

MEYERS HANDBUCH WELTALL

7., völlig neu bearbeitete und
erweiterte Auflage

von Dr. Joachim Krautter und
Prof. Dr. Erwin Sedlmayr sowie
Dr. Karl Schaifers und
Prof. Dr. Gerhard Traving

MEYERS LEXIKONVERLAG
Mannheim • Leipzig • Wien • Zürich

Inhalt

Astronomie, Wissenschaft vom Weltall		1
1	Astronomie im täglichen Leben	5
^	1.1 Auf-und Untergang der Sonne	5
	1.2 Dämmerung und Dämmerungserscheinungen	6
y	1.3 Koordinatensysteme	8
/	1.4 Die tägliche Drehung des Himmelsgewölbes	12
/	1.5 Die Zeit	14
	x' 1.5.1 Sternzeit-Sonnenzeit	14
	1.5.2 Zeitgleichung	16
	1.5.3 Weltzeit(UT)	16
/	1.5.4 Zonenzeit	17
	1.5.5 Ephemeridenzeit(ETundTD)	17
	1.5.6 Internationale Atomzeit (TAI)	19
	1.5.7 Koordinierte Weltzeit (UTC)	19
	*f 1.5.8 Das Jahr	20
	1.6 Die Bewegung der Sonne an der Sphäre	21
	1.7 Lauf und Bewegung des Mondes	24
	1.8 Finsternisse	26
	1.9 Kalender	28
	1.9.1 Bürgerlicher Kalender und christliche Festtagsrechnung	30
	1.9.2 Jüdischer und Islamischer Kalender	31
	1.9.3 Julianisches Datum	33
2	Die Erde und ihr Mond	37
	2.1 Die Erde als Planet	37
	2.1.1 Figur und Dimensionen der Erde	38
	2.1.2 Aufbau des Erdkörpers	43
	2.1.3 Die Erdrotation und ihre Änderungen	47
	2.1.4 Polbewegung	48
	2.1.5 Präzession und Nutation	49
	2.2 Die Erdatmosphäre	54
	2.3 Einfluß der Erdatmosphäre auf astronomische und astrophysikalische Beobachtungen	58
	2.3.1 Die Extinktion	59
	2.3.2 Die Szintillation	60
	2.3.3 Die astronomische Refraktion	61
	2.4 Das Magnetfeld der Erde	62
	2.5 Der Erdmond	64

2.5.1	Entfernung, Bahn, physikalische Daten	64
2.5.2	Mondbahn und Mondbewegung	65
2.5.3	Wechselwirkungen im Erde-Mond-System	67
2.6	Morphologie der Mondoberfläche	67
2.6.1	Beobachtungen von der Erde aus	67
2.6.2	Erkundungen durch Raumfahrt - Unternehmungen	75
2.7	Gesteine und Mineralien des Mondes	79
2.7.1	Altersbestimmung an Mondgestein	81
2.8	Seismik und innerer Aufbau des Mondes	81
2.9	Die Entstehung des Mondes	83
3	Die Planeten	85
3.1	Geozentrisches und heliozentrisches Weltbild	8 5
3.2	Planetenbewegungen	87
3.2.1	Keplersche Gesetze	88
V 3.2.2	Newtonsches Gravitationsgesetz	89
3.2.3	Himmelsmechanik	90
3.2.4	Definition der Bahnelemente und der aus ihnen abgeleiteten weiteren Größen	90
3.3	Bahndaten der Planeten und Entfernungen im Sonnensystem	92
3.4	Monde der Planeten	94
3.5	Die Planeten und ihre Monde einzeln vorgestellt	96
3.5.1	Merkur	96
3.5.2	Venus	99
3.5.3	Mars	103
3.5.4	Jupiter	11 8
3.5.5	Saturn	126
3.5.6	Uranus	132
3.5.7	Neptun	135
3.5.8	Pluto	136
3.5.9	Intramerkurieller Planet, Transpluto	138
4	Kleinkörper im Sonnensystem	141
4.1	Planetoide	141
4.2	Kometen	146
4.2.1	Entdeckung, Benennung	147
4.2.2	Bahnen und Bahnelemente	148
4.2.3	Helligkeitsbestimmungen	152
4.2.4	Untersuchungen an Kometen	152
4.2.5	Ursachen der Leuchterscheinungen	155

	4.2.6 Dimensionen und Massen von Kometen	156
	4.2.7 Die Giotto-Mission	157
	4.2.8 Auflösung und Herkunft der Kometen	163
4.3	Meteore und Meteorite	164
	4.3.1 Die Leuchterscheinung - Meteore	164
	4.3.2 Meteorströme	165
	4.3.3 Einteilung und Charakterisierung der Meteorite	166
	4.3.4 Das Alter der Meteorite	„ 168
	4.3.5 Die Herkunft der Meteorite	169
	4.3.6 Meteoriteneinschläge und Meteoritenkrater	169
4.4	Interplanetare Materie	172
	4.4.1 Das Koronalicht	173
	4.4.2 Das Zodiakal- oder Tierkreislicht	173
	4.4.3 Mikrometeorite	175
	4.4.4 Das interplanetare Gas	176
5	Die Sonne	177
^5.1	Die Sonne als Stern	177
5.2	Die Solarkonstante	178
*T 5.3	Das Spektrum der Sonne	178
5.4	Der Aufbau der Sonne	181
	5.4.1 Das Sonneninnere	1 181
	5.4.2 Die Photosphäre	183
	5.4.3 Solare Seismologie	187
	5.4.4 Chromosphäre und Korona	187
5.5	Sonnenaktivität	191
	5.5.1 Sonnenflecken	191
	5.5.2 Fackeln	194
	5.5.3 Protuberanzen und Filamente	194
	5.5.4 Flares	195
	5.5.5 Radiobursts	196
5.6	Solar-terrestrische Beziehungen	198
X 6	Stellarastronomie	199
6.1	Sternbilder, Sternnamen, Benennungen heller Objekte	199
6.2	Sternkarten	206
6.3	Die scheinbaren Helligkeiten	209
6.4	Katalog der Sterne mit einer scheinbaren Helligkeit $m_{vis} < 3^{TM}5$	211

6.5 Daten über die Sterne der näheren und weiteren Sonnenumgebung	2	21
--	---	----

7 Die Zustandsgrößen der Sterne **225**

7.1 Sternspektren		225
7.1.1 Spektralklassifikation		225
7.1.2 Helligkeits- und Farbsysteme		231
V 7.2 Sterntemperaturen, Bolometrische Helligkeiten		235
7.3 Sternentfernungen und ihre Bestimmung		239
7.3.1 Trigonometrische Parallaxen		239
7.3.2 Entfernungsmaß		240
7.3.3 Sternstromparallaxen		240
7.3.4 Säkulare Parallaxen		242
7.3.5 Spektroskopische Parallaxen		242
7.4 Die Bewegung der Sterne		243
7.4.1 Raumbewegung und Eigenbewegung		243
7.4.2 Fundamental-Koordinatensystem		245
7.4.3 Radialgeschwindigkeit		245
7.5 Die absoluten Helligkeiten		247
7.6 Das Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)		249
7.7 Durchmesser, Massen, Rotation, Magnetfelder		256
7.7.1 Sterndurchmesser		256
7.7.2 Sternmassen		260
7.7.3 Die Rotation der Sterne		262
7.7.4 Magnetfelder der Sterne		265

8 Spezielle Sterntypen **267**

8.1 Die physischen Veränderlichen		267
8.1.1 Häufigkeiten, Lichtkurven und kurze Charakteristika der Pulsationsveränderlichen		269
8.1.2 Rotationsveränderliche		272
8.1.3 Häufigkeiten, Lichtkurven und kurze Charakteristika der eruptiven Veränderlichen	2	74
8.1.4 Junge irreguläre Veränderliche		276
8.1.5 Kleiner Veränderlichen-Katalog		276
8.2 Pulsationsveränderliche		278
8.2.1 Typeneinteilung, Vorkommen im Hertzsprung-Russell-Diagramm		278
8.2.2 Bemerkungen zum Mechanismus der Pulsation		280
8.2.3 Die Perioden-Leuchtkraft-Beziehung		282
8.2.4 Halb- und Langperiodische Veränderliche		283

8.3	Die eruptiven Veränderlichen	284
8.3.1	Kataklysmische Veränderliche	285
8.3.2	Klassische Novae	287
8.3.3	Rekurrierende Novae	293
8.3.4	Zwergnovae	294
8.3.5	Nova - ähnliche Veränderliche	295
8.4	Supernovae und Supernova-Überreste	295
8.4.1	Klassifikation der Supernovae	296
8.4.2	Die Mechanismen der Supernova-Explosionen	297
8.4.3	Supernova-Überreste (SNR)	302
8.5	Planetarische Nebel und ihre Zentralsterne	308
8.6	Weißer Zwerge	312
8.6.1	Beobachtungsdaten über Weißer Zwerge und ihre Interpretation	312
8.6.2	Der innere Aufbau der Weißer Zwerge	313
8.6.3	Weißer Zwerge als Endstadien der Sternentwicklung	314
8.7	Neutronensterne und Pulsare	314
8.7.1	Der innere Aufbau der Neutronensterne	315
8.7.2	Die Beobachtung von Neutronensternen	316
8.7.3	Schwarze Löcher	325
8.8	Sterne mit Emissionslinien	326
8.9	Vor-Hauptreihensterne und Infrarotobjekte	331
9	Innerer Aufbau, Entwicklung und Alter der Sterne	337
9.1	Innerer Aufbau, allgemeine Grundlagen	337
9.1.1	Energiebilanz	337
9.1.2	Die wichtigsten Kernreaktionen	338
9.1.3	Zustand der Materie	342
9.1.4	Energietransport	345
9.2	Innerer Aufbau, Sternmodelle	347
9.2.1	Die Grundgleichungen	347
9.2.2	Randbedingungen	348
9.2.3	Stabilität	349
9.3	Sternentwicklung	352
9.3.1	Entwicklungsstadien eines Modellsterns	352
9.3.2	Allgemeine Resultate der Modellrechnungen	355
9.3.3	Durchmischung, Masseverlust, Materieaustausch	357

9.4	Das Alter der Sterne		359
9.4.1	Das Entwicklungsalter		359
9.4.2	Die Auflösung offener Sternhaufen		361
9.4.3	Die Expansion von Assoziationen		362
9.4.4	Ausreißer		362
9.4.5	Vergleich verschiedener Bestimmungs- methoden		363
10	Interstellare Materie		365
10.1	Interstellare Absorptionslinien	3	65
10.2	Interstellare Emissionslinien		367
10.2.1	Die 2 lern-Linie des Wasserstoffs		367
10.2.2	Moleküle im interstellaren Raum		369
10.2.3	Molekülwolken		369
10.3	Leuchtende Gasnebel	3	71
10.3.1	Reflexionsnebel		375
10.4	Die Staubkomponente des interstellaren Mediums	3	75
10.4.1	Die allgemeine interstellare Extinktion		377
10.4.2	Dunkelwolken		377
10.4.3	Infrarotquellen		379
10.4.4	Die Natur des interstellaren Staubs		380
10.4.5	Der Ursprung des interstellaren Staubs		383
10.5	Obere Grenze für den Masseanteil des interstellaren Mediums		385
10.6	Die heiße Komponente des interstellaren Mediums		385
10.7	Bemerkungen zur räumlichen Verteilung und zum physikalischen Zustand des interstellaren Mediums		386
10.8	Die kosmische Strahlung		388
11	Sternentstehung und Protosterne		393
11.1	Orte der Sternentstehung		393
11.2	Sternmassen		394
11.3	Mehrfachsysteme		396
11.4	Drehimpulse		396
11.5	Gravitationsstabilität und thermische Instabilität		397
11.6	Fragmentation		398
11.7	Protosterne		399
11.8	Die Entstehung des Planetensystems		401

12	Doppelsterne, Assoziationen, Sternhaufen	405
12.1	Doppelsterne - optische und physische Systeme	405
12.1.1	Visuelle Doppelsterne	406
12.1.2	Massenbestimmung bei visuellen Doppelsternen	406
12.1.3	Kataloge und Häufigkeiten von Doppelsternen	408
12.1.4	Astrometrische Doppelsterne	409
12.1.5	Spektroskopische Doppelsterne	412
12.1.6	Photometrische Doppelsterne, Bedeckungsveränderliche	415
12.1.7	Häufigkeiten von Doppel-und Mehrfachsystemen	419
12.1.8	Das RÖche-Modell eines engen Doppelstern-Systems	420
12.2	Sternhaufen	422
12.2.1	Assoziationen	423
12.2.2	Offene Sternhaufen	426
12.2.3	Kugelförmige Sternhaufen	430
12.2.4	Leuchtkraftfunktion und Masse von Sternhaufen	432
13	Das Milchstraßensystem	435
13.1	Struktur und Gestalt	435
13.2	Rotation	440
13.3	Masse	441
13.4	Sternpopulationen	443
13.5	Einige Daten zum Milchstraßensystem	449
13.6	Der galaktische Kern	449
14	Galaxien	457
14.1	Der hierarchische Aufbau des Kosmos	45 7
14.2	Historische Bemerkungen, Kataloge	45 7
14.3	Klassifikation	460
14.4	Die Entfernungen der Galaxien	471
14.5	Verteilung der Galaxien im Raum	4 76
14.5.1	Die Lokale Gruppe	476
14.5.2	Galaxienhaufen	478
14.6	Die Massen von Galaxien, Masse-Leuchtkraft- Verhältnis, Sternpopulationen	483

14.6.1 Die Massen	483	
14.6.2 Masse - Leuchtkraft -Verhältnis, Sternpopulationen	485	I
14.7 Aktive Galaxien	488	j
14.7.1 Radiogalaxien	489	
15 Die Welt als Ganzes	501	
15.1 Beobachtungen	5	01
15.1.1 Die Expansion		501
15.1.2 Die allgemeine Hintergrundstrahlung		503
15.2 Das Alter des Kosmos		505
15.2.1 Expansion		505
X 15.2.2 Sternentwicklung		505
15.2.3 Erde		505
15.2.4 Atome		505
15.3 Raum und Zeit		506
V 15.3.1 Spezielle Relativitätstheorie		506
\ 15.3.2 Allgemeine Relativitätstheorie		508
15.3.3 Der Bruch der Symmetrie		510
15.4 Weltmodelle		512
15.4.1 Isotropie und Homogenität		512
15.4.2 Ein stationäres Modell		514
15.4.3 Das Standardmodell		514
15.4.4 Das Olberssche Paradoxon		518
15.4.5 Probleme des Standardmodells		519
15.4.6 Erweiterung des Standardmodells		521
15.5 Der Feuerball		522
A 1 Elektromagnetische Strahlung		529
A 1.1 Ausbreitung		529
A 1.2 Beugung		531
A 1.3 Polarisierung		532
A 1.4 Intensität		532
A 1.5 Spektrum		533
A 1.6 Doppelpeter-Effekt		534
A 1.7 Wechselwirkung von Strahlung und Materie, Absorption und Emission		535
A 1.7.1 Lichtstreuung		535
A 1.7.2 Absorption		536
A 1.7.3 Spektrallinien		536
A 1.7.4 Molekülspektren		538

	A 1.7.5 Kontinua	538
	A 1.7.6 Übergangs Wahrscheinlichkeit	538
	A 1.7.7 Optische Dicke	538
	A 1.7.8 Absorption in der Erdatmosphäre	540
	A 1.7.9 Emission	542
A 2	Astronomische Instrumente und Beobachtungsmethoden	547
A2.1	Vorbemerkungen	547
A2.2	Optische Systeme	553
	A 2.2.1 Refraktoren	554
	A 2.2.2 Astrographen	554
	A 2.2.3 Reflektoren	555
	A 2.2.4 Komafreie Spiegelteleskope	562
	A 2.2.5 Bildfehler	565
A2.3	Strahlungsempfänger (Detektoren)	566
	A 2.3.1 Das Auge	566
	A 2.3.2 Diephotographische Platte	567
	A 2.3.3 Elektronische Detektoren	569
A2.4	Spektrographen	572
	A 2.4.1 Spaltspektrograph	572
	A 2.4.2 Spaltlose Spektrographen	575
	A 2.4.3 Fasergekoppelte Spektrographen	575
	A 2.4.4 Breitbandige Zerlegung, Photometrie	576
A2.5	Instrumente der Radioastronomie	577
	A 2.5.1 Antennen	577
	A 2.5.2 Empfänger	586
A2.6	Instrumente für die Beobachtung der Sonne	587
A2.7	Optische Beobachtungen mit hoher Winkelauflösung	590
A2.8	Hochenergieastronomie	594
	A 2.8.1 Röntgenastronomie	594
	A 2.8.2 Gamma-Astronomie	600
	A 2.8.3 Kosmische Strahlung	603
	A 2.8.4 Neutrinostrahlung	603
	A 2.8.5 Gravitationswellen-Detektoren	604
A 3	Physikalische Größen und Einheiten	605
A3.1	SI-Basiseinheiten	605
A3.2	SI - Vorsätze für Vielfache und Potenzschreibweise	607
A 3.3	Abgeleitete und ergänzende SI - Einheiten	608

A 3.4	Einheiten, die neben dem SI benutzt werden	609
A 3.5	Konstanten und Umrechnungsbeziehungen	610
A4	Tafeln zur Geschichte der Astronomie	615
A 4.1	Vor-und Frühgeschichte	615
A 4.2	Griechische Astronomie	616
A 4.3	Weiterbildung der antiken Astronomie durch die Araber	617
A 4.4	Vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild	618
A 4.5	Newton und seine Zeit	620
A 4.6	Astronomie im 18. Jahrhundert	621
A4.7	Friedrich Wilhelm (William) Herschel	622
A4.8	Das 19. Jahrhundert	623
A 4.9	Astronomie und Astrophysik in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts	626
A 4.10	Astronomie, Astrophysik, Kosmologie und Weltraumforschung nach 1950	629
A 5	Literatur	633
A 5.1	Allgemeine Abhandlungen, Gesamtdarstellungen	633
A 5.1.1	Allgemein verständliche Darstellungen	633
A 5.1.2	Einführungen, Lehrbücher der Astronomie und der Astrophysik	635
A 5.1.3	Handbücher, Sammelwerke	636
A 5.1.4	Bibliographie, Nachschlagewerke, Lexika und allgemeine Tabellen	637
A 5.1.5	Für den Astronomieunterricht, Bildbände, Dia-Serien	637
A 5.1.6	Astrologie	638
A 5.2	Instrumente und Beobachtungsverfahren	639
A 5.3	Amateurastronomie	640
A 5.4	Sphärische Astronomie, Positionsastronomie, Ortsbestimmung, Kartographie	640
A 5.4.1	Allgemeine Darstellungen, Lehrbücher	640
A 5.4.2	Jahrbücher, Astronomische Kalender, Tabellen	641
A 5.4.3	Sternkarten, Himmelsatlanten, Kartographie	641
A 5.5	Himmelsmechanik, Bahnbestimmung	642
A 5.6	Die Erde und ihr Mond	643
A 5.6.1	Erdkörper, Atmosphäre	643
A 5.6.2	Der Mond	643

A 5.7	Das Planetensystem		644
	A 5.7.1	Gesamtdarstellungen, Ursprung und Entwicklung	644
	A 5.7.2	Die großen Planeten in Einzel- darstellungen	645
	A 5.7.3	Die Kleinkörper des Planetensystems	646
A 5.8	Die Sonne		646
	A 5.8.1	Allgemeine Abhandlungen, Gesamt- darstellungen	646
	A 5.8.2	Sonnenatmosphäre und Korona	647
	A 5.8.3	Sonnenaktivität	647
A 5.9	Physik des einzelnen Sterns		647
	A 5.9.1	Sternatmosphären, Spektren der Sterne	647
	A 5.9.2	Innerer Aufbau und Entwicklung der Sterne	648
	A 5.9.3	Sterne besonderen Typs	648
A 5.10	Das Milchstraßensystem		650
	A 5.10.1	Allgemeine Darstellung, Struktur und Dynamik	650
	A 5.10.2	Katalog galaktischer und extra- galaktischer Objekte	65 0
	A 5.10.3	Interstellare Materie	651
	A 5.10.4	Entstehung und Häufigkeit der chemischen Elemente	651
	A 5.10.5	Sternentstehung und -entwicklung	65 2
	A 5.10.6	Hochenergie-Astrophysik	652
A 5.11	Sternsysteme, die Welt als Ganzes		652
	A 5.11.1	Galaxien, Galaxienhaufen	652
	A 5.11.2	Relativitätstheorie, Kosmologie	653
	A 5.11.3	Radiogalaxien, Quasistellare Objekte	655
A 5.12	Weltraumforschung		656
	A 5.12.1	Künstliche Satelliten und Raumsonden	65 6
	A 5.12.2	Leben auf anderen Himmelskörpern	656
A 5.13	Geschichte der Astronomie		657
A 5.14	Zeitschriften		658
	Farbtafeln	nach Seite	198
	Register		661