

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zum Gesamtwerk	XI
Vorwort zum Band	1
1 Einleitung (Werner Pfau)	3
1.1 Astronomie und Physik	4
1.2 Die großen Umwälzungen	5
1.3 Die Forschungsmethode der Astronomie	7
1.4 Die Astronomie in der Gesellschaft	9
Literaturverzeichnis	10
2 Sphärische Astronomie (Karl-Heinz Lotze)	11
2.1 Die Himmelskugel und die Koordinatensysteme der sphärischen Astronomie	11
2.1.1 Kugelkoordinaten	11
2.1.2 Das Horizontsystem	14
2.1.3 Das Äquatorsystem	15
2.1.4 Das Ekliptiksystem	16
2.1.5 Das galaktische Koordinatensystem	17
2.1.6 Koordinatenänderungen	18
2.2 Der Tagbogen der Sterne	19
2.2.1 Auf- und Untergang der Sterne	19
2.2.2 Obere und untere Kulmination	22
2.2.3 Der erste Vertikal	24
2.3 Der Tagbogen der Sonne und die Entstehung der Jahreszeiten	26
2.3.1 Die Sonnenscheinformel	26
2.3.2 Sommer-, Herbst-, Winter- und Frühlingsanfang	28
2.3.3 Sonnenuntergang und Sonnenscheindauer	29
2.3.4 Die Jahreszeiten	33
2.3.5 Bürgerliche und astronomische Dämmerung	35
2.4 Die astronomischen Grundlagen der Zeitbestimmung	37
Literaturverzeichnis	40
3 Beobachtung und Messung in der Astronomie (Werner Pfau)	41
3.1 Einflüsse der Erdatmosphäre	41
3.1.1 Refraktion	42
3.1.2 Transparenz	43
3.1.3 Szintillation und Bildqualität	44
3.1.4 Nachthimmelshelligkeit	46
3.2 Bodengebundene Teleskope	46
3.2.1 Das Auflösungsvermögen eines Teleskops	46
3.2.2 Amateurteleskope	49
3.2.3 Großteleskope	54
3.3 Strahlungsempfänger in der Astronomie	56
3.3.1 Detektoren im optischen Spektralbereich	56
3.4 Auswertemethoden	57
3.4.1 Astrometrie	57

3.4.2	Photometrie	58
3.4.3	Reichweite und photometrische Genauigkeit	58
3.5	Astronomische Interferometrie	61
3.5.1	Theoretischer Hintergrund	62
3.6	Radioastronomie	66
3.6.1	Baukomponenten eines Radioteleskops	66
3.6.2	Radiointerferometer	68
3.7	Röntgenastronomie	69
3.8	Hochenergie-Astronomie	71
3.9	Observatorien im Raum	73
	Literaturverzeichnis	74
4	Entfernungsbestimmung (Karl-Heinz Lotze)	75
4.1	Astronomische Entfernungsbestimmung in der Antike	75
4.2	Die Astronomische Einheitsentfernung	77
4.3	Die trigonometrische Fixsternparallaxe	80
4.4	Der Entfernungsmodul	82
4.5	Die Sternstromparallaxe	82
4.6	Hauptreihenanpassung	83
4.7	Die Bestimmung extragalaktischer Entfernungen	84
4.7.1	Die Entfernung der Großen Magellanschen Wolke	84
4.7.2	Cepheiden als Entfernungsindikatoren	86
4.7.3	Supernovae vom Typ Ia als Entfernungsindikatoren	88
4.7.4	Der Entfernungsbegriff in der Kosmologie	90
	Literaturverzeichnis	91
5	Himmelsmechanik (Karl-Heinz Lotze)	92
5.1	Die beiden Grundaufgaben der Himmelsmechanik	92
5.2	Herleitung der Keplerschen Gesetze aus dem Gravitationsgesetz	93
5.2.1	Das Zweite Keplersche Gesetz	93
5.2.2	Das Erste Keplersche Gesetz	94
5.2.3	Das Dritte Keplersche Gesetz	96
5.2.4	Folgerungen aus dem Dritten Keplerschen Gesetz	97
5.3	Die Kepler-Gleichung	102
5.4	Integrationskonstanten und Bahnelemente	103
5.4.1	Die Elemente einer Planetenbahn	103
5.4.2	Sonnen- und Mondfinsternisse	104
5.5	Bewegung im Potential	106
5.5.1	Energiesatz und effektives Potential	106
5.5.2	Nochmals zum Ersten Keplerschen Gesetz	107
5.5.3	Kosmische Geschwindigkeiten	108
5.6	Das Zweikörperproblem	112
5.6.1	Zurückführung des Zweikörperproblems auf ein Einkörperproblem	112
5.6.2	Eine aktuelle Anwendung: Der Nachweis von Exoplaneten	114
	Literaturverzeichnis	115
6	Erscheinungen der Sonnenatmosphäre (Joachim Gürtler)	116
6.1	Einleitung	116
6.2	Die Photosphäre	117

6.2.1	Der Aufbau der Sonnenphotosphäre	117
6.2.2	Granulation und Supergranulation	119
6.2.3	Die Sonnenszillationen	119
6.2.4	Die Rotation der Sonne	120
6.2.5	Die Sonnenflecke	120
6.2.6	Das Magnetfeld außerhalb der Sonnenflecke	122
6.3	Die Chromosphäre	124
6.4	Die Korona	125
6.4.1	Aufbau der Korona	125
6.4.2	Der Sonnenwind	126
6.4.3	Protuberanzen und Filamente	127
6.4.4	Explosive Erscheinungen der Sonnenaktivität	128
6.5	Die zeitliche Veränderung der Sonnenaktivität	130
6.5.1	Die Struktur und Entwicklung eines aktiven Gebietes	130
6.5.2	Der Zyklus der Sonnenaktivität	130
7	Das Planetensystem (Johann Dorschner)	134
7.1	Einführung	134
7.1.1	Sinn und Nutzen der Erforschung des Planetensystems	134
7.1.2	Überblick über das Sonnensystem	134
7.2	Die Planeten	135
7.2.1	Phänomenologie und Dynamik	135
7.2.2	Neufassung des Planetenbegriffs	135
7.2.3	Integrale Zustandsgrößen	136
7.2.4	Physikalische Theorie des Planeteninneren	138
7.2.5	Planetenmodelle	140
7.2.6	Planetenoberflächen	146
7.2.7	Atmosphären	147
7.2.8	Magnetosphären	151
7.3	Die Satelliten	153
7.3.1	Die Satellitensysteme der Riesenplaneten	153
7.3.2	Die Satelliten der Planeten Erde und Mars und des Zwergplaneten Pluto	157
7.4	Die Kleinkörpersysteme	159
7.4.1	Statistisches und Bahnverteilung der Planetoiden	159
7.4.2	Meteorite als Planetoidenfragmente	161
7.4.3	Die physische Beschaffenheit der Planetoiden	162
7.4.4	Phänomenologie und Dynamik der Kometen	163
7.4.5	Physikalische Prozesse in und um Kometen	166
7.4.6	Meteore, Zodiakallicht und interplanetarer Staub	168
7.5	Die Entstehung des Sonnensystems	170
7.5.1	Das moderne Konzept	170
7.5.2	Andere Planetensysteme um sonnenähnliche Sterne	171
	Literaturverzeichnis	175
8	Die Sterne (Phänomenologie) (Werner Pfau)	176
8.1	Zustandsgrößen der Sterne	176
8.1.1	Masse	177
8.1.2	Leuchtkraft	178
8.1.3	Effektive Temperatur	179

8.1.4	Spektraltyp und Leuchtkraftklasse	181
8.1.5	Durchmesser	183
8.1.6	Rotationsgeschwindigkeit	185
8.1.7	Magnetfelder	186
8.2	Zusammenhänge zwischen Zustandsgrößen	187
8.2.1	Hertzsprung-Russell-Diagramm	188
8.2.2	Masse-Leuchtkraft-Beziehung	189
8.3	Häufigkeit chemischer Elemente	190
8.3.1	Nukleo-Chronometrie	192
8.4	Veränderliche Sterne	195
8.4.1	Charakteristische Lichtkurven	196
8.5	Weißer Zwerge	203
8.6	Neutronensterne	204
8.7	Substellare Objekte	205
8.8	Doppel- und Mehrfachsterne	206
8.9	Sternhaufen und Assoziationen	211
8.9.1	Sternassoziationen	212
8.9.2	Offene Sternhaufen	213
8.9.3	Kugelsternhaufen	214
	Literaturverzeichnis	215
9	Die Sterne (Theorie) (Werner Pfau)	217
9.1	Sternatmosphären	218
9.1.1	Modellatmosphären	218
9.1.2	Absorptions- und Streuprozesse	225
9.1.3	Das Linienspektrum der Sterne	228
9.2	Der innere Aufbau von Sternen und der Sonne	234
9.2.1	Sternmodelle	234
9.2.2	Die Grundgleichungen des inneren Aufbaus	236
9.2.3	Die Materialgleichungen	241
9.2.4	Die Berechnung von Sternmodellen	247
9.2.5	Verifizierung der Modellrechnungen	249
9.3	Die zeitliche Entwicklung von Sternen und der Sonne	251
9.3.1	Das Grundschema der Sternentwicklung	251
9.3.2	Die Entwicklung der Sonne	254
9.3.3	Die Entwicklung von Sternen mittlerer und großer Masse	258
9.3.4	Entwicklung in engen Doppelsternsystemen	260
9.3.5	Sterne der Population II	262
9.3.6	Isochronen	262
9.3.7	Die Pulsation von Sternen	264
9.4	Letzte Entwicklungsphasen der Sterne	265
9.4.1	Weißer Zwerge und Neutronensterne	266
9.4.2	Supernovae Typ II	269
9.5	Die Entstehung von Sternen	271
9.5.1	Die Entstehung von Sternen im Grundsätzlichen	271
9.5.2	Der Entstehungsprozess im Einzelnen	273
9.5.3	Entstehung und Entwicklung substellarer Objekte	277
	Literaturverzeichnis	278

10	Interstellare Materie (<i>Werner Pfau</i>)	279
10.1	Überblick	279
10.1.1	Komponenten der interstellaren Materie	280
10.1.2	Die Orion-Region	281
10.2	Der physikalische Zustand des interstellaren Gases	283
10.3	Leuchtende Gasnebel	286
10.4	Neutraler interstellarer Wasserstoff	287
10.4.1	Das Spektrum der H α -Gebiete	287
10.4.2	Die 21-cm-Linie	288
10.5	Molekülwolken	289
10.5.1	Die einzelnen Molekülspezies	290
10.6	Interstellarer Staub	291
10.6.1	Auswirkungen auf die beobachtete Sternhelligkeit	291
10.6.2	Optik kleiner Teilchen	293
10.6.3	Natur und Entwicklung der interstellaren Teilchen	294
	Literaturverzeichnis	295
11	Galaxien (<i>Helmut Meusinger</i>)	296
11.1	Einleitung	296
11.1.1	Annäherung an den Gegenstand	296
11.1.2	Kurzer historischer Exkurs	297
11.2	Das Milchstraßensystem als Galaxie	300
11.2.1	Beobachtungsgrundlagen	301
11.2.2	Sonnenumgebung	302
11.2.3	Methoden zur Untersuchung der Galaktischen Struktur	304
11.2.4	Galaktische Rotation	306
11.2.5	Strukturkomponenten der Galaxis und Sternpopulationen	309
11.3	Eigenschaften normaler Galaxien	311
11.3.1	Klassifikation	311
11.3.2	Bewegung der Sterne in Galaxien	313
11.3.3	Elliptische Galaxien	314
11.3.4	Spiralgalaxien	316
11.3.5	Größen und Leuchtkräfte	320
11.3.6	Masse, Masse-Leuchtkraft-Verhältnis, Dunkle Materie	320
11.4	Galaxienentwicklung	323
11.4.1	Entwicklung der Sternpopulation	323
11.4.2	Chemische Entwicklung	327
11.4.3	Gravitative Wechselwirkungen von Galaxien	329
11.5	Aktive Galaxienkerne	333
11.5.1	Wichtigste Erscheinungsformen	334
11.5.2	AGN-Standardmodell	339
11.5.3	Schwarze Löcher in Galaxienzentren	341
11.6	Verteilung der Galaxien auf großen Skalen	342
11.6.1	Galaxienhaufen	342
11.6.2	Großräumige Verteilung der Galaxien	346
11.7	Galaxienentstehung	347
11.7.1	Beobachtung von Galaxien im jungen Universum	347
11.7.2	Modellierung von Strukturentwicklung und Galaxienentstehung	350
11.7.3	Die ersten Sterne und Protogalaxien	353

Literaturverzeichnis	354
12 Kosmologie (Karl-Heinz Lotze)	355
12.1 Die Spezifik der Kosmologie als Wissenschaft. Wie ist Kosmologie überhaupt möglich? ...	355
12.2 Das Kosmologische Prinzip	355
12.3 Kinematische Folgerungen aus dem Kosmologischen Prinzip. Der Hubble-Effekt	357
12.4 Dynamische Folgerungen aus dem Kosmologischen Prinzip.	
Die Friedmanschen Weltmodelle	362
12.4.1 Friedmansche Staubkosmen	362
12.4.2 Strahlungskosmen	365
12.4.3 Die kosmologische Konstante	366
12.5 Unsere Welt – ein Friedman-Kosmos?	367
12.5.1 Die Hubble-Konstante	368
12.5.2 Der Dichte-Parameter	370
12.5.3 Der Verzögerungsparameter	370
12.5.4 Unsere Welt als Friedman-Lemaître-Kosmos	371
12.6 Die thermische Geschichte des frühen Universums	372
12.6.1 Die Abweichung vom thermischen Gleichgewicht als Entwicklungsprinzip	372
12.6.2 Die Hadronen-Ära	373
12.6.3 Die Leptonen-Ära	374
12.6.4 Die Strahlungsära und die kosmische Hintergrundstrahlung	374
Literaturverzeichnis	377
Anhang (Werner Pfau)	378
A.1 Konstanten und Zahlenwerte	378
A.1.1 Ausgewählte Konstanten und Zahlenwerte aus der Physik	378
A.1.2 Grundeinheiten und ausgewählte Zahlenwerte aus der Astronomie	378
A.2 Nomenklatur von Sternen	378
A.3 Kataloge in der Astronomie	379
A.4 Intensität und Strahlungsleistung	381
A.5 Die astronomische Größenklasse als Maßeinheit	383
A.6 Strahlungsgesetze	387
A.6.1 Das Plancksche Strahlungsgesetz	387
A.6.2 Nicht-thermische Strahlung	389
Literaturverzeichnis	390
Übersichtsliteratur	391
Objektverzeichnis	392
Namenverzeichnis	394
Sachverzeichnis	396