

Inhaltsverzeichnis

1 Kräfte, die das Universum bestimmen	1
1.1 Die Gravitation	1
1.1.1 Newton und der Apfel	1
1.1.2 Wo hört die Schwerkraft auf?	3
1.1.3 Wie das Sonnensystem zusammenhält	4
1.1.4 Vom Planetensystem zum Universum	5
1.2 Die elektromagnetische Kraft	6
1.2.1 Ladungen	6
1.2.2 Das Coulombgesetz	8
1.2.3 Atome – Miniaturplanetensysteme	9
1.2.4 Elektrizität + Magnetismus = Elektromagnetismus	9
1.2.5 Plasma – der häufigste Materiezustand im Universum	12
1.3 Die starke und die schwache Kraft	13
1.3.1 Was hält Atomkerne zusammen?	13
1.3.2 Die schwache Kraft	14
1.4 Elementarteilchen	15
1.4.1 Wechselwirkungen	15
1.4.2 Elementarteilchen – Beschreibung	16
1.4.3 Quarks und Hadronen	18
1.4.4 Wir bauen ein Universum	18
2 Der Urknall – Wie alles begann	21
2.1 Die Galaxienflucht	21
2.1.1 Vermessung des Universums	21
2.1.2 Hubble	23
2.1.3 Der Blick in die Vergangenheit	25
2.1.4 Galaxienflucht	26
2.2 Die Expansion des Universums	27
2.2.1 Sind wir der Mittelpunkt?	27
2.2.2 Das Universum dehnt sich aus	30

2.2.3	Das Alter des Universums	31
2.3	Der heiße Urknall.	31
2.3.1	Das Universum und der Kühlschrank	31
2.3.2	Die Hintergrundstrahlung	32
2.3.3	Hintergrundstrahlung und Rotverschiebung	33
2.3.4	Temperaturschwankungen im frühen Universum	35
2.3.5	Dunkle Materie	37
2.4	Die Entstehung der Elemente.	38
2.4.1	Kernfusion am Anfang.	38
2.4.2	Elemente schwerer als Helium.	39
2.5	Das frühe Universum	40
2.5.1	Die Superkraft	40
2.5.2	Das inflationäre Universum	41
2.6	Zeitskala.	43
2.7	Die Zukunft des Universums	43
2.7.1	Masse und Energie	43
2.7.2	Das nichtleere Vakuum	46
2.7.3	Materie und Raum	47
2.7.4	Energie und Masse	49
2.7.5	Urknall und Planck-Ära.	50
2.8	Das Universum und Teilchen	52
2.8.1	Bosonen-Ära	52
2.8.2	Quark-Ära	52
2.8.3	Hadronen-Ära.	53
2.8.4	Leptonen-Ära.	53
2.8.5	Das Universum wird durchsichtig	54
3	Die Welt der Planeten	55
3.1	Allgemeine Eigenschaften der Planeten	55
3.1.1	Masse und Radius	55
3.1.2	Entfernungen	57
3.1.3	Temperaturen, Atmosphären	58
3.1.4	Wie sehen wir Planeten am Himmel?	58
3.2	Die erdähnlichen Planeten	62
3.2.1	Erde	62
3.2.2	Merkur	69
3.2.3	Venus	71
3.2.4	Mars	74
3.2.5	Zuknftige Marsmissionen	82
3.2.6	Zusammenfassung: Warum so unterschiedlich?	82

3.3	Die Riesenplaneten	85
3.3.1	Jupiter	85
3.3.2	Saturn	87
3.3.3	Uranus und Neptun	90
3.3.4	Zusammensetzung: Riesenplaneten	93
3.4	Die Monde der Planeten	94
3.4.1	Unser Mond	94
3.4.2	Die Monde des Mars	97
3.4.3	Die Jupitermonde	98
3.4.4	Weitere Monde des Jupiters	104
3.4.5	Saturnmonde	104
3.4.6	Die Monde des Uranus und Neptun	108
3.4.7	Zusammenfassung	110
4	Zwergplaneten und Kleinkörper	111
4.1	Asteroidengürtel im Sonnensystem	111
4.1.1	Asteroidengürtel, Hauptgürtel	111
4.1.2	Kuipergürtel	113
4.1.3	Die Oort'sche Wolke	114
4.2	Kleinplaneten, Asteroiden	115
4.2.1	Beobachtung	115
4.2.2	Trojaner	118
4.2.3	Erdbahnkreuzer, sind wir in Gefahr?	119
4.3	Kometen	123
4.3.1	Hilfe, der Komet kommt	123
4.3.2	Periodische Kometen	123
4.3.3	Was sind Kometen?	124
4.3.4	Kometenimpakte	127
4.3.5	Woher kommen die Kometen?	128
4.4	Zwergplaneten	129
4.4.1	Pluto	130
4.4.2	Weitere Zwergplaneten	132
4.5	Meteoroiden	133
4.5.1	Sternschnuppen	133
4.5.2	Meteorströme	134
5	Die Mechanik des Himmels	137
5.1	Die Mondbahn	137
5.1.1	Sonnen- und Mondfinsternisse	140
5.2	Erdachse und Kreisel	141
5.2.1	Die Präzession	141
5.2.2	Nutation	143

5.3	Der Jahreslauf der Sonne	143
5.4	Planetenbahnen	146
5.4.1	Die Keplergesetze	146
5.4.2	Stabilität der Planetenbahnen	149
6	Die Sonne – der Stern, von dem wir leben	153
6.1	Die Sonne – Grunddaten	154
6.1.1	Die Sonne von der Erde aus	154
6.1.2	Masse und Größe der Sonne	155
6.1.3	Wie heiß ist es auf der Sonne?	156
6.1.4	Beobachtungen der Sonne	158
6.2	Die Sonne – das Innere	163
6.2.1	Woher nimmt die Sonne ihre Energie?	163
6.2.2	Sonnenbeben	166
6.2.3	Neutrinos – Geisterteilchen von der Sonne	169
6.3	Energietransport	172
6.3.1	Energietransport durch Strahlung	172
6.3.2	Konvektion	173
6.4	Die Oberfläche der Sonne	174
6.4.1	Randverdunklung	174
6.4.2	Sonnenflecken	174
6.4.3	Granulation	177
6.4.4	Fackeln	178
6.5	Die obere Atmosphäre der Sonne	178
6.5.1	Das große Rätsel der Sonnenphysik	178
6.5.2	Chromosphäre	179
6.5.3	Die Korona	180
6.6	Die veränderliche Sonne	184
6.6.1	Der Aktivitätszyklus der Sonne	184
6.6.2	Beeinflusst die Sonne unser Wetter?	185
6.6.3	Sonnenwind und Heliosphäre	187
6.6.4	Sonne und Weltraumwetter	187
7	Sterne – Entstehung, Aufbau und Entwicklung	191
7.1	Was ist ein Stern?	191
7.1.1	Sterne – Braune Zwerge – Planeten	191
7.1.2	Physikalische Eigenschaften von Sternen	193
7.2	Die Helligkeit der Sterne	196
7.2.1	Scheinbare Helligkeit	196
7.2.2	Absolute Helligkeit	196
7.3	Spektralklassen	197
7.3.1	Klassifikation der Sterne	197
7.3.2	Riesen und Zwerge	200

7.4	Sternentwicklung	201
7.4.1	Die Entwicklung unserer Sonne.	203
7.4.2	Wie lange leben Sterne?.	205
7.4.3	Rote Riesen und Überriesen.	206
7.4.4	Wolf-Rayet-Sterne	206
7.4.5	Planetarische Nebel	207
7.4.6	Weißer Zwerge	207
7.5	Die Entstehung von Sternen.	210
7.5.1	Das Sonnensystem	210
7.5.2	Molekülwolken	210
7.5.3	Kollaps eines Protosterns	212
7.5.4	T-Tauri-Sterne und Sternwinde	214
7.5.5	Bildung von Planetensystemen in Scheiben	215
7.6	Entwicklung massereicher Sterne	216
7.6.1	Kernfusion in massereichen Sternen	216
7.6.2	Eine Supernova bricht aus	217
7.6.3	Der Crabnebel: ein Supernovaüberrest	218
7.6.4	Pulsare	219
7.6.5	Magnetar	222
7.6.6	Supernovae Typ I	222
7.6.7	Schwarze Löcher	223
8	Die Welt der Galaxien.	227
8.1	Unsere kosmische Heimat: die Milchstraße	227
8.1.1	Was ist die Milchstraße?	227
8.1.2	Wie viele Sterne gibt es in der Milchstraße?	229
8.1.3	Die Rotation der Milchstraße und Dunkle Materie	230
8.1.4	Der Aufbau der Milchstraße.	231
8.1.5	Das Monster im Zentrum	234
8.1.6	Die Galaxis – eine Spiralgalaxie	236
8.2	Galaxien – Bausteine des Universums.	237
8.2.1	Die wahre Natur der Nebel	237
8.2.2	Typen von Galaxien	240
8.2.3	Warum gibt es unterschiedliche Arten von Galaxien?.	243
8.2.4	Zusammenstoßende Galaxien	244
8.3	Aktive Galaxien	245
8.3.1	Seyfertgalaxien.	245
8.3.2	Quasare.	246
8.3.3	Gravitationslinsen	249

8.4	Galaxienhaufen	250
8.4.1	Die Lokale Gruppe.....	250
8.4.2	Der Virgo-Haufen.....	252
8.4.3	Coma-Haufen.....	254
9	Leben im Universum?.....	255
9.1	Was ist Leben?.....	255
9.1.1	Definition des Lebens.....	255
9.1.2	Entstehung des Lebens auf der Erde	256
9.1.3	Die Schutzschirme der Erde.....	258
9.2	Habitable Zonen.....	260
9.2.1	Was ist eine habitable Zone?	260
9.2.2	Zirkumstellare habitable Zonen	260
9.2.3	Zirkumplanetare habitable Zonen	260
9.2.4	Galaktische habitable Zone	261
9.3	Wie findet man Exoplaneten?	262
9.3.1	Transitmethode.....	263
9.3.2	Radialgeschwindigkeitsmethode	263
9.3.3	Sterne ändern ihre Position	263
9.3.4	Satellitenmissionen	265
9.3.5	Wieviele Exoplaneten wurden gefunden	266
9.3.6	Beispiele für Exoplanetensysteme	267
9.3.7	Proxima Centauri	269
9.4	Sind wir alleine im Universum?.....	271
9.4.1	Drake-Gleichung	271
9.4.2	SETI und andere Projekte	272
9.5	Die Geschichte des Universums in einem Tag.....	273
	Stichwortverzeichnis.....	275