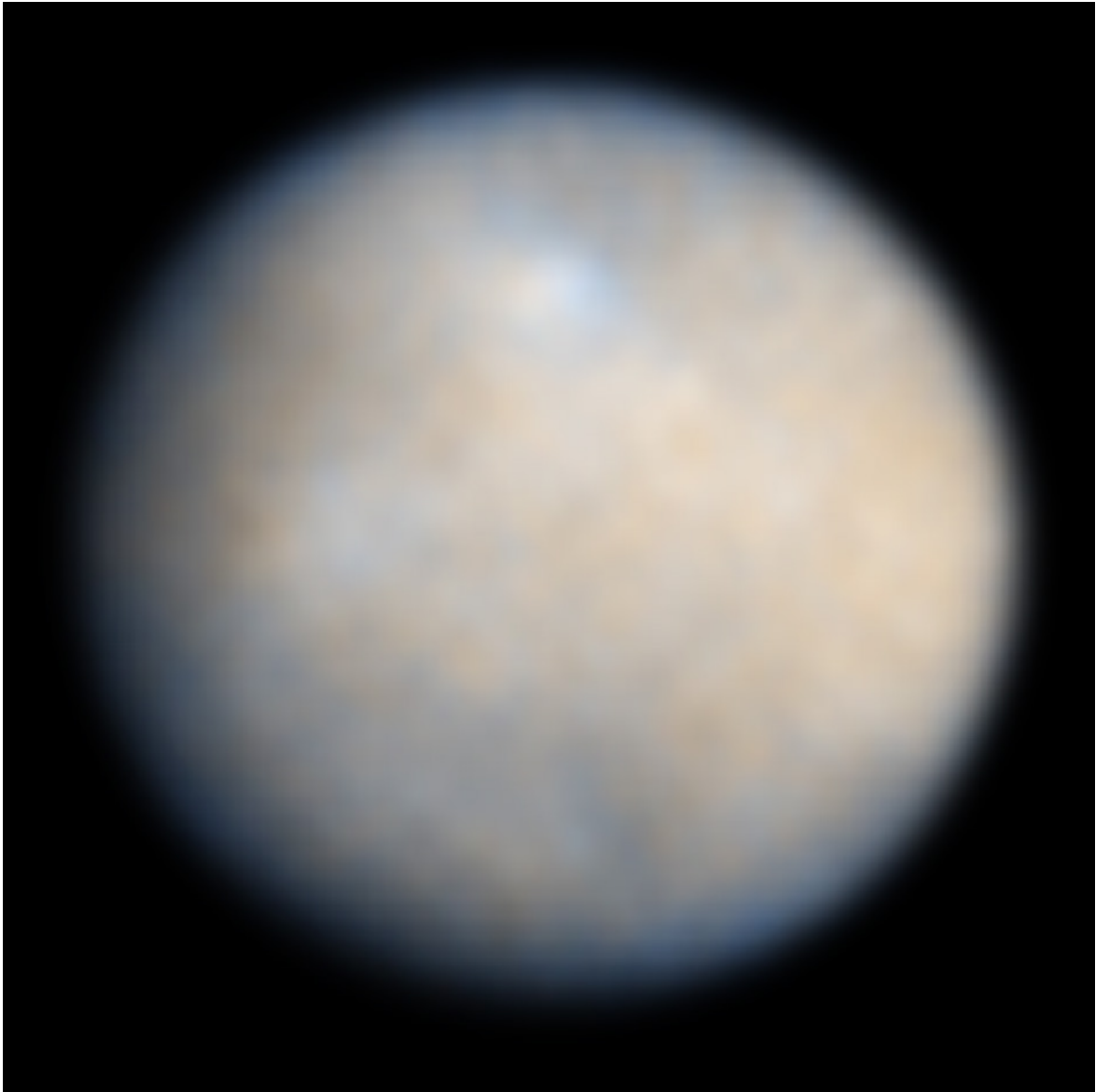


Abb. 107 Ceres vom Hubble Space Telescope fotografiert.

Ceres ist ein Zwergplanet, der sich im Asteroidengürtel befindet, also zwischen Mars und Jupiter. Er wurde erst am 1. Januar 1801 entdeckt. Lange Zeit wurde er "Kleinkörper" genannt. Seit 2006 bezeichnet man ihn als "Zwergplaneten". Er ist der größte Körper im Asteroidengürtel und fast rund.

41.1 Wie groß ist Ceres?

Der Äquatordurchmesser von Ceres beträgt 487km. Das ist ziemlich klein. Ceres würde 7 mal in den Monddurchmesser und sogar 26 mal in den Erddurchmesser passen.

41.2 Was ist über die Monde bekannt?

Ceres hat keine Monde.

41.3 Wie lang ist ein Tag für Ceres?

Ein Tag auf Ceres dauert ungefähr 9 Stunden.

41.4 Wie lang ist ein Jahr für Ceres?

Ein Jahr auf Ceres dauert 1.682 Tage. Das sind ungefähr viereinhalb Jahre.

41.5 Woraus besteht er?

Wissenschaftler glauben, dass Ceres überwiegend aus Fels und Wasser besteht. Sie vermuten, dass er zu einem Viertel aus Wasser ist. Das ist auf der Oberfläche allerdings gefroren. Die Oberfläche soll aus einer dünnen, staubigen Schicht bestehen. Darunter soll dann ein ca. 10km dicker Eismantel sein. Dann kommt ein fester Kern aus Gestein.

41.6 Wie sehr würde mich Ceres Schwerkraft anziehen?

Auf Ceres könntest Du riesige Sprünge machen. Die Schwerkraft dort ist 36 mal geringer als auf der Erde! Wenn Dein Vater auf der Erde 72kg wiegt, dann könntest Du ihn auf Ceres ganz leicht durch die Luft heben. Denn er wäre so leicht, wie hier auf der Erde eine 2-Liter Getränkeflasche samt Inhalt.

41.7 Woher stammt sein Name?



Abb. 108 Statue der römischen Göttin Ceres.

Ceres wurde nach der römischen Göttin des Ackerbaus und der Patronin der Insel Sizilien benannt. Er hat den Namen von seinem Entdecker erhalten. Das war der italienische Astronom Giuseppe Piazzi.

42 Eris

Erisfakten

- Eris ist ein Zwergplanet.
- Eris befindet im Kuipergürtel.

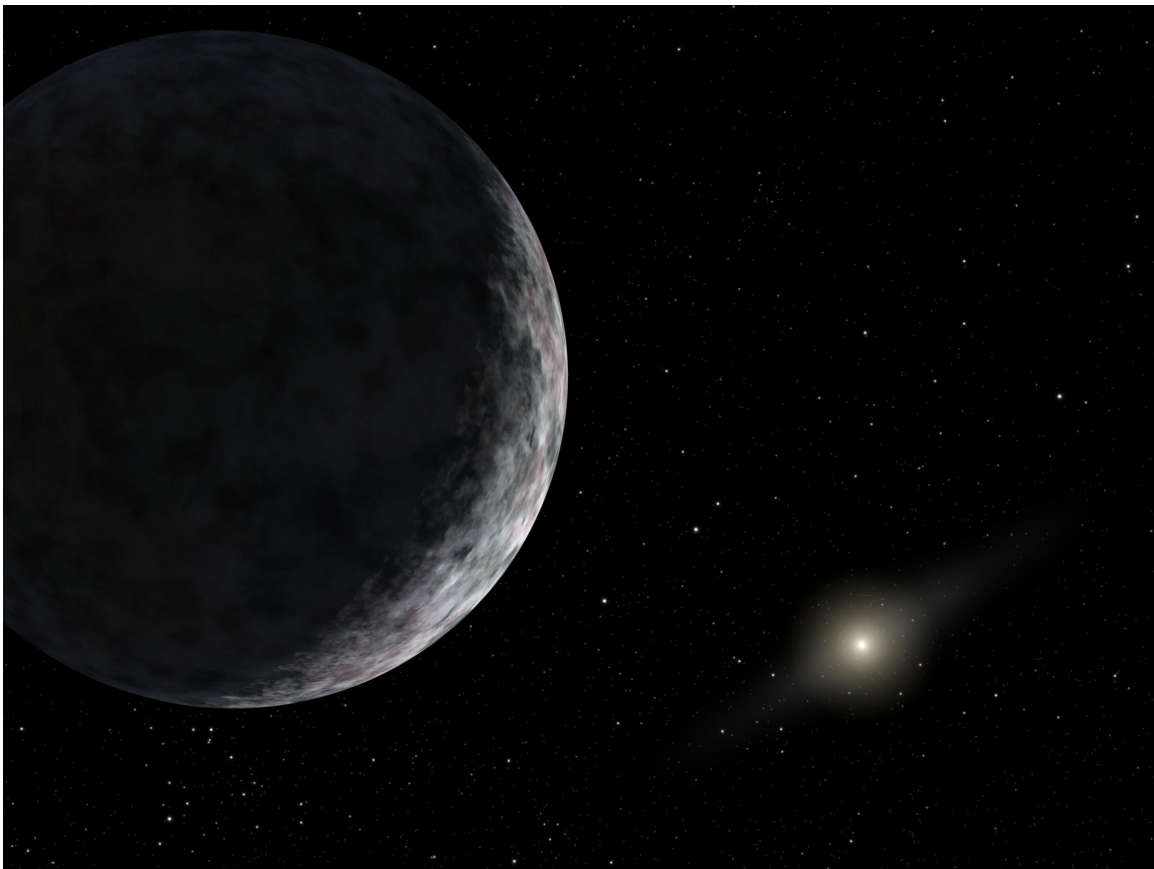


Abb. 109 Eris im Weltraum.

Eris ist ein Zwergplanet, der sich im Kuipergürtel befindet, also hinter dem Pluto. Er wurde erst am 21. Oktober 2003 entdeckt. Lange Zeit wurde er "Kleinkörper" genannt. Seit 2006 bezeichnet man ihn als "Zwergplaneten". Er ist der größte Zwergplanet im Kuipergürtel, dicht gefolgt von Pluto.

42.1 Wie groß ist Eris?

Der Äquatordurchmesser von Eris beträgt etwa 2400 km. Im Gegensatz zur Erde (circa 13.000 km) ist Eris noch relativ klein. Eris würde 1 mal in den Monddurchmesser und 5 mal in den Erddurchmesser passen.

42.2 Was ist über die Monde bekannt?

Eris hat einen Mond, den Mond Dysnomia.

42.3 Wie lang ist ein Jahr für Eris?

Ein Jahr auf Eris dauert etwa 557 Jahre.

42.4 Woraus besteht er?

Wissenschaftler glauben, dass Eris überwiegend aus Fels und Wasser besteht. Außerdem soll auf der Oberfläche gefrorenes Methan (ein Gas) sein.

42.5 Wie sehr würde mich Eris' Schwerkraft anziehen?

Auf Eris könntest Du riesige Sprünge machen. Die Schwerkraft dort ist 16 mal geringer als auf der Erde! Wenn Dein Vater auf der Erde 72kg wiegt, dann könntest Du ihn auf Eris ganz leicht hochheben. Denn er wäre etwa so leicht, wie hier auf der Erde ein Hartschalenkoffer.

42.6 Woher stammt sein Name?



Abb. 110 Die römische Göttin Eris auf einer Vase.

Eris wurde nach der römischen Göttin des Streits benannt.

43 Makemake

Fakten zu Makemake:

- Makemake ist ein Zwergplanet.
- Makemake befindet im Kuipergürtel.

w:(136472) Makemake¹



Abb. 111 Makemake im Weltraum.

¹ <http://de.wikipedia.org/wiki/%28136472%29%20Makemake>

Makemake ist ein Zwergplanet, der sich im Kuipergürtel befindet, also hinter dem Pluto. Er wurde erst am 31. März 2005 entdeckt. Seit 2006 bezeichnet man ihn als "Zwergplaneten". Er ist, nach Pluto, das zweithellste Objekt im Kuipergürtel.

43.1 Wie groß ist Makemake?

Der Äquatordurchmesser von Makemake beträgt etwa 2400 km. Im Gegensatz zur Erde (circa 13.000 km) ist Makemake noch relativ klein. Makemake würde 2 mal in den Monddurchmesser und 7 mal in den Erddurchmesser passen.

43.2 Was ist über die Monde bekannt?

Makemake hat keine bekannten Monde.

43.3 Wie lang ist ein Jahr für Makemake?

Ein Jahr auf Makemake dauert etwa 309 Jahre.

43.4 Wie sehr würde mich Makemakes Schwerkraft anziehen?

Auf Makemake könntest Du riesige Sprünge machen. Die Schwerkraft dort ist 22 mal geringer als auf der Erde! Wenn Dein Vater auf der Erde 72kg wiegt, dann könntest Du ihn auf Makemake ganz leicht in die Luft heben. Denn er wäre etwa so leicht, wie hier auf der Erde eine 3-Liter Wasserflasche, samt Inhalt.

43.5 Woher stammt sein Name?



Abb. 112 Makemake mit zwei Vogelmännern (Tangata Manu) in rotes Vulkangestein geritzt.

Makemake wurde nach der Schöpfer- und Fruchtbarkeitsgottheit der Kultur der Osterinsel benannt.

44 Kometen

Kometen Fakten

- Kometen werden häufig als riesige "schmutzige Schneebälle" beschrieben, denn sie bestehen zum größten Teil aus Eis.
- Kometen haben zwei Schweife, einer besteht zum größten Teil aus Steinen und Staub, der andere überwiegend aus Gas.
- Kometenschweife zeigen immer von der Sonne¹ weg .



Abb. 113 Der Komet Hale Bopp

44.1 Was ist ein Komet?

Stell dir einen Kometen als großen, schmutzigen, gashaltigen Schneeball vor. Kometen entstehen in einem Ring aus Gestein, Staub und Eis, der noch hinter Pluto² um die Sonne³ verläuft und Kuipergürtel⁴ genannt wird. Kometen bilden sich, wenn Gestein, Staub und Eis *kondensieren* - das bedeutet "sich durch Gravitationskraft zusammenfügen". Wenn ein Komet nach und nach größer wird, zieht es ihn auch in Richtung Sonne und um sie herum.

2 Kapitel 39 auf Seite 177

3 Kapitel 4 auf Seite 19

4 Kapitel 45 auf Seite 203

In unserem Sonnensystem brauchen Kometen viele Jahre, um die Sonne zu umkreisen - von ein paar Dutzend Jahren bis zu Tausenden von Jahren. Das liegt daran, dass sie die Sonne in so großer Entfernung umkreisen. Sie haben lange, eiförmige Umlaufbahnen um die Sonne und nicht kreisförmige wie die Planeten.

44.2 Wie sieht ein Komet aus?

Kometen, die du ohne Teleskop am Himmel beobachten kannst, sind sehr ungewöhnlich, denn solche gehören zu den größten und leuchtkräftigsten von allen. Die meisten können nur durch ein Teleskop erkannt werden.

Wenn Kometen noch sehr weit weg von der Sonne sind, bedeckt sie eine Kruste aus Eis, schwarzem Gestein und Staub, aber wenn ein Komet sich der Sonne annähert, beginnt das Eis zu schmelzen. Dadurch entstehen große Mengen von Wasser und Dampf, die die Kruste durchbrechen und dabei Staub und Steine mitreißen. Gelegentlich können das Wasser, der Dampf, die Steine und der Staub von der Erde aus als ein oder zwei Schweife gesehen werden, die vom Kometen weg strömen. Selbst wenn nur ein Schweif zu erkennen ist, gibt es dennoch zwei, wovon einer aus dem leichten Dampf und Wasser und der andere aus den Steinen, dem Staub und Eisklumpen besteht.

Kometen sind für gewöhnlich zwischen ein paar Kilometern und einigen Hundert Kilometern groß, doch können ihre Schweife einige Millionen Kilometer lang sein.

5 6 7 8 9

44.3 Kometen am Himmel sehen

Die "großen Kometen", die besonders aufsehenerregende Schweife bilden, gehören zu den seltensten Objekten in unserem Sonnensystem. Für gewöhnlich bekommt man sie nur alle hundert Jahre zu Gesicht und es ist wirklich selten, einen dieser Kometen zu sehen. Der letzte "große Komet" erschien im Jahre 1919, doch mag es wieder hundert Jahre dauern, bevor sich ein weiterer der Erde nähert. Astronomen können ihr Erscheinen nicht vorhersagen, weil es immer noch Dinge über unser Sonnensystem gibt, die sie nicht verstehen. Solltest du davon hören, dass bald ein großer Komet zu sehen sein wird, brauchst Du nur diese Gebrauchsanweisung zu befolgen, um ihn zu sehen!

1. Bringe in Erfahrung, ob der Komet den Himmelsausschnitt deiner Wohngegend durchquert.
2. Erzähle deinen Eltern vom Erscheinen des Kometen.
3. Besorge ein Teleskop oder Fernglas und einige Stühle für die Beobachtungen. Viele der größten Kometen bedurften keines Teleskops, um gesehen zu werden.

5 Wikipedia's Artikel über Kometen <http://de.wikipedia.org/wiki/Komet>

6 Star Child Artikel über die Entstehung der Kometen <http://www.avgoe.de/StarChild/DOCS/STARCH00/SOLARS00/COMETS.HTM>

7 Encyclopedia.com Artikel über den Aufbau von Kometen (englisch) http://www.encyclopedia.com/html/section/comet_structureofcomets.asp

8 Kometen für Einsteiger (englisch) <http://www.windows.ucar.edu/tour/link=/comets/comets.html&edu=elem>

9 Encyclopedia.com Artikel über den Aufbau von Kometen (englisch) http://www.encyclopedia.com/html/section/comet_theoriginofcomets.asp

4. Bitte deine Eltern, dich zu einem Park, einem Wald oder einem dunklen Platz zu begleiten, der weiter weg von der Stadtbeleuchtung ist.
5. Beobachte den Himmel und genieße diesen wunderbaren Anblick.

Der Staub eines Kometenschweifs treibt auf ungefähr der gleichen Bahn durch den Raum, auf dem der Komet um die Sonne reiste. Er ist üblicherweise so fein, dass man ihn nicht sehen kann. Führt die Erdbahn jedoch durch einen solchen Schweif, dann gelangen die Staubpartikel in die Erdatmosphäre und verglühen. Das sind die wiederkehrenden **Meteoritenschauer**, die sich von Zeit zu Zeit ereignen. Die meisten großen Meteoritenschauer sind inzwischen identifiziert, sie gehören entweder zu einem existierenden Kometen oder sie sind die Überbleibsel eines Kometen, der früher einmal beobachtet wurde, meist in vergangenen Jahrhunderten. Wenn die Erde durch diesen "Schwarm" übriggebliebenen Staubs reist, kannst du bei Nacht **Sternenschauer** oder **Meteoriten** sehen.^{10 11 12}

44.4 Wieviele Kometen gibt es?



Abb. 114 Foto von Edmond Halley

Niemand weiß das wirklich.

Alle Kometen halten sich auf Umlaufbahnen mit so großer Entfernung zur Sonne auf, dass sie nicht gesehen werden können - selbst mit einem Teleskop nicht. Trotzdem entdecken Amateurastronomen <http://home.earthlink.net/~tonyhoffman/cometfornewyork.htm> jedes Jahr über 100 nie zuvor gesehene Kometen, die nahe genug kamen, um gefunden zu werden <http://comethunter.de/>.

Bis zum November 2005 wurden 2857 neue Kometen von Astronomen entdeckt <http://www.johnstonsarchive.net/astro/sslist.html>. Die meisten der beobachteten Kometen stürzen in die Sonne oder verlassen das Sonnensystem endgültig. Es könnte eine Million solcher Kometen geben, die früher oder später in die Reichweite unserer Teleskope gelangen werden.

¹⁰ [Nightskyinfo.com Bericht über das Beobachten von Kometen \(englisch\)](http://www.nightskyinfo.com/comets/) <http://www.nightskyinfo.com/comets/>

¹¹ [Skyhound.com Bericht über das Beobachten von Kometen \(englisch\)](http://www.skyhound.com/sh/comet_desc.html) http://www.skyhound.com/sh/comet_desc.html

¹² [Thinkquest.org Gute Informationen und Bilder \(englisch\)](http://library.thinkquest.org/J0112188/our_view_from_earth.htm) http://library.thinkquest.org/J0112188/our_view_from_earth.htm

Astronomen erwarten, dass von allen bisher beobachteten Kometen nur 253 jemals wieder zurückkehren werden http://cometography.com/periodic_comets.html.

44.5 Wonach werden Kometen benannt?

Ein Komet wird üblicherweise nach dem Astronomen benannt, der ihn entdeckt hat. Sind mehrere an der Entdeckung beteiligt, kannst du manchmal Mehrfachnamen bei Kometen feststellen, wie beim Komet Hale-Bopp oder beim Komet Shoemaker-Levy. Es wird grundsätzlich als eine große Ehre angesehen, wenn ein Komet nach dir benannt wird.¹³¹⁴

44.6 Welche berühmten Kometen der Geschichte gibt es?



Abb. 115 Der Halleysche Komet aufgenommen am 8 März 1986.

- Komet Halley - der vielleicht berühmteste aller Kometen und der erste, der als wiederkehrender Komet identifiziert wurde.
- Komet Encke - der zweite Komet, der als wiederkehrend erkannt wurde.

13 IAU Division 3 Gut definierte Informationen über Namensvergabe bei Kometen (englisch) <http://www.ss.astro.umd.edu/IAU/csbn/comet.shtml>

14 Eine weitere IAU Webseite mit einem Abschnitt über Namensvergabe bei Kometen (englisch) <http://www.nineplanets.org/names.html>

- Komet Shoemaker-Levy - er war der erste Komet, dessen Einschlagen auf einem anderen Planeten des Sonnensystems beobachtet werden konnte. In diesem Fall war der Einschlag auf dem Planeten Jupiter¹⁵ wohl das am meisten untersuchte astronomische Ereignis der Geschichte.

44.7 Kündigt ihr Erscheinen ein Unglück an?

Früher verstanden die Menschen noch nicht so genau, was Kometen eigentlich sind oder woher sie stammen. Sie wurden als sehr ungewöhnliche Objekte am Himmel angesehen, die nur flüchtiger Natur sind. Für einige Kulturen war die Ankunft eines Kometen ein Vorbote schlechter Ereignisse, die den Tod des Königs oder militärische Niederlagen ankündigten. In anderen Jahrhunderten galten Kometen als Überbringer von Glück, die kommenden Reichtum und mehr verhiessen. Astronomen aus dem alten China hatten wohl die besten Vorarbeiten geleistet, in dem sie das tatsächliche Auftauchen von Kometen am Himmel aufzeichneten, und sie hinterließen genaue Beschreibungen darüber, wie die Kometen aussahen und wo ungefähr am Himmel sie zu sehen waren.

Selbst vor kurzer Zeit, als im Jahre 1910 der Komet Halley erschien, gab es eine weit verbreitete Panik, weil bekannt wurde, dass die Erde in den Schweif des Kometen geraten könnte. Die Panik entstand im Glauben, giftige Gase aus dem Kometen könnten die Erdatmosphäre überfluten. Tatsächlich gibt es so wenig Gas in einem Kometenschweif, dass es zu keiner messbaren Auswirkung auf die Zusammensetzung der Erdatmosphäre kommt, wenn ein solches Ereignis eintritt.¹⁶

44.8 Quellen

Schwerpunkte

1-6 Genug für die ersten paar Abschnitte

7-9 Kometensichtungen

10-11 Kometennamen

12 Aberglaube und Kometen

15 Kapitel 13 auf Seite 85

16 Gute Informationen über Kometen als Unglücksboten (englisch)<http://www.psi.edu/sji/ed/comets.html>

45 Kuipergürtel

Kuipergürtel Fakten

- Der Kuipergürtel ist das jüngstentdeckte Gebiet des Sonnensystems.

Der Kuipergürtel erstreckt sich von der **Umlaufbahn** Neptuns rund drei Milliarden (3 000 000 000) Kilometer in den Weltenraum. Er besteht aus Eisklumpen mit **organischen Bestandteilen**. Das macht sie den Kometen¹ ähnlich. Diese Klumpen werden auch Objekte des Kuipergürtel oder Planetoiden genannt. Der Kuipergürtel ist möglicherweise durch die Schwerkraft des jungen Jupiters entstanden, der die Objekte des Gürtels an ihre heutige Position schleuderte.

45.0.1 Wie groß sind die Objekte des Kuipergürtels?

Wissenschaftler halten Pluto für eines der größten Objekte aus dem Kuipergürtel. Er hat einen Durchmesser von 2390 km. Die nächstgrößeren Objekte des Kuipergürtels sind Orcus mit einem Durchmesser von 1600 km (1,000 Meilen), 2003 EL61 mit 70% der Pluto-Größe und 2005 FY9 mit 50 - 70 % der Plutogröße.

Kürzlich entdeckten Wissenschaftler ein Objekt namens 2003 UB313, das größer als Pluto ist. Die Wissenschaftler kennen die Größe nicht genau, doch nehmen sie an, es sei 20% mehr als die von Pluto. Zum Zeitpunkt seiner Entdeckung war es 100 mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde es ist. Es näherte sich der Sonne bis zur Plutobahn an. Seine Bahn ist gegenüber der Erdumlaufbahn um 45° geneigt. Plutos Bahn ist nur um 17° geneigt. Einige Leute nennen es den zehnten Planeten. Andere glauben nicht, dass 2003 UB313 ein Planet ist und dass auch Pluto nicht als einer angesehen werden sollte. 2006 wurde Pluto zum Zwergplaneten zurückgestuft.

Andere große Objekte des Kuipergürtels mit einer Größe von 1000km oder mehr sind der Pluto-Mond Charon, Quaoar, Varuna, Ixion, 1996 TL66, 2002 TX300, 2002 TC302, 2002 UX25 und 2002 AW197. Ceres, der größte **Asteroid**, hat einen Durchmesser von ungefähr 950 km.

Viele andere Objekte des Kuipergürtels haben einen Durchmesser von nur ein paar Kilometern oder einige Zehn Kilometern.

45.0.2 Wie viele Objekte gibt es im Kuipergürtel?

Bis zum Jahr 2004 wurden über 1000 Kuiper-Objekte gefunden. Wissenschaftler glauben, dass noch viel mehr auf ihre Entdeckung warten, und dass einige davon so groß wie die Erde sein könnten (wenn auch viel älter).

1 Kapitel 44 auf Seite 197

45.0.3 Wonach wurde er benannt?

Nachdem das erste Objekt des Gürtels durch das Mauna Kea Observatorium auf Hawaii entdeckt wurde, erhielt der Gürtel seinen Namen nach dem Astronom Gerard Kuiper, der im Jahre 1951 die Vermutung äußerte, dass der Gürtel vor sehr langer Zeit existiert hatte. Astronomen wie Frederick Leonard, Kenneth Edgeworth, und Julio Fernandez nahmen an, dass es den Gürtel immer noch gibt, und einige Astronomen nennen ihn daher den Edgeworth-Kuiper Gürtel.

45.0.4 Wonach sind die Objekte des Kuipergürtels benannt?

Wenn ein Objekt im Weltraum entdeckt wird, bekommt es einen vorübergehenden Namen, der "vorläufige Bezeichnung" genannt wird. Dieser vorübergehende Name beginnt mit dem Jahr seiner Entdeckung, gefolgt von einigen Buchstaben und Zahlen, die Auskunft darüber geben, in welchem Monat und in welcher Reihenfolge sie entdeckt wurden. Später bekommen die wichtigsten Objekte andere Namen, die zumeist aus der Mythologie stammen.

Orcus, Chiron und Varuna wurden nach mythologischen Göttern der Unterwelt benannt. Ixion wurde nach einer mythologischen Person aus der Unterwelt benannt. Quaoar wurde nach dem Schöpfungsgott des amerikanischen Indianerstammes der Tongva benannt.

46 Oortsche Wolke

Oortsche Wolke Fakten:

- Die Oortsche Wolke ist die entfernteste Stelle, an die du reisen könntest, ohne das Sonnensystem zu verlassen.
- Es wird angenommen, dass die meisten Kometen aus der Oortschen Wolke stammen, bevor sie in Richtung der Sonne "fallen".

46.1 Was ist die Oort'sche Wolke?

Wissenschaftler gehen davon aus, dass es ein wolkenähnliches Gebiet um unser Sonnensystem herum gibt, das aus Felsen und Eis besteht. Es handelt sich um eine Ansammlung kometenähnlicher Objekte, die auf Bahnen weit entfernt von der Sonne ziehen. Der Name wurde nach dem holländischen Astronomen Jan Oort¹ gewählt, der diese Überlegungen weiter ausarbeitete und bekannt machte.

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Jan_Hendrik_Oort

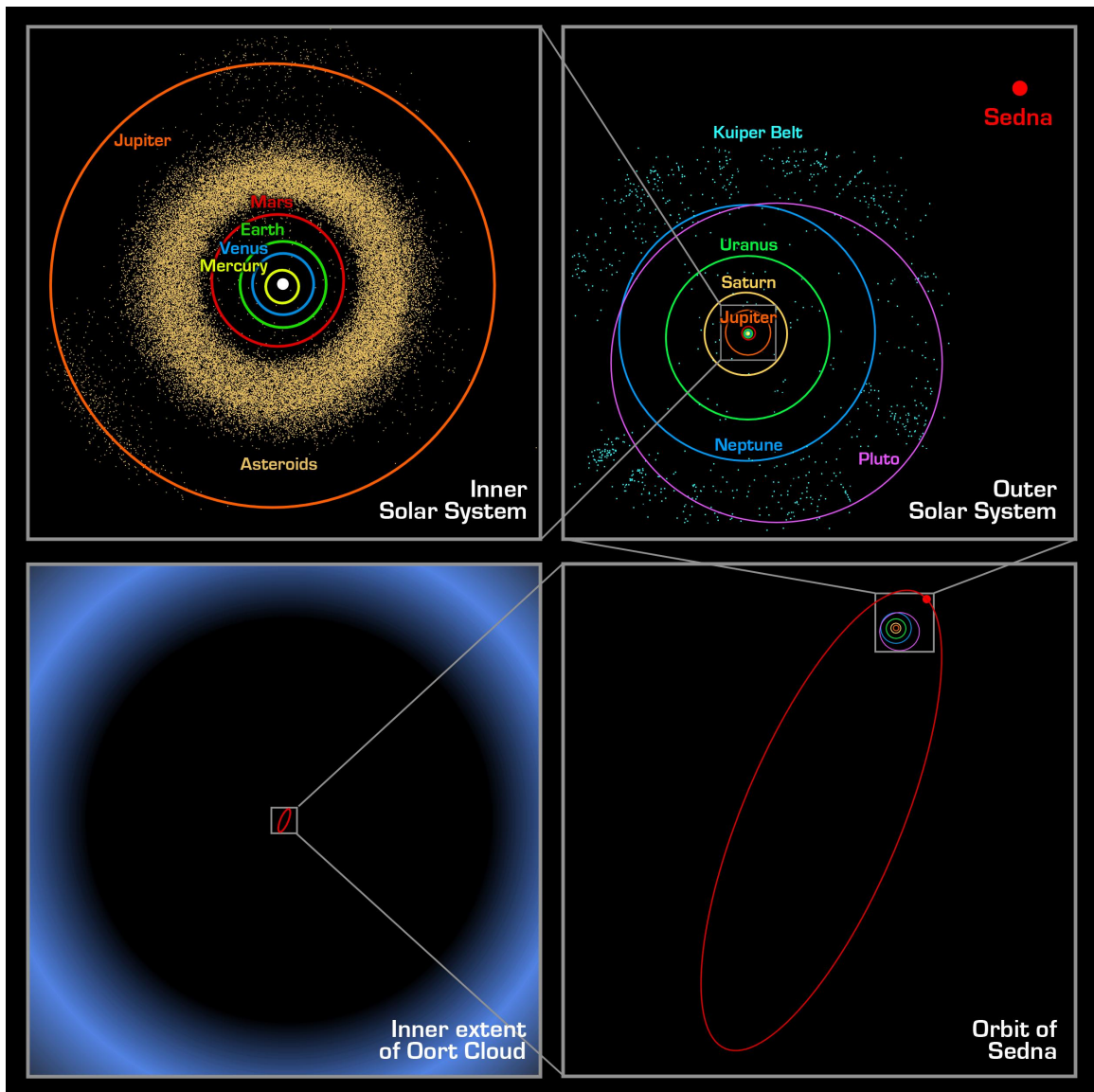


Abb. 116 Das Diagramm zeigt, wie weit die Oortsche Wolke sich im Vergleich zu den Planeten des Sonnensystems ungefähr erstreckt.

46.2 Wo befindet sich die Oortsche Wolke?

Die Kometen der Oortschen Wolke sind zwischen 50000 und 100000 mal so weit von der Sonne entfernt wie die Erde es ist. Das ist 1000 mal weiter entfernt von der Sonne als Pluto es ist und beträgt etwa ein Viertel der Entfernung zum nächstgelegenen Stern. Licht benötigt ein Jahr, um so weit zu reisen.

46.3 Wie entstand die Oortsche Wolke?

Zur Zeit der Entstehung des Sonnensystems könnten die Objekte der Oortsche Wolke noch dichter an der Sonne gelegen haben. Dann schleuderten **Gasriesen** sie mit ihrer Gravitationskraft fort. Die Objekte der Oortschen Wolke wurden in alle Richtungen fortgeschleudert, sodass die Oortsche Wolke eher kugelförmig und nicht scheibenförmig ist. Die Gravitationskräfte anderer Sterne formten die Bahnen der Objekte stärker kreisförmig, wodurch die Objekte in weiter Entfernung zur Sonne blieben. Möglicherweise sorgt die Schwerkraft anderer Sterne manchmal dafür, dass die Objekte wieder zur Sonne geschickt werden. Dann könnten wir sie als Kometen beobachten.

Eines dieser weitentfernten Objekte, das bislang entdeckt wurde, ist Sedna. Sein Durchmesser liegt zwischen 1.180 und 1.800 km. Seine **Umlaufbahn** ist zwischen 76 und 928 mal so weit von der Sonne entfernt wie die der Erde. Sedna braucht 11.250 Erdjahre um die Sonne einmal zu umkreisen. Als Sedna sich das vorige Mal an seiner heutigen Position befand, hörte die letzte Eiszeit gerade auf!

Einige Wissenschaftler betrachten Sedna als ein inneres Objekt der Oortschen Wolke. Andere meinen, dass es noch zum Kuipergürtel gehört, wodurch dieser viel größer wäre.

47 Raumforschung

47.1 Die Erforschung des Weltraums – ein langer Traum

Ins Weltall zu gelangen gehörte schon immer zu den größten Träumen der Menschheit, bereits vor tausenden von Jahren. Viele Schriftsteller schrieben über Reisen ins Weltall, lange bevor im Jahre 1903 das erste Flugzeug über den Himmel zog. Eines der berühmtesten dieser "Science Fiction" (was soviel heißt wie Wissenschafts-Dichtung) Bücher heißt *Von der Erde zum Mond*, es stammt von dem Franzosen Jules Verne – und wurde mehr als hundert Jahre vor der Zeit geschrieben, als die ersten Menschen tatsächlich außerhalb der Erde angekommen waren.

47.2 Die erste Erkundung des Weltalls

Der Weltraum fängt in 100 km oder 62 Meilen Höhe über der Erdoberfläche an. Im Jahre 1942 erreichte die deutsche Rakete *A-4* als erstes Objekt diese Höhe, doch mehr als wieder zur Erde runterzufallen tat sie nicht und war daher nicht besonders nützlich.

Die Sowjetunion startete am 4. Oktober 1957 anlässlich des 40. Jahrestages ihrer Oktoberrevolution den Satelliten *Sputnik 1* ins Weltall. Innerhalb eines Monats, am 3. November 1957 startete die Sowjetunion *Sputnik 2*, und mit an Bord war die erste Raumfaherin: Laika, eine Hündin. Die US-Amerikaner waren geschockt: Bis zu diesem Tag hatten sie geglaubt, den Sowjets auf jedem Gebiet technologisch überlegen zu sein. Dieses Ereignis bekam den Namen „Sputnikschock“. Die Vereinigten Staaten begannen selbst, Raketen und Satelliten zu entwerfen. Beide Nationen lagen die nächsten Jahrzehnte miteinander im Wettbewerb – es wurde der *Wettlauf ins All*¹ genannt.

47.3 Ein Mann im All

Am 12. April 1961 wurde der erste Mensch ins Weltall geschossen: Yuri Gagarin, ein sowjetischer Kosmonaut, flog mit dem Raumschiff *Wostok 1*. In den nächsten Jahrzehnten sandte die Sowjetunion weitere Menschen ins Weltall, und ebenso die Vereinigten Staaten von Amerika. Es dauerte bis zum Jahr 2003, bis ein weiteres Land ein bemanntes Raumschiff startete: China mit dem Schiff *Shenzhou 5*.

¹ <http://de.wikibooks.org/wiki/Der%20Wettlauf%20zum%20Mond%20%20%13%20Die%20Rolle%20der%20Raumfahrt%20im%20Kalten%20Krieg>

47.4 Der Wettlauf zum Mond

Kurz nach Gagarins Flug hielt der amerikanische Präsident John F. Kennedy eine berühmte Rede², in der er sagte, dass die Vereinigten Staaten noch im gleichen Jahrzehnt Menschen zum Mond schicken werden. Und so geschah es: Neil Armstrong wurde im Jahre 1969 der erste Mensch, der den Mond betrat.

47.5 Die Internationale Raumstation

Die USA, Russland, Japan, Kanada und zahlreiche Länder Europas haben gemeinsam eine Internationale Raumstation *ISS* gebaut, auf der sich ständig Astronauten aus den Mitgliedsländern befinden und abwechseln.

² http://www.urbin.de/fakten/fa_093.htm

48 Glossar

Ein Glossar von Wörtern, die in diesem Buch verwendet werden:

- **Arachnoid**¹: Ein wissenschaftlicher Ausdruck für etwas, das aussieht wie eine Spinne. Bestimmte Vulkane auf der Venus werden so genannt, weil (aus großer Höhe betrachtet) von ihnen ein Muster ausgeht, das an ein Spinnennetz erinnert.
- **Äquator**²: Eine ausgedachte Linie um einen Planeten, senkrecht zur Rotationsachse.
- **Asteroid**³: Ein großer Steinbrocken, der um einen Stern kreist, aber zu klein ist, um ein Planet zu sein.
- **Astronaut**⁴: Eine Person, die in den Weltraum reist.
- **Astronom**⁵: Eine Person, die die Sterne und Planeten erforscht.
- **Atmosphäre**⁶: Die Gasschicht um einen Planeten.
- **Bahnstörungen**⁷: Die Bahn eines Satelliten wird durch verschiedene äußere Einflüsse wie z.B. hohe Ausläufer der Atmosphäre gestört.
- **Basaltlava**⁸: Geschmolzener Basalt, eine Art von Stein.
- **Caldera**⁹ (Mehrzahl: *Calderen*): Eine Caldera ist ein kesselförmiger Einbruch der Oberfläche durch vulkanischen Einfluss.
- **Energie**¹⁰: Was du brauchst, um Arbeit zu verrichten.
- **Erdähnliche Planeten**¹¹: Die vier inneren Planeten des Sonnensystems.
- **Erdnaher Asteroid**¹²: Ein Asteroid, der auf seiner Bahn gelegentlich recht nahe an die Erde gelangt.
- **Erosion**¹³: Das Wandern von Stoffen wie Sand und Steine, meistens durch Wind, Regen oder Temperaturänderungen.

1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Venus%20%28Planet%29>

2 <http://de.wikipedia.org/wiki/%C4quator>

3 <http://de.wikipedia.org/wiki/Asteroid>

4 <http://de.wikipedia.org/wiki/Astronaut>

5 <http://de.wikipedia.org/wiki/Astronom>

6 <http://de.wikipedia.org/wiki/Atmosph%E4re>

7 <http://de.wikipedia.org/wiki/Bahnst%F6rungen%20eines%20Satelliten>

8 <http://de.wikipedia.org/wiki/Basaltlava>

9 <http://de.wikipedia.org/wiki/Caldera%20%28Krater%29>

10 <http://de.wikipedia.org/wiki/Energie>

11 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erd%E4hnliche%20Planeten>

12 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdnaher%20Asteroid>

13 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erosion%20%28Geologie%29>

- **Eskarpe**: Senkrechte Wand aus Felsen; eine Art von Klippen.
- **Finsternis**¹⁴: Ist der Schatten, der entsteht, wenn ein Objekt zwischen Erde und Sonne/Mond kommt.
- **Flut**¹⁵: Das Anheben der Oberfläche durch die Gravitationskraft eines anderen Objektes wie z.B. der Mond oder die Sonne.
- **Galaxie**¹⁶: Ein großer Mix aus Gas, Nebel, Sternen, Planeten und anderen Objekten, die durch ihre eigene Gravitation zusammengehalten werden.
- **Gasriese**: Einer der vier äußeren Planeten, die aus riesigen Gasbällen bestehen.
- **Gezeitenbremsung**: Die Kräfte der Fluten bremsen die eigene Umdrehung eines Mondes oder Planeten so weit ab, dass er stets mit der selben Seite zu dem Planeten oder Stern zeigt, um den er kreist.
- **Gravitation**: Die Kraft, die an allem zieht, was eine Masse hat (schau auch in den Abschnitt Über Gravitation, Masse und Gewicht¹⁷).
- **Hemisphäre**¹⁸: Die Hälfte der Planetenoberfläche.
- **Kanäle**¹⁹: Gräben auf der Oberfläche von etwas.
- **Kern**²⁰: Das Zentrum eines Planeten oder Sterns.
- **Kohlenstoffdioxid**²¹: Ein Gas, das Tiere ausatmen und Pflanzen aufnehmen.
- **Komet**²²: Ein kleines Objekt aus Staub und Eis, das einen Stern umkreist.
- **Konjunktion**²³: Ist der Zeitpunkt, wenn sich zwei Objekte, die gemeinsam ein drittes umkreisen, am nächsten sind.
- **Kontinent**²⁴: Eine große Landmasse auf einem Planeten.
- **Korona**²⁵: Eine Region mit sehr heißem Gas, das die Photosphäre eines Sternes umgibt.
- **Krater**²⁶: Eine Einbeulung in einer Planetenoberfläche, die durch einen Meteoriteneinschlag verursacht wurde.
- **Kruste**²⁷: Das Äußerste der Planetenoberfläche.

14 <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfinsternis>

15 <http://de.wikipedia.org/wiki/Flut>

16 <http://de.wikipedia.org/wiki/Galaxie>

17 http://de.wikibooks.org/wiki/Wikijunior%20Sonnensystem%2F%20DCber%20Gravitation%2C%20Masse%20und_Gewicht

18 <http://de.wikipedia.org/wiki/Hemisph%E4re>

19 <http://de.wikipedia.org/wiki/Graben%20%28Geologie%29>

20 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdkern>

21 <http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstoffdioxid>

22 <http://de.wikipedia.org/wiki/Komet>

23 <http://de.wikipedia.org/wiki/Konjunktion%20%28Astronomie%29>

24 <http://de.wikipedia.org/wiki/Kontinent>

25 <http://de.wikipedia.org/wiki/Korona%20%28Sonne%29>

26 <http://de.wikipedia.org/wiki/Einschlagkrater>

27 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdkruste>

- **Kryovulkan**²⁸: Ein Vulkan, aus dem Eis und flüssiges Gas geschleudert wird.
- **Lagrange-Punkt**²⁹: Die Stelle, an der sich die Anziehungskräfte von mehreren Himmelskörpern gegenseitig aufheben.
- **Latein**³⁰: Die Sprache des Römischen Imperiums, die später von Wissenschaftlern für Bezeichnungen benutzt wurde.
- **Lava**³¹: Heißes geschmolzenes Gestein, das von Vulkanen ausgespuckt wird.
- **Magma**³²: Geschmolzenes Gestein unter der Planetenoberfläche.
- **Magmatite**³³: Eine große Menge von Magma, das sich zu festem Gestein abgekühlt hat.
- **Mantel**: Eine Schicht aus geschmolzenem Gestein unter der Planetenkruste. (siehe auch Erdmantel³⁴)
- **Masse**: Die Menge von Materie, aus der etwas besteht (schau auch in den Abschnitt Über Gravitation, Masse und Gewicht³⁵).
- **Meteor**³⁶: Ein kleiner bis mittelgroßer Stein, der noch nicht in die Atmosphäre eines Planeten eingedrungen ist.
- **Methan**³⁷: Ein Gas, aus dem die Gasriesen hauptsächlich bestehen.
- **Newton**³⁸: Eine Messeinheit, mit der beschrieben wird, wie stark die Schwerkraft Dich herunterdrückt (schau auch in den Abschnitt Über Gravitation, Masse und Gewicht³⁹).
- **Oberflächengebiet**: Das Gebiet auf der Außenseite von Etwas.
- **Orbit**⁴⁰: Der Weg, den ein Objekt um ein größeres herum nimmt.
- **Orbit System**: Ein Planet zusammen mit seinen Monden, die um einen Stern kreisen.
- **Organische Bestandteile**: Chemische Verbindungen (Ansammlungen von Atomen), die Kohlenstoff enthalten.
- **Phase**⁴¹: Wie ein Planet oder Mond für einen Beobachter auf der Erde aussieht, wenn er sich an bestimmten Stellen seiner Umlaufbahn befindet und dort von der Sonne beleuchtet wird.
- **Photosphäre**⁴²: Die Schicht eines Sterns, die Licht und Energie in den Weltraum schickt.

28 <http://de.wikipedia.org/wiki/Kryovulkan>

29 <http://de.wikipedia.org/wiki/Lagrange-Punkt>

30 <http://de.wikipedia.org/wiki/Latein>

31 <http://de.wikipedia.org/wiki/Lava>

32 <http://de.wikipedia.org/wiki/Magma>

33 <http://de.wikipedia.org/wiki/Magmatisches%20Gestein>

34 <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdmantel>

35 http://de.wikibooks.org/wiki/Wikijunior%20Sonnensystem%2F%20DCber%20Gravitation%2C%20Masse%20und_Gewicht

36 <http://de.wikipedia.org/wiki/Meteor>

37 <http://de.wikipedia.org/wiki/Methan>

38 <http://de.wikipedia.org/wiki/Newton%20%28Einheit%29>

39 http://de.wikibooks.org/wiki/Wikijunior%20Sonnensystem%2F%20DCber%20Gravitation%2C%20Masse%20und_Gewicht

40 <http://de.wikipedia.org/wiki/Umlaufbahn>

41 <http://de.wikipedia.org/wiki/Mondphase>

42 <http://de.wikipedia.org/wiki/Photosph%E4re>

- **Planet**⁴³: Ein Himmelskörper, der mehr Masse besitzt als alle anderen Objekte auf der selben Umlaufbahn zusammen und der sich auf einer vorbestimmten besonderen Umlaufbahn um einen Stern befindet.
- **Planetarischer Nebel**⁴⁴: Eine riesige Gaswolke, die von einem alten Stern abgestoßen wurde.
- **Protuberanz**⁴⁵: Ein gewaltiger Auswurf von heißem Gas an der Oberfläche der Sonne.
- **Radar**⁴⁶: Radiowellen, mit denen Abstände gemessen und Karten angefertigt werden können.
- **Refraktor**⁴⁷: Ein Refraktor ist ein Linsenfernrohr, bei dem Licht durch eine oder mehrere Linsen gesammelt wird, damit ein Bild entsteht.
- **Regolith**⁴⁸: lockerer Boden auf dem Mond, der durch einschlagende Felsen von hoher Geschwindigkeit auf der Oberfläche entstanden ist.
- **Retrograde Bewegung**: Eine Drehung, die entgegengesetzt zur häufigsten Drehung im Sonnensystem verläuft.
- **Retrograder Orbit**: Eine Umlaufbahn, die in die entgegengesetzte Richtung verläuft wie die der meisten anderen Planeten oder Monde im Sonnensystem.
- **Rotation**⁴⁹: Sich um eine Achse drehen.
- **Roter Überriese**⁵⁰: Wenn ein Stern sein Ende fast erreicht hat, bläht er sich auf einmal auf ein Vielfaches seiner bisherigen Größe auf.
- **Satellit**⁵¹: Ein Objekt auf einer stabilen Umlaufbahn um ein wesentlich größeres Objekt.
- **Schwefelsäure**⁵²: Eine starke Säure, die in Autobatterien verwendet wird und die das Element Schwefel enthält.
- **Siderische Periode**⁵³: Die Zeit, die ein Planet oder Mond benötigt, um sich einmal so weit zu drehen, dass ein weit entfernter Stern, der mitten am Himmel zu sehen war, wieder genau an der selben Stelle zu sehen ist.
- **Silikat**⁵⁴: Ein Gegenstand, der überwiegend aus dem Element Silizium besteht, wie zum Beispiel Steine.
- **Sonnenwind**⁵⁵: Ein sehr heißes Gas, das mit hoher Geschwindigkeit von der Sonne abgestoßen wird.

43 <http://de.wikipedia.org/wiki/Planet>
44 <http://de.wikipedia.org/wiki/Planetarischer%20Nebel>
45 <http://de.wikipedia.org/wiki/Protuberanz>
46 <http://de.wikipedia.org/wiki/Radar>
47 <http://de.wikipedia.org/wiki/Refraktor>
48 <http://de.wikipedia.org/wiki/Regolith>
49 <http://de.wikipedia.org/wiki/Rotation%20%28Physik%29>
50 <http://de.wikipedia.org/wiki/Roter%20DCberriese>
51 <http://de.wikipedia.org/wiki/Satellit%20%28Astronomie%29>
52 <http://de.wikipedia.org/wiki/Schwefels%E4ure>
53 <http://de.wikipedia.org/wiki/Siderische%20Periode>
54 <http://de.wikipedia.org/wiki/Silikat>
55 <http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenwind>

- **Spektrum**⁵⁶: das regenbogenfarbene Band aus Licht, das entsteht, wenn weißes Licht durch ein Prisma strahlt.
- **Stern**⁵⁷: Ein gewaltiger Ball aus Gas, der so schwer ist, dass in ihm eine nukleare Kettenreaktion entstanden ist. Dadurch entsteht Hitze und Licht.
- **Sternentag**⁵⁸: Die Zeit, die ein Planet oder Mond benötigt, um sich einmal so weit zu drehen, dass die mitten am Himmel stehende Sonne wieder genau an der selben Stelle zu sehen ist.
- **Tektonische Platte**⁵⁹: Ein Teil der festen Planetenkruste, der sich über die Oberfläche bewegt.
- **Teleskop**⁶⁰: Ein Gerät aus Linsen oder Spiegeln, das zum Beobachten von weit entfernten Gegenständen gebraucht werden kann.
- **Trojaner**⁶¹: Ein Asteroid mit der selben Umlaufbahn eines Planeten oder Mondes, der stets mit gleichem Abstand hinterher oder voraus eilt.
- **Umwelt**⁶²: Die Bedingungen auf einem Planeten.
- **Volumen**⁶³: Der Inhalt eines dreidimensionalen Objekts.
- **vulkanisch**: Etwas, das mit Vulkanen in Verbindung steht.
- **Weißer Zwerg**⁶⁴: Ein Stern, der seinen Energievorrat verbraucht hat und nun langsam abkühlt.
- **Zentauren**⁶⁵: Asteroiden, die zwischen Jupiter und Neptun um die Sonne kreisen.

56 <http://de.wikipedia.org/wiki/Spektralfarben>

57 <http://de.wikipedia.org/wiki/Stern>

58 <http://de.wikipedia.org/wiki/Sternentag>

59 <http://de.wikipedia.org/wiki/Tektonische%20Platte>

60 <http://de.wikipedia.org/wiki/Teleskop>

61 <http://de.wikipedia.org/wiki/Trojaner%20%28Astronomie%29>

62 <http://de.wikipedia.org/wiki/Umwelt>

63 <http://de.wikipedia.org/wiki/Volumen>

64 <http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%DFer%20Zwerg>

65 <http://de.wikipedia.org/wiki/Zentauren>

49 Autoren

Edits	User
2	12345678 ¹
4	Ashaio ²
9	CarsracBot ³
35	Chirak ⁴
10	CommonsDelinker ⁵
80	Dirk Huenniger ⁶
1	Doktorchen ⁷
6	DonQuichot ⁸
17	E^(nix) ⁹
8	Enomil ¹⁰
2	FluZumbiKid ¹¹
3	Fran61 ¹²
1	G0li4th ¹³
2	Gluon ¹⁴
2	Golle95 ¹⁵
1	HAL Neuntausend ¹⁶
2	Heinseckach ¹⁷
10	Heuler06 ¹⁸
15	Hlons ¹⁹
1	Huben-soell ²⁰
1	Intruder ²¹

1 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:12345678>
2 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Ashaio>
3 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:CarsracBot>
4 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Chirak>
5 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:CommonsDelinker>
6 http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Dirk_Huenniger
7 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Doktorchen>
8 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:DonQuichot>
9 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:E%5E%28nix%29>
10 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Enomil>
11 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:FluZumbiKid>
12 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Fran61>
13 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:G0li4th>
14 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Gluon>
15 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Golle95>
16 http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:HAL_Neuntausend
17 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Heinseckach>
18 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Heuler06>
19 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Hlons>
20 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Huben-soell>
21 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Intruder>

- 4 JARU²²
- 25 Juetho²³
- 3 Klartext²⁴
- 15 Klaus Eifert²⁵
- 117 Knightowld²⁶
- 12 MichaelFrey²⁷
- 1 MichaelFreyTool²⁸
- 2 Mjchael²⁹
- 1 Mow-Cow³⁰
- 5 NeuerNutzer2009³¹
- 4 Nmlascan³²
- 1 Nowotoj³³
- 2 PSS³⁴
- 3 PaMaRo³⁵
- 1 PatríciaR³⁶
- 1 Polarlys³⁷
- 4 RainerGerhards³⁸
- 1 Rgerhards³⁹
- 2 RokerHRO⁴⁰
- 5 Rudolf73⁴¹
- 30 Schrandi⁴²
- 3 Shogun⁴³
- 3 Sonny6⁴⁴
- 1 SoylentGreen⁴⁵
- 1 Sundance Raphael⁴⁶

-
- 22 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:JARU>
 - 23 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Juetho>
 - 24 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Klartext>
 - 25 http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Klaus_Eifert
 - 26 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Knightowld>
 - 27 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:MichaelFrey>
 - 28 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:MichaelFreyTool>
 - 29 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Mjchael>
 - 30 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Mow-Cow>
 - 31 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:NeuerNutzer2009>
 - 32 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Nmlascan>
 - 33 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Nowotoj>
 - 34 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:PSS>
 - 35 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:PaMaRo>
 - 36 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Patr%C3%ADciaR>
 - 37 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Polarlys>
 - 38 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:RainerGerhards>
 - 39 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Rgerhards>
 - 40 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:RokerHRO>
 - 41 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Rudolf73>
 - 42 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Schrandi>
 - 43 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Shogun>
 - 44 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Sonny6>
 - 45 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:SoylentGreen>
 - 46 http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Sundance_Raphael

- 1 Svens Welt⁴⁷
- 264 ThePacker⁴⁸
- 251 TobmansX⁴⁹
- 1 Tschäfer⁵⁰
- 6 Vogone⁵¹
- 1 Wickie37⁵²
- 2 Wimox⁵³
- 9 Worker⁵⁴
- 1 Zotty28⁵⁵

47 http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Svens_Welt
48 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:ThePacker>
49 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:TobmansX>
50 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Tsch%C3%A4fer>
51 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Vogone>
52 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Wickie37>
53 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Wimox>
54 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Worker>
55 <http://de.wikibooks.org/w/index.php?title=Benutzer:Zotty28>

Abbildungsverzeichnis

- GFDL: Gnu Free Documentation License. <http://www.gnu.org/licenses/fdl.html>
- cc-by-sa-3.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>
- cc-by-sa-2.5: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.5 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>
- cc-by-sa-2.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>
- cc-by-sa-1.0: Creative Commons Attribution ShareAlike 1.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/1.0/>
- cc-by-2.0: Creative Commons Attribution 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/>
- cc-by-2.0: Creative Commons Attribution 2.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.en>
- cc-by-2.5: Creative Commons Attribution 2.5 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/deed.en>
- cc-by-3.0: Creative Commons Attribution 3.0 License. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en>
- GPL: GNU General Public License. <http://www.gnu.org/licenses/gpl-2.0.txt>
- LGPL: GNU Lesser General Public License. <http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>
- PD: This image is in the public domain.
- ATTR: The copyright holder of this file allows anyone to use it for any purpose, provided that the copyright holder is properly attributed. Redistribution, derivative work, commercial use, and all other use is permitted.
- EURO: This is the common (reverse) face of a euro coin. The copyright on the design of the common face of the euro coins belongs to the European Commission. Authorised is reproduction in a format without relief (drawings, paintings, films) provided they are not detrimental to the image of the euro.
- LFK: Lizenz Freie Kunst. <http://artlibre.org/licence/lal/de>
- CFR: Copyright free use.

- EPL: Eclipse Public License. <http://www.eclipse.org/org/documents/epl-v10.php>

Copies of the GPL, the LGPL as well as a GFDL are included in chapter Licenses⁵⁶. Please note that images in the public domain do not require attribution. You may click on the image numbers in the following table to open the webpage of the images in your webbrowser.

1	Harman Smith and Laura Generosa (nee Berwin), graphic artists and contractors to NASA's Jet Propulsion Laboratory.	PD
2	unknown	PD
3		PD
4	Neil Armstrong ⁵⁷	PD
5		PD
6	Nathan Smith (University of California, Berkeley), and NASA	PD
7		PD
8	NASA Goddard Laboratory for Atmospheres	PD
9		GFDL
10		PD
11		PD
12	Luc Viatour ⁵⁸	GFDL
13		PD
14		PD
15		PD
16		PD
17		PD
18	UNKNOWN TEMPLATE Creator:Hendrick GoltziusWGA link 9727 http://www.wga.hu/html/g/goltzius/hercule2.html http://www.wga.hu/art/g/goltzius/hercule2.jpg	PD
19		PD
20		PD
21		PD
22		PD
23		PD
24		PD
25		PD
26	NASA. Photo taken by either Harrison Schmitt ⁵⁹ or Ron Evans ⁶⁰ (of the Apollo 17 ⁶¹ crew).	PD
27		PD
28		PD
29	NASA, image is a NSSDC crop	PD
30		GFDL
31		GFDL
32	Apollo 8 ⁶² crewmember Bill Anders ⁶³	PD
33		PD
34		PD
35		PD
36		PD
37	Copy of Leochares (?)	

⁵⁷ <http://de.wikibooks.org/wiki/Neil%20Armstrong>

⁵⁸ <http://de.wikibooks.org/wiki/user%3ALviatour>

⁵⁹ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3AHarrison%20Schmitt>

⁶⁰ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3ARonald%20Evans>

⁶¹ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3AApollo%2017>

⁶² <http://de.wikibooks.org/wiki/Apollo%208>

⁶³ <http://de.wikipedia.org/wiki/%20William%20Anders>

	PD	
	Scanned from a book printed in 1899 ⁶⁴	
38		PD
39	RHorning ⁶⁵ and later modified by Scooter20 ⁶⁶	PD
40		PD
41	NASA ⁶⁷	PD
42		PD
43		PD
44		PD
45	<ul style="list-style-type: none"> • Compositied by: NASA / Dr. Edwin V. Bell, II (NSSDC/Raytheon ITSS) • Original images: NASA / Viking 1 Orbiter 	PD
46	NASA, Viking 2 Orbiter	PD
47	NASA, Viking 1 Orbiter	PD
48		PD
49		PD
50		PD
51	NASA, Viking 2 Orbiter	PD
52		PD
53		PD
54		PD
55	NASA/JPL	PD
56		PD
57	NASA/JPL/USGS	PD
58		PD
59	NASA, Caltech/JPL	PD
60	NASA / Voyager 2	PD
61	NASA/JPL/Space Science Institute	PD
62	NASA	PD
63	Photo Credit: NASA, ESA, and Erich Karkoschka (University of Arizona)	PD
64	{{Creator:Maarten van Heemskerck	PD
65	NASA / JPL	PD
66		PD
67	NASA/JPL/University of Arizona	PD
68		PD
69		PD
70		PD
71		PD
72		PD
73		PD
74		PD

⁶⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/1899>

⁶⁵ <http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ARHorning>

⁶⁶ <http://de.wikibooks.org/wiki/User%3AScooter20>

⁶⁷ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3ANASA>

75		PD
76		PD
77		PD
78	NASA/JPL/Space Science Institute	PD
79	NASA (Cassini probe), Matt McIrvin ⁶⁸ (image mosaic)	PD
80		PD
81	NASA/JPL/USGS	PD
82	NASA / JPL	PD
83		PD
84	NASA/JPL	PD
85	NASA/JPL/Space Science Institute	PD
86	NASA/JPL/Space Science Institute	PD
87	NASA	PD
88		PD
89		PD
90		PD
91	NASA	PD
92		PD
93		PD
94	NASA	PD
95	NASA/Jet Propulsion Lab	PD
96	NASA	PD
97	NASA <ul style="list-style-type: none"> • Original uploader was Looxix⁶⁹ at en.wikipedia⁷⁰ 	PD
98		PD
99	.	PD
100		PD
101	<pre> {{creator:Angelo Bronzino PD The Yorck Project: 10.000 Meisterwerke der Malerei. DVD-ROM, 2002. ISBN 3936122202. Dis- tribu- ted by DI- RECT- ME- DIA Pu- blis- hing GmbH </pre>	

⁶⁸ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3AUser%3AMatt%20McIrvin>

⁶⁹ <http://de.wikibooks.org/wiki/%3Aen%3AUser%3ALooxix>

⁷⁰ <http://en.wikipedia.org>

102	NASA / Jet Propulsion Lab / U.S. Geological Survey	PD
103		PD
104	Original by Hubble Space Telescope, retouched by RHorning ⁷¹	GFDL
105		PD
106		PD
107	NASA, ESA, J. Parker (Southwest Research Institute), P. Thomas (Cornell University), and L. McFadden (University of Maryland, College Park)	PD
108	unknown	GFDL
109		PD
110		
111	Ann Feild (Space Telescope Science Institute)	PD
112		GFDL
113		PD
114		PD
115	NASA/W. Liller	PD
116	Image courtesy of NASA ⁷² / JPL-Caltech ⁷³ / R. Hurt ⁷⁴ Original text courtesy of NASA ⁷⁵ / JPL-Caltech ⁷⁶	PD

71 <http://de.wikibooks.org/wiki/User%3ARHorning>

72 <http://de.wikibooks.org/wiki/NASA>

73 <http://de.wikibooks.org/wiki/Jet%20Propulsion%20Laboratory>

74 <http://de.wikibooks.org/wiki/Robert%20L.%20Hurt>

75 <http://de.wikibooks.org/wiki/NASA>

76 <http://de.wikibooks.org/wiki/Jet%20Propulsion%20Laboratory>

50 Licenses

50.1 GNU GENERAL PUBLIC LICENSE

Version 3, 29 June 2007

Copyright © 2007 Free Software Foundation, Inc. <<http://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed. Preamble

The GNU General Public License is a free, copyleft license for software and other kinds of works.

The licenses for most software and other practical works are designed to take away your freedom to share and change the works. By contrast, the GNU General Public License is intended to guarantee your freedom to share and change all versions of a program—to make sure it remains free software for all its users. We, the Free Software Foundation, use the GNU General Public License for most of our software; it applies also to any other work released this way by its authors. You can apply it to your programs, too.

When we speak of free software, we are referring to freedom, not price. Our General Public Licenses are designed to make sure that you have the freedom to distribute copies of free software (and charge for them if you wish), that you receive source code or can get it if you want it, that you can change the software or use pieces of it in new free programs, and that you know you can do these things.

To protect your rights, we need to prevent others from denying you these rights or asking you to surrender the rights. Therefore, you have certain responsibilities if you distribute copies of the software, or if you modify it: responsibilities to respect the freedom of others.

For example, if you distribute copies of such a program, whether gratis or for a fee, you must pass on to the recipients the same freedoms that you received. You must make sure that they, too, receive or can get the source code. And you must show them these terms so they know their rights.

Developers that use the GNU GPL protect your rights with two steps: (1) assert copyright on the software, and (2) offer you this License giving you legal permission to copy, distribute and/or modify it.

For the developers' and authors' protection, the GPL clearly explains that there is no warranty for this free software. For both users' and authors' sake, the GPL requires that modified versions be marked as changed, so that their problems will not be attributed erroneously to authors of previous versions.

Some devices are designed to deny users access to install or run modified versions of the software inside them, although the manufacturer can do so. This is fundamentally incompatible with the aim of protecting users' freedom to change the software. The systematic pattern of such abuse occurs in the area of products for individuals to use, which is precisely where it is most unacceptable. Therefore, we have designed this version of the GPL to prohibit the practice for those products. If such problems arise substantially in other domains, we stand ready to extend this provision to those domains in future versions of the GPL, as needed to protect the freedom of users.

Finally, every program is restricted constantly by software patents. States should not allow patents to threaten development and use of software on general-purpose computers, but in those that do, we wish to avoid the special danger that patents applied to a free program could make it effectively proprietary. To prevent this, the GPL assures that patents can not be used to render the program non-free.

The precise terms and conditions for copying, distribution and modification follow. TERMS AND CONDITIONS 0. Definitions.

"This License" refers to version 3 of the GNU General Public License.

"Copyright" also means copyright-like laws that apply to other kinds of works, such as semiconductor masks.

"The Program" refers to any copyrightable work licensed under this License. Each license is addressed as "you", "Licensees" and "recipients" may be individuals or organizations.

To "modify" a work means to copy from or adapt all or part of the work in a fashion requiring copyright permission, other than the making of an exact copy. The resulting work is called a "modified version" of the earlier work or a work "based on" the earlier work.

A "covered work" means either the unmodified Program or a work based on the Program.

To "propagate" a work means to do anything with it that, without permission, would make you directly or secondarily liable for infringement under applicable copyright law, except executing it on a computer or modifying a private copy. Propagation includes copying, distribution (with or without modification), making available to the public, and in some countries other activities as well.

To "convey" a work means any kind of propagation that enables other parties to make or receive copies. Mere interaction with a user through a computer network, with no transfer of a copy, is not conveying.

An interactive user interface displays "Appropriate Legal Notices" to the extent that it includes a convenient and prominently visible feature that (1) displays an appropriate copyright notice, and (2) tells the user that there is no warranty for the work (except to the extent that warranties are provided), that licensees may convey the work under this License, and how to view a copy of this License. If the interface presents a list of user commands or options, such as a menu, a prominent item in the list meets this criterion. 1. Source Code.

The "source code" for a work means the preferred form of the work for making modifications to it. "Object code" means any non-source form of a work.

A "Standard Interface" means an interface that either is an official standard defined by a recognized standards body, or, in the case of interfaces specified for a particular programming language, one that is widely used among developers working in that language.

The "System Libraries" of an executable work include anything, other than the work as a whole, that (a) is included in the normal form of packaging a Major Component, but which is not part of that Major Component, and (b) serves only to enable use of the work with that Major Component, or to implement a Standard Interface for which an implementation is available to the public in source code form. A "Major Component", in this context, means a major essential component (kernel, window system, and so on) of the specific operating system (if any) on which the executable work runs, or a compiler used to produce the work, or an object code interpreter used to run it.

The "Corresponding Source" for a work in object code form means all the source code needed to generate, install, and (for an executable work) run

the object code and to modify the work, including scripts to control those activities. However, it does not include the work's System Libraries, or general-purpose tools or generally available free programs which are used unmodified in performing those activities but which are not part of the work. For example, Corresponding Source includes interface definition files associated with source files for the work, and the source code for shared libraries and dynamically linked subprograms that the work is specifically designed to require, such as by intimate data communication or control flow between those subprograms and other parts of the work.

The Corresponding Source need not include anything that users can regenerate automatically from other parts of the Corresponding Source.

The Corresponding Source for a work in source code form is that same work. 2. Basic Permissions.

All rights granted under this License are granted for the term of copyright on the Program, and are irrevocable and exclusive; the stated conditions are met. This License explicitly affirms your unlimited permission to run the unmodified Program. The output from running a covered work is covered by this License only if the output, given its content, constitutes a covered work. This License acknowledges your rights of fair use or other equivalent, as provided by copyright law.

You may make, run and propagate covered works that you do not copy, without conditions so long as your license otherwise remains in force. You may convey covered works to others for the sole purpose of having them make modifications exclusively for you, or provide you with facilities for running those works, provided that you comply with the terms of this License in conveying all material for which you do not control copyright. Those thus making or running the covered works for you must do so exclusively on your behalf, under your direction and control, on terms that prohibit them from making any copies of your copyrighted material outside their relationship with you.

Conveying under any other circumstances is permitted solely under the conditions stated below. Sublicensing is not allowed; section 10 makes it unnecessary. 3. Protecting Users' Legal Rights From Anti-Circumvention Law.

No covered work shall be deemed part of an effective technological measure under any applicable law fulfilling obligations under article 11 of the WIPO copyright treaty adopted on 20 December 1996, or similar laws prohibiting or restricting circumvention of such measures.

When you convey a covered work, you waive any legal power to forbid circumvention of technological measures to the extent such circumvention is effected by exercising rights under this License with respect to the covered work, and you disclaim any intention to limit operation or modification of the work as a means of enforcing, against the work's users, your or third parties' legal rights to forbid circumvention of technological measures. 4. Conveying Verbatim Copies.

You may convey verbatim copies of the Program's source code as you receive it, in any medium, provided that you conspicuously and appropriately publish on each copy an appropriate copyright notice; keep intact all notices stating that this License and any non-permissive terms added in accord with section 7 apply to the code; keep intact all notices of the absence of any warranty; and give all recipients a copy of this License along with the Program.

You may charge any price or no price for each copy that you convey, and you may offer support or warranty protection for a fee. 5. Conveying Modified Source Versions.

You may convey a work based on the Program, or the modifications to produce it from the Program, in the form of source code under the terms of section 4, provided that you also meet all of these conditions:

* a) The work must carry prominent notices stating that you modified it, and giving a relevant date. * b) The work must carry prominent notices stating that it is released under this License and any conditions added under section 7. This requirement modifies the requirement in section 4 to "keep intact all notices". * c) You must license the entire work, as a whole, under this License to anyone who comes into possession of a copy. This License will therefore apply, along with any applicable section 7 additional terms, to the whole of the work, and all its parts, regardless of how they are packaged. This License gives no permission to license the work in any other way, but it does not invalidate such permission if you have separately received it. * d) If the work has interactive user interfaces, each must display Appropriate Legal Notices; however, if the Program has interactive interfaces that do not display Appropriate Legal Notices, your work need not make them do so.

A compilation of a covered work with other separate and independent works, which are not by their nature extensions of the covered work, and which are not combined with it such as to form a larger program, in or on a volume or a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the compilation and its resulting copyright are not used to limit the access or legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. Inclusion of a covered work in an aggregate does not cause this License to apply to the other parts of the aggregate. 6. Conveying Non-Source Forms.

You may convey a covered work in object code form under the terms of sections 4 and 5, provided that you also convey the machine-readable Corresponding Source under the terms of this License, in one of these ways:

* a) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by the Corresponding Source fixed on a durable physical medium customarily used for software interchange. * b) Convey the object code in, or embodied in, a physical product (including a physical distribution medium), accompanied by a written offer, valid for at least three years and valid for as long as you offer spare parts or customer support for that product model, to give anyone who possesses the object code either (1) a copy of the Corresponding Source for all the software in the product that is covered by this License, on a durable physical medium customarily used for software interchange, for a price no more than your reasonable cost of physically performing this conveying of source, or (2) access to copy the Corresponding Source from a network server at no charge. * c) Convey individual copies of the object code with a copy of the written offer to provide the Corresponding Source. This alternative is allowed only occasionally and noncommercially, and only if you convey the object code with such an offer, in accord with subsection 6b. * d) Convey the object code by offering access from a designated place (gratis or for a charge), and offer equivalent access to the Corresponding Source in the same way through the same place at no further charge. You need not require recipients to copy the Corresponding Source along with the object code. If the place to copy the object code is a network server, the Corresponding Source may be on a different server (operated by you or a third party) that supports equivalent copying facilities, provided you maintain clear directions next to the object code saying where to find the Corresponding Source. Regardless of what server hosts the Corresponding Source, you remain obligated to ensure that it is available for as long as needed to satisfy these requirements. * e) Convey the object code using peer-to-peer transmission, provided you inform other peers where the object code and Corresponding Source of the work are being offered to the general public at no charge under subsection 6d.

A separable portion of the object code, whose source code is excluded from the Corresponding Source as a System Library, need not be included in conveying the object code work.

A "User Product" is either (1) a "consumer product", which means any tangible personal property which is normally used for personal, family, or household purposes, or (2) anything designed or sold for incorporation into a dwelling. In determining whether a product is a consumer product, doubtful cases shall be resolved in favor of coverage. For a particular product received by a particular user, "normally used" refers to a typical or common use of that class of product, regardless of the status of the particular user or of the way in which the particular user actually uses, or expects to use, or is expected to use, the product. A product is a consumer product regardless of whether the product has substantial commercial, industrial or non-consumer uses, unless such uses represent the only significant mode of use of the product.

"Installation Information" for a User Product means any methods, procedures, authorization keys, or other information required to install and execute modified versions of a covered work that is User Product from a modified version of its Corresponding Source. The information must suffice to ensure that the continued functioning of the modified object code is in no case prevented or interfered with solely because modification has been made.

If you convey an object code work under this section in, or with, or specifically for use in, a User Product, and the conveying occurs as part of a transaction in which the right of possession and use of the User Product is transferred to the recipient in perpetuity or for a fixed term (regardless of how the transaction is characterized), the Corresponding Source conveyed under this section must be accompanied by the Installation Information. But this requirement does not apply if neither you nor any third party retains the ability to install modified object code on the User Product (for example, the work has been installed in ROM).

The requirement to provide Installation Information does not include a requirement to continue to provide support service, warranty, or updates for a work that has been modified or installed by the recipient, or for the User Product in which it has been modified or installed. Access to a network may be denied when the modification itself materially and adversely affects the operation of the network or violates the rules and protocols for communication across the network.

Corresponding Source conveyed, and Installation Information provided, in accord with this section must be in a format that is publicly documented (and with an implementation available to the public in source code form), and must require no special password or key for unpacking, reading or copying. 7. Additional Terms.

"Additional permissions" are terms that supplement the terms of this License by making exceptions from one or more of its conditions. Additional permissions that are applicable to the entire Program shall be treated as though they were included in this License, to the extent that they are valid under applicable law. If additional permissions apply only to part of the Program, that part may be used separately under those permissions, but the entire Program remains governed by this License without regard to the additional permissions.

When you convey a copy of a covered work, you may at your option remove any additional permissions from that copy, or from any part of it. (Additional permissions may be written to require their own removal in certain cases when you modify the work.) You may place additional permissions on material, added by you to a covered work, for which you have or can give appropriate copyright permission.

Notwithstanding any other provision of this License, for material you add to a covered work, you may (if authorized by the copyright holders of that material) supplement the terms of this License with terms:

* a) Disclaiming warranty or limiting liability differently from the terms of sections 15 and 16 of this License; or * b) Requiring preservation of specified reasonable legal notices or author attributions in that material or in the Appropriate Legal Notices displayed by works containing it; or * c) Prohibiting misrepresentation of the origin of that material, or requiring that modified versions of such material be marked in reasonable ways as different from the original version; or * d) Limiting the use of that material for publicity purposes of names of licensors or authors of the material; or * e) Declining to grant rights under trademark law for use of some trade names, trademarks, or service marks; or * f) Requiring indemnification of licensors and authors of that material by anyone who conveys the material (or modified versions of it) with contractual assumptions of liability to the recipient, for any liability that these contractual assumptions directly impose on those licensors and authors.

All other non-permissive additional terms are considered "further restrictions" within the meaning of section 10. If the Program as you received it, or any part of it, contains a notice stating that it is governed by this License along with a term that is a further restriction, you may remove that term. If a license document contains a further restriction but permits relicensing or conveying under this License, you may add to a covered work material governed by the terms of that license document, provided that the further restriction does not survive such relicensing or conveying.

If you add terms to a covered work in accord with this section, you must place, in the relevant source files, a statement of the additional terms that apply to those files, or a notice indicating where to find the applicable terms.

Additional terms, permissive or non-permissive, may be stated in the form of a separately written license, or stated as exceptions; the above requirements apply either way. 8. Termination.

You may not propagate or modify a covered work except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to propagate or modify it is void, and will automatically terminate your rights under this License (including any patent licenses granted under the third paragraph of section 11).

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, you do not qualify to receive new licenses for the same material under section 10.9. Acceptance Not Required for Having Copies.

You are not required to accept this License in order to receive or run a copy of the Program. Ancillary propagation of a covered work occurring solely as a consequence of using peer-to-peer transmission to receive a copy likewise does not require acceptance. However, nothing other than this License grants

you permission to propagate or modify any covered work. These actions infringe copyright if you do not accept this License. Therefore, by modifying or propagating a covered work, you indicate your acceptance of this License to do so. 10. Automatic Licensing of Downstream Recipients.

Each time you convey a covered work, the recipient automatically receives a license from the original licensors, to run, modify and propagate that work, subject to this License. You are not responsible for enforcing compliance by third parties with this License.

An "entity transaction" is a transaction transferring control of an organization, or substantially all assets of one, or subdividing an organization, or merging organizations. If propagation of a covered work results from an entity transaction, each party to that transaction who receives a copy of the work also receives whatever licenses to the work the party's predecessor in interest had or could give under the previous paragraph, plus a right to possession of the Corresponding Source of the work from the predecessor in interest, if the predecessor has it or can get it with reasonable efforts.

You may not impose any further restrictions on the exercise of the rights granted or affirmed under this License. For example, you may not impose a license fee, royalty, or other charge for exercise of rights granted under this License, and you may not initiate litigation (including a cross-claim or counterclaim in a lawsuit) alleging that any patent claim is infringed by making, using, selling, offering for sale, or importing the Program or any portion of it. 11. Patents.

A "contributor" is a copyright holder who authorizes use under this License of the Program or a work on which the Program is based. The work thus licensed is called the contributor's "contributor version".

A contributor's "essential patent claims" are all patent claims owned or controlled by the contributor, whether already acquired or hereafter acquired, that would be infringed by some manner, permitted by this License, of making, using, or selling its contributor version, but do not include claims that would be infringed only as a consequence of further modification of the contributor version. For purposes of this definition, "control" includes the right to grant patent sublicenses in a manner consistent with the requirements of this License.

Each contributor grants you a non-exclusive, worldwide, royalty-free patent license under the contributor's essential patent claims, to make, use, sell, offer for sale, import and otherwise run, modify and propagate the contents of its contributor version.

In the following three paragraphs, a "patent license" is any express agreement or commitment, however denominated, not to enforce a patent (such as an express permission to practice a patent or covenant not to sue for patent infringement). To "grant" such a patent license to a party means to make such an agreement or commitment not to enforce a patent against the party.

If you convey a covered work, knowingly relying on a patent license, and the Corresponding Source of the work is not available for anyone to copy, free of charge and under the terms of this License, through a publicly available network server or other readily accessible means, then you must either (1) cause the Corresponding Source to be so available, or (2) arrange to deposit yourself of the benefit of the patent license for this particular work, or (3) arrange, in a manner consistent with the requirements of this License, to extend the patent license to downstream recipients. "Knowingly relying" means you have actual knowledge that, but for the patent license, your conveying the covered work in a country, or your recipient's use of the covered work in a country, would infringe one or more identifiable patents in that country that you have reason to believe are valid.

If, pursuant to or in connection with a single transaction or arrangement, you convey, or propagate by procuring conveyance of, a covered work, and grant a patent license to some of the parties receiving the covered work authorizing them to use, propagate, modify or convey a specific copy of the covered work, then the patent license you grant is automatically extended to all recipients of the covered work and works based on it.

A patent license is "discriminatory" if it does not include within the scope of its coverage, prohibits the exercise of, or is conditioned on the non-exercise of one or more of the rights that are specifically granted under this License. You may not convey a covered work if you are a party to an arrangement with a third party that is in the business of distributing software, under which you make payment to the third party based on the extent of your activity of conveying the work, and under which the third party grants, to any of the parties who would receive the covered work from you, a discriminatory patent license (a) in connection with copies of the covered work conveyed by you (or copies made from those copies), or (b) primarily for and in connection with specific products or compilations that contain the covered work, unless you entered into that arrangement, or that patent license was granted, prior to 28 March 2007.

Nothing in this License shall be construed as excluding or limiting any implied license or other defenses to infringement that may otherwise be available to you under applicable patent law. 12. No Surrender of Others' Freedom.

If conditions are imposed on you (whether by court order, agreement or otherwise) that contradict the conditions of this License, they do not excuse you from the conditions of this License. If you cannot convey a covered work so as to satisfy simultaneously your obligations under this License and any other pertinent obligations, then as a consequence you may not convey it at all. For example, if you agree to terms that obligate you to collect a royalty for further conveying from those to whom you convey the Program, the only way you could satisfy both those terms and this License would be to refrain entirely from conveying the Program. 13. Use with the GNU Affero General Public License.

Notwithstanding any other provision of this License, you have permission to link or combine any covered work with a work licensed under version 3 of the GNU Affero General Public License into a single combined work, and to convey the resulting work. The terms of this License will continue to apply to the part which is the covered work, but the special requirements of the GNU Affero General Public License, section 13, concerning interaction through a network will apply to the combination as such. 14. Revised Versions of this License.

The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the GNU General Public 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.

Each version is given a distinguishing version number. If the Program specifies that a certain numbered version of the GNU General Public License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that numbered version or of any later version published by the Free Software Foundation. If the Program does not specify a version number of the GNU General Public License, you may choose any version ever published by the Free Software Foundation.

If the Program specifies that a proxy can decide which future versions of the GNU General Public License can be used, that proxy's public statement of

acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Program.

Later license versions may give you additional or different permissions. However, no additional obligations are imposed on any author or copyright holder as a result of your choosing to follow a later version. 15. Disclaimer of Warranty.

THERE IS NO WARRANTY FOR THE PROGRAM, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES PROVIDE THE PROGRAM "AS IS" WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PROGRAM IS WITH YOU. SHOULD THE PROGRAM PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION. 16. Limitation of Liability.

IN NO EVENT UNLESS REQUIRED BY APPLICABLE LAW OR AGREED TO IN WRITING WILL ANY COPYRIGHT HOLDER, OR ANY OTHER PARTY WHO MODIFIES AND/OR CONVEYS THE PRO-

50.2 GNU Free Documentation License

Version 1.3, 3 November 2008

Copyright © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc. <<http://fsf.org/>>

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 in its source the copyright holder's 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 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, presented 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 formats for Transparent copies 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 IJG. 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 nearest the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

The "publisher" means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

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

GRAM AS PERMITTED ABOVE, BE LIABLE TO YOU FOR DAMAGES, INCLUDING ANY GENERAL, SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THE PROGRAM (INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOSS OF DATA OR DATA BEING RENDERED INACCURATE OR LOSSES SUSTAINED BY YOU OR THIRD PARTIES OR A FAILURE OF THE PROGRAM TO OPERATE WITH ANY OTHER PROGRAMS), EVEN IF SUCH HOLDER OR OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. 17. Interpretation of Sections 15 and 16.

If the disclaimer of warranty and limitation of liability provided above cannot be given local legal effect according to their terms, reviewing courts shall apply local law that most closely approximates an absolute waiver of all civil liability in connection with the Program, unless a warranty or assumption of liability accompanies a copy of the Program in return for a fee.

END OF TERMS AND CONDITIONS How to Apply These Terms to Your New Programs

If you develop a new program, and you want it to be of the greatest possible use to the public, the best way to achieve this is to make it free software which everyone can redistribute and change under these terms.

translates XYZ into another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as Acknowledgements, "Dedications", Endorsements, or "History"). To "Preserve the Title" of a section XYZ 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 texts 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 distribution 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 lists 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, new 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 section. * 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 they were 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

To do so, attach the following notices to the program. It is safest to attach them to the start of each source file but most effectively state the extension of warranty; and each file should have at least the "copyright" line and a pointer to where the full notice is found.

<one line to give the program's name and a brief idea of what it does.> Copyright (C) <year> <name of author>

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

Also add information on how to contact you by electronic and paper mail.

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 retile any existing section to be Entitled Endorsements 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 as 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. You may add a 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 only 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.

"The Library" refers to a covered work governed by this License, other than an Application or a Combined Work as defined below.

An "Application" is any work that makes use of an interface provided by the Library, but which is not otherwise based on the Library. Defining a subclass of a class defined by the Library is deemed a mode of using an interface provided by the Library.

If the program does terminal interaction, make it output a short notice like this when it starts in an interactive mode:

<program> Copyright (C) <year> <name of author> This program comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type 'show w'. This is free software, and you are welcome to redistribute it under certain conditions; type 'show c' for details.

The hypothetical commands 'show w' and 'show c' should show the appropriate parts of the General Public License. Of course, your program's commands might be different; for a GUI interface, you would use an "about box".

You should also get your employer (if you work as a programmer) or school, if any, to sign a "copyright disclaimer" for the program, if necessary. For more information on this, and how to apply and follow the GNU GPL, see <<http://www.gnu.org/licenses/>>.

The GNU General Public License does not permit incorporating your program into proprietary programs. If your program is a subroutine library, you may consider it more useful to permit linking proprietary applications with the library. If this is what you want to do, use the GNU Lesser General Public License instead of this License. But first, please read <<http://www.gnu.org/philosophy/why-not-lgpl.html>>.

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 under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it. 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. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy's public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document. 11. RELICENSING

"Massive Multiauthor Collaboration Site" (or "MMC Site") means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for anybody to edit those works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A "Massive Multiauthor Collaboration" (or "MMC") contained in the site means any set of copyrightable works thus published on the MMC site.

"CC-BY-SA" means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

Incorporate means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is eligible for relicensing if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing. 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 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation, with 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.

A "Combined Work" is a work produced by combining or linking an Application with the Library. The particular version of the Library with which the Combined Work was made is also called the "Linked Version".

The "Minimal Corresponding Source" for a Combined Work means the Corresponding Source for the Combined Work, excluding any source code for portions of the Combined Work that, considered in isolation, are based on the Application, and not on the Linked Version.

50.3 GNU Lesser General Public License

GNU LESSER GENERAL PUBLIC LICENSE

Version 3, 29 June 2007

Copyright © 2007 Free Software Foundation, Inc. <<http://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

This version of the GNU Lesser General Public License incorporates the terms and conditions of version 3 of the GNU General Public License, supplemented by the additional permissions listed below. 0. Additional Definitions.

As used herein, "this License" refers to version 3 of the GNU Lesser General Public License, and the "GNU GPL" refers to version 3 of the GNU General Public License.

The “Corresponding Application Code” for a Combined Work means the object code and/or source code for the Application, including any data and utility programs needed for reproducing the Combined Work from the Application, but excluding the System Libraries of the Combined Work. 1. Exception to Section 3 of the GNU GPL.

You may convey a covered work under sections 3 and 4 of this License without being bound by section 3 of the GNU GPL. 2. Conveying Modified Versions.

If you modify a copy of the Library, and, in your modifications, a facility refers to a function or data to be supplied by an Application that uses the facility (other than as an argument passed when the facility is invoked), then you may convey a copy of the modified version:

* a) under this License, provided that you make a good faith effort to ensure that, in the event an Application does not supply the function or data, the facility still operates, and performs whatever part of its purpose remains meaningful, or * b) under the GNU GPL, with none of the additional permissions of this License applicable to that copy.

3. Object Code Incorporating Material from Library Header Files.

The object code form of an Application may incorporate material from a header file that is part of the Library. You may convey such object code under

terms of your choice, provided that, if the incorporated material is not limited to numerical parameters, data structure layouts and accessors, or small macros, inline functions and templates (ten or fewer lines in length), you do both of the following:

* a) Give prominent notice with each copy of the object code that the Library is used in it and that the Library and its use are covered by this License. * b) Accompany the object code with a copy of the GNU GPL and this license document.

4. Combined Works.

You may convey a Combined Work under terms of your choice that, taken together, effectively do not restrict modification of the portions of the Library contained in the Combined Work, and reverse engineering for debugging such modifications, if you also do each of the following:

* a) Give prominent notice with each copy of the Combined Work that the Library is used in it and that the Library and its use are covered by this License. * b) Accompany the Combined Work with a copy of the GNU GPL and this license document. * c) For a Combined Work that displays copyright notices during execution, include the copyright notice for the Library among these notices, as well as a reference directing the user to the copies of the GNU GPL and this license document. * d) Do one of the following: o 0) Convey the Minimal Corresponding Source under the terms of this License, and the Corresponding Application Code in a form suitable for, and

under terms that permit, the user to recombine or relink the Application with a modified version of the Linked Version to produce a modified Combined Work, in the manner specified by section 6 of the GNU GPL for conveying Corresponding Source. o 1) Use a suitable shared library mechanism for linking with the Library. A suitable mechanism is one that (a) uses at run time a copy of the Library already present on the user's computer system, and (b) will operate properly with a modified version of the Library that is interface-compatible with the Linked Version. * e) Provide Installation Information, but only if you would otherwise be required to provide such information under section 6 of the GNU GPL, and only to the extent that such information is necessary to install and execute a modified version of the Combined Work produced by recombining or relinking the Application with a modified version of the Linked Version. (If you use option 4d0, the Installation Information must accompany the Minimal Corresponding Source and Corresponding Application Code. If you use option 4d1, you must provide the Installation Information in the manner specified by section 6 of the GNU GPL for conveying Corresponding Source.)

5. Combined Libraries.

You may place library facilities that are a work based on the Library side by side in a single library together with other library facilities that are not Applications and are not covered by this License, and convey such a combined library under terms of your choice, if you do both of the following:

* a) Accompany the combined library with a copy of the same work based on the Library, uncombined with any other library facilities, conveyed under the terms of this License. * b) Give prominent notice with the combined library that part of it is a work based on the Library, and explaining where to find the accompanying uncombined form of the same work.

6. Revised Versions of the GNU Lesser General Public License.

The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the GNU Lesser General Public 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.

Each version is given a distinguishing version number. If the Library as you received it specifies that a certain numbered version of the GNU Lesser General Public License “or any later version” applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that published version or of any later version published by the Free Software Foundation. If the Library as you received it does not specify a version number of the GNU Lesser General Public License, you may choose any version of the GNU Lesser General Public License ever published by the Free Software Foundation.

If the Library as you received it specifies that a proxy can decide whether future versions of the GNU Lesser General Public License shall apply, that proxy's public statement of acceptance of any version is permanent authorization for you to choose that version for the Library.