

Alfred Weigert, Heinrich X Wendker

Astronomie und Astrophysik

Ein Grundkurs

Dritte, überarbeitete Auflage



Weinheim • New York
Basel • Cambridge • Tokyo

Inhaltsverzeichnis

1	Sphärische Astronomie	1
1.1	Koordinatensysteme	1
1.1.1	Das Horizontsystem	1
1.1.2	Äquatorialsysteme	2
1.1.3	Das Ekliptikalsystem	4
1.1.4	Das Galaktische System	4
1.2	Zeitliche Änderung der Koordinatensysteme	5
1.2.1	Lunisolar-Präzession	5
1.2.2	Die astronomische Nutation	6
1.2.3	Die Planetenpräzession	6
1.2.4	Koordinaten-Änderung durch Präzession	7
1.3	Die Zeit	7
1.3.1	Die Sternzeit	8
1.3.2	Die wahre Sonnenzeit	8
1.3.3	Die mittlere Sonnenzeit	8
1.3.4	Ortszeit — Zonenzeit — Weltzeit	10
1.3.5	Das Jahr	11
1.3.6	Präzisionszeitmessungen	12
1.4	Sternörter	13
1.4.1	Sternbilder und Bezeichnungen von Sternen	13
1.4.2	Die Messung von Sternörtern	14
1.4.3	Die Refraktion	15
1.4.4	Die Aberration	17
1.4.5	Die Parallaxe	19
1.4.6	Die Reduktion des gemessenen Ortes	21
2	Das Sonnensystem	23
2.1	Mitglieder und Dimensionen des Systems	23
2.2	Bahnbewegungen im Sonnensystem	24
2.2.1	Zweikörperproblem — Keplersche Gesetze	24
2.2.2	Planetenbahnen	28
2.2.3	Die Erdbahn	30
2.2.4	Bahnen künstlicher Satelliten und Raumfahrzeuge	31
2.3	Das System Erde — Mond	33
2.3.1	Bewegung um die Erde	33
2.3.2	Bewegung um die Sonne	35
2.3.3	Rotation des Mondes	35
2.3.4	Finsternisse	36

2.4	Physik der Planeten	37
2.4.1	Oberflächentemperaturen	38
2.4.2	Stabilität und Zusammensetzung der Atmosphären	40
2.4.3	Gesamtaufbau	41
2.4.4	Roche-Grenze	44
2.4.5	Oberflächenformen terrestrischer Planeten	45
2.5	Monde	46
2.6	Planetoiden	47
2.7	Kometen	48
2.7.1	Bahnen und Anzahl	48
2.7.2	Physik der Kometen	48
2.8	Entstehung des Sonnensystems	50
3	Strahlung und Teleskope	53
3.1	Elektromagnetische Strahlung	53
3.1.1	Spektrum	54
3.1.2	Hohlraumstrahlung	55
3.1.3	Elementare Prozesse der Strahlungsemission und -absorption durch Partikel	57
3.2	Scheinbare Helligkeiten	60
3.2.1	Grundbegriffe und Definitionen	60
3.2.2	Helligkeitssysteme	62
3.2.3	Farben	64
3.3	Teleskope	65
3.3.1	Einige allgemeine Eigenschaften optischer Teleskope	65
3.3.2	Typen optischer Teleskope	68
3.3.3	Radioteleskope	73
3.3.4	Empfänger - Montierungen - Observatorien	75
4	Charakteristische Beobachtungsgrößen von Sternen	79
4.1	Strahlungsleistungen	79
4.1.1	Die Leuchtkraft	79
4.1.2	Absolute Helligkeiten	80
4.1.3	Flächenhelligkeit und Effektivtemperatur	81
4.2	Radius, Masse und hieraus abgeleitete Größen	81
4.2.1	Sternradien	81
4.2.2	Masse der Sterne	84
4.2.3	Mittlere Dichte, Schwerebeschleunigung	86
4.3	Spektralklassifikation	87
4.3.1	Spektralklassen der Hauptsequenz	87
4.3.2	Leuchtkraftklassen	91
4.3.3	Praxis der Klassifikation	92
4.4	Rotation und Magnetfeld	94
4.4.1	Rotation der Sterne	94
4.4.2	Magnetfelder der Sterne	96
4.5	Korrelationen zwischen verschiedenen Meßgrößen	98
4.5.1	Hertzsprung-Russell-Diagramm und Farbdigramme	98
4.5.2	Beziehungen zwischen R , L und M für Hauptreihensterne	101
4.6	Übersicht über charakteristische Größen von Sternen	102

Die Außenschichten von Sonne und Sternen	105
5.1 Die Außenschichten der Sonne	105
5.1.1 Die Photosphäre	105
5.1.2 Die Chromosphäre	107
5.1.3 Die Korona	108
5.1.4 Der Sonnenwind	109
5.1.5 Zeitliche Variationen	110
5.2 Die Aktivität der Sonne	111
5.2.1 Sonnenflecken	111
5.2.2 Andere Aktivitätserscheinungen	114
5.2.3 Radiostrahlung	115
5.2.4 Aktivität bei anderen Sternen	117
5.3 Physik der Sternatmosphären	117
5.3.1 Strahlungstransport in Materie	118
5.3.2 Modellatmosphären	122
5.4 Analyse von Sternspektren	124
5.4.1 Prinzipielles zur Spektralanalyse	124
5.4.2 Absorptionskoeffizient a_ν pro Teilchen	125
5.4.3 Anregung und Ionisation	126
5.4.4 Frequenzabhängigkeit von n_ν und Sternspektrum	128
5.4.5 Ergebnisse von Spektralanalysen — Die chemische Zusammen- setzung der Sternatmosphäre	129
 Innerer Aufbau und Entwicklung der Sterne	 133
6.1 Grundgleichungen des Sternaufbaues	133
6.1.1 Grundlagen	133
6.1.2 Massenverteilung	134
6.1.3 Mechanisches Gleichgewicht	134
6.1.4 Energiesatz	135
6.1.5 Energietransport	136
6.1.6 Gesamtproblem	137
6.2 Materialfunktionen	138
6.2.1 Die Zustandsgleichung	138
6.2.2 Der Absorptionskoeffizient	140
6.2.3 Nukleare Energieerzeugung	140
6.3 Einfache Sternmodelle	145
6.3.1 Vorbemerkungen	145
6.3.2 Sternmodell für eine Sonnenmasse	145
6.3.3 Hauptreihensterne	147
6.3.4 Weiße Zwerge	148
6.3.5 Sterne mit Konvektion und die Hayashi-Linie	149
6.4 Sternentwicklung	151
6.4.1 Energiereservoir und Zeitskalen	151
6.4.2 Sternentstehung	153
6.4.3 Vom Wasserstoffbrennen bis zum Heliumbrennen	155
6.4.4 Endstadien	158

7	Veränderliche Sterne	163
7.1	Allgemeine Begriffe	163
7.2	Regelmäßige Veränderliche	165
7.2.1	Die Cepheiden	166
7.2.2	RR Lyrae-Sterne und δ Scuti-Sterne	169
7.2.3	Mira-Sterne	169
7.2.4	Pulsare	170
7.3	Eruptions-Veränderliche	173
7.3.1	UV Ceti-Sterne	173
7.3.2	R Coronae Borealis-Sterne	173
7.3.3	RW Aurigae- und T Tauri-Sterne	174
7.3.4	Novae	175
7.3.5	U Geminorum-Sterne	176
7.3.6	Supernovae	176
7.4	Bedeckungsveränderliche	178
7.4.1	Röntgendoppelsterne	183
8	Interstellare Materie	185
8.1	Interstellarer Staub	186
8.1.1	Interstellare Extinktion	186
8.1.2	Wellenlängenabhängigkeit der Extinktion	187
8.1.3	Zur Natur der Staubkörner	188
8.1.4	Interstellare Polarisierung	190
8.1.5	Reflexionsnebel	190
8.2	Der neutrale Wasserstoff	191
8.2.1	Die 21-cm-Linie	192
8.2.2	Beobachtungsergebnisse	193
8.3	Emissionsnebel	196
8.3.1	Strahlung von H II-Regionen	197
8.3.2	Ausdehnung und Temperatur von H II-Regionen	198
8.3.3	Entwicklung der H II-Gebiete	199
8.3.4	Besondere Emissionsnebel	200
8.4	Moleküle im interstellaren Medium	204
8.4.1	Übersicht über die Ergebnisse	205
8.4.2	Maser- und Antimaseraktivität	207
8.5	Der Materiekreislauf des interstellaren Mediums	208
9	Das Milchstraßensystem	209
9.1	Entfernungsbestimmungen	209
9.1.1	Trigonometrische Parallaxe	210
9.1.2	Photometrische Parallaxen	210
9.1.3	Andere Parallaxen	212
9.2	Sterne der Sonnenumgebung	212
9.3	Rotation der Milchstraße	215
9.4	Sternhaufen	221
9.4.1	Assoziationen	221
9.4.2	Offene Sternhaufen	222
9.4.3	Kugelsternhaufen	223

9.5	Hauptstrukturen des Milchstraßensystems.	224
9.5.1	Die galaktische Scheibe und die Spiralstruktur.	224
9.5.2	Der Halo.	226
9.5.3	Das galaktische Zentralgebiet.	227
9.6	Die Populationen.	229
10	Extragalaktische Systeme	233
10.1	Extragalaktische Entfernungsbestimmungen.	234
10.2	Verteilung der Galaxien.	238
10.3	Klassifikation von Galaxien.	240
10.4	Integrale Eigenschaften.	243
10.4.1	Durchmesser.	243
10.4.2	Helligkeit und Leuchtkraft.	243
10.4.3	Rotation.	245
10.4.4	Farben.	245
10.4.5	Massen und Masse-Leuchtkraft-Beziehung.	246
10.4.6	Interstellare Materie.	247
10.5	Spiralstruktur in Galaxien.	248
10.6	Aktive Galaxien und Quasare.	250
10.6.1	Sternentstehungsgalaxien.	250
10.6.2	Seyfert-Galaxien.	251
10.6.3	Radio-Galaxien.	253
10.6.4	Quasare.	255
10.6.5	Aktive Galaxienkerne.	256
10.7	Haufen von Galaxien.	257
10.7.1	Räumliche Verteilung.	257
10.7.2	Klassifikation von Galaxienhaufen.	258
10.7.3	Das intergalaktische Medium.	259
10.7.4	Masse und Stabilität von Haufen.	260
10.7.5	Zum Entwicklungszustand von Galaxienhaufen.	260
10.8	Zur Entstehung und Entwicklung von Galaxien.	262
10.9	Der Gravitationslinseneffekt.	263
11	Kosmologie	265
11.1	Die Rotverschiebung als Expansion.	265
11.2	Zur allgemeinen Relativitätstheorie.	268
11.3	Weltmodelle.	272
11.4	Die Vergangenheit des Weltalls.	280
11.4.1	Zurück zu den Anfängen.	280
11.4.2	Der Hochenergiekosmos.	287
11.4.3	Entwicklungsstufen der Materie.	291
	Anhang	295
	Physikalische Konstanten und Einheiten.	295
	Astronomische Daten.	296
	Verzeichnis der Sternbilder.	297
	Übungsaufgaben.	299
	Lösungen der Übungsaufgaben.	310
	Literatur.	313
	Register	316