

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	97
4.1.1.3 Das allgemeine Magnetfeld der Sonne	98
4.1.1.4 Granulation	99
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
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

	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
4.4 Meteore	
(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
4.5 Künstliche Erdsatelliten und Raumsonden	
(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
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	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 Staubsammlung 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 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

	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_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 κ_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 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 $c_p(P, T)$	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

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 Metalliniensternen	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	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

	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
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

	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

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 <i>n</i> -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