

Table of contents

1 Astronomical instruments

1.1 Optical instruments

(K. BAHNER, Landessternwarte, Heidelberg)

	page
1.1.1 Introduction	1
1.1.2 Telescopes	1
1.1.2.1 Introduction	1
1.1.2.2 Optics	1
1.1.2.2.1 Reflectors	1
1.1.2.2.2 Refractors	2
1.1.2.2.3 Cameras with large field of view	3
1.1.2.3 Mounting	3
1.1.2.4 Spectrographs	4
1.1.2.5 References for 1.1.2.1	4
1.1.2.6 List of telescopes	5
1.1.3 Solar telescopes	14
1.1.3.1 Telescope arrangements	14
1.1.3.2 Spectrographs	15
1.1.3.3 List of solar telescopes	15
1.1.3.4 References for 1.1.3	18
1.1.4 Astrometric instruments	19
1.1.4.1 Introduction	19
1.1.4.2 List of astrometric instruments	19
1.1.4.3 References for 1.1.4	21

1.2 Radio-astronomical devices

(O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn)

1.2.1 Antennae (aerials)	22
1.2.1.1 Description and definition of the antenna parameters	22
1.2.1.2 The different types of antennae	23
1.2.2 Receivers	27
1.2.3 The large radio telescopes	29
1.2.3.1 Adjustable parabolic radio telescopes	29
1.2.3.2 The fixed (parabolic) antenna	31
1.2.3.3 Radio telescopes with fan beams	32
1.2.4 Interferometers	33
1.2.5 References for 1.2	34

1.3 Performance of telescopes

(H. SIEDENTOPF †, Astronomisches Institut, Tübingen)

1.3.1 Geometrical optics	35
1.3.1.1 Limiting diffraction discs	35
1.3.1.2 Aberrations of the 3rd order for mirrors and mirror systems	36
1.3.1.3 Aberrations of lens systems	41
1.3.2 Photometric performance	43
1.3.3 References for 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 Nachthimmelhelligkeit	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

1.4 Photoelectric photometry

(A. BEHR, Universitäts-Sternwarte, Göttingen)

1.4.1 Photoelectric radiation detectors	44
1.4.2 The measured radiant flux	46
1.4.3 Accuracy of measurements	46
1.4.4 References for 1.4	47

1.5 Influence of the earth's atmosphere

(H. SIEDENTOFF †, Astronomisches Institut, Tübingen, and 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 Astronomical refraction and extinction	48
1.5.1.1 Refraction of optical radiation.	48
1.5.1.2 Extinction of optical radiation.	50
1.5.1.2.1 Transparency of the atmosphere.	50
1.5.1.2.2 Rayleigh scattering	51
1.5.1.2.3 Haze extinction	52
1.5.1.2.4 Zenith reduction	52
1.5.1.3 Refraction of radio waves.	53
1.5.1.4 The extinction of radio-frequency radiation	54
1.5.2 Influence of atmospheric turbulence	56
1.5.2.1 Optical scintillation	56
1.5.2.2 Scintillation of the radiation of discrete radio sources	58
1.5.2.3 References for 1.5.2	59
1.5.3 Brightness of twilight and of the night sky	60

2 Position and time determination, astronomical constants

2.1 Geographical position determination

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

2.1.1 Accuracy of the position determination	62
2.1.2 Coordinates of the observatories	62
2.1.3 Variations of latitude (variations of altitude of the pole).	66
2.1.4 References for 2.1	69

2.2 Time determination

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

2.2.1 Definition and relation between sidereal time and solar time	70
2.2.2 Local time and standard time	70
2.2.3 Definitions and lengths of the year	72
2.2.4 Definitions and average lengths of the month	72
2.2.5 Conversion of the different astronomical times	73
2.2.5.1 Equation of time	73
2.2.5.2 Julian Date.	73
2.2.6 Fluctuations of the rotation of the earth, definition of the second of time, Ephemeris time	74
2.2.7 Accuracy of astronomical time determinations	75
2.2.8 Time signals	75
2.2.9 References for 2.2	76

2.3 The system of astronomical constants

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

2.3.1 Introduction	76
2.3.1.1 General remarks	76
2.3.1.2 Units in the astronomical system of measures	76
2.3.1.3 Notations.	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	95
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

	page
2.3.2 Formulation of the system	77
2.3.2.1 Fundamental constants	77
2.3.2.2 Derived constants	78
2.3.2.3 Relations	78
2.3.2.4 Numerical factors and evaluation of some relations	79
2.3.3 Recent data for astronomical constants	80
2.3.4 Preliminary system	81
2.3.5 References for 2.3	82

3 Abundances of the elements in the universe

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

3.1 Introduction	83
3.2 Meteorites, surface rocks, tektites	84
3.3 The sun and the stony meteorites	86
3.4 Stars	89
3.5 The abundance distribution of the individual nuclides	90

4 The solar system

4.1 The sun

4.1.1 The quiet sun	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 Solar dimensions	95
4.1.1.2 The rotation of the sun	95
4.1.1.3 The general magnetic field of the sun	97
4.1.1.4 Granulation	98
4.1.1.5 The photosphere	99
4.1.1.5.1 Solar constant, radiation flux, effective temperature	99
4.1.1.5.2 Spectral energy distribution	100
4.1.1.5.3 The line spectrum	100
4.1.1.5.4 Center-limb variation (CLV) of the continuum and of the Fraunhofer lines	106
4.1.1.5.5 Derivation of empirical solar models	107
4.1.1.5.6 Theoretical models of the photosphere	109
4.1.1.5.7 Photospheric granulation	109
4.1.1.5.7.1 Temperature fluctuations	109
4.1.1.5.7.2 Velocity field	110
4.1.1.5.8 References for 4.1.1.5	111
4.1.1.6 Chromosphere	112
4.1.1.7 Corona	115
4.1.1.8 Radio emission of the quiet sun	117
4.1.1.8.1 Flux density of the quiet sun	117
4.1.1.8.2 The intensity distribution across the solar disc	118
4.1.1.8.3 Source of the radio emission	119
4.1.1.8.4 References for 4.1.1.8	119
4.1.2 The activity of the sun	119
(M. WALDMEIER, Eidgenössische Sternwarte, Zürich: 4.1.2.1 ... 4.1.2.6)	
4.1.2.1 Sunspots	119
4.1.2.2 Faculae	123
4.1.2.3 Flares	123
4.1.2.4 Prominences, filaments	124
4.1.2.5 The 11-year solar cycle	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
4.2 Planeten und Monde	
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
4.3 Kometen	
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

	page
4.1.2.6 The activity zones	131
4.1.2.7 Radio emission of the disturbed sun	132
(O. HACHENBERG, Universitäts-Sternwarte, Bonn)	
4.1.2.7.1 The slowly varying sunspot component	132
4.1.2.7.2 The noise storms of the m-wave region	142
4.1.2.7.3 Outbursts	143
4.2 Planets and satellites	
4.2.1 Mechanical data of planets and satellites	150
(F. GONDOLATSCH, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
4.2.1.1 The planets	150
4.2.1.1.1 Orbital elements and related properties.	150
4.2.1.1.2 Dimensions and mechanical properties	152
4.2.1.1.3 Rotation of the planets	154
4.2.1.2 Earth data	156
4.2.1.2.1 Dimensions and figure	156
4.2.1.2.2 Rotation of the earth, precession	156
4.2.1.2.3 Orbital motion	157
4.2.1.2.4 References for 4.2.1.2	157
4.2.1.3 Satellites of the planets	158
4.2.1.3.1 Orbital elements, diameters, masses	158
4.2.1.3.2 Saturn's ring system	160
4.2.1.3.3 References for 4.2.1.3	160
4.2.1.4 The moon	161
4.2.1.4.1 Distance, size, mechanical data	161
4.2.1.4.2 Orbital motion	161
4.2.1.4.3 References for 4.2.1.4	163
4.2.1.5 The minor planets (asteroids)	163
4.2.1.5.1 Orbital elements	163
4.2.1.5.2 Size and number of asteroids	165
4.2.1.5.3 References for 4.2.1.5	166
4.2.2 Physics of planets and satellites	166
(G. P. KUIPER, University of Tucson, Lunar and Planetary Laboratory, Tucson/Ariz.)	
4.2.2.1 Methods of investigation and classification of data	166
4.2.2.1.1 Mean density and composition	167
4.2.2.1.2 Albedo, temperature	167
4.2.2.1.3 Polarization	167
4.2.2.1.4 Spectrum, composition of atmosphere	167
4.2.2.1.5 Radio emission	168
4.2.2.1.6 Surface structure, rotation, obliquity	168
4.2.2.2 Results	168
4.2.2.2.1 Mechanical properties	168
4.2.2.2.2 Summary on planetary composition	170
4.2.2.2.3 Magnitude, color, albedo, temperature	171
4.2.2.2.4 Composition of planetary atmospheres	173
4.2.2.3 References for 4.2.2	175
4.3 Comets	
4.3.1 Mechanical data of comets.	176
(A. WACHMANN, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)	
4.3.1.1 Number of comets	176
4.3.1.2 Orbital elements	177
4.3.1.3 Statistics of orbital forms	181
4.3.1.4 Variations of the orbital elements	182
4.3.1.5 Statistics of some orbital elements	184
4.3.1.6 Comet families and groups	185
4.3.1.7 Mass of comets derived from mechanical data	187
4.3.1.8 References for 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	188
4.3.2.3 Der Schweif	194
4.3.2.4 Literatur zu 4.3.2	195
4.4 Meteore	
(C. HOFFMEISTER, Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin)	
4.4.0 Einleitung	195
4.4.1 Einteilung	196
4.4.2 Meteorströme	197
4.4.2.1 Bezeichnung	197
4.4.2.2 Verzeichnis der Ströme	197
4.4.2.3 Geschwindigkeit der Strommeteore	201
4.4.3 Ursprung der Meteore und ihre kosmische Stellung	202
4.4.3.1 Ursprung	202
4.4.3.2 Relative Anteile	203
4.4.3.3 Nicht zu Strömen gehörende Meteore	203
4.4.4 Tägliche und jährliche Variation	204
4.4.5 Physikalische Daten	205
4.4.5.1 Verteilung nach scheinbarer Helligkeit	205
4.4.5.2 Höhen der Meteore	205
4.4.5.3 Masse und Gesamtzahl der Meteore	206
4.4.5.4 Spektren	207
4.4.5.5 Schweife	207
4.4.5.6 Physikalische Theorie	208
4.4.6 Elektrophysikalische Beobachtungen	208
4.4.7 Teleskopische Meteore und Mikrometeorite	208
4.4.8 Meteoritenfälle	209
4.4.9 Literatur zu 4.4	209
4.5 Künstliche Erdsatelliten und Raumsonden	
(W. PETRI, Universitäts-Sternwarte, München 27)	
4.5.0 Einleitung, Bezeichnungen	214
4.5.1 Raketen-Antrieb	215
4.5.2 Elementare Satellitenbahnen	216
4.5.3 Bahnstörungen	221
4.5.4 Flugbahnen zu Mond und Planeten	222
4.5.5 Astronautische Unternehmungen und Geräte	226
4.5.6 Literatur zu 4.5	232
4.6 Interplanetarer Raum	
(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	233
4.6.1.1 Meßergebnisse	234
4.6.1.1.1 Messungen mit vertikalen Raketen, Satelliten und Raumsonden	234
4.6.1.1.2 Staubsammlung durch die Erde	235
4.6.1.1.3 F-Korona, Zodiaklicht und Gegenschein	236
4.6.1.2 Physikalische Eigenschaften des Staubs	239
4.6.1.3 Interpretation der Beobachtungen	242
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	244
4.6.2.1.2 Wechselwirkung mit ionisierten Kometenschweifem	245
4.6.2.1.3 Wechselwirkung mit der Magnetosphäre	246
4.6.2.1.4 Streustrahlung isolierter Radioquellen	247

	page
4.3.2 Physics of the comets	188
(L. HOUZIAUX, Institut d'Astrophysique, Université de Liège, Cointe-Sclessin)	
4.3.2.1 The nucleus	188
4.3.2.2 The coma	188
4.3.2.3 The tail	194
4.3.2.4 References for 4.3.2	195
4.4 Meteors	
(C. HOFFMEISTER, Sternwarte Sonneberg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin)	
4.4.0 Introduction	195
4.4.1 Classification	196
4.4.2 Meteor streams	197
4.4.2.1 Designation	197
4.4.2.2 List of streams	197
4.4.2.3 Velocity of stream meteors	201
4.4.3 Origin of meteors and their position in the cosmos	202
4.4.3.1 Origin	202
4.4.3.2 Relative fractions	203
4.4.3.3 Meteors not belonging to streams	203
4.4.4 Diurnal and annual variation	204
4.4.5 Physical data	205
4.4.5.1 Distribution according to apparent magnitude	205
4.4.5.2 Heights of meteors	205
4.4.5.3 Mass and total number of meteors	206
4.4.5.4 Spectra	207
4.4.5.5 Trains	207
4.4.5.6 Physical theory	208
4.4.6 Electrophysical observations	208
4.4.7 Telescopic meteors and micrometeorites	208
4.4.8 Meteorite falls	209
4.4.9 References for 4.4	209
4.5 Artificial earth satellites and space probes	
(W. PETRI, Universitäts-Sternwarte, München 27)	
4.5.0 Introduction, notation	214
4.5.1 Rocket propulsion	215
4.5.2 Elementary satellite orbits	216
4.5.3 Orbital perturbations	221
4.5.4 Lunar and interplanetary trajectories	222
4.5.5 Astronautical missions and hardware	226
4.5.6 References for 4.5	232
4.6 Interplanetary space	
(G. HAERENDEL, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, Institut für Extraterrestrische Physik, München-Garching)	
4.6.1 Interplanetary dust	233
4.6.1.0 Introduction	233
4.6.1.1 Experimental data	234
4.6.1.1.1 Measurements with sounding rockets, satellites, and space probes	234
4.6.1.1.2 Terrestrial accretion of interplanetary dust	235
4.6.1.1.3 F-corona, zodiacal light, and "gegenschein"	236
4.6.1.2 Physical properties of the dust	239
4.6.1.3 Interpretation of the observations	242
4.6.2 Interplanetary gas and magnetic field	244
4.6.2.0 Introduction	244
4.6.2.1 Plasma observations	244
4.6.2.1.1 Measurements with satellites and space probes	244
4.6.2.1.2 Interaction with ionized comet tails	245
4.6.2.1.3 Interaction with the magnetosphere	246
4.6.2.1.4 Scattering of radio waves from discrete sources	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

	page
4.6.2.1.5 Contribution of Thomson scattering to the zodiacal light	248
4.6.2.1.6 Neutral hydrogen	248
4.6.2.2 Observations related to the interplanetary magnetic field	248
4.6.2.2.1 Measurements with satellites and space probes	248
4.6.2.2.2 Modulation of galactic cosmic rays.	249
4.6.2.2.3 Propagation of solar cosmic rays	249
4.6.2.3 Kinetic properties of the interplanetary and coronal plasma	250
4.6.2.4 Theory of the interplanetary plasma and magnetic field	251

5 The stars

5.1 Positions and motions

5.1.1 Stellar positions	254
(W. GLIESE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.1.1.1 Introduction	254
5.1.1.2 Constellations	254
5.1.1.3 Star lists	256
5.1.1.4 Celestial charts and atlases	259
5.1.1.5 Catalogues of positions of stars	260
5.1.1.5.1 Observed catalogues	260
5.1.1.5.2 Zone catalogues	261
5.1.1.5.3 Combined catalogues.	262
5.1.1.6 Precession tables and nomograms	264
5.1.2 Proper motions	267
(W. DIECKVOSS, Hamburger Sternwarte, Hamburg-Bergedorf)	
5.1.2.1 Definition	267
5.1.2.2 Components	267
5.1.2.3 Determination of proper motions	268
5.1.2.4 Numerical values	268
5.1.2.5 Catalogues containing proper motions	269
5.1.2.6 References for 5.1.2	270
5.1.3 Radial velocities (r. v.)	270
(P. WELLMANN, Universitäts-Sternwarte, München 27)	
5.1.3.0 Comments	270
5.1.3.0.1 Definitions	270
5.1.3.0.2 Methods of observation	271
5.1.3.0.3 Accuracy	271
5.1.3.1 Standard Velocity Stars	271
5.1.3.2 Standard wavelengths for r. v. determinations	273
5.1.3.3 High velocity stars	273
5.1.3.4 Catalogues of radial velocities	274
5.1.3.5 Determination of radial velocities with objective prisms	276
5.1.3.6 Some statistical results	276
5.1.3.6.1 Variable radial velocities	276
5.1.3.6.2 Some statistics from the General Catalogue of Radial Velocities	276
5.1.3.7 References for 5.1.3	277
5.1.4 Parallaxes	277
(H. SCHMIDT, Observatorium Hoher List, Daun/Eifel)	
5.1.4.1 Introduction	277
5.1.4.2 Determination of parallaxes	278
5.1.4.3 Catalogues of parallaxes	280
5.1.4.4 References for 5.1.4	281
5.1.4.5 Nomograms: Distance modulus and distance.	282
5.2 Physical parameters and two-parameter diagrams of the stars	
(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 Introduction	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 ρ , 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

	page
5.2.1 Classification of stellar spectra	284
5.2.1.1 The improved and extended Harvard classification.	284
5.2.1.2 The Yerkes or MK system	287
5.2.1.3 Other two-dimensional spectral classifications according to line criteria	289
5.2.1.3.1 The classifications of Uppsala and Stockholm	289
5.2.1.3.2 Classification by means of narrow-band photoelectric photometry	290
5.2.1.3.3 Some additional two-dimensional systems	290
5.2.1.3.4 Two-dimensional classification at low dispersion	290
5.2.1.4 Spectral classification based upon the continuum	291
5.2.1.4.1 The Paris classification	291
5.2.1.4.2 Classification at extremely low dispersion	291
5.2.1.4.3 Wide-band photometry	292
5.2.1.5 Fundamentals of three- and more-dimensional spectral classifications	293
5.2.1.6 Correlation between various spectral classifications	294
5.2.1.7 Spectral catalogues	295
5.2.1.8 References for 5.2.1	296
5.2.2 Intrinsic colors and absolute magnitudes	297
5.2.2.1 Intrinsic colors of the stars	297
5.2.2.2 The absolute magnitudes of the stars	299
5.2.2.3 Calibration of special luminosity criteria	302
5.2.2.4 References for 5.2.2	304
5.2.3 The Hertzsprung-Russell diagram; stellar populations	304
5.2.4 Mass M , radius R , density ρ , surface gravity g	306
5.2.4.1 Determination of the mass	306
5.2.4.2 Radius, density, and surface gravity of the stars.	308
5.2.4.3 References for 5.2.4	310
5.2.5 Rotation of stars	311
5.2.5.1 Individual values of the velocity of rotation.	311
5.2.5.2 Stellar rotation as a function of spectral type, luminosity class, and evolution	311
5.2.5.3 Catalogues	313
5.2.5.4 References for 5.2.5	315
5.2.6 Integral brightness	315
5.2.6.0 Introduction	315
5.2.6.0.1 Definition of the apparent magnitude	315
5.2.6.0.2 Definition of the absolute magnitude.	316
5.2.6.0.3 Radiation of stars in physical units	317
5.2.6.0.4 Total brightness of all stars	318
5.2.6.0.5 Nomograms	319
5.2.6.1 Catalogues of magnitudes	322
5.2.6.1.0 List of tables, symbols	322
5.2.6.1.1 Polar sequences and polar cap	323
5.2.6.1.2 Bright stars and stars in special zones and fields.	327
5.2.6.1.3 "Selected Areas" (SA); "Harvard Standard Regions" (HSR)	330
5.2.6.1.4 Red and infrared magnitudes	332
5.2.6.1.5 Stars in clusters	333
5.2.6.1.6 Parallax and proper-motion stars	333
5.2.6.2 Relationships between different catalogues of magnitudes	333
5.2.6.3 References for 5.2.6	335
5.2.7 Colors of the stars	336
5.2.7.0 Introduction, definitions	336
5.2.7.1 Sensitivity function $S(\lambda)$ of different color systems	337
5.2.7.1.1 The eye	337
5.2.7.1.2 Photographic color systems	337
5.2.7.1.3 Photoelectric color systems	340
5.2.7.1.4 Isophote and effective wavelength	345
5.2.7.2 Transformations between the different color systems	347
5.2.7.3 Catalogues of color indices (CI)	351
5.2.7.3.0 List of the tables, symbols	351
5.2.7.3.1 CI catalogues of bright stars ($m_{pg} \leq 7^m_5$)	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 π oder Eigenbewegung μ .	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 Balmersprung (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
5.3 Physik der Sternatmosphären	
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 κ_λ 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 Absorptionskoeffi- zienten κ_ν 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

	page	
5.2.7.3.2	CI catalogues of faint stars	354
5.2.7.3.3	CI catalogues in "Selected Areas" (SA) and in "Harvard Standard Regions" (HSR)	357
5.2.7.3.4	CI catalogues in the red and infrared	359
5.2.7.3.5	CI catalogues of stars with known parallax π or proper motion μ	361
5.2.7.3.6	CI catalogues of special types of stars	361
5.2.7.4	Intrinsic color, color excess, and interstellar absorption	362
5.2.7.4.0	Definitions	362
5.2.7.4.1	Relationship between general and selective absorption	363
5.2.7.4.2	Color and spectral type	364
5.2.7.4.3	Color-magnitude and color diagrams	365
5.2.7.4.4	Reddening path	366
5.2.7.5	Influence of the stellar absorption lines on the color index	367
5.2.7.6	Theoretical color index of a black body.	369
5.2.7.7	Bolometric correction, B.C.	369
5.2.7.8	References for 5.2.7	371
5.2.8	Spectrophotometric investigations, intensity distribution, temperature	374
5.2.8.1	The relative spectral-intensity distribution in stellar spectra	374
5.2.8.1.1	Integral brightness in multi-color photometry	374
5.2.8.1.2	Spectrophotometric integral brightness (color brightness)	375
5.2.8.1.3	Monochromatic magnitudes	376
5.2.8.1.4	Relative spectrophotometric gradients	377
5.2.8.1.5	Balmer discontinuity (Balmer decrement, Balmer jump)	378
5.2.8.1.6	Paschen discontinuity	380
5.2.8.2	Absolute calibration	380
5.2.8.2.1	Method and technique	380
5.2.8.2.2	Series for absolute calibration	381
5.2.8.3	The absolute gradient	382
5.2.8.3.1	Definition and theoretical values	382
5.2.8.3.2	Series of measurements	383
5.2.8.3.3	Comparison of different gradient scales.	385
5.2.8.4	Absolute spectral intensity distribution in stellar spectra	385
5.2.8.4.1	Basis of observation	385
5.2.8.4.2	The continuous spectral intensity distribution for normal stars	386
5.2.8.4.3	Stellar spectral intensity distribution and black body radiation	390
5.2.8.4.4	The blanketing effect	390
5.2.8.4.5	Anomalies in the spectral intensity distribution	392
5.2.8.5	The temperatures of stars.	392
5.2.8.6	References for 5.2.8	394
5.3 Physics of stellar atmospheres		
5.3.0	Symbols and definitions	396
5.3.1	Structure of stellar atmospheres (Continuum)	397
	(E. BÖHM-VITENSE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.1.1	Abundance of the chemical elements	397
5.3.1.2	Relations between pressure, number of free electrons, molecular weight, and temperature	398
5.3.1.3	Continuous absorption coefficient	401
5.3.1.3.1	Empirical determination of the wavelength-dependence of κ_λ for the sun	401
5.3.1.3.2	Contributions to the continuous absorption	402
5.3.1.3.3	Opacity $\bar{\kappa}$	404
5.3.1.3.4	Numerical determination of the total continuous absorption coefficient κ_ν and of the opacity $\bar{\kappa}$ in stellar atmospheres	404
5.3.1.3.5	References for 5.3.1.3	420
5.3.1.4	The mean physical parameters in stellar atmospheres.	420
5.3.1.4.1	The mean temperature	421
5.3.1.4.2	The mean gas pressure	422
5.3.1.4.3	Effective number of absorbing atoms	424
5.3.1.4.4	References for 5.3.1.4	424

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 ν	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 ∇_{ad}	434
5.3.3.4 Spezifische Wärme $c_p(P_p, T)$	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_ν und des Linienabsorptionskoeffizienten κ_ν^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

	page
5.3.2 Model atmospheres	425
(G. TRAVING, Institut für theoretische Physik und Sternwarte, Kiel)	
5.3.2.0 Introduction	425
5.3.2.1 Monochromatic radiative transfer at the frequency ν	425
5.3.2.2 Radiative equilibrium	427
5.3.2.3 Gray atmospheres	428
5.3.2.4 Non-gray atmospheres	428
5.3.2.5 Pressure stratification	429
5.3.2.6 Numerical values	430
5.3.2.7 References for 5.3.2	431
5.3.3 Convection in stellar atmospheres	432
(K. H. BÖHM and E. BÖHM-VITENSE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.3.1 Instability criterion	432
5.3.3.2 Entropy S	433
5.3.3.3 Adiabatic temperature gradient ∇_{ad}	434
5.3.3.4 Specific heat $c_p(P_g, T)$	435
5.3.3.5 Upper boundary of the unstable zone	436
5.3.3.6 Stratification of the hydrogen convection zone	436
5.3.3.7 Recent studies related to the hydrodynamics of the convection zone	442
5.3.3.8 References for 5.3.3	444
5.3.4 Line absorption (line broadening).	445
(G. TRAVING, Institut für theoretische Physik und Sternwarte, Kiel)	
5.3.4.0 Definitions	445
5.3.4.1 Doppler broadening	445
5.3.4.2 Radiation damping	446
5.3.4.3 Pressure broadening	446
5.3.4.4 Voigt functions	449
5.3.4.5 References for 5.3.4	451
5.3.5 Line formation	452
(K. H. BÖHM, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)	
5.3.5.0 Introduction	452
5.3.5.1 Determination of the source function S_ν and of the line absorption coefficient κ_ν^L	452
5.3.5.2 Calculation of line profiles and equivalent widths with the assumption of local thermodynamic equilibrium	455
5.3.5.3 Line spectra of selected stars	457
5.3.5.4 References for 5.3.5	458

5.4 Stellar structure and evolution

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

5.4.0 List of symbols	459
5.4.1 Basic equations	460
5.4.2 The equation of state	461
5.4.3 The opacity	465
5.4.3.1 Tables of opacities	465
5.4.3.2 Electron scattering	472
5.4.3.3 Conduction by electrons	472
5.4.4 Energy generation	472
5.4.4.1 Hydrogen burning, pp-reaction	472
5.4.4.2 Hydrogen burning, CNO-cycle	473
5.4.4.3 Reactions at higher temperatures	473
5.4.5 Models	474
5.4.5.1 Main-sequence stars	474
5.4.5.2 Models with inhomogeneous composition	477
5.4.5.3 Helium stars	484
5.4.5.4 White dwarfs	485
5.4.6 References for 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 Weiße 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 Metallliniensternen	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 Ursae Majoris</i> -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

6 Special types of stars

6.1 Double stars

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

6.1.0	General remarks	487
6.1.0.1	Classification	487
6.1.0.2	Orbital elements	488
6.1.0.3	Some binary systems of special interest.	489
6.1.0.4	Binaries within 20 pc.	490
6.1.0.5	References for 6.1.0	490
6.1.1	Visual double stars	490
6.1.1.1	Catalogues of visual double stars	490
6.1.1.2	Catalogues of orbits of visual binary stars	492
6.1.1.3	Apparent magnitudes	493
6.1.1.4	Statistical relationships.	494
6.1.1.4.1	Visual binaries in the solar neighborhood	494
6.1.1.4.2	Distribution of the apparent magnitudes, of galactic latitudes, and of angular distances	494
6.1.1.4.3	Distribution of spectral types	495
6.1.1.4.4	Distribution of the orbital elements	496
6.1.1.4.5	Position in the HRD; space velocities; variables	496
6.1.1.4.6	Orientation of the orbital planes and apsidal lines	497
6.1.1.5	Wide pairs (common proper motion pairs = cpm-pairs)	497
6.1.1.6	Multiple systems	497
6.1.1.7	White dwarfs as components of binaries	499
6.1.1.8	References for 6.1.1	500
6.1.2	Spectroscopic binaries	501
6.1.2.1	Orbital elements and catalogues of orbital elements	501
6.1.2.2	Frequency of occurrence	502
6.1.2.3	Statistical relationships.	502
6.1.2.4	Wolf-Rayet stars in spectroscopic binary systems	505
6.1.2.5	Eruptive variables as close binaries	505
6.1.2.6	Frequency of binaries among metallic-line stars	506
6.1.2.7	Spectral duplicity, composite spectra	506
6.1.2.8	References for 6.1.2	507
6.1.3	Photometric or eclipsing binaries	508
6.1.3.1	Catalogues	508
6.1.3.2	Classification	508
6.1.3.3	Statistical relationships.	509
6.1.3.4	Statistical properties of <i>W</i> Ursae Majoris-type stars (EW)	511
6.1.3.5	Period changes of eclipsing binaries	512
6.1.3.6	Eclipsing binaries in star clusters and near-by galaxies	513
6.1.3.7	Ellipsoidal variables	513
6.1.3.8	References for 6.1.3	513
6.1.4	Astrometric binaries and stars with invisible companions	515

6.2 Variable stars

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

6.2.1	Definitions and general remarks	517
6.2.1.1	Catalogues and references	517
6.2.1.2	Notation	517
6.2.1.3	Classification	518
6.2.1.4	Position of the physical variables in the Hertzsprung-Russell diagram	519
6.2.2	Pulsating variables	519
6.2.2.1	Long-period Cepheids — C	519
6.2.2.1.1	Definition	519
6.2.2.1.2	Periods and light curves	519
6.2.2.1.3	Characteristic properties	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	δ Scuti-Veränderliche (Zwerg-Cepheiden) — δ Sct	529
6.2.2.3.1	Definition	529
6.2.2.3.2	Zustandsgrößen	530
6.2.2.4	β Canis Majoris-Sterne (auch β Cephei-Sterne genannt) — β 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	α^2 Canum Venaticorum-Sterne — α 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

	page	
6.2.2.1.4	Period-luminosity relation	524
6.2.2.1.5	Spatial distribution	524
6.2.2.2	<i>RR</i> Lyrae stars (cluster variables) — <i>RR</i>	526
6.2.2.2.1	Definition	526
6.2.2.2.2	Periods and light curves	526
6.2.2.2.3	Characteristic properties	528
6.2.2.2.4	Motion	529
6.2.2.3	δ Scuti type stars (dwarf Cepheids) — δ Sct	529
6.2.2.3.1	Definition	529
6.2.2.3.2	Characteristic properties	530
6.2.2.4	β Canis Majoris stars (also called β Cephei stars) — β CMa	530
6.2.2.4.1	Definition	530
6.2.2.4.2	Characteristic properties	530
6.2.2.5	Mira stars (long-period variables of the type Mira Ceti) — <i>M</i>	532
6.2.2.5.1	Definition	532
6.2.2.5.2	Light curves	532
6.2.2.5.3	Spectra	533
6.2.2.5.4	Radial velocities	535
6.2.2.5.5	Bolometric amplitudes and temperatures	535
6.2.2.5.6	Spatial distribution	536
6.2.2.5.7	Diameter and mass	537
6.2.2.6	Semi-regular variables — <i>SR</i>	538
6.2.2.6.1	Definition	538
6.2.2.6.2	Spectra	538
6.2.2.6.3	Absolute magnitudes	538
6.2.2.6.4	Spatial distribution	539
6.2.2.7	<i>RV</i> Tauri type stars — <i>RV</i>	539
6.2.2.7.1	Definition	539
6.2.2.7.2	Characteristic properties	540
6.2.2.8	α^2 Canum Venaticorum type variables — α CV	541
6.2.2.8.1	Definition	541
6.2.2.8.2	Characteristic properties	541
6.2.2.9	Irregular variable stars — <i>I</i>	541
6.2.2.9.1	Definition	541
6.2.2.9.2	Characteristic properties	542
6.2.3	Eruptive variables	543
6.2.3.1	Novae — <i>N</i>	544
6.2.3.1.1	Definition	544
6.2.3.1.2	Number of novae	544
6.2.3.1.3	Light curves and absolute magnitudes	544
6.2.3.1.4	Spectra	547
6.2.3.1.5	Radial velocities	548
6.2.3.1.6	Total energy, temperature, and mass loss	549
6.2.3.1.7	Spatial distribution	549
6.2.3.1.8	Exnovae (Postnovae)	550
6.2.3.2	Nova-like variable stars (symbiotic variables and irregular variables with Be-spectra)— <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	Frequency of appearance in the Milky Way system	552
6.2.3.3.3	Extragalactic supernovae	552
6.2.3.3.4	Spectra	554
6.2.3.3.5	Pre- and post-supernovae	554
6.2.3.3.6	Supernovae as sources of cosmic radiation of light and heavy particles	554
6.2.3.4	<i>R</i> Coronae Borealis type stars — <i>RCB</i>	555
6.2.3.5	<i>RW</i> Aurigae type stars — <i>RW</i>	555
6.2.3.5.1	Definition	555
6.2.3.5.2	Characteristic properties	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 — UG	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) — UV	560
6.2.3.9 <i>Z</i> Camelopardalis-Sterne — Z	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. HAFNER, 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

	page
6.2.3.6 Subgroup: the <i>T</i> Tau stars	557
6.2.3.6.1 Definition	557
6.2.3.6.2 Characteristic properties	557
6.2.3.7 <i>U</i> Geminorum or <i>SS</i> Cygni type stars — <i>UG</i>	558
6.2.3.7.1 Definition	558
6.2.3.7.2 Characteristic properties	558
6.2.3.8 <i>UV</i> Ceti type stars (flare and flash stars) — <i>UV</i>	560
6.2.3.9 <i>Z</i> Camelopardalis type stars — <i>Z</i>	561
6.2.4 References for 6.2	561
6.3 Stars with strong magnetic fields.	564
(H. V. KLÜBER, The Observatories, Cambridge/England)	
6.4 Planetary nebulae	
(L. H. ALLER, University of California, Department of Astronomy, Los Angeles 24/Calif.)	
6.4.0 Introduction	566
6.4.1 Data for representative planetary nebulae	566
6.4.2 Emission line spectrum	568
6.4.3 Abundance of elements	571
6.4.4 References for 6.4.1 to 6.4.3	573
6.4.5 Further references	573
6.4.5.1 General references	573
6.4.5.2 References for individual objects	573
6.4.5.3 Catalogues	573
6.4.5.4 References for electron densities and temperatures	574
6.4.5.5 References for spectroscopic studies	574
6.4.5.6 References for theoretical studies and summaries	574
6.5 White dwarfs	
(V. WEIDEMANN, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig)	
6.5.1 General, luminosity function	575
6.5.2 Spectra	576
6.5.3 Colors	576
6.5.4 Atmospheres	578
6.5.5 Masses, radii	579
6.5.6 Internal structure, energy production	580
6.5.7 Evolution, age	580
6.5.8 References for 6.5	581

7 Star clusters and associations

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

7.1 Introduction

7.1.1 Definition	582
7.1.2 Name and catalogues	582
7.1.3 References for 7.1	583

7.2 Globular clusters

7.2.1 Catalogues	583
7.2.2 Classification	583
7.2.3 Apparent distribution on the celestial sphere	583
7.2.4 Distances	584
7.2.5 Spatial distribution	584
7.2.6 Motions of globular clusters	585
7.2.7 The individual globular cluster	586
7.2.7.1 Shape of the globular clusters	587
7.2.7.2 Integrated magnitudes	588
7.2.7.3 Integrated colors	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
7.3 Offene (oder galaktische) Haufen	
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
7.4 Assoziationen	
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

	page
7.2.7.4 Integrated spectral types	588
7.2.7.5 Variables in globular clusters	589
7.2.7.6 Linear diameters	589
7.2.7.7 Luminosity function	589
7.2.7.8 Total number and total mass of stars in globular clusters	589
7.2.7.9 Color-magnitude diagrams	589
7.2.8 Globular clusters in other stellar systems	590
7.2.9 References for 7.2	590
7.3 Open (or galactic) clusters	
7.3.1 Catalogues	590
7.3.2 Classification	591
7.3.3 Distribution on the celestial sphere	592
7.3.4 Total number and spatial distribution	592
7.3.5 Apparent diameters	593
7.3.6 The individual open cluster	593
7.3.6.1 Photometric data	593
7.3.6.2 Linear diameters	593
7.3.6.3 Masses	594
7.3.6.4 Color-magnitude diagrams	594
7.3.6.5 Luminosity function (LF) for open clusters	594
7.3.6.6 Star density of open clusters	595
7.3.6.7 Variables in open clusters	595
7.3.6.8 The age of open clusters	595
7.3.7 References for 7.3	595
7.4 Associations	
7.4.1 Definition	596
7.4.2 Catalogues	596
7.4.3 Apparent and spatial distribution	597
7.4.4 Color-magnitude diagrams	597
7.4.5 Motions in O-associations, age	597
7.4.6 References for 7.4	597

8 The stellar system

8.1 The nearest stars

(W. GLIESE, Astronomisches Recheninstitut, Heidelberg)

8.1.1 Introduction	598
8.1.2 Star density in the solar neighborhood	598
8.1.3 Stars within 5 pc	598
8.1.4 Binaries within 5 pc	600
8.1.5 References for 8.1	601

8.2 Structure of the Galaxy

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

8.2.1 Apparent distribution of the stars on the celestial sphere	601
8.2.1.1 Galactic coordinates	601
8.2.1.2 Brightness per unit area of the integrated star light	602
8.2.1.3 Star counts and surveys	603
8.2.1.3.1 General star numbers	603
8.2.1.3.2 Apparent distribution of special types of stars	606
8.2.2 Luminosity function and spatial distribution of the various objects	610
8.2.2.1 Introduction	610
8.2.2.2 The luminosity function	611
8.2.2.2.1 One-dimensional luminosity function	611
8.2.2.2.2 Distribution of luminosity and spectral type	613
8.2.2.3 Spatial distribution of stars in the solar neighborhood	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

	page
8.2.2.4 Distribution of interstellar matter	617
8.2.2.4.1 Interstellar dust	617
8.2.2.4.2 Interstellar gas	618
8.2.2.5 Large-scale distribution of the various objects, populations	619
8.2.2.5.1 Subsystems	619
8.2.2.5.2 Populations.	620
8.2.3 Shape and dimensions of the system	622
8.2.4 Spiral structure	623
8.2.4.1 Results of optical observations	623
8.2.4.2 Results of radio astronomical observations	624

8.3 Kinematic and dynamic properties of the Galaxy

(H. STRASSL, Astronomisches Institut der Universität Münster)

8.3.0 Introduction and summary	627
8.3.1 Peculiar motion of the sun	628
8.3.2 Moving clusters	630
8.3.3 Rotation of the Milky Way	632
8.3.4 K-effect	636
8.3.5 Peculiar motion of the stars	636
8.3.6 Systematic motion of special star groups; determination of V_0	637
8.3.7 Distribution of matter and the gravitational field.	639
8.3.8 Motion of the Galaxy as a whole	640
8.3.9 References for 8.3	640

8.4 Interstellar space

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

8.4.0 Introduction	642
8.4.1 The interstellar gas	642
8.4.1.0 Introduction	642
8.4.1.1 Emission nebulae and H II regions.	644
8.4.1.2 Interstellar absorption lines	649
8.4.1.3 Chemical composition of the interstellar gas.	650
8.4.1.4 Temperature of the H I regions	651
8.4.1.5 References for 8.4.1	651
8.4.2 Interstellar dust	652
8.4.2.0 Introduction	652
8.4.2.1 Dark nebulae	652
8.4.2.2 Interstellar extinction and polarization	654
8.4.2.3 Reflection nebulae	655
8.4.2.4 Physics of the interstellar dust particles.	657
8.4.2.5 References for 8.4.2	657
8.4.3 Relationship between interstellar gas and dust	658
8.4.4 Spatial distribution and kinematic properties of the interstellar matter	659
8.4.5 The interstellar radiation field	662
8.4.6 Interstellar magnetic fields and Halo of the Milky Way; cosmic radiation in interstellar space	663
(L. BIERMANN, Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik, München 23)	

9 Galaxies

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

9.1 General references and identification

9.1.1 General references	664
9.1.2 Photographic atlases	664
9.1.3 Catalogues	664
9.1.4 Identification	664

	Seite
9.2 Die scheinbare Verteilung der Galaxien am Himmel	665
9.3 Entfernungskriterien	
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 n -hellstes Mitglied einiger Galaxien-Haufen	667
9.4 Die einzelnen Galaxien	
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
9.5 Mehrfach-Systeme und Haufen von Galaxien	
9.5.1 Mehrfach-Systeme und intergalaktische Materie	674
9.5.2 Die Lokale Gruppe	674
9.5.3 Haufen von Galaxien	675
9.6 Das Universum	
9.6.1 Radialgeschwindigkeiten	675
9.6.2 Die Hubble-Konstante	675
9.6.3 Gesamtwerte für Leuchtkraft, Massendichte und Energieausstrahlung	676
9.7 Literatur zu 9	676
9.8 Literatur zur Kosmologie	679
Anhang	
10 Anhang zu 4.5.5	680
11 Nomogramme	682
(H. STRASSL, Astronomisches Institut der Universität Münster)	
11.1 Nomogramme zur Umrechnung verschiedener Einheiten	682
11.2 Nomogramme für einige Transformationen sphärischer Koordinaten	682
12 Zeitschriftenverzeichnis	701

9.2 The apparent distribution of galaxies over the sky	665
9.3 Distance criteria	
9.3.1 Variable stars	666
9.3.1.1 <i>RR</i> Lyrae stars	666
9.3.1.2 Classical cepheids	666
9.3.2 The brightest globular cluster stars	666
9.3.3 Novae	666
9.3.4 Brightest non-variable stars	667
9.3.5 Globular clusters	667
9.3.6 Diameter of H II regions	667
9.3.7 Luminosity classification of galaxies	667
9.3.8 Supernovae	667
9.3.9 <i>n</i> th brightest cluster galaxy	667
9.4 The individual galaxies	
9.4.1 Magnitudes and colors	667
9.4.2 Classification of galaxies	668
9.4.2.1 Classification by HUBBLE and SANDAGE	668
9.4.2.2 Classification by DE VAUCOULEURS	668
9.4.2.3 Classification by VAN DEN BERGH	668
9.4.2.4 Classification by MORGAN	669
9.4.3 Masses of galaxies	669
9.4.4 Spectra of galaxies	670
9.4.5 Surface photometry	671
9.4.6 The brightest galaxies	671
9.4.7 Radio radiation from galaxies	672
9.5 Multiple systems and clusters of galaxies	
9.5.1 Multiple galaxies and intergalactic matter	674
9.5.2 The Local Group	674
9.5.3 Clusters of galaxies	675
9.6 The Universe	
9.6.1 Radial velocities	675
9.6.2 The Hubble Constant	675
9.6.3 Total values for luminosity, mass density, and energy output	676
9.7 References for 9	676
9.8 Bibliography for cosmology	679

Appendix

10 Appendix to 4.5.5	680
11 Nomograms	682
(H. STRASSL, Astronomisches Institut der Universität Münster)	
11.1 Nomograms for conversions of various units	682
11.2 Nomograms for some transformations of spherical coordinates	682
12 List of periodicals	701