

KARL SCHÜTTI

# UNSER ASTRONOMISCHES WELTBILD HEUTE

Mit 96 Abbildungen und 48 Tabellen

HERDER-BÜCHEREI

# Inhalt

<i>Vorwort.</i> . . . . .	15
<i>Einleitung.</i> . . . . .	17

## 1. ABSCHNITT

### **Einführung**

<i>1. Kapitel: Grundlagen.</i> . . . . .	25
1. Astronomische Zahlen . . . . .	25
2. Das menschliche Auge . . . . .	27
3. Anblick und rohe Orientierung am Himmel . . . . .	29
4. Die Koordinaten der Sterne. . . . .	31
5. Sternbilder, Sternkarten und Sternkataloge. . . . .	33
a) Sternbilder. . . . .	33
b) Sternkarten und Atlanten. . . . .	34
c) Sternkataloge. . . . .	36
6. Die wichtigsten Instrumente des Astronomen. . . . .	37
a) Die Fernrohre (Refraktoren). . . . .	37
b) Die Spiegelteleskope. . . . .	37
c) Die Radioteleskope. . . . .	40
d) Instrumente zur Spektralanalyse und andere. . . . .	41
e) Einige weitere wichtige Hilfsgeräte. . . . .	42
7. Die Strahlung und die beiden Fenster der Atmosphäre. . . . .	43

## II. ABSCHNITT

### **Die Sonne und das Planetensystem**

<i>2. Kapitel: Die Sonne.</i> . . . . .	47
1. Die Bedeutung der Sonne für uns und als Fixstern. . . . .	47
2. Die Entfernung der Sonne. . . . .	47
3. Größe und sonstige Daten über die Sonne. . . . .	49

4. Die Randverdunkelung der Sonne . . . . .	50
5. Photosphäre und Granulation . . . . .	50
6. Die Sonnenflecken und Sonnenfackeln . . . . .	51
7. Die Rotation der Sonne. . . . .	55
8. Das Sonnenspektrum und die Temperatur der Sonnenoberfläche . . . . .	56
9. Die Chromospha're. . . . .	58
10. Spektroheliograph, Spektrohelioskop, Spektroheliogramme und Lyot-Filter. . . . .	59
11. Die Protuberanzen und Filamente. . . . .	60
12. Die Korona . . . . .	61
13. Die Solarkonstante. . . . .	62
14. Energiebilanz und Alter der Sonne. . . . .	63
15. Druck, Dichte und Temperatur im Innern der Sonne. . . . .	64
16. Solar-terrestrische Beziehungen. . . . .	65
17. Der Sonnenwind. . . . .	66
18. Sonnenfinsternisse. . . . .	66
19. Sonnenüberwachung. . . . .	68

3. *Kapitel: Die großen Planeten und ihre Monde.* . . . . . 69

1. Tycho Brahe und die Keplerschen Gesetze. . . . .	69
2. Newtons Gravitationsgesetz und die Entdeckung weiterer großer Planeten . . . . .	70
3. Das Gesetz von Titius-Bode und die Tabelle der wichtigsten Daten der großen Planeten. . . . .	72
4. Innere und äußere Planeten und ihre Sichtbarkeitsverhältnisse. . . . .	72
5. Methoden der Planetenforschung. . . . .	77
6. Merkur und Venus. . . . .	77
7. Die Erdatmosphäre, der erdnahe Raum und seine Bedeutung . . . . .	80
8. Mars. . . . .	83
9. Jupiter. . . . .	86
10. Saturn. . . . .	88
11. Uranus, Neptun und Pluto. . . . .	90
12. Der Erdmond. . . . .	92
a) Stand der Forschung bis zum Einsatz von Mondsonden . . . . .	92
b) Neue Ergebnisse seit Einsatz der unbemannten Mondsonden. . . . .	96
c) Vorläufige Resultate der ersten bemannten Mondlandungen. . . . .	101
13. Die übrigen Monde des Planetensystems. . . . .	104
14. Mondfinsternisse und Verfinsterungen. . . . .	108

4. *Kapitel: Kometen, Kleine Planeten, Meteore und andere Kleinkörper des Sonnensystems.* . . . . . 110

A. Vom KOMETEN . . . . .	110
1. Historische Bemerkungen, Entdeckungen und Benennung . . . . .	110
2. Das Aussehen der Kometen. . . . .	111

3. Anschauungen über den Ursprung der Kometen . . . . .	.111
4. Zusammensetzung, Masse und Spektren der Kometen . . . . .	.112
5. Einige besonders interessante Kometen . . . . .	.114
6. Periodische Kometen und Kometenfamilien . . . . .	.116
7. Bahnänderungen kurzperiodischer Kometen . . . . .	.117
B. Dm KLEINEN PLANETEN . . . . .	120
1. Kurze Entdeckungsgeschichte . . . . .	.120
2. Größe und Masse der Kleinen Planeten. Lichtwechsel . . . . .	.121
3. Sicherung und Verfolgung . . . . .	.122
4. Besondere Bahnen . . . . .	.122
a) 433 Eros . . . . .	.123
b) 944 Hidalgo . . . . .	.123
c) die Trojaner . . . . .	.123
5. Außergewöhnliche Bahnen . . . . .	.125
a) 1221 Amor . . . . .	.125
b) Kleine Planeten, die die Erdbahn kreuzen . . . . .	.125
C. METEORE UND ANDERE KLEINKÖRPER . . . . .	.127
1. Erscheinungsform und Größe der Meteore . . . . .	.127
2. Bahnbestimmung und Herkunft der Meteore, Alter der Meteoriten . . . . .	.128
3. Einteilung der Meteore in verschiedene Arten . . . . .	.128
4. Feuerkugeln, Art, Zusammensetzung und Größe der Meteoriten . . . . .	.130
5. Meteoritenschauer . . . . .	.131
6. Meteoritenkrater . . . . .	.131
7. Meteoriten und das Problem der Existenz außerirdischen Lebens . . . . .	.133
8. Zodiakallicht und interplanetare Materie . . . . .	.133

### III. ABSCHNITT

#### Die Sterne **und** ihre Eigenschaften

5. <i>Kapitel: Helligkeiten, Leuchtkräfte, Farbe, Temperatur und Spektren der Sterne.</i> . . . . .	.137
A. DIE HELLIGKEITEN UND LEUCHTKRÄFTE DER STERNE . . . . .	.137
1. Das Größerklassensystem des Ptolemäus und das Weber-Fechner- sche Grundgesetz . . . . .	.137
2. Photometrie, Helligkeitsarten, Farbenindex und Farbenexzeß . . . . .	.138
3. Helligkeitskataloge . . . . .	.140
4. Scheinbare und absolute Helligkeit. Leuchtkraft . . . . .	.141
5. Die 15 scheinbar hellsten Sterne . . . . .	.142
B. FARBE, TEMPERATUR UND SPEKTRUM DER STERNE . . . . .	.143
1. Die Farbe der Sterne . . . . .	.143
2. Die ersten Spektren, Hauptarten und ihre Häufigkeit . . . . .	.143

3. Kurze Beschreibung der Spektren und weitere Unterteilung der Klassen . . . . .	146
4. Weitere Unterscheidungsmerkmale und besondere Spektraltypen . . . . .	148
5. Intensitätsverteilung im kontinuierlichen Spektrum und Sterntemperaturen. . . . .	149
6. Die Entstehung der Spektrallinien und des Spektrums. . . . .	152
7. Erlaubte und „verbotene“ Linien. . . . .	153

<i>Ö.Kapitel: Weitere Eigenschaftender Sterne.</i> . . . . .	155
1. Die Zustandsgrößen der Sterne. . . . .	155
2. Das Hertzsprung-Russell-Diagramm und das Farbenhelligkeitsdiagramm. . . . .	155
3. Riesen und Zwerge. Die neue zweidimensionale Spektralklassifikation. Die Leuchtstärkeklassen . . . . .	159
4. Die Radien der Sterne. . . . .	161
5. Masse, Dichte und Schwerebeschleunigung. . . . .	162
6. Zahlenwerte und Diagramm für die Zustandsgrößen. Weiße Zwerge. . . . .	163
7. Rotation und Magnetfeld der Sterne. . . . .	166
8. Das Vorkommen der chemischen Elemente im Kosmos. Vom Aufbau der Sterne. . . . .	167

7. Kapitel: Entfernungen (Parallaxen), Eigenbewegungen (EB) und Radialgeschwindigkeiten (RG) der Sterne. . . . . 170

A. PARALLAXEN . . . . .	170
I. Vorgeschichte und erste Messungen. . . . .	170
1. Kopernikus und die Fixsternparallaxen. . . . .	170
2. Die ersten Parallaxenbestimmungen. Absolute und relative Parallaxen. . . . .	171
3. Lichtjahr, Parsec und andere Einheiten . . . . .	173
II. Geometrische Methoden zur Bestimmung absoluter Parallaxen . . . . .	174
1. Trigonometrische Parallaxen und ihre Bedeutung . . . . .	174
2. Die nächsten Fixsterne. . . . .	174
3. Säkulare Parallaxen. . . . .	175
4. Sternstromparallaxen von L. Boss (1908). . . . .	175
5. Dynamische (hypothetische) Parallaxen. . . . .	176
6. Strahlungsenergetische Parallaxen. . . . .	177
III. Photometrische Parallaxen (relative Methoden). Entfernungsmodul. . . . .	177
1. Spektroskopische Parallaxen. . . . .	178
2. Parallaxen aus dem Periodenhelligkeitsgesetz. . . . .	178
3. Parallaxen aus interstellaren Linien und interstellare! Verfärbung . . . . .	178
4. Spektraltypparallaxen. . . . .	179
5. Übersicht der Methoden und Reichweite der Parallaxen. . . . .	179

B. EIGENBEWEGUNGEN (EB)	.180
1. Die Entdeckung der Eigenbewegungen	.180
2. Bestimmung und Bedeutung der EB.	.180
3. Übersicht der heute bekannten EB; größte EB.	.181
4. Entdeckung von EB mit dem Komparator.	.183

C. RADIALGESCHWINDIGKEITEN (RG) UND ZUSAMMENSETZUNG ZUR RÄUMLICHEN GESCHWINDIGKEIT	.183
1. Definition und Entdeckung der ersten RG.	.183
2. Heutiger Stand der RG-Forschung.	.184
3. Zusammensetzung von EB und RG zur räumlichen Geschwindigkeit relativ zur Sonne.	.185

#### IV. ABSCHNITT

##### Besondere Sterne

8. <i>Kapitel: Die veränderlichen Sterne.</i>	.189
1. Die Entdeckung der ersten 3 veränderlichen Sterne.	.189
2. Weitere Entdeckungen vieler „Veränderlicher“ und ihre Benennung; kürzeste und längste Periode des Lichtwechsels. Das Überwachungsprogramm.	.190
3. Die verschiedenen möglichen Ursachen des Lichtwechsels	.191
4. Klassifikation der Veränderlichen.	.192
5. Die wichtigsten Klassen der Veränderlichen.	.193
a) Cepheiden und RR-Lyrae-Sterne.	.193
b) Mirasterne.	.197
c) Novae, Supernovae und novaähnliche Veränderliche.	.199
9. <i>Kapitel: Doppelsterne und einzelne berühmte Sterne.</i>	.204
A. DOPPELSTERNE	.204
1. Einleitung und Einteilung.	.204
2. Die visuellen Doppelsterne.	.205-
3. Die Bahnen der visuellen Doppelsterne.	.206
4. Die Massen der Doppelsterne.	.207
5. Spektroskopische Doppelsterne.	.208
6. Bedeckungsveränderliche.	.210
7. Mehrfache Systeme.	.213
8. Astrometrische Doppelsterne und Sterne mit unsichtbaren Begleitern.	.214
B. EINZELNE BERÜHMTE STERNE	.215
1. Sirius und Procyon.	.215
2. Die Bedeckungsveränderlichen $t$ , Aurigae, VV Cephei und Aurigae	.217

## V. ABSCHNITT

### Unser Milchstraßensystem

<i>10. Kapitel: Sterne, Sternzahlen und Sternhaufen, Stellarstatistik</i>	221
1. Anblick und Lage der Milchstraße . . . . .	221
2. Ältere Ansichten. Von Herseheis Sternsystem bis Littrow . . . . .	222
3. Gesamtzahl der Sterne in der Milchstraße. . . . .	225
4. Die Stellarstatistik und ihre Ergebnisse. . . . .	226
5. Offene (galaktische) Sternhaufen und Bewegungsiiaufen. . . . .	229
6. Kugelsternhaufe.i. . . . .	230
<i>11. Kapitel: Interstellare Materie.</i>	234
1. Geschichtliches und Arten der imerstellaren Materie. . . . .	234
2. Die galaktischen hellen und dunklen Nebelwolken . . . . .	234
a) die hellen Nebelwolken. . . . .	234
b) die planetarischen Nebel. . . . .	236
c) Di'nkelwolken, Globalen und Hagensche Wolken . . . . .	238
3. Interstellare kontinuierlich absorbierende Materie. (Allgemein ver- teilter kosmischer Staub). . . . .	241
4. interstellares Gas. . . . .	242
<i>12. Kapitel: Kinematik und Dynamik der Milchstraße</i> . . . . .	243
1. Die Bewegung der Sonne relativ zu den Nach'oarsternen (Apex- bestimmungen). . . . .	243
2. Ortliches Bezugssystem und stark abweichende Sterngruppen . . . . .	245
3. Erklärung der Sternbewegungen zu Anfang des Jahrhunderts. . . . .	246
4. i>e Doppelwellen in den RG und EB. . . . .	247
5. Die galaktische Rotation und die Elemente des Milchstraßen- systems. . . . .	248
6. Einzelne Sternbahnen und die Bahn der Sonne um das galaktische Zentrum. . . . .	251
7. Sternein rückläufigen oder hyperbolischen Bahnen. . . . .	253

## VI. ABSCHNITT

### Die Spiralnebel

<i>13. Kapitel: Entdeckung vnd räumliche Stellung der Spit alnebel Zahl, Typen, Rotation und Müssender Spiralnebel.</i>	259
1. Die Entdeckung des ersten Spiralnebels und die ersten Beobach- tungen. . . . .	259
2. Erste Anwendung der Spektralanalyse . . . . .	259
3 Die kosmologische Stellung der Spiralnebel . . . . .	260

4. Weitere Entdeckungen, scheinbare Verteilung, ältere Nebelkataloge, Zahl der Spiralnebel . . . . .	251
5. Durchmusterungen, photographische Atlanten und neuere Kataloge . . . . .	262
6. Klassifikation der Nebel . . . . .	264
7. Nebelhaufen. . . . .	266
8. Auflösung der Nebel in Einzelobjekte, Kugelsternhaufen in den Spiralnebeln. . . . .	267
9. Spektren, Farben und Farbenindices der Nebel. . . . .	268
10. Entfernungskriterien der Spiralnebel . . . . .	269
11. Die 10 hellsten Spiralnebel. . . . .	270
12. Die ersten Radialgeschwindigkeiten und ihre Deutungsversuche bis etwa 1929. . . . .	271
13. Rotation und Massen der Spiralnebel . . . . .	272
14. Die beiden Sternpopulationen I und II. . . . .	275

*14. Kapitel: Die lokale Nebelgruppe. Entfernung der Spiralnebel und Nebelflucht. . . . .* 278

A. DIE LOKALE NEBELGRUPPE . . . . .	278
1. Die lokale Gruppe. . . . .	278
2. Die Magellanschen Wolken . . . . .	280
3. Der Andromedanebel (M 31) und seine beiden Begleiter (M 32 und NGC 205). . . . .	282
4. Der Dreiecksnebel M 33. . . . .	285
5. Einige der übrigen sicheren oder möglichen Mitglieder der lokalen Nebelgruppe. . . . .	286
B. ENTFERNUNGEN, NEBELFLUCHT UND EXPANSION DER WKLTT . . . . .	287
1. Geschwindigkeit und Entfernung. . . . .	287
2. Die Beobachtungen weiterer Radialgeschwindigkeiten. . . . .	287
3. Die <i>Hubble'sche</i> Beziehung und die Expansion der Welt . . . . .	290
4. Andere Deutungen der Rotverschiebung. . . . .	292

## VII. ABSCHNITT

### Radioastronomie, Röntgen- und Gammastrahlung der Gestirne

<i>15. Kapitel: Radio- und Radarastronomie im Sonnensystem . . . . .</i>	295
A. EINLEITUNG. ENTDECKUNG DER STRAHLUNG. INSTRUMENTE . . . . .	295
1. Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung . . . . .	295
2. Die eigentliche Entdeckung der Radiostrahlung und ihre Hauptstätten. . . . .	296
3. Radioteleskope und-gerate. . . . .	297

B. RADIOSTRAHLUNG IM SONNENSYSTEM (EINSCHLIESSLICH RADAR) . . .	299
4. Die Radios' . rahlung der Sonne. . . . .	299
5. Radiostrahlung im übrigen Planetensystem. . . . .	301
6. Radarastronomie. . . . .	303

*16. Kapitel. Radioastronomie der Galaxis und von sxttragalak-  
lischen Objekten, Röntgen- und Gammastrahlung.* . . . . . 305

A. RADIOSTRAHLUNG IN DER GALAXIS. . . . . 305

1. Radiostrahlung des Wasserstoffes auf der 21-cm-Welle und die Spiralstruktur der Milchstraße. . . . .	305
2. Radioquellen (Radiosterne). . . . .	305
3. Pulsa^e. . . . .	307

B. RADIOSTRAHLUNC VON EXTRAGALAKTISCHEN OBJEKTEN. . . . . 311

4. Normale Sternsysteme als Radioquellen. . . . .	311
5. Anormale und zusammenstoßende Systeme. . . . .	312
6. Mehrfache Radioquellen. . . . .	313
7. Quasare. . . . .	313
8. Explodierende Galaxien. . . . .	315

C. RÖNTGEN-UND GAMMASTRAHLUNG. . . . . 316

9. Röntgenstrahlung. . . . .	316
a) Allgemeines. . . . .	316
b) Die solare Röntgenstrahlung . . . . .	317
c) Nichtsolare galaktische Rcntgenquellen. . . . .	319
d) Extragalaktische Röntgenstrahlenquellen. . . . .	320
e) Stand de: Rcntgenstrahlenforschung Mitte 1969. . . . .	320
10. Die Gammastrahlung. . . . .	322

*Rückblick und Ausblick.* . . . . . 324

Anhang

<i>Die 88 Sternbilder.</i> . . . . .	329
<i>Einige wichtige astronomische Fcchausdrücke.</i> . . . . .	331
<i>Übersicht der Abbildungen.</i> . . . . .	338
<i>Übersicht der Tabellen.</i> . . . . .	343
<i>Bildnachweise.</i> . . . . .	344
<i>Daten und wichtigste Erfolge der Weltraumfahrt.</i> . . . . .	345