

LI  
9



INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
DER TECHN. HOCHSCHULE  
HANNOVER · HERRENHAUSER STR. 2

*Inw. S. 34/974*

*LI 9  
Dk 52*

# LANDOLT-BÖRNSTEIN

ZAHLENWERTE UND FUNKTIONEN  
AUS NATURWISSENSCHAFTEN UND TECHNIK

NEUE SERIE

GESAMTHERAUSGABE:

**K. H. HELLWEGE**

**GRUPPE VI: ASTRONOMIE · ASTROPHYSIK  
UND WELTRAUMFORSCHUNG**

**BAND I: ASTRONOMIE UND ASTROPHYSIK**

BEARBEITET VON

L. H. ALLER · K. BAHNER · A. BEHR · S. v. D. BERGH · M. BEYER · L. BIERMANN  
E. BÖHM-VITENSE · K. H. BÖHM · S. BÖHME · W. DIECKVOSS · H. ELSÄSSER  
W. FRICKE · W. GLIESE · F. GONDOLATSCH · O. HACHENBERG · G. HAERENDEL  
H. HAFFNER · T. HERCZEG · C. HOFFMEISTER · L. HOUZIAUX · R. KIPPENHAHN  
H. v. KLÜBER · G. P. KUIPER · H. LAMBRECHT · E. LAMLA · J. LARINK · W. PETRI  
H. SCHEFFLER · H. SCHMIDT · TH. SCHMIDT-KALER · H. SIEDENTOPF† · H. STRASSL  
H. E. SUESS · H. C. THOMAS · G. TRAVING · A. WACHMANN · M. WALDMEIER  
V. WEIDEMANN · P. WELLMANN

HERAUSGEGEBEN VON

**H. H. VOIGT**



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · HEIDELBERG · NEW YORK

1965

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Astronomische Instrumente

### 1.1 Optische Instrumente

(K. BAHNER, Landessternwarte, Heidelberg)

	Seite
1.1.1 Einführung . . . . .	1
1.1.2 Fernrohre . . . . .	1
1.1.2.1 Einleitung . . . . .	1
1.1.2.2 Optik . . . . .	1
1.1.2.2.1 Reflektoren . . . . .	1
1.1.2.2.2 Refraktoren . . . . .	2
1.1.2.2.3 Kameras mit großem Bildfeld . . . . .	3
1.1.2.3 Montierung . . . . .	3
1.1.2.4 Spektrographen . . . . .	4
1.1.2.5 Literatur zu 1.1.2.1 ... 1.1.2.4 . . . . .	4
1.1.2.6 Verzeichnis der Fernrohre . . . . .	5
1.1.3 Sonnentelkope . . . . .	14
1.1.3.1 Fernrohranordnungen . . . . .	14
1.1.3.2 Spektrographen . . . . .	15
1.1.3.3 Verzeichnis der Sonneninstrumente . . . . .	15
1.1.3.4 Literatur zu 1.1.3 . . . . .	18
1.1.4 Astrometrische Instrumente . . . . .	19
1.1.4.1 Einführung . . . . .	19
1.1.4.2 Verzeichnis der astrometrischen Instrumente . . . . .	19
1.1.4.3 Literatur zu 1.1.4 . . . . .	21

### 1.2 Radioastronomische Instrumente

(O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn)

1.2.1 Die Antennen . . . . .	22
1.2.1.1 Charakterisierung und Definition der Antennen-Parameter . . . . .	22
1.2.1.2 Die verschiedenen Antennentypen . . . . .	23
1.2.2 Die Empfänger . . . . .	27
1.2.3 Die großen Radioteleskope . . . . .	29
1.2.3.1 Schwenkbare parabolische Radioteleskope . . . . .	29
1.2.3.2 Die feststehende Antenne . . . . .	31
1.2.3.3 Radioteleskope mit blattförmiger Hauptkeule . . . . .	32
1.2.4 Interferometer . . . . .	33
1.2.5 Literatur zu 1.2 . . . . .	34

### 1.3 Leistung der Fernrohre

(H. SIEDENTOPF †, Astronomisches Institut, Tübingen)

1.3.1 Geometrisch-optische Leistung . . . . .	35
1.3.1.1 Kleinstmögliche Zerstreuungskreise . . . . .	35
1.3.1.2 Bildfehler 3. Ordnung bei Spiegeln und Spiegelsystemen . . . . .	36
1.3.1.3 Bildfehler bei Linsensystemen . . . . .	41
1.3.2 Photometrische Leistung . . . . .	43
1.3.3 Literatur zu 1.3 . . . . .	43

**1.4 Lichtelektrische Photometrie**

(A. BEHR, Universitäts-Sternwarte, Göttingen)

1.4.1 Lichtelektrische Strahlungsempfänger . . . . .	44
1.4.2 Der gemessene Strahlungsstrom . . . . .	46
1.4.3 Meßgenauigkeit . . . . .	46
1.4.4 Literatur zu 1.4 . . . . .	47

**1.5 Einfluß der Erdatmosphäre**

(H. SIEDENTOPF †, Astronomisches Institut, Tübingen, und H. SCHEFFLER, Landessternwarte, Heidelberg: 1.5.1.1 ... 1.5.1.2, 1.5.3; H. SCHEFFLER: 1.5.2;

O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn: 1.5.1.3; 1.5.1.4)

1.5.1 Astronomische Refraktion und Extinktion . . . . .	48
1.5.1.1 Refraktion der optischen Strahlung . . . . .	48
1.5.1.2 Extinktion der optischen Strahlung . . . . .	50
1.5.1.2.1 Durchlässigkeit der Atmosphäre . . . . .	50
1.5.1.2.2 Rayleigh-Streuung . . . . .	51
1.5.1.2.3 Dunstextinktion . . . . .	52
1.5.1.2.4 Zenitreduktion . . . . .	52
1.5.1.3 Refraktion der Radiowellen . . . . .	53
1.5.1.4 Die Extinktion der Radiostrahlung . . . . .	54
1.5.2 Einfluß der atmosphärischen Turbulenz . . . . .	56
1.5.2.1 Optische Szintillation . . . . .	56
1.5.2.2 Szintillation der Strahlung von diskreten Radioquellen . . . . .	58
1.5.2.3 Literatur zu 1.5.2 . . . . .	59
1.5.3 Dämmerungs- und Nachthimmelshelligkeit . . . . .	60

**2 Orts- und Zeitbestimmung, astronomische Konstanten****2.1 Geographische Ortsbestimmung**

(J. LARINK, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)

2.1.1 Genauigkeit der Ortsbestimmung . . . . .	62
2.1.2 Koordinaten der Sternwarten . . . . .	62
2.1.3 Polhöschwankungen . . . . .	66
2.1.4 Literatur zu 2.1 . . . . .	69

**2.2 Zeitbestimmung**

(J. LARINK, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)

2.2.1 Definition und Verknüpfung von Sternzeit und Sonnenzeit . . . . .	70
2.2.2 Orts- und Zonenzeit . . . . .	70
2.2.3 Definitionen und Größen der Jahreslänge . . . . .	72
2.2.4 Definitionen und Größen der durchschnittlichen Monatslänge . . . . .	72
2.2.5 Umrechnung der verschiedenen astronomischen Zeiten . . . . .	73
2.2.5.1 Zeitgleichung . . . . .	73
2.2.5.2 Julianisches Datum . . . . .	73
2.2.6 Veränderlichkeit der Erdrotation, Definition der Zeitsekunde, Ephemeridenzeit . . . . .	74
2.2.7 Genauigkeit astronomischer Zeitbestimmung . . . . .	75
2.2.8 Zeitzeichen . . . . .	75
2.2.9 Literatur zu 2.2 . . . . .	76

**2.3 Das System der astronomischen Konstanten**

(S. BÖHME und W. FRICKE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)

2.3.1 Einführung . . . . .	76
2.3.1.1 Allgemeine Bemerkungen . . . . .	76
2.3.1.2 Einheiten im astronomischen Maßsystem . . . . .	76
2.3.1.3 Bezeichnungen . . . . .	77



	Seite
2.3.2 Formulierung des Systems . . . . .	77
2.3.2.1 Fundamentale Konstanten . . . . .	77
2.3.2.2 Abgeleitete Konstanten . . . . .	78
2.3.2.3 Zusammenhänge . . . . .	78
2.3.2.4 Numerische Faktoren und Auswertung einiger Relationen . . . . .	79
2.3.3 Neuere Daten für astronomische Konstanten . . . . .	80
2.3.4 Ein vorläufiges System . . . . .	81
2.3.5 Literatur zu 2.3 . . . . .	82

### 3 Die Häufigkeit der Elemente im Kosmos

(H. E. SUESS, University of California, La Jolla/Calif.)

3.1 Einleitung . . . . .	83
3.2 Meteorite, Oberflächengestein und Tektite . . . . .	84
3.3 Die Sonne und die Steinmeteorite . . . . .	86
3.4 Sterne . . . . .	89
3.5 Die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Nuklide . . . . .	90

### 4 Das Sonnensystem

#### 4.1 Die Sonne

4.1.1 Die ungestörte Sonne . . . . .	95
(M. WALDMEIER, Eidgenössische Sternwarte, Zürich: 4.1.1.1/2/4/6/7; H. v. KLÜBER, The Observatories, Cambridge/England: 4.1.1.3; K. H. BÖHM, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg: 4.1.1.5; O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn: 4.1.1.8)	
4.1.1.1 Zustandsgrößen der Sonne . . . . .	95
4.1.1.2 Die Rotation der Sonne . . . . .	95
4.1.1.3 Das allgemeine Magnetfeld der Sonne . . . . .	97
4.1.1.4 Granulation . . . . .	98
4.1.1.5 Die Photosphäre . . . . .	99
4.1.1.5.1 Solarkonstante, Strahlungsstrom, Effektivtemperatur . . . . .	99
4.1.1.5.2 Spektrale Energieverteilung . . . . .	100
4.1.1.5.3 Das Linienspektrum . . . . .	100
4.1.1.5.4 Mitte-Rand-Variation (MRV) des Kontinuums und der Fraunhoferlinien . . . . .	106
4.1.1.5.5 Ableitung empirischer Sonnenmodelle . . . . .	107
4.1.1.5.6 Theoretische Photosphärenmodelle . . . . .	109
4.1.1.5.7 Photosphärische Granulation . . . . .	109
4.1.1.5.7.1 Temperaturschwankungen . . . . .	109
4.1.1.5.7.2 Geschwindigkeitsfeld . . . . .	110
4.1.1.5.8 Literatur zu 4.1.1.5 . . . . .	111
4.1.1.6 Chromosphäre . . . . .	112
4.1.1.7 Korona . . . . .	115
4.1.1.8 Die Radiostrahlung der ruhigen Sonne . . . . .	117
4.1.1.8.1 Der Strahlungsfluß der ruhigen Sonne . . . . .	117
4.1.1.8.2 Die Intensitätsverteilung über die Sonnenscheibe . . . . .	118
4.1.1.8.3 Ursprung der Radiostrahlung . . . . .	119
4.1.1.8.4 Literatur zu 4.1.1.8 . . . . .	119
4.1.2 Die Aktivität der Sonne . . . . .	119
(M. WALDMEIER, Eidgenössische Sternwarte, Zürich: 4.1.2.1 ... 4.1.2.6)	
4.1.2.1 Sonnenflecken . . . . .	119
4.1.2.2 Fackeln . . . . .	123
4.1.2.3 Eruptionen . . . . .	123
4.1.2.4 Protuberanzen, Filamente . . . . .	124
4.1.2.5 Der 11-jährige Sonnenzyklus . . . . .	125

	Seite
4.1.2.6 Die Aktivitätszonen . . . . .	131
4.1.2.7 Radiostrahlung der gestörten Sonne . . . . .	132
(O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn)	
4.1.2.7.1 Die langsam variable Fleckenkomponente . . . . .	132
4.1.2.7.2 Die Rauschstürme des m-Wellengebietes . . . . .	142
4.1.2.7.3 Die Strahlungsausbrüche . . . . .	143
<b>4.2 Planeten und Monde</b>	
4.2.1 Mechanische Daten der Planeten und Monde . . . . .	150
(F. GONDOLATSCH, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
4.2.1.1 Die Großen Planeten . . . . .	150
4.2.1.1.1 Bahnelemente und verwandte Größen . . . . .	150
4.2.1.1.2 Dimensionen und mechanische Eigenschaften . . . . .	152
4.2.1.1.3 Rotation der Planeten . . . . .	154
4.2.1.2 Daten der Erde . . . . .	156
4.2.1.2.1 Größe und Gestalt. . . . .	156
4.2.1.2.2 Rotation der Erde, Präzession . . . . .	156
4.2.1.2.3 Bahnbewegung . . . . .	157
4.2.1.2.4 Literatur zu 4.2.1.2 . . . . .	157
4.2.1.3 Die Satelliten der Großen Planeten . . . . .	158
4.2.1.3.1 Bahnelemente, Durchmesser, Massen . . . . .	158
4.2.1.3.2 Das Ringsystem des Saturn. . . . .	160
4.2.1.3.3 Literatur zu 4.2.1.3 . . . . .	160
4.2.1.4 Der Erdmond . . . . .	161
4.2.1.4.1 Entfernung, Größe, mechanische Daten . . . . .	161
4.2.1.4.2 Bahnbewegung . . . . .	161
4.2.1.4.3 Literatur zu 4.2.1.4 . . . . .	163
4.2.1.5 Die Kleinen Planeten (Planetoiden) . . . . .	163
4.2.1.5.1 Elemente der Bahnen . . . . .	163
4.2.1.5.2 Größe und Anzahl der Planetoiden . . . . .	165
4.2.1.5.3 Literatur zu 4.2.1.5 . . . . .	166
4.2.2 Physik der Planeten und Monde . . . . .	166
(G. P. KUIPER, University of Tucson, Lunar and Planetary Laboratory, Tucson/Ariz.)	
4.2.2.1 Untersuchungsmethoden und Datenklassifizierung . . . . .	166
4.2.2.1.1 Mittlere Dichte und Aufbau . . . . .	167
4.2.2.1.2 Albedo, Temperatur . . . . .	167
4.2.2.1.3 Polarisation . . . . .	167
4.2.2.1.4 Spektrum, Zusammensetzung der Atmosphäre . . . . .	167
4.2.2.1.5 Radiostrahlung . . . . .	168
4.2.2.1.6 Oberflächenstruktur, Rotation und Achsenneigung. . . . .	168
4.2.2.2 Ergebnisse . . . . .	168
4.2.2.2.1 Mechanische Eigenschaften . . . . .	168
4.2.2.2.2 Zusammenfassung über den Aufbau der Planeten . . . . .	170
4.2.2.2.3 Helligkeit, Farbe, Albedo und Temperatur . . . . .	171
4.2.2.2.4 Zusammensetzung der Planetenatmosphären . . . . .	173
4.2.2.3 Literatur zu 4.2.2 . . . . .	175
<b>4.3 Kometen</b>	
4.3.1 Mechanische Daten der Kometen . . . . .	176
(A. WACHMANN, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)	
4.3.1.1 Zahl der Kometen . . . . .	176
4.3.1.2 Bahnelemente . . . . .	177
4.3.1.3 Statistik der Bahnformen . . . . .	181
4.3.1.4 Änderungen von Bahnelementen . . . . .	182
4.3.1.5 Statistik einiger Bahnelemente . . . . .	184
4.3.1.6 Kometenfamilien und -gruppen . . . . .	185
4.3.1.7 Masse der Kometen aus mechanischen Daten . . . . .	187
4.3.1.8 Literatur zu 4.3.1 . . . . .	187



	Seite
4.3.2 Physik der Kometen . . . . .	188
(L. HOUZIAUX, Institut d'Astrophysique, Université de Liège, Cointe-Sclessin)	
4.3.2.1 Der Kern . . . . .	188
4.3.2.2 Die Koma . . . . .	194
4.3.2.3 Der Schweif . . . . .	195
4.3.2.4 Literatur zu 4.3.2 . . . . .	195
<b>4.4 Meteore</b>	
(C. HOFFMEISTER, Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin)	
4.4.0 Einleitung . . . . .	196
4.4.1 Einteilung . . . . .	197
4.4.2 Meteorströme . . . . .	197
4.4.2.1 Bezeichnung . . . . .	197
4.4.2.2 Verzeichnis der Ströme . . . . .	201
4.4.2.3 Geschwindigkeit der Strommeteore . . . . .	202
4.4.3 Ursprung der Meteore und ihre kosmische Stellung . . . . .	202
4.4.3.1 Ursprung . . . . .	203
4.4.3.2 Relative Anteile . . . . .	203
4.4.3.3 Nicht zu Strömen gehörende Meteore . . . . .	204
4.4.4 Tägliche und jährliche Variation . . . . .	205
4.4.5 Physikalische Daten . . . . .	205
4.4.5.1 Verteilung nach scheinbarer Helligkeit . . . . .	205
4.4.5.2 Höhen der Meteore . . . . .	206
4.4.5.3 Masse und Gesamtzahl der Meteore . . . . .	207
4.4.5.4 Spektren . . . . .	207
4.4.5.5 Schweife . . . . .	208
4.4.5.6 Physikalische Theorie . . . . .	208
4.4.6 Elektrophysikalische Beobachtungen . . . . .	208
4.4.7 Teleskopische Meteore und Mikrometeorite . . . . .	209
4.4.8 Meteoritenfälle . . . . .	209
4.4.9 Literatur zu 4.4 . . . . .	209
<b>4.5 Künstliche Erdsatelliten und Raumsonden</b>	
(W. PETRI, Universitäts-Sternwarte, München 27)	
4.5.0 Einleitung, Bezeichnungen . . . . .	214
4.5.1 Raketen-Antrieb . . . . .	216
4.5.2 Elementare Satellitenbahnen . . . . .	221
4.5.3 Bahnstörungen . . . . .	222
4.5.4 Flugbahnen zu Mond und Planeten . . . . .	226
4.5.5 Astronautische Unternehmungen und Geräte . . . . .	232
4.5.6 Literatur zu 4.5 . . . . .	232
<b>4.6 Interplanetarer Raum</b>	
(G. HAERENDEL, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für Extraterrestrische Physik, München-Garching)	
4.6.1 Interplanetarer Staub . . . . .	233
4.6.1.0 Einführung . . . . .	234
4.6.1.1 Meßergebnisse . . . . .	234
4.6.1.1.1 Messungen mit vertikalen Raketen, Satelliten und Raumsonden . . . . .	235
4.6.1.1.2 Staubansammlung durch die Erde . . . . .	236
4.6.1.1.3 F-Korona, Zodiaklicht und Gegenschein . . . . .	239
4.6.1.2 Physikalische Eigenschaften des Staubs . . . . .	242
4.6.1.3 Interpretation der Beobachtungen . . . . .	244
4.6.2 Interplanetares Gas und Magnetfeld . . . . .	244
4.6.2.0 Einführung . . . . .	244
4.6.2.1 Beobachtungen des Plasmas . . . . .	244
4.6.2.1.1 Messungen mit Satelliten und Raumsonden . . . . .	245
4.6.2.1.2 Wechselwirkung mit ionisierten Kometenschweiften . . . . .	246
4.6.2.1.3 Wechselwirkung mit der Magnetosphäre . . . . .	247
4.6.2.1.4 Streustrahlung isolierter Radioquellen . . . . .	247

	Seite
4.6.2.1.5 Anteil der Thomsonstreuung am Zodiakallicht . . . . .	248
4.6.2.1.6 Neutraler Wasserstoff . . . . .	248
4.6.2.2 Beobachtungen mit Bezug auf das interplanetare Magnetfeld . . . . .	248
4.6.2.2.1 Messungen mit Satelliten und Raumsonden . . . . .	248
4.6.2.2.2 Beeinflussung der galaktischen kosmischen Strahlung . . . . .	249
4.6.2.2.3 Fortpflanzung der solaren kosmischen Strahlung . . . . .	249
4.6.2.3 Kinetische Eigenschaften des interplanetaren und koronalen Plasmas . . . . .	250
4.6.2.4 Theorie des interplanetaren Plasmas und Magnetfelds . . . . .	251

## 5 Die Sterne

### 5.1 Örter und Bewegung

5.1.1 Sternpositionen . . . . .	254
(W. GLIESE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.1.1.1 Einleitung . . . . .	254
5.1.1.2 Sternbilder . . . . .	254
5.1.1.3 Sternverzeichnisse . . . . .	256
5.1.1.4 Sternkarten und Sternatlanten . . . . .	259
5.1.1.5 Positionskataloge . . . . .	260
5.1.1.5.1 Beobachtungskataloge . . . . .	260
5.1.1.5.2 Zonenkataloge . . . . .	261
5.1.1.5.3 Sammelkataloge (Kombinierte Kataloge) . . . . .	262
5.1.1.6 Präzessionstafeln und Nomogramme . . . . .	264
5.1.2 Eigenbewegungen . . . . .	267
(W. DIECKVOSS, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)	
5.1.2.1 Definition . . . . .	267
5.1.2.2 Komponentendarstellung . . . . .	267
5.1.2.3 Ableitung von Eigenbewegungen . . . . .	268
5.1.2.4 Zahlenwerte . . . . .	268
5.1.2.5 Kataloge mit Angabe von Eigenbewegungen . . . . .	269
5.1.2.6 Literatur zu 5.1.2 . . . . .	270
5.1.3 Radialgeschwindigkeiten (RG) . . . . .	270
(P. WELLMANN, Universitäts-Sternwarte, München 27)	
5.1.3.0 Erläuterungen . . . . .	270
5.1.3.0.1 Definitionen . . . . .	270
5.1.3.0.2 Beobachtungsmethoden . . . . .	271
5.1.3.0.3 Genauigkeit . . . . .	271
5.1.3.1 RG-Standardsterne . . . . .	271
5.1.3.2 Standard-Wellenlängen für RG-Messungen . . . . .	273
5.1.3.3 Schnellläufer . . . . .	273
5.1.3.4 Radialgeschwindigkeitskataloge . . . . .	274
5.1.3.5 Bestimmung der Radialgeschwindigkeit mit Objektivprismen . . . . .	276
5.1.3.6 Einige statistische Ergebnisse . . . . .	276
5.1.3.6.1 Veränderliche Radialgeschwindigkeiten . . . . .	276
5.1.3.6.2 Einige statistische Ergebnisse des „General Catalogue“ der Radialgeschwindigkeiten . . . . .	276
5.1.3.7 Literatur zu 5.1.3 . . . . .	277
5.1.4 Parallaxen . . . . .	277
(H. SCHMIDT, Observatorium Hoher List, Daun/Eifel)	
5.1.4.1 Einleitung . . . . .	277
5.1.4.2 Parallaxenbestimmungen . . . . .	278
5.1.4.3 Parallaxenverzeichnisse . . . . .	280
5.1.4.4 Literatur zu 5.1.4 . . . . .	281
5.1.4.5 Nomogramme: Entfernungsmodul und Entfernung . . . . .	282

### 5.2 Zustandsgrößen und Zustandsdiagramme der Sterne

(TH. SCHMIDT-KALER, Universitäts-Sternwarte, Bonn: 5.2.0 ... 5.2.5;

E. LAMLA, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf: 5.2.6 ... 5.2.8)

5.2.0 Einleitung . . . . .	284
----------------------------	-----



	Seite
5.2.1 Klassifikation der Sternspektren . . . . .	284
5.2.1.1 Die verbesserte und erweiterte Harvard-Klassifikation . . . . .	284
5.2.1.2 Das Yerkes- oder MK-System . . . . .	287
5.2.1.3 Weitere zweidimensionale Spektral-Klassifikationen nach Linienkriterien . . . . .	289
5.2.1.3.1 Die Klassifikationen von Uppsala und Stockholm . . . . .	289
5.2.1.3.2 Klassifikation mit Hilfe photoelektrischer Schmalbandphotometrie . . . . .	290
5.2.1.3.3 Einige weitere zweidimensionale Systeme . . . . .	290
5.2.1.3.4 Zweidimensionale Klassifikation bei sehr niedrigen Dispersionen . . . . .	290
5.2.1.4 Spektralklassifikation mit Hilfe des Kontinuums . . . . .	291
5.2.1.4.1 Die Pariser Klassifikation . . . . .	291
5.2.1.4.2 Klassifikation bei äußerst geringer Dispersion . . . . .	291
5.2.1.4.3 Breitbandphotometrie . . . . .	292
5.2.1.5 Ansätze zu drei- und mehrdimensionalen Spektral-Klassifikationen . . . . .	293
5.2.1.6 Korrelation von Spektralklassifikationen . . . . .	294
5.2.1.7 Spektral-Kataloge . . . . .	295
5.2.1.8 Literatur zu 5.2.1 . . . . .	296
5.2.2 Eigenfarben und absolute Helligkeiten . . . . .	297
5.2.2.1 Die Eigenfarben der Sterne . . . . .	297
5.2.2.2 Die absoluten Größen der Sterne . . . . .	299
5.2.2.3 Kalibration spezieller Leuchtkraftkriterien . . . . .	302
5.2.2.4 Literatur zu 5.2.2 . . . . .	304
5.2.3 Das Hertzsprung-Russell-Diagramm; Sternpopulationen . . . . .	304
5.2.4 Masse $M$ , Radius $R$ , Dichte $\rho$ , Schwerebeschleunigung $g$ . . . . .	306
5.2.4.1 Massenbestimmung . . . . .	306
5.2.4.2 Radius, Dichte und Schwerebeschleunigung der Sterne . . . . .	308
5.2.4.3 Literatur zu 5.2.4 . . . . .	310
5.2.5 Die Rotation der Sterne . . . . .	311
5.2.5.1 Individuelle Werte der Rotationsgeschwindigkeit . . . . .	311
5.2.5.2 Sternrotation als Funktion von Spektraltyp, Leuchtkraftklasse und Entwicklung . . . . .	311
5.2.5.3 Kataloge . . . . .	313
5.2.5.4 Literatur zu 5.2.5 . . . . .	315
5.2.6 Integralhelligkeiten . . . . .	315
5.2.6.0 Einführung . . . . .	315
5.2.6.0.1 Definition der scheinbaren Helligkeit . . . . .	315
5.2.6.0.2 Definition der absoluten Helligkeit . . . . .	316
5.2.6.0.3 Die Sternstrahlung in physikalisch-technischen Einheiten . . . . .	317
5.2.6.0.4 Die Gesamthelligkeit aller Sterne . . . . .	318
5.2.6.0.5 Nomogramme . . . . .	319
5.2.6.1 Helligkeits-Kataloge . . . . .	322
5.2.6.1.0 Liste der Tabellen, Symbole . . . . .	322
5.2.6.1.1 Polsequenzen und Polkalotte . . . . .	323
5.2.6.1.2 Helle Sterne und Sterne in einzelnen Zonen und Feldern . . . . .	327
5.2.6.1.3 „Selected Areas“ (SA); „Harvard Standard Regions“ (HSR) . . . . .	330
5.2.6.1.4 Rot- und Infrarothelligkeiten . . . . .	332
5.2.6.1.5 Sterne in Sternhaufen . . . . .	333
5.2.6.1.6 Parallaxen- und Eigenbewegungssterne . . . . .	333
5.2.6.2 Beziehungen zwischen verschiedenen Helligkeitskatalogen . . . . .	333
5.2.6.3 Literatur zu 5.2.6 . . . . .	335
5.2.7 Farben der Sterne . . . . .	336
5.2.7.0 Einführung, Definitionen . . . . .	336
5.2.7.1 Die Empfindlichkeitsfunktion $S(\lambda)$ verschiedener Farbsysteme . . . . .	337
5.2.7.1.1 Das Auge . . . . .	337
5.2.7.1.2 Die photographischen Farbsysteme . . . . .	337
5.2.7.1.3 Die lichtelektrischen Farbsysteme . . . . .	340
5.2.7.1.4 Isophote und effektive Wellenlänge . . . . .	345
5.2.7.2 Beziehungen zwischen den verschiedenen Farbsystemen . . . . .	347
5.2.7.3 Kataloge von Farbenindizes (CI) . . . . .	351
5.2.7.3.0 Liste der Tabellen, Symbole . . . . .	351
5.2.7.3.1 CI-Kataloge der hellen Sterne ( $m_{pg} \leq 7^m5$ ) . . . . .	352

	Seite
5.2.7.3.2 CI-Kataloge schwacher Sterne . . . . .	354
5.2.7.3.3 CI-Kataloge in „Selected Areas“ (SA) und „Harvard Standard Regions“ (HSR) . . . . .	357
5.2.7.3.4 CI-Kataloge im Roten und Infraroten . . . . .	359
5.2.7.3.5 CI-Kataloge von Sternen mit bekannter Parallaxe $\pi$ oder Eigenbewegung $\mu$ . . . . .	361
5.2.7.3.6 CI-Kataloge von Sternen besonderen Typs . . . . .	361
5.2.7.4 Eigenfarbe, Farbenexzess und interstellare Absorption . . . . .	362
5.2.7.4.0 Definitionen . . . . .	362
5.2.7.4.1 Zusammenhang zwischen allgemeiner und selektiver Absorption . . . . .	363
5.2.7.4.2 Farbe und Spektraltyp . . . . .	364
5.2.7.4.3 Farben-Helligkeits- und Farben-Diagramme . . . . .	365
5.2.7.4.4 Verfärbungsweg . . . . .	366
5.2.7.5 Einfluß der stellaren Absorptionslinien auf den Farbenindex . . . . .	367
5.2.7.6 Theoretischer Farbenindex des schwarzen Körpers (Planck'scher Strahler) . . . . .	369
5.2.7.7 Die bolometrische Korrektur, B.C. . . . .	369
5.2.7.8 Literatur zu 5.2.7 . . . . .	371
5.2.8 Spektralphotometrische Untersuchungen, Intensitätsverteilung, Temperatur . . . . .	374
5.2.8.1 Die relative spektrale Intensitätsverteilung im Sternspektrum . . . . .	374
5.2.8.1.1 Integralhelligkeiten in Mehrfarbenphotometrien . . . . .	374
5.2.8.1.2 Spektralphotometrische Integralhelligkeiten (Farbhelligkeiten) . . . . .	375
5.2.8.1.3 Monochromatische Helligkeiten . . . . .	376
5.2.8.1.4 Relative spektralphotometrische Gradienten . . . . .	377
5.2.8.1.5 Der Balmer Sprung (Balmerdekrement) . . . . .	378
5.2.8.1.6 Der Paschensprung . . . . .	380
5.2.8.2 Der absolute Anschluß . . . . .	380
5.2.8.2.1 Methode und Technik . . . . .	380
5.2.8.2.2 Meßreihen für den absoluten Anschluß . . . . .	381
5.2.8.3 Der absolute Gradient . . . . .	382
5.2.8.3.1 Definition und theoretische Werte . . . . .	382
5.2.8.3.2 Meßreihen . . . . .	383
5.2.8.3.3 Vergleiche verschiedener Gradientenskalen . . . . .	385
5.2.8.4 Absolute spektrale Intensitätsverteilung in Sternspektren . . . . .	385
5.2.8.4.1 Beobachtungsgrundlage . . . . .	385
5.2.8.4.2 Spektrale kontinuierliche Intensitätsverteilung für normale Sterne . . . . .	386
5.2.8.4.3 Stellare spektrale Intensitätsverteilung und schwarze Strahlung . . . . .	390
5.2.8.4.4 Der Blanketing-Effekt . . . . .	390
5.2.8.4.5 Anomalitäten in der spektralen Intensitätsverteilung . . . . .	392
5.2.8.5 Die Temperaturen der Sterne . . . . .	392
5.2.8.6 Literatur zu 5.2.8 . . . . .	394
<b>5.3 Physik der Sternatmosphären</b>	
5.3.0 Symbole und Definitionen . . . . .	396
5.3.1 Aufbau der Sternatmosphären (Kontinuum) . . . . .	397
(E. BÖHM-VITENSE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.1.1 Häufigkeitsverteilung der chemischen Elemente . . . . .	397
5.3.1.2 Zusammenhang zwischen Druck, Zahl der freien Elektronen, Molekulargewicht und Temperatur . . . . .	398
5.3.1.3 Kontinuierlicher Absorptionskoeffizient . . . . .	401
5.3.1.3.1 Empirische Bestimmung der Wellenlängenabhängigkeit von $\kappa_l$ für die Sonne . . . . .	401
5.3.1.3.2 Beiträge zur kontinuierlichen Absorption . . . . .	402
5.3.1.3.3 Opazitätskoeffizient $\bar{\kappa}$ . . . . .	404
5.3.1.3.4 Numerische Berechnung des gesamten kontinuierlichen Absorptionskoeffizienten $\kappa_p$ und des Opazitätskoeffizienten $\bar{\kappa}$ in Sternatmosphären . . . . .	404
5.3.1.3.5 Literatur zu 5.3.1.3 . . . . .	420
5.3.1.4 Die mittleren Zustandsgrößen in Sternatmosphären . . . . .	420
5.3.1.4.1 Die mittlere Temperatur . . . . .	421
5.3.1.4.2 Der mittlere Gasdruck . . . . .	422
5.3.1.4.3 Die effektive Anzahl absorbierender Atome . . . . .	424
5.3.1.4.4 Literatur zu 5.3.1.4 . . . . .	424



	Seite
5.3.2 Modellatmosphären . . . . .	425
(G. TRAVING, Institut für theoretische Physik und Sternwarte, Kiel)	
5.3.2.0 Einleitung . . . . .	425
5.3.2.1 Monochromatischer Strahlungstransport in der Frequenz $\nu$ . . . . .	425
5.3.2.2 Strahlungsgleichgewicht . . . . .	427
5.3.2.3 Graue Atmosphären . . . . .	428
5.3.2.4 Nichtgraue Atmosphären . . . . .	428
5.3.2.5 Druckschichtung . . . . .	429
5.3.2.6 Numerische Werte . . . . .	430
5.3.2.7 Literatur zu 5.3.2 . . . . .	431
5.3.3 Konvektion in Sternatmosphären . . . . .	432
(K. H. BÖHM und E. BÖHM-VITENSE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.3.1 Instabilitätskriterium . . . . .	432
5.3.3.2 Entropie $S$ . . . . .	433
5.3.3.3 Adiabatischer Temperaturgradient $\nabla_{ad}$ . . . . .	434
5.3.3.4 Spezifische Wärme $c_p(P, T)$ . . . . .	435
5.3.3.5 Obere Grenze der Instabilitätszone . . . . .	436
5.3.3.6 Schichtung der Wasserstoffkonvektionszone . . . . .	436
5.3.3.7 Neuere Versuche zur Erfassung der Hydrodynamik der Konvektionszone . . . . .	442
5.3.3.8 Literatur zu 5.3.3 . . . . .	444
5.3.4 Linienabsorption (Verbreiterungsmechanismen) . . . . .	445
(G. TRAVING, Institut für theoretische Physik und Sternwarte, Kiel)	
5.3.4.0 Definitionen . . . . .	445
5.3.4.1 Dopplerverbreiterung . . . . .	445
5.3.4.2 Strahlungsdämpfung . . . . .	446
5.3.4.3 Druckverbreiterung . . . . .	446
5.3.4.4 Voigtfunktionen . . . . .	449
5.3.4.5 Literatur zu 5.3.4 . . . . .	451
5.3.5 Linienentstehung . . . . .	452
(K. H. BÖHM, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.5.0 Einleitung . . . . .	452
5.3.5.1 Bestimmung der Ergiebigkeit $S_\nu$ und des Linienabsorptionskoeffizienten $\kappa_\nu^L$ . . . . .	452
5.3.5.2 Berechnung von Linienprofilen und Äquivalentbreiten bei Annahme lokalen thermodynamischen Gleichgewichts . . . . .	455
5.3.5.3 Linienspektren ausgewählter Sterne . . . . .	457
5.3.5.4 Literatur zu 5.3.5 . . . . .	458

## 5.4 Sternaufbau und Sternentwicklung

(R. KIPPENHAHN und H. C. THOMAS, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München 23)

5.4.0 Verzeichnis der Symbole . . . . .	459
5.4.1 Grundgleichungen . . . . .	460
5.4.2 Zustandsgleichung . . . . .	461
5.4.3 Die Opazität . . . . .	465
5.4.3.1 Opazitätstabellen . . . . .	465
5.4.3.2 Elektronenstreuung . . . . .	472
5.4.3.3 Elektronenleitung . . . . .	472
5.4.4 Energieerzeugung . . . . .	472
5.4.4.1 Wasserstoffbrennen: pp-Reaktion . . . . .	472
5.4.4.2 Wasserstoffbrennen: CNO-Zyklus . . . . .	473
5.4.4.3 Reaktionen bei höheren Temperaturen . . . . .	473
5.4.5 Modelle . . . . .	474
5.4.5.1 Hauptreihen-Sterne . . . . .	474
5.4.5.2 Chemisch inhomogene Modelle . . . . .	477
5.4.5.3 Heliumsterne . . . . .	484
5.4.5.4 Weiße Zwerge . . . . .	485
5.4.6 Literatur zu 5.4 . . . . .	485

## 6 Spezielle Sterntypen

### 6.1 Doppelsterne

(T. HERCZEG, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)

6.1.0	Allgemeines . . . . .	487
6.1.0.1	Klassifikation . . . . .	487
6.1.0.2	Bahnelemente . . . . .	488
6.1.0.3	Einige interessante Doppelsterne . . . . .	489
6.1.0.4	Doppelsterne näher als 20 pc . . . . .	490
6.1.0.5	Literatur zu 6.1.0 . . . . .	490
6.1.1	Visuelle Doppelsterne . . . . .	490
6.1.1.1	Kataloge visueller Doppelsterne . . . . .	490
6.1.1.2	Kataloge der Bahnen von visuellen Doppelsternen . . . . .	492
6.1.1.3	Scheinbare Helligkeiten . . . . .	493
6.1.1.4	Statistische Beziehungen . . . . .	494
6.1.1.4.1	Visuelle Doppelsterne in Sonnenumgebung . . . . .	494
6.1.1.4.2	Verteilung der scheinbaren Helligkeiten, der galaktischen Breiten und der Winkeldistanzen . . . . .	494
6.1.1.4.3	Verteilung der Spektraltypen . . . . .	495
6.1.1.4.4	Verteilung der Bahnelemente . . . . .	496
6.1.1.4.5	Lage im HRD; Raumgeschwindigkeiten; Veränderliche . . . . .	496
6.1.1.4.6	Orientierung der Bahnebenen und der Apsidenlinien . . . . .	497
6.1.1.5	Weite Paare (Eigenbewegungs-Paare) . . . . .	497
6.1.1.6	Mehrfache Systeme . . . . .	497
6.1.1.7	Weißer Zwerge als Doppelstern-Komponenten . . . . .	499
6.1.1.8	Literatur zu 6.1.1 . . . . .	500
6.1.2	Spektroskopische Doppelsterne . . . . .	501
6.1.2.1	Bahnelemente und Kataloge der Bahnelemente . . . . .	501
6.1.2.2	Häufigkeit . . . . .	502
6.1.2.3	Statistische Beziehungen . . . . .	502
6.1.2.4	Wolf-Rayet-Sterne in spektroskopisch doppelten Systemen . . . . .	505
6.1.2.5	Eruptive Veränderliche als enge Doppelsterne . . . . .	505
6.1.2.6	Häufigkeit der Doppelsterne unter den Metalliniesternen . . . . .	506
6.1.2.7	Spektrale Duplizität, zusammengesetzte Spektren . . . . .	506
6.1.2.8	Literatur zu 6.1.2 . . . . .	507
6.1.3	Photometrische Doppelsterne oder Bedeckungsveränderliche . . . . .	508
6.1.3.1	Kataloge . . . . .	508
6.1.3.2	Klassifikation . . . . .	508
6.1.3.3	Statistische Beziehungen . . . . .	509
6.1.3.4	Statistische Eigenschaften der <i>W</i> Ursae Majoris-Sterne (EW) . . . . .	511
6.1.3.5	Periodenänderungen bei photometrischen Doppelsternen . . . . .	512
6.1.3.6	Bedeckungsveränderliche in Sternhaufen und nahen Galaxien . . . . .	513
6.1.3.7	Ellipsoidale Veränderliche . . . . .	513
6.1.3.8	Literatur zu 6.1.3 . . . . .	513
6.1.4	Astrometrische Doppelsterne und Sterne mit unsichtbaren Begleitern . . . . .	515

### 6.2 Veränderliche Sterne

(M. BEYER, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)

6.2.1	Definitionen und Allgemeines . . . . .	517
6.2.1.1	Verzeichnisse und Literaturhinweise . . . . .	517
6.2.1.2	Benennung . . . . .	517
6.2.1.3	Einteilung . . . . .	518
6.2.1.4	Lage der physischen Veränderlichen im Hertzsprung-Russell-Diagramm . . . . .	519
6.2.2	Pulsierende Veränderliche . . . . .	519
6.2.2.1	Langperiodische Cepheiden — C . . . . .	519
6.2.2.1.1	Definition . . . . .	519
6.2.2.1.2	Perioden und Lichtkurven . . . . .	519
6.2.2.1.3	Zustandsgrößen . . . . .	521



	Seite	
6.2.2.1.4	Perioden-Helligkeits-Beziehung . . . . .	524
6.2.2.1.5	Räumliche Verteilung . . . . .	524
6.2.2.2	<i>RR</i> Lyrae-Sterne (Haufen-Veränderliche) — <i>RR</i> . . . . .	526
6.2.2.2.1	Definition . . . . .	526
6.2.2.2.2	Perioden und Lichtkurven . . . . .	526
6.2.2.2.3	Zustandsgrößen . . . . .	528
6.2.2.2.4	Bewegung . . . . .	529
6.2.2.3	$\delta$ Scuti-Veränderliche (Zwerg-Cepheiden) — $\delta$ Sct . . . . .	529
6.2.2.3.1	Definition . . . . .	529
6.2.2.3.2	Zustandsgrößen . . . . .	530
6.2.2.4	$\beta$ Canis Majoris-Sterne (auch $\beta$ Cephei-Sterne genannt) — $\beta$ CMa. . . . .	530
6.2.2.4.1	Definition . . . . .	530
6.2.2.4.2	Zustandsgrößen . . . . .	530
6.2.2.5	Mira-Sterne (langperiodische Veränderliche vom Typ Mira Ceti) — <i>M</i> . . . . .	532
6.2.2.5.1	Definition . . . . .	532
6.2.2.5.2	Lichtkurven . . . . .	532
6.2.2.5.3	Spektren . . . . .	533
6.2.2.5.4	Radialgeschwindigkeiten . . . . .	535
6.2.2.5.5	Bolometrische Amplituden und Temperaturen. . . . .	535
6.2.2.5.6	Räumliche Verteilung . . . . .	536
6.2.2.5.7	Durchmesser und Masse . . . . .	537
6.2.2.6	Halbregelmäßige Veränderliche — <i>SR</i> . . . . .	538
6.2.2.6.1	Definition . . . . .	538
6.2.2.6.2	Spektren . . . . .	538
6.2.2.6.3	Absolute Helligkeiten . . . . .	538
6.2.2.6.4	Räumliche Verteilung . . . . .	539
6.2.2.7	<i>RV</i> Tauri-Sterne — <i>RV</i> . . . . .	539
6.2.2.7.1	Definition . . . . .	539
6.2.2.7.2	Zustandsgrößen . . . . .	540
6.2.2.8	$\alpha^2$ Canum Venaticorum-Sterne — $\alpha$ CV . . . . .	541
6.2.2.8.1	Definition . . . . .	541
6.2.2.8.2	Zustandsgrößen . . . . .	541
6.2.2.9	Unregelmäßig veränderliche Sterne — <i>I</i> . . . . .	541
6.2.2.9.1	Definition . . . . .	541
6.2.2.9.2	Zustandsgrößen . . . . .	542
6.2.3	Eruptive Veränderliche . . . . .	543
6.2.3.1	Novae (Neue Sterne) — <i>N</i> . . . . .	544
6.2.3.1.1	Definition . . . . .	544
6.2.3.1.2	Zahl der Novae . . . . .	544
6.2.3.1.3	Lichtkurven und absolute Helligkeiten . . . . .	544
6.2.3.1.4	Spektren . . . . .	547
6.2.3.1.5	Radialgeschwindigkeiten . . . . .	548
6.2.3.1.6	Gesamtenergie, Temperatur und Massenverlust . . . . .	549
6.2.3.1.7	Räumliche Verteilung . . . . .	549
6.2.3.1.8	Exnovae (Postnovae) . . . . .	550
6.2.3.2	Nova-ähnliche Veränderliche (symbiotische Veränderliche und Unregelmäßige mit Be- Spektren) — <i>Ne</i> . . . . .	550
6.2.3.3	Supernovae — <i>SN</i> . . . . .	551
6.2.3.3.1	Definition . . . . .	551
6.2.3.3.2	Häufigkeit des Aufleuchtens im Milchstraßensystem . . . . .	552
6.2.3.3.3	Extragalaktische Supernovae . . . . .	552
6.2.3.3.4	Spektren . . . . .	554
6.2.3.3.5	Prä- und Post-Supernovae . . . . .	554
6.2.3.3.6	Supernovae als Quellen kosmischer Strahlung von leichten und schweren Teilchen . . . . .	554
6.2.3.4	<i>R</i> Coronae Borealis-Sterne — <i>RCB</i> . . . . .	555
6.2.3.5	<i>RW</i> Aurigae-Sterne — <i>RW</i> . . . . .	555
6.2.3.5.1	Definition . . . . .	555
6.2.3.5.2	Zustandsgrößen . . . . .	556

	Seite
6.2.3.6 Die Untergruppe der <i>T</i> Tau-Sterne . . . . .	557
6.2.3.6.1 Definition . . . . .	557
6.2.3.6.2 Zustandsgrößen . . . . .	557
6.2.3.7 <i>U</i> Geminorum- oder <i>SS</i> Cygni-Sterne — <i>UG</i> . . . . .	558
6.2.3.7.1 Definition . . . . .	558
6.2.3.7.2 Zustandsgrößen . . . . .	558
6.2.3.8 <i>UV</i> Ceti-Sterne (Flare- und Flash-Sterne) — <i>UV</i> . . . . .	560
6.2.3.9 <i>Z</i> Camelopardalis-Sterne — <i>Z</i> . . . . .	561
6.2.4 Literatur zu 6.2 . . . . .	561

### 6.3 Sterne mit starken Magnetfeldern . . . . . 564

(H. v. KLÜBER, The Observatories, Cambridge/England)

### 6.4 Planetarische Nebel

(L. H. ALLER, University of California, Department of Astronomy, Los Angeles 24/Calif.)

6.4.0 Einleitung . . . . .	566
6.4.1 Daten für repräsentative Planetarische Nebel . . . . .	566
6.4.2 Emissions-Linienspektrum . . . . .	568
6.4.3 Häufigkeit der Elemente . . . . .	571
6.4.4 Literatur zu 6.4.1 bis 6.4.3 . . . . .	573
6.4.5 Weitere Literatur . . . . .	573
6.4.5.1 Allgemeine Literatur . . . . .	573
6.4.5.2 Literatur zu einzelnen Objekten . . . . .	573
6.4.5.3 Kataloge . . . . .	573
6.4.5.4 Literatur über Elektronendichten und Temperaturen . . . . .	574
6.4.5.5 Literatur über spektroskopische Untersuchungen . . . . .	574
6.4.5.6 Literatur über theoretische Untersuchungen und Zusammenfassungen . . . . .	574

### 6.5 Weiße Zwerge

(V. WEIDEMANN, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig)

6.5.1 Allgemeines, Leuchtkraftfunktion . . . . .	575
6.5.2 Spektren . . . . .	576
6.5.3 Farben . . . . .	576
6.5.4 Atmosphären . . . . .	578
6.5.5 Massen, Radien . . . . .	579
6.5.6 Innerer Aufbau, Energieerzeugung . . . . .	580
6.5.7 Entwicklung, Alter . . . . .	580
6.5.8 Literatur zu 6.5 . . . . .	581

## 7 Sternhaufen und Assoziationen

(H. HAFFNER, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)

### 7.1 Einleitung

7.1.1 Definition . . . . .	582
7.1.2 Bezeichnung und Kataloge . . . . .	582
7.1.3 Literatur zu 7.1 . . . . .	583

### 7.2 Kugelhaufen

7.2.1 Kataloge . . . . .	583
7.2.2 Klassifikation . . . . .	583
7.2.3 Scheinbare Verteilung an der Sphäre . . . . .	583
7.2.4 Entfernungen . . . . .	584
7.2.5 Räumliche Verteilung . . . . .	584
7.2.6 Bewegungen der Kugelhaufen . . . . .	585
7.2.7 Der einzelne Kugelhaufen . . . . .	586
7.2.7.1 Form der Kugelhaufen . . . . .	587
7.2.7.2 Integrale Helligkeiten . . . . .	588
7.2.7.3 Integrale Farben . . . . .	588



	Seite
7.2.7.4 Integrale Spektraltypen . . . . .	588
7.2.7.5 Veränderliche in Kugelhaufen . . . . .	589
7.2.7.6 Lineare Durchmesser . . . . .	589
7.2.7.7 Leuchtkraftfunktion . . . . .	589
7.2.7.8 Gesamtzahl und Gesamtmasse der Sterne in Kugelhaufen . . . . .	589
7.2.7.9 Farben-Helligkeits-Diagramme . . . . .	589
7.2.8 Kugelhaufen in anderen Sternsystemen . . . . .	590
7.2.9 Literatur zu 7.2 . . . . .	590
<b>7.3 Offene (oder galaktische) Haufen</b>	
7.3.1 Kataloge . . . . .	590
7.3.2 Klassifikation . . . . .	591
7.3.3 Verteilung an der Sphäre . . . . .	592
7.3.4 Gesamtzahl und räumliche Verteilung . . . . .	592
7.3.5 Scheinbare Durchmesser . . . . .	593
7.3.6 Der einzelne offene Haufen . . . . .	593
7.3.6.1 Photometrische Daten . . . . .	593
7.3.6.2 Lineare Durchmesser . . . . .	593
7.3.6.3 Massen . . . . .	594
7.3.6.4 Farben-Helligkeits-Diagramme . . . . .	594
7.3.6.5 Leuchtkraftfunktion (LKF) in offenen Sternhaufen . . . . .	594
7.3.6.6 Sterndichte der offenen Sternhaufen . . . . .	595
7.3.6.7 Veränderliche in offenen Haufen . . . . .	595
7.3.6.8 Das Alter von offenen Haufen . . . . .	595
7.3.7 Literatur zu 7.3 . . . . .	595
<b>7.4 Assoziationen</b>	
7.4.1 Definition . . . . .	596
7.4.2 Kataloge . . . . .	596
7.4.3 Scheinbare und räumliche Verteilung . . . . .	597
7.4.4 Farben-Helligkeits-Diagramme . . . . .	597
7.4.5 Bewegungen in O-Assoziationen und Altersbestimmungen . . . . .	597
7.4.6 Literatur zu 7.4 . . . . .	597

## 8 Das Sternsystem

### 8.1 Die nächsten Sterne

(W. GLIESE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)

8.1.1 Einleitung . . . . .	598
8.1.2 Sterndichte in Sonnenumgebung . . . . .	598
8.1.3 Sterne innerhalb 5 pc . . . . .	598
8.1.4 Doppelsterne innerhalb 5 pc . . . . .	600
8.1.5 Literatur zu 8.1 . . . . .	601

### 8.2 Bau des Milchstraßensystems

(H. SCHEFFLER und H. ELSÄSSER, Landessternwarte, Heidelberg)

8.2.1 Scheinbare Verteilung der Sterne an der Sphäre . . . . .	601
8.2.1.1 Galaktische Koordinaten . . . . .	601
8.2.1.2 Flächenhelligkeit des integrierten Sternlichtes . . . . .	602
8.2.1.3 Sternzählungen, Durchmusterungen . . . . .	603
8.2.1.3.1 Allgemeine Sternzahlen . . . . .	603
8.2.1.3.2 Scheinbare Verteilung spezieller Sterntypen . . . . .	606
8.2.2 Leuchtkraftfunktion und räumliche Verteilung der verschiedenen Objekte . . . . .	610
8.2.2.1 Einleitung . . . . .	610
8.2.2.2 Die Leuchtkraftfunktion . . . . .	611
8.2.2.2.1 Eindimensionale Leuchtkraftfunktion . . . . .	611
8.2.2.2.2 Verteilung nach Leuchtkraft und Spektraltyp . . . . .	613
8.2.2.3 Räumliche Verteilung der Sterne in der Sonnenumgebung . . . . .	614

	Seite
8.2.2.4 Verteilung der interstellaren Materie . . . . .	617
8.2.2.4.1 Interstellarer Staub . . . . .	617
8.2.2.4.2 Interstellares Gas . . . . .	618
8.2.2.5 Großräumige Verteilung der verschiedenen Objekte, Populationen . . . . .	619
8.2.2.5.1 Untersysteme . . . . .	619
8.2.2.5.2 Populationen . . . . .	620
8.2.3 Gestalt und Dimensionen des Systems . . . . .	622
8.2.4 Spiralstruktur . . . . .	623
8.2.4.1 Ergebnisse optischer Beobachtungen . . . . .	623
8.2.4.2 Ergebnisse radioastronomischer Beobachtungen . . . . .	624

### 8.3 Kinematik und Dynamik des Milchstraßensystems

(H. STRASSL, Astronomisches Institut der Universität Münster)

8.3.0 Einleitung und Übersicht . . . . .	627
8.3.1 Pekuliarbewegung der Sonne . . . . .	628
8.3.2 Bewegungshaufen . . . . .	630
8.3.3 Rotation der Milchstraße . . . . .	632
8.3.4 K-Effekt . . . . .	636
8.3.5 Pekuliarbewegung der Sterne . . . . .	636
8.3.6 Systematische Bewegung spezieller Sterngruppen; Bestimmung von $V_0$ . . . . .	637
8.3.7 Verteilung der Materie und Gravitationsfeld . . . . .	639
8.3.8 Bewegung der gesamten Galaxis . . . . .	640
8.3.9 Literatur zu 8.3 . . . . .	640

### 8.4 Interstellarer Raum

(H. LAMBRECHT, Universitäts-Sternwarte, Jena, 8.4.0 ... 8.4.5)

8.4.0 Einführung . . . . .	642
8.4.1 Das interstellare Gas . . . . .	642
8.4.1.0 Einführung . . . . .	642
8.4.1.1 Emissionsnebel und H II-Gebiete . . . . .	644
8.4.1.2 Interstellare Absorptionslinien . . . . .	649
8.4.1.3 Chemische Zusammensetzung des interstellaren Gases . . . . .	650
8.4.1.4 Temperatur der H I-Gebiete . . . . .	651
8.4.1.5 Literatur zu 8.4.1 . . . . .	651
8.4.2 Interstellarer Staub . . . . .	652
8.4.2.0 Einführung . . . . .	652
8.4.2.1 Dunkelwolken . . . . .	652
8.4.2.2 Interstellare Extinktion und Polarisation . . . . .	654
8.4.2.3 Reflexionsnebel . . . . .	655
8.4.2.4 Physik der interstellaren Staubteilchen . . . . .	657
8.4.2.5 Literatur zu 8.4.2 . . . . .	657
8.4.3 Zusammenhang zwischen interstellarem Gas und Staub . . . . .	658
8.4.4 Räumliche Verteilung und kinematisches Verhalten der interstellaren Materie . . . . .	659
8.4.5 Das interstellare Strahlungsfeld . . . . .	662
8.4.6 Interstellare Magnetfelder und Halo der Milchstraße; Kosmische Strahlung im interstellaren Raum . . . . .	663

(L. BIERMANN, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München 23)

## 9 Galaxien

(S. VAN DEN BERGH, David Dunlap Observatory, University of Toronto, Richmond Hill/Ontario)

### 9.1 Zusammenfassende Darstellungen und Identifikation

9.1.1 Zusammenfassende Darstellungen . . . . .	664
9.1.2 Photographische Atlanten . . . . .	664
9.1.3 Kataloge . . . . .	664
9.1.4 Bezeichnung . . . . .	664



<b>9.2 Die scheinbare Verteilung der Galaxien am Himmel . . . . .</b>	<b>665</b>
<b>9.3 Entfernungskriterien</b>	
9.3.1 Veränderliche Sterne . . . . .	666
9.3.1.1 RR Lyrae-Sterne . . . . .	666
9.3.1.2 Klassische Cepheiden . . . . .	666
9.3.2 Die hellsten Sterne in Kugelhaufen . . . . .	666
9.3.3 Novae . . . . .	666
9.3.4 Die hellsten nicht-veränderlichen Sterne . . . . .	667
9.3.5 Kugelhaufen . . . . .	667
9.3.6 Durchmesser von H II-Regionen . . . . .	667
9.3.7 Leuchtkraft-Klassifikation der Galaxien . . . . .	667
9.3.8 Supernovae . . . . .	667
9.3.9 <i>n</i> -hellstes Mitglied einiger Galaxien-Haufen . . . . .	667
<b>9.4 Die einzelnen Galaxien</b>	
9.4.1 Helligkeiten und Farben . . . . .	667
9.4.2 Klassifikation der Galaxien . . . . .	668
9.4.2.1 Klassifikation nach HUBBLE und SANDAGE . . . . .	668
9.4.2.2 Klassifikation nach DE VAUCOULEURS . . . . .	668
9.4.2.3 Klassifikation nach VAN DEN BERGH . . . . .	668
9.4.2.4 Klassifikation nach MORGAN . . . . .	669
9.4.3 Masse der Galaxien . . . . .	669
9.4.4 Spektren der Galaxien . . . . .	670
9.4.5 Oberflächen-Photometrie . . . . .	671
9.4.6 Die hellsten Galaxien . . . . .	671
9.4.7 Radiostrahlung der Galaxien . . . . .	672
<b>9.5 Mehrfach-Systeme und Haufen von Galaxien</b>	
9.5.1 Mehrfach-Systeme und intergalaktische Materie . . . . .	674
9.5.2 Die Lokale Gruppe . . . . .	674
9.5.3 Haufen von Galaxien . . . . .	675
<b>9.6 Das Universum</b>	
9.6.1 Radialgeschwindigkeiten . . . . .	675
9.6.2 Die Hubble-Konstante . . . . .	675
9.6.3 Gesamtwerte für Leuchtkraft, Massendichte und Energieausstrahlung . . . . .	676
<b>9.7 Literatur zu 9 . . . . .</b>	<b>676</b>
<b>9.8 Literatur zur Kosmologie . . . . .</b>	<b>679</b>
<b>Anhang</b>	
<b>10 Anhang zu 4.5.5 . . . . .</b>	<b>680</b>
<b>11 Nomogramme . . . . .</b>	<b>682</b>
(H. STRASSL, Astronomisches Institut der Universität Münster)	
11.1 Nomogramme zur Umrechnung verschiedener Einheiten . . . . .	682
11.2 Nomogramme für einige Transformationen sphärischer Koordinaten . . . . .	682
<b>12 Zeitschriftenverzeichnis . . . . .</b>	<b>701</b>