

Arnold Hanslmeier

# **Faszination Astronomie**

Ein topaktueller Einstieg für alle  
naturwissenschaftlich Interessierten

c

**Springer** Spektrum

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kräfte, die das Universum bestimmen</b>	<b>1</b>
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	7
1.2.3	Atome – Miniaturplanetensysteme	8
1.2.4	Elektrizität + Magnetismus = Elektromagnetismus	9
1.2.5	Plasma – der häufigste Materiezustand im Universum	10
1.3	Die starke und die schwache Kraft	11
1.3.1	Was hält Atomkerne zusammen?	11
1.3.2	Die schwache Kraft	11
1.4	Elementarteilchen	12
1.4.1	Wechselwirkungen	12
1.4.2	Elementarteilchen – Beschreibung	13
1.4.3	Quarks und Hadronen	14
1.4.4	Wir bauen ein Universum	14
<b>2</b>	<b>Der Urknall – Wie alles begann</b>	<b>17</b>
2.1	Die Galaxienflucht	18
2.1.1	Vermessung des Universums	18
2.1.2	Hubble	19
2.1.3	Der Blick in die Vergangenheit	21
2.1.4	Galaxienflucht	22
2.2	Die Expansion des Universums	23
2.2.1	Sind wir der Mittelpunkt?	23
2.2.2	Das Universum dehnt sich aus	24
2.2.3	Das Alter des Universums	25

2.3	Der heiße Urknall	26
2.3.1	Das Universum und der Kühlschranks	26
2.3.2	Die Hintergrundstrahlung	27
2.3.3	Hintergrundstrahlung und Rotverschiebung	28
2.3.4	Temperaturschwankungen im frühen Universum	30
2.3.5	Dunkle Materie	31
2.4	Die Entstehung der Elemente	33
2.4.1	Kernfusion am Anfang	33
2.4.2	Elemente schwerer als Helium	33
2.5	Das frühe Universum	34
2.5.1	Die Superkraft	34
2.5.2	Das inflationäre Universum	35
2.6	Zeitskala	36
2.7	Die Zukunft des Universums	36
2.7.1	Masse und Energie	36
2.7.2	Das nichtleere Vakuum	40
2.7.3	Materie und Raum	41
2.7.4	Energie und Masse	43
2.7.5	Urknall und Planck-Ära	45
2.8	Das Universum und Teilchen	45
2.8.1	Bosonen-Ära	45
2.8.2	Quark-Ära	46
2.8.3	Hadronen-Ära	46
2.8.4	Leptonen-Ära	46
2.8.5	Das Universum wird durchsichtig	46
<b>3</b>	<b>Die Welt der Planeten</b>	<b>49</b>
3.1	Allgemeine Eigenschaften der Planeten	50
3.1.1	Masse und Radius	50
3.1.2	Entfernungen	51
3.1.3	Temperaturen, Atmosphären	52
3.1.4	Wie sehen wir Planeten am Himmel?	53
3.2	Die erdähnlichen Planeten	56
3.2.1	Erde	56
3.2.2	Merkur	62
3.2.3	Venus	64
3.2.4	Mars	66
3.2.5	Zusammenfassung: Warum so unterschiedlich?	71
3.3	Die Riesenplaneten	72
3.3.1	Jupiter	72
3.3.2	Saturn	75
3.3.3	Uranus und Neptun	77

3.3.4	Zusammensetzung: Riesenplaneten	80
3.4	Die Monde der Planeten	80
3.4.1	Unser Mond	80
3.4.2	Die Monde des Mars	83
3.4.3	Die Jupitermonde	84
3.4.4	Weitere Monde des Jupiters	88
3.4.5	Saturnmonde	89
3.4.6	Die Monde des Uranus und Neptun	93
3.4.7	Zusammenfassung	94
<b>4</b>	<b>Zwergplaneten und Kleinkörper</b>	<b>95</b>
4.1	Asteroidengürtel im Sonnensystem	95
4.1.1	Asteroidengürtel, Hauptgürtel	96
4.1.2	Kuipergürtel	97
4.1.3	Die Oort'sche Wolke	97
4.2	Kleinplaneten, Asteroiden	99
4.2.1	Beobachtung	99
4.2.2	Trojaner	101
4.2.3	Erdbahnkreuzer, sind wir in Gefahr?	102
4.3	Kometen	105
4.3.1	Hilfe, der Komet kommt	105
4.3.2	Periodische Kometen	106
4.3.3	Was sind Kometen?	108
4.3.4	Kometenimpakte	110
4.3.5	Woher kommen die Kometen?	110
4.4	Zwergplaneten	111
4.4.1	Pluto	111
4.5	Meteoroiden	113
4.5.1	Sternschnuppen	113
4.5.2	Meteorströme	114
<b>5</b>	<b>Die Mechanik des Himmels</b>	<b>117</b>
5.1	Die Mondbahn	118
5.1.1	Sonnen- und Mondfinsternisse	119
5.2	Erdachse und Kreisel	121
5.2.1	Die Präzession	121
5.2.2	Nutation	123
5.3	Der Jahreslauf der Sonne	123
5.4	Planetenbahnen	125
5.4.1	Die Keplergesetze	125
5.4.2	Stabilität der Planetenbahnen	128

<b>6</b>	<b>Die Sonne – der Stern, von dem wir leben</b>	<b>131</b>
6.1	Die Sonne – Grunddaten	132
6.1.1	Die Sonne von der Erde aus	132
6.1.2	Masse und Größe der Sonne	132
6.1.3	Wie heiß ist es auf der Sonne?	134
6.1.4	Beobachtungen der Sonne	136
6.2	Die Sonne – das Innere	138
6.2.1	Woher nimmt die Sonne ihre Energie?	138
6.2.2	Sonnenbeben	140
6.2.3	Neutrinos – Geisterteilchen von der Sonne	142
6.3	Energietransport	146
6.3.1	Energietransport durch Strahlung	146
6.3.2	Konvektion	146
6.4	Die Oberfläche der Sonne	147
6.4.1	Randverdunklung	147
6.4.2	Sonnenflecken	148
6.4.3	Granulation	151
6.4.4	Fackeln	151
6.5	Die obere Atmosphäre der Sonne	151
6.5.1	Das große Rätsel der Sonnenphysik	151
6.5.2	Chromosphäre	152
6.5.3	Die Korona	154
6.6	Die veränderliche Sonne	156
6.6.1	Der Aktivitätszyklus der Sonne	156
6.6.2	Beeinflusst die Sonne unser Wetter?	159
6.6.3	Sonnenwind und Heliosphäre	160
6.6.4	Sonne und Weltraumwetter	161
<b>7</b>	<b>Sterne – Entstehung, Aufbau und Entwicklung</b>	<b>163</b>
7.1	Was ist ein Stern?	164
7.1.1	Sterne – Braune Zwerge – Planeten	164
7.1.2	Physikalische Eigenschaften von Sternen	165
7.2	Die Helligkeit der Sterne	168
7.2.1	Scheinbare Helligkeit	168
7.2.2	Absolute Helligkeit	168
7.3	Spektralklassen	169
7.3.1	Klassifikation der Sterne	169
7.3.2	Riesen und Zwerge	173
7.4	Sternentwicklung	174
7.4.1	Sternhaufen	174
7.4.2	Die Entwicklung unserer Sonne	175
7.4.3	Wie lange leben Sterne?	177

7.4.4	Rote Riesen und Überriesen	178
7.4.5	Wolf-Rayet-Sterne	178
7.4.6	Planetarische Nebel	178
7.4.7	Weißer Zwerge	180
7.5	Die Entstehung von Sternen	182
7.5.1	Das Sonnensystem	182
7.5.2	Molekülwolken	182
7.5.3	Kollaps eines Protosterns	184
7.5.4	T-Tauri-Sterne und Sternenwinde	184
7.5.5	Bildung von Planetensystemen in Scheiben	185
7.6	Entwicklung massereicher Sterne	186
7.6.1	Kernfusion in massereichen Sternen	186
7.6.2	Eine Supernova bricht aus	187
7.6.3	Der Crabnebel: ein Supernovaüberrest	188
7.6.4	Pulsare	189
7.6.5	Magnetar	191
7.6.6	Supernovae Typ I	191
7.6.7	Schwarze Löcher	192
8	<b>Die Welt der Galaxien</b>	197
8.1	Unsere kosmische Heimat: die Milchstraße	198
8.1.1	Was ist die Milchstraße?	198
8.1.2	Wie viele Sterne gibt es in der Milchstraße?	199
8.1.3	Die Rotation der Milchstraße und Dunkle Materie	200
8.1.4	Der Aufbau der Milchstraße	202
8.1.5	Das Monster im Zentrum	204
8.1.6	Die Galaxis – eine Spiralgalaxie	206
8.2	Galaxien – Bausteine des Universums	207
8.2.1	Die wahre Natur der Nebel	207
8.2.2	Typen von Galaxien	209
8.2.3	Warum gibt es unterschiedliche Arten von Galaxien?	212
8.2.4	Zusammenstoßende Galaxien	213
8.3	Aktive Galaxien	214
8.3.1	Seyfertgalaxien	215
8.3.2	Quasare	215
8.3.3	Gravitationslinsen	218
8.4	Galaxienhaufen	219
8.4.1	Die Lokale Gruppe	219
8.4.2	Der Virgo-Haufen	221
8.4.3	Coma-Haufen	222

<b>9</b>	<b>Leben im Universum?</b>	<b>223</b>
9.1	Was ist Leben?	224
9.1.1	Definition des Lebens	224
9.1.2	Entstehung des Lebens auf der Erde	224
9.1.3	Die Schutzschirme der Erde	225
9.2	Habitable Zonen	227
9.2.1	Was ist eine habitable Zone?	227
9.2.2	Zirkumstellare habitable Zonen	227
9.2.3	Zirkumplanetare habitable Zonen	227
9.2.4	Galaktische habitable Zone	228
9.3	Wie findet man Exoplaneten?	229
9.3.1	Transitmethode	229
9.3.2	Radialgeschwindigkeitsmethode	229
9.3.3	Sterne ändern ihre Position	230
9.3.4	Satellitenmissionen	230
9.4	Sind wir alleine im Universum?	231
9.4.1	Drake-Gleichung	231
9.4.2	SETI und andere Projekte	234
9.5	Die Geschichte des Universums in einem Tag	234
	<b>Literaturliste</b>	<b>237</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>239</b>