

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Teleskope</b> .....	<b>1</b>
1.1	Was sollte ein Teleskop leisten? .....	1
1.1.1	Vergrößerung .....	1
1.1.2	Auflösungsvermögen .....	3
1.1.3	Mehr Details ... ..	4
1.1.4	Vergrößern ja – aber sinnvoll .....	7
1.1.5	Der Abbildungsmaßstab .....	8
1.2	Teleskope und Abbildungsfehler .....	9
1.2.1	Linsen- und Spiegelteleskope .....	9
1.2.2	Chromatische Aberration .....	10
1.2.3	Weitere Abbildungsfehler .....	11
1.3	Auf den Unterbau kommt es an: Teleskopmontierungen .....	12
1.3.1	Azimutale Montierung .....	12
1.3.2	Parallaktische Montierung .....	13
1.3.3	Autoguiding .....	14
1.3.4	Fernglas .....	15
1.4	Bilder aufnehmen .....	16
1.4.1	Astrokameras .....	17
1.4.2	Bildverarbeitung .....	18
<b>2</b>	<b>Der Ursprung des Universums oder warum es nachts dunkel wird</b> .....	<b>25</b>
2.1	Tag und Nacht .....	25
2.1.1	Wann ist eigentlich Mittag? .....	25
2.1.2	Was ist eigentlich ein Tag genau? .....	27
2.1.3	Der Lauf des Mondes .....	29
2.1.4	Die schiefe Erdachse .....	30
2.1.5	Wieso dauert der Sommer länger als der Winter? .....	32
2.1.6	Die veränderliche Sonnenmasse .....	34
2.2	Gravitation – alles dreht sich .....	35
2.2.1	Die Gravitation gilt überall .....	35
2.2.2	Zwei Arten von Kräften .....	36
2.3	Der Anblick des Sternenhimmels .....	39
2.3.1	Erste Beobachtung: Es ist nachts dunkel .....	39
2.3.2	Beobachtung Nummer 2: Alles dreht sich um den Polarstern .....	41
2.3.3	Beobachtung Nummer 3: Staub zwischen den Sternen .....	41
2.3.4	Beobachtung Nummer 4: Planeten am Himmel .....	42

2.3.5 Wann sieht man die Planeten am besten? . . . . . 45  
2.3.6 Beobachtung für Spezialisten: Das Problem  
der Planetenschleifen . . . . . 47

**3 Der Mond – Begleiter der Erde . . . . . 51**

3.1 Die Bahn des Mondes . . . . . 51  
3.1.1 Mondumlauf und Erdachse . . . . . 51  
3.1.2 Sonnen- und Mondfinsternisse . . . . . 52  
3.1.3 Finsternisse und die Relativitätstheorie . . . . . 53  
3.1.4 Alles ist relativ . . . . . 57  
3.1.5 Allgemeine Relativitätstheorie . . . . . 58  
3.2 Den Mond beobachten . . . . . 60  
3.2.1 Rotiert der Mond? . . . . . 60  
3.2.2 Den Mond mit bloßem Auge beobachten . . . . . 61  
3.2.3 Den Mond mit einem Fernglas beobachten . . . . . 61  
3.2.4 Der Mond im Teleskop . . . . . 61  
3.3 Eine Reise durch die Geschichte des Mondes . . . . . 63  
3.3.1 Die Gegend um das Mare Nectaris . . . . . 63  
3.3.2 Das Mare Imbrium . . . . . 64  
3.3.3 Oceanus Procellarum . . . . . 65  
3.4 Der Mond physikalisch . . . . . 66  
3.4.1 Ein Doppelplanet am Venushimmel . . . . . 66  
3.4.2 Vergleich Erde und Mond . . . . . 67  
3.4.3 Wir berechnen die Masse des Mondes . . . . . 67  
3.4.4 Hat der Mond eine Atmosphäre? . . . . . 69  
3.4.5 Beben auf dem Mond . . . . . 70  
3.4.6 Der Einfluss des Mondes auf die Erde . . . . . 71  
3.4.7 Die Erde dreht sich langsamer . . . . . 73  
3.5 Die Entstehung des Mondes . . . . . 74  
3.5.1 Wir bestimmen das Alter der Mondoberfläche . . . . . 74  
3.5.2 Woher stammt der Mond? . . . . . 74  
3.6 Den Mond fotografieren . . . . . 75  
3.6.1 Fotografie des Vollmondes . . . . . 76  
3.6.2 Fotografie der Mondkrater und Mondgebirge . . . . . 77  
3.6.3 Der Mond bewegt sich . . . . . 79

**4 Die Planeten . . . . . 83**

4.1 Einteilung der Planeten . . . . . 83  
4.1.1 Erdähnliche Planeten . . . . . 83  
4.1.2 Die Riesenplaneten . . . . . 84  
4.1.3 Wir machen ein Modell des Sonnensystems . . . . . 84  
4.1.4 Die astronomische Einheit . . . . . 85  
4.2 Wir beobachten die Planeten . . . . . 87  
4.2.1 Merkur . . . . . 87  
4.2.2 Venus . . . . . 88  
4.2.3 Zusammenfassung: Beobachtung der inneren Planeten . . . . . 89

4.2.4	Mars	89
4.2.5	Fotografieren der erdähnlichen Planeten	91
4.2.6	Jupiter	92
4.2.7	Saturn	94
4.2.8	Uranus und Neptun	94
4.3	Das Innere der Planeten	95
4.3.1	Aufbau der Erde	95
4.3.2	Seismologie	96
4.3.3	Der Aufbau anderer erdähnlicher Planeten	97
4.3.4	Weshalb sind Planeten eigentlich rund?	98
4.3.5	Wieso ist es im Inneren der Planeten heiß?	98
4.3.6	Planeten und Magnetfelder	99
4.4	Die Oberflächen der terrestrischen Planeten	99
4.4.1	Was wir aus der Form von Kratern lernen können	100
4.4.2	Vulkanismus	100
4.5	Geologische Geschichte der Planeten	103
4.5.1	Mars	105
4.5.2	Venus	108
4.6	Die Atmosphären der erdähnlichen Planeten	111
4.6.1	Grundlegendes über Atmosphären	111
4.6.2	Wechselwirkung zwischen Strahlung und Atmosphäre	113
4.6.3	Sonnenwind und Magnetosphäre	115
4.6.4	Wetter und Klima	115
4.6.5	Woher kommt das Gas in der Atmosphäre eines Planeten?	118
4.6.6	Die Atmosphären von Mond und Merkur	119
4.6.7	Die Atmosphäre des Mars	120
4.6.8	Warum ist Venus so heiß?	122
4.6.9	Die Atmosphäre der Erde	123
4.6.10	Überlegen Sie doch mal ...	125
4.7	Die Gasplaneten	125
4.7.1	Die jovianischen Planeten	125
4.7.2	Uranus und Neptun	128
4.8	Planetenmonde und Planetenringe	131
4.8.1	Die Ringe der großen Planeten	131
4.8.2	Die Roche-Grenze, oder wann Monde auseinanderbrechen	132
4.8.3	Die Monde des Mars	133
4.8.4	Die Monde des Jupiter	135
4.8.5	Saturnmonde	139
4.8.6	Die Monde des Uranus	141
4.8.7	Die Monde des Neptun	142
<b>5</b>	<b>Zwergplaneten und andere Kleinkörper</b>	<b>145</b>
5.1	Zwergplaneten	145
5.1.1	Pluto – vom Planeten zum Zwergplaneten	145
5.1.2	Ceres – vom Asteroiden zum Zwergplaneten	146
5.1.3	Was ist der Unterschied zwischen Planeten und Zwergplaneten?	147

## X Den Nachthimmel erleben

5.2	Asteroiden	148
5.2.1	Allgemeine Eigenschaften	148
5.2.2	Asteroiden beobachten	149
5.2.3	Asteroiden – Gefahr für die Erde?	149
5.2.4	Gefahr eines Asteroideneinschlages	151
5.2.5	Trojaner	152
5.3	Kometen	153
5.3.1	Kurz- und langperiodische Kometen	153
5.3.2	Aufbau der Kometen	153
5.3.3	Herkunft der Kometen	154
5.3.4	Wir beobachten Kometen	156
5.4	Kleinkörper und Staub im Sonnensystem	157
5.4.1	Meteoroiden	157
5.4.2	Sternschnuppenströme beobachten	158

## 6 Die Sonne – unser Stern 161

6.1	Wir beobachten die Sonne	161
6.1.1	Achtung: Niemals direkt!!	161
6.1.2	Flecken, die nicht sein durften	162
6.1.3	Die brodelnde Oberfläche der Sonne	166
6.1.4	Wird es im Inneren der Sonne heißer?	166
6.1.5	Wir zeigen, dass die Erdbahn elliptisch ist	166
6.1.6	Moderne Sonnentelkope	167
6.2	Der Aufbau der Sonne	171
6.2.1	Die Kernfusion im Inneren der Sonne	171
6.2.2	Die Photosphäre	173
6.2.3	Chromosphäre und Korona	174
6.2.4	Die Korona	177
6.3	Sonnenaktivität und Weltraumwetter	180
6.3.1	Wie man berühmt wird	180
6.3.2	Wir messen die Sonnenaktivität	181
6.3.3	Der Sonnendynamo	182
6.3.4	Sonnenaktivität und Erdklima	184
6.3.5	Weltraumwetter – Gefahr für Astronauten?	184
6.3.6	Die Heliosphäre	186
6.3.7	Eine Reise an den Rand des Sonnensystems	187

## 7 Die Sterne – Aufbau und Entwicklung 189

7.1	Der Sternenhimmel	189
7.1.1	Sternbilder und Beobachtungen mit bloßem Auge	189
7.1.2	Sternhaufen	191
7.1.3	Gebiete der Sternentstehung	192
7.2	Zustandsgrößen der Sterne	193
7.2.1	Entfernung der Sterne	193
7.2.2	Massen der Sterne	194

7.2.3	Wie groß sind Sterne	195
7.2.4	Wie heiß sind Sterne?	196
7.2.5	Sternhelligkeiten	196
7.3	Das wichtigste Diagramm der Astrophysik	197
7.3.1	Was ist ein Spektrum?	197
7.3.2	Das Hertzsprung-Russell-Diagramm	199
7.3.3	Riesen und Zwerge: Leuchtkraftklassen	201
7.4	Wie entstehen Sterne?	201
7.4.1	Gasnebel und junge Sternhaufen	202
7.4.2	Eine Wolke kollabiert	202
7.4.3	Sterne auf der Hauptreihe	205
7.5	Sterne am Ende ihrer Entwicklung	208
7.5.1	Weißer Zwerge, das Schicksal unserer Sonne	208
7.5.2	Neutronensterne	211
7.5.3	Schwarze Löcher	214

<b>8</b>	<b>Galaxien</b>	217
8.1	Unsere kosmische Heimat – die Milchstraße	217
8.1.1	Wir beobachten die Milchstraße	217
8.1.2	Die Masse der Milchstraße – dunkle Materie?	219
8.1.3	Eine Spiralgalaxie	221
8.1.4	Das supermassive schwarze Loch im Zentrum	223
8.2	Galaxien	224
8.2.1	Wir beobachten Galaxien	224
8.2.2	Entfernungsbestimmungen	226
8.2.3	Typen von Galaxien	229
8.2.4	Besondere Galaxien	230
8.3	Galaxienhaufen	231
8.3.1	Wir beobachten Galaxienhaufen	231
8.3.2	Die lokale Gruppe	232
8.3.3	Der Virgohaufen	233
8.3.4	Superhaufen	234

<b>9</b>	<b>Wie alles entstanden ist</b>	237
9.1	Das Universum und der Urknall	237
9.1.1	Warum die Nacht dunkel ist	237
9.1.2	Welteninseln	238
9.1.3	Das Universums dehnt sich aus	239
9.1.4	Das Alter des Universums	241
9.1.5	Das kühle Universum war früher heiß	242
9.1.6	Das Universum wird undurchsichtig	242
9.1.7	Woher kommen die chemischen Elemente	244
9.2	Urknall und Teilchenphysik	246
9.2.1	Teilchen und Energie	246
9.2.2	Vereinigung der Kräfte	246

<b>XII</b>	<b>Den Nachthimmel erleben</b>	
	9.2.3 Dunkle Materie und dunkle Energie	248
	9.2.4 Raum-Zeit	249
9.3	Leben im Universum	251
	9.3.1 Entstehung des Lebens auf der Erde	251
	9.3.2 Die Entdeckung von Exoplaneten	253
	9.3.3 Habitable Zonen	256
	9.3.4 Kontaktaufnahme?	257
	<b>Weiterführende Literatur</b>	<b>259</b>
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>261</b>