

# Inhaltsverzeichnis

## Teil 1

### Grundlagen

|          |  |    |
|----------|--|----|
| <b>1</b> | <b>Geschichte der Astronomie</b>   | 17 |
|          | Kalender, Sonne- und Mondfinsternisse, Fixsternhimmel, Planetensystem, Entdeckungen im Planetensystem, Fernrohre und Messgeräte  |    |
| <b>2</b> | <b>Elementarteilchen und Licht</b>   | 22 |
|          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Elementarteilchen: Übersicht, Masse- und Ladungsverteilung, Protonen, Neutronen, Quarks, Wechselwirkungsarten, Grand Unified Theories (GUT)</li><li>• Licht: Wellentheorie, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit, Methoden der Spektralanalyse, astrophysikalische Aspekte, Lichtgeschwindigkeit, Dopplereffekt</li></ul>                                |    |
| <b>3</b> | <b>Helligkeit</b>  | 34 |
|          | Farbhelligkeiten, Weber-Fechner-Gesetz, Größenklassen, Entfernungsmodul, Helligkeiten der Planeten   |    |
| <b>4</b> | <b>Koordinaten</b>   | 40 |
|          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Horizontalsystem, Äquatorialsystem, Ekliptikalsystem, Galaktisches System, Umrechnungen der Koordinatensysteme</li><li>• Präzession und Nutation, Platonisches Jahr, Präzessionskonstanten, jährliche Änderung der Koordinaten, Umrechnung des Äquinoktiums</li><li>• Tagbogen, Morgen- und Abendweite</li><li>• Ortsbestimmung auf der Erde</li></ul> |    |
| <b>5</b> | <b>Entfernungen im Weltall</b>   | 54 |
|          | Astronomische Einheit, Lichtjahr, Parsec, trigonometrische Parallaxe, dynamische Parallaxe, photometrische Parallaxe, Perioden-Leuchtkraft-Beziehung   |    |
| <b>6</b> | <b>Kalender und Zeit</b>   | 61 |
|          | <ul style="list-style-type: none"><li>• Gregorianischer Kalender, Tropisches Jahr, Besselsches Jahr, Jahreslängen, Monatslängen, Julianische Tageszählung</li><li>• Definition der Sekunde, Weltzeit, Ephemeridenzeit, Internationale Atomzeit, Tageslänge, Zeitgleichung, Dynamische Zeiten</li></ul>   |    |
| <b>7</b> | <b>Magnetfelder</b>  | 70 |
|          | Entstehung kosmischer Magnetfelder, Polarisation, Magnetfelder von Erde und Jupiter, Sonnenflecken und Pulsaren  |    |

### Das Sonnensystem

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| <b>8</b>  | <b>Erdatmosphäre</b>  | 73 |
|           | Aufbau, Extinktion, Refraktion, Van-Allan-Gürtel, Rayleigh-Streuung, Solar-terrestrische Beziehungen                    |    |
| <b>9</b>  | <b>Meteore</b>  | 80 |
|           | Nördlinger Ries, Barringer Krater, Tunguska-Krater, Prager Becken, Sintflut, Meteorströme, Leonidenschauer, Beobachtung |    |
| <b>10</b> | <b>Sonne</b>  | 85 |
|           | Übersicht, Rotation, Magnetfeld, Photosphäre, Supergranulation, Aufbau, Atmosphäre                                      |    |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>11</b> | <b>Planeten und Monde</b>  | 90  |
|           | Übersicht, Bahngeschwindigkeit, Fluchtgeschwindigkeit, Gravitationsbeschleunigung, Atmosphären, Albedo, Temperaturen, Einzeldarstellungen der Planeten, Ringsysteme und Monde                                  |     |
| <b>12</b> | <b>Kleinplaneten</b>   | 105 |
|           | Entdeckung, Entstehung, Übersicht, Kommensurabilitäten, Chiron, Jenseits von Pluto   |     |
| <b>13</b> | <b>Kometen</b>   | 108 |
|           | Aufbau, Kern, Staubkoma, Koma, Schweif, chemische Zusammensetzung, Bahnen, Namensgebung, Helligkeit, Komet Halley  |     |
| <b>14</b> | <b>Keplerproblem</b>   | 118 |
|           | Exzentrizitäten, Kegelschnitte, Ellipse, Newtonsches Gravitationsgesetz, Virialsatz, Keplersche Gesetze  |     |
| <b>15</b> | <b>Kosmogonie</b>  | 125 |
|           | Ptolemäisches Weltbild, heliozentrisches Weltbild, Titius-Bodesche-Abstandsregel, Katastrophentheorie, Meteoritentheorie, Turbulenztheorie, Besonderheiten der Planeten, Epsilon Aurigae, Proplyd, Exoplaneten |     |
| <b>16</b> | <b>Leben im All</b>  | 132 |
|           | Voraussetzungen, Green-Bank-Formel, technische Zivilisation, mittlere Entfernungen und Antwortzeiten   |     |

## Das Werden der Sterne

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>17</b> | <b>Aufbau der Sterne</b>   | 135 |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht: Zentraltemperaturen, Kernradien, Konvektionszonen, Dichte, Relationen, Population der Sterne</li> <li>• Masse der Sterne: Masse-Leuchtkraft-Beziehung für Hauptreihensterne, Doppelsternbeobachtung</li> <li>• Radius der Sterne: Bedeckungsveränderliche, Sternbedeckung, Masse-Radius-Beziehung, Interferometrie, Lichtkurve</li> <li>• Temperatur der Sterne: Effektive Temperatur, Strahlungstemperatur, schwarze Temperatur, Farbtemperatur, Wien'sche Temperatur, kinetische Temperatur, Ionisationstemperatur, Anregungstemperatur, Ionisations-Anregungs-Temperatur</li> </ul> |     |
| <b>18</b> | <b>Energieerzeugung</b>  | 151 |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kernreaktionen, pp-Reaktion, CNO-Zyklus, Tunneleffekt</li> <li>• Chancen für die Erde: Energiearten, Kraftwerktypen, Energiebedarf, Reichweite der Vorkommen, Fusionsreaktoren</li> </ul>   |     |
| <b>19</b> | <b>Entstehung der Sterne</b>   | 161 |
|           | Gravitationsinstabilität, Globul, Elefantenrüssel, Turbulenz   |     |
| <b>20</b> | <b>Entwicklung der Sterne</b>  | 167 |
|           | Hydrostatische Zeitskala, Kelvin-Helmholtz-Zeitskala, nukleare Zeitskala, Entartung, Kritische Masse, Brenndauer bei massereichen Sternen, thermische Instabilität, Übergang zum Helium-Brennen, Schalenbrennen um einen entarteten Kern   |     |
| <b>21</b> | <b>Hertzprung-Russel-Diagramm</b>  | 174 |
|           | Alter-Null-Hauptreihe, Hayashi-Linie   |     |

## Das Sterben der Sterne

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>22</b> | <b>Endstadium der Sterne</b><br>Übersicht, Weiße Zwerge, Neutronensterne, Schwarze Löcher   | 177 |
| <b>23</b> | <b>Pulsation der Sterne</b><br>Periode, Pulsationsstreifen im HRD, hydrostatische Zeitskala   | 180 |
| <b>24</b> | <b>Weiße Zwerge</b><br>Zustandsgleichungen, Entartung   | 184 |
| <b>25</b> | <b>Neutronensterne</b><br>Entstehung, Zwei- und Dreischichtenmodell, Magnetfeld, Dichte, Magneta-<br>re, QPOs, Gamma-Ray- und Röntgenburster, Quarksterne, Cyg X-3, Cir X-1   | 187 |
| <b>26</b> | <b>Pulsare</b><br>Rotationszeiten, Rotationsenergie, Periodenverlauf, Verteilung, Magnetfeld,<br>Lebensdauer, Periodensprünge, Krebspulsar, Vela-Pulsar, SN1987A,<br>PSR1257+12, PSR1737-30, Vulpecula-Pulsar, GX0339-04, Hercules-Pul-<br>sar, PSR0950+08, Cent-Pulsar, PSR J0737-3039, PSR1913+16 (Gravita-<br>tionswellen-Pulsar), Entfernungsbestimmung, Synchrotronstrahlung | 194 |
| <b>27</b> | <b>Schwarze Löcher</b><br>Schwarzschild-Radius, Entstehung, Mini-Löcher, Planckblase, supermassive<br>Schwarze Löcher, Kerrsche Löcher, V861 Sco, Cyg X-1, SS 433   | 208 |

## Besondere Sterne

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>28</b> | <b>Sternhaufen</b><br>Offene Sternhaufen, Entwicklung eines Sternhaufens, Altersbestimmung,<br>Kugelsternhaufen   | 217 |
| <b>29</b> | <b>Doppelsterne</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visuelle Doppelsterne, astrometrische Doppelsterne, spektroskopische<br/>Doppelsterne, photometrische Doppelsterne (Bedeckungsveränderli-<br/>che), Statistik</li> <li>• Massenaustausch: Periodenänderungen bei einem engen Doppelstern,<br/>Gravitationswellen (Z Cha)</li> </ul>                                | 222 |
| <b>30</b> | <b>Veränderliche Sterne</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Übersicht, Häufigkeit, Pulsationsveränderliche, Eruptionsveränderliche,<br/>Kataklysmische Veränderliche, Rotationsveränderliche, Röntgenver-<br/>änderliche</li> <li>• Novae und Supernova: Kenndaten, Lichtkurve, Nova Cygni 1975, Nova<br/>Cygni 1992, Supernovae Typ I und Typ II, SN 1987A</li> </ul> | 231 |

## Gasnebel im Weltall

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>31</b> | <b>Interstellare Materie</b><br>Massenverlustsraten, Wasserstoffmoleküle  | 245 |
| <b>32</b> | <b>Diffuse Gasnebel</b><br>Kenndaten, Erscheinungsformen, HII-Regionen, bekannte Emissionsnebel,<br>Herbig-Haro-Objekte | 247 |
| <b>33</b> | <b>Planetarische Nebel</b><br>Kenndaten, Entstehung eines Ringnebels, bekannte Ringnebel, Cygnus-<br>Loop               | 250 |

## Unsere Milchstraße und andere Galaxien

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>34</b> | <b>Milchstraße</b><br>Kenndaten, Ausstoß von Wasserstoffwolken, Kern der Milchstraße   | 253 |
| <b>35</b> | <b>Galaxien</b><br>Klassifikation, Dimensionen und Häufigkeit, bekannte Galaxien, Bildung der Galaxien, Entstehung von Spiralarmen, explodierende Galaxien, zusammenstoßende Galaxien, Seyfert-Galaxien, Radiogalaxien, BL-Lacerta-Objekte, Statistik, Galaxienhaufen, Superhaufen | 255 |
| <b>36</b> | <b>Quasare</b><br>Eigenschaften, supermassives Schwarzes Loch, Leuchtkraftverteilung, M87, 3C273   | 268 |
| <b>37</b> | <b>Gravitationslinsen</b><br>Doppelquasar, Hubble-Konstante, QSO 0957+561, QQ 1146+111   | 273 |
| <b>38</b> | <b>Kosmologie</b><br>Hubble-Konstante, Hubble-Zeit, Hubble-Radius, Rotverschiebung, Expansion, Raumkrümmungen, Urknall, Friedmann-Modell, Grand Unified Theories, Inflation, Symmetriebrechungen, Cosmic Strings, Hierarchie im Weltall  | 278 |

## Andere Möglichkeiten der Beobachtung

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>39</b> | <b>Raumfahrt</b><br>Fluchtgeschwindigkeit, kosmische Geschwindigkeiten, Raumsonden zur Erforschung von Mond und Planeten, Satelliten zur astronomischen Beobachtung  | 301 |
| <b>40</b> | <b>Speckle-Interferometrie</b><br>Geschichtliches, Speckle-Bild, Sternscheibenrekonstruktion, Belichtungszeiten, Bildverstärker, Fouriertransformation, Autokorrelation, Labyrie-Prozess, Speckle-Holographie, Speckle-Masking-Methode, Historische Ergebnisse, Alternative Techniken, Adaptive und Aktive Optiken | 305 |
| <b>41</b> | <b>Radioastronomie</b><br>Optische Tiefe, Emissionsmaß, Radioteleskope, Radioquellen, Beobachtungstechniken, Beteigeuze, Spektralindex   | 319 |

## Teil 2

### Beobachtungsinstrumente

- |           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>42</b> | <b>Astrofotographie</b><br>Sternfeldaufnahmen, Fokalaufnahmen, Projektionsaufnahmen, Äquivalenzbrennweite, Abbildungsgröße, Belichtungszeit, Sonnenphotographie, CCD  | 331 |
| <b>43</b> | <b>Fernrohre</b><br>Fernrohrtypen, Montierungen, Stative, optische Grundgrößen, optische Fehler, Objektive, Okulare, Blickfeld, Lichtstärke, Kontrast, Dämmerungszahl, Auflösungsvermögen, Selbstbau, Kauftipps | 342 |

### Unser Sonnensystem

- |           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>44</b> | <b>Sonne</b><br>Sonnenflecken, Sonnenfackeln, Relativzahl, Klassifikation der Flecken, gleitendes Mittel, Schmetterlingsdiagramm, Bestimmung der heliozentrischen Koordinaten der Flecken                    | 379 |
| <b>45</b> | <b>Mond</b><br>Sternbedeckung, Kraterdurchmesser, Mondkrater zeichnen, Mondberghöhen   | 393 |
| <b>46</b> | <b>Planeten und Monde</b><br>Durchsicht, Luftunruhe, Filter, Vergrößerung, Mittelwertsbildung, planetographische Koordinaten, Merkur, Venus, Mars, Kleinplaneten, Jupiter, Jupitermonde, Saturn, Saturnmonde | 405 |
| <b>47</b> | <b>Kometen</b><br>Aufbau, Größenbestimmung, Helligkeitsbestimmung, Positionsbestimmung, Komet Halley, Komet Austin   | 429 |

### Der Sternenhimmel

- |           |   |     |
|-----------|---|-----|
| <b>48</b> | <b>Sternbilder</b>  | 441 |
| <b>49</b> | <b>Sternhaufen</b><br>Galaxien, Offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen, Aufsuchekärtchen  | 446 |
| <b>50</b> | <b>Gasnebel</b><br>Emissionsnebel, Planetarische Nebel, Aufsuchekärtchen  | 450 |
| <b>51</b> | <b>Doppelsterne</b><br>Visuelle Doppelsterne, photometrische Doppelsterne (Bedeckungsveränderliche), Beobachtungsobjekte  | 452 |
| <b>52</b> | <b>Veränderliche Sterne</b><br>Lichtelektrische und photographische Photometrie, visuelle Schätzung, Beobachtungseinflüsse, Vergleichssterne, heliozentrische Zeit, Pickering'sche Interpolationsmethode, Argelandersche Stufenschätzmethode, lineare Regression, Helligkeitsschätzung mit einer künstlichen Vergleichsquelle, Helligkeitsbestimmung mittels Photographie, Lichtkurve, Bestimmung von Minima bei Bedeckungsveränderlichen, Parallellinienmethode, Pauspapiermethode, O-C Diagramm, Periodenänderungen, Lichtzeiteffekt, Massenverlust, SV Vulpeculae, RX Aurigae, RZ Cassiopeiae, $\delta$ Cephei | 454 |

**Astronomie am PC**

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| <b>53</b> | <b>Bahnelemente und Koordinatensysteme</b>   | 503 |
|           | Bahnlage- und Bahnformparameter, Distanzen, rechtwinklige und polare Koordinatensysteme, Bahnelemente der Planeten und Kleinplaneten |     |
| <b>54</b> | <b>Wahre Anomalie</b>  | 507 |
|           | Ellipsen, Parabeln, Hyperbeln, parabelnahe Bahnen  |     |
| <b>55</b> | <b>Ephemeridenrechnung</b>   | 513 |
|           | Koordinatenberechnung, Helligkeitsberechnung, Jupiter, Komet Kohler  |     |
| <b>56</b> | <b>Bahnbestimmung</b>  | 519 |
|           | Reduktion der Beobachtungen, Parabelbahn, Komet Halley, Komet Austin   |     |
| <b>57</b> | <b>Sternaufbau</b>   | 531 |

**Anhang**

|   |     |
|---|-----|
| <b>Abkürzungen</b>                          | 545 |
| <b>Konstanten</b>                           | 546 |
| <b>Chemische Symbole</b>                    | 547 |
| <b>Griechisches Alphabet</b>                | 547 |
| <b>Kreuzworträtsel</b>                      | 548 |
| <b>Lösungen</b>                             | 550 |
| <b>Literatur und Quellennachweis</b>        | 561 |
| • Quellennachweis                           |     |
| • Literatur                                 |     |
| • Sternkataloge                             |     |
| • Fachzeitschriften                         |     |
| • Jahrbücher                                |     |
| • PC-Software                               |     |
| <b>Kontaktadressen</b>                      | 570 |
| • Astronomische Vereinigungen               |     |
| • Spezielle Kontakte für Beobachter         |     |
| • Spezielle Bezugsquellen für den Selbstbau |     |
| • Internet                                  |     |
| <b>Stichwortregister</b>                    | 579 |