

## Empfohlene Lektüre

- Appenzeller, I. (Hrsg.): *Kosmologie und Teilchenphysik*. Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft 1990.
- Appenzeller, I. (Hrsg.): *Kosmologie*. Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft 1986.
- Barrow, John und Frank Tipler: *The Anthropic Cosmological Principle*. New York und London, Oxford University Press 1986.
- Bear, Greg: *Blutmusik*. A.d.Englischen von Walter Brumm, München, Heyne 1988.
- Börner, Gerhard und Jürgen Ehlers (Hrsg.): *Gravitation*. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1987.
- Breuer, Reinhard: *Das anthropische Prinzip*. München, Meyster 1981.
- Chandrasekhar, Subrahmanyan: *The Mathematical Theory of Black Holes*. Oxford, Oxford University Press 1982.
- Davies, Paul: *Die Urkraft. Auf der Suche nach einer einheitlichen Theorie der Natur*. Hamburg, Rasch und Röhring 1987.
- und Julian Brown (Hrsg.): *Superstrings*. A.d. Englischen von H.-P. Herbst, Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser 1989.
- Dawkins, Richard: *Der blinde Uhrmacher*. A. d. Englischen von Karin de Sousa Ferreira, München, Kindler 1987.
- Fritzschn, Harald: *Eine Formel verändert die Welt*. München, Piper 1990.
- *Quarks: Urstoff unserer Welt*. München, Piper 1981.
- *Vom Urknall zum Zerfall*. München, Piper 1983.
- Gribbin, John: *Auf der Suche nach Schrödingers Katze*. A.d. Englischen von Friedrich Griese, München, Piper 1987.
- *Auf der Suche nach dem Omega Punkt*. A.d. Englischen von Hainer Kober, München, Piper 1990.
- Hawking, Stephen: *Eine kurze Geschichte der Zeit*. A.d. Englischen von Hainer Kober, Reinbek, Rowohlt, 1988.
- Henderson, Lawrence: *The Fitness of the environment*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, Nachdruck 1970.
- Hoyle, Fred: *Galaxies, Nuclei, and Quasars*. London, Heinemann 1965.
- Hubble, Edwin: *Das Reich der Nebel*. Braunschweig 1938.
- Kippenhahn, Rudolf: *Licht vom Rande der Welt*. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt 1984.
- *Unheimliche Welt: Planeten, Monde und Kometen*. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt, 1987.
- *Hundert Milliarden Sonnen*. München, Piper 1980.
- *Der Stern, von dem wir leben. Den Geheimnissen der Sonne auf der Spur*. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt 1990.
- Murdin, Paul: *Flammendes Finale. Spektakuläre Ergebnisse der Supernovaforschung*. A.d. Englischen von Hilmar Duerbeck, Basel, Birkhäuser 1991.
- Nowikow, Igor D.: *Schwarze Löcher im All*. A.d. Russischen, Frankfurt, Harry Deutsch 1989.
- Pagels, Heinz: *Perfect Symmetry*. New York, Bantam 1985.
- Patin, C.F.A.: *The Relations Between the Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press 1968.
- Quantum World*. Princeton und London, Princeton University Press und Penguin 1985.
- Rees, Martin: *Quasars, Black Holes and Galaxies*. New York und Oxford, Freeman o.J.
- Sexl, Roman und Hannelore: *Weißer Zwerge – Schwarze Löcher*. Braunschweig, Vieweg 1979.
- Stapledon, Olaf: *Der Sternenschöpfer*. München, Heyne 1982.

- Silk, Joseph: *Der Urknall*. A.d. Englischen von Hilmar Duerbeck, Basel, Heidelberg, Birkhäuser, Springer 1990.
- Stagulin, Gerhard: *Das Lachen Gottes. Der Mensch und sein Kosmos*. München, Hanser 1990.
- Trefill, James: *Fünf Gründe, warum es die Welt nicht geben kann*. A.d. Englischen von Hubert Mania, Reinbek, Rowohlt 1990.
- Weinberg, Steven: *Die ersten drei Minuten*. A.d. Englischen von Friedrich Griese. München, Piper 1986.
- Will, Clifford M.: *Und Einstein hatte doch recht!* A.d. Englischen von Anne und Gerd Leuchs, Berlin, Springer 1989.

# Index

## A

- $\alpha$ -Teilchen 212
- Allumfassende Theorie 157, 249
- Alternatives Weltall 229, 230, 232, 233
- Anthropisches Prinzip 17ff., 244, 246, 247, 248
- Antineutrinos 102
- Arp, Halton 44, 45
- Atome
  - Zusammensetzung 15
- Ausdehnung des Weltalls
  - Beginn der 25, 26
  - Beobachtung 16
  - Beschleunigung 49
  - Entdeckung 45
  - Geschwindigkeit der 25, 26
  - Quasare 39, 43, 45
  - Unregelmäßigkeiten 70
- Ausdehnungsfaktor 48
- Axione 106, 107, 108, 118

## B

- Barrow, John 247
- Baryonen
  - Galaktische Kennzeichen 53
  - Zusammensetzung 35, 111
- Baryonendichte 67, 68, 69, 71
- Becklin, Eric 124
- Beryllium-8 213
- Born, Max 28
- Bosonen 97, 107, 161
- Braune Zwerge 124, 125, 126, 129, 130, 131, 135, 190, 192, 193
- Brent, Tully 57
- Brownsche Bewegung 28
- Burbridge, Geoffrey und Margaret 216

## C

- CCD, siehe Ladungskopplung
- CDM (kalte dunkle Materie) siehe Dunkle Materie
- CERN, siehe Europäisches Kernforschungszentrum
- Clarke, Arthur C. 241
- COBE 83
- Corona-Borealis-Superhaufen 57
- Cygnus A 142

## D

- Darwin, Charles 249
  - Davies, Paul 224
  - Dawkins, Richard 226
  - Deutsches Elektronensynchrotron, DESY 77
  - Di-Proton 19
  - Dichte
    - der sichtbaren Materie 25
  - Dirac, Paul 235
  - Doppelsternsysteme 137, 151, 152, 153
  - Dopplereffekt 41, 181
  - Dressler, Alan 150
  - Dunkle Galaxien 193, 194
  - Dunkle Halos 121, 122, 192, 193
  - Dunkle Materie 77
    - Anteil an kosmischen Strings 177
    - Arten der 135
    - Auswirkung auf die Rotation der Galaxien 120, 121
    - Baryonen 193, 194
    - Baryonendichte 73
    - kalte (CDM) 77, 80, 84, 200, 202, 203
    - kalt oder heiß 76
    - Menge 124
  - Verhältnis zu sichtbarer Materie 71
    - Verteilung 63
  - dunkle Materie, Formen 65, 71, 72, 73, 74, siehe auch Dunkle Wolken; Dunkle Galaxien; Dunkle Halos
  - Dunkle Wolken 195, 201
  - Dyson, Freeman 92, 235
- ## E
- Eddington, Arthur 139, 140
  - Eichsymmetrie 105
  - Einstein, Albert
    - Allgemeine Relativitätstheorie 27, 28, 47, 139, 178, 181, 182, 186, 225, 241
    - $E = mc^2$  75, 109
    - Einsteinringe 189
    - Spezielle Relativitätstheorie 28
    - Verständlichkeit des Weltalls 245
    - Vorhersage des Verhaltens von Schwarzen Löchern 147
  - Eisen-56 218
  - Elektromagnetismus
    - Reichweite 98

**Elektronen**

- Beschreibung 97
- Elektronenmasse 98
- Energieniveaus 195
- Masse 75
- Symmetrie 104

Elektronen-Neutrino 97, 100ff.

Elektroschwache Theorie 105

Endknall 222, 223, 225

Entropie 224

Eschers unendliches Gitter 46

Europäisches Kernforschungszentrum  
(CERN) 77, 109

Expansion des Weltalls

- Expansionsrate 161
- Verglichen mit einem Ballon 243

Exposition du Système du Monde  
(Laplace) 138**F**

Fahri, Edward 242

Feinstrukturkonstante der Gravitation  
229

Fermionen 97, 98, 100, 107

Filippenko, Alexander 149

Flaches Weltall 99, 100, 101, 104

Fort, Bernard 188

Fowler, Willy 213, 214, 216

**G****Galaxien**

- bevorzugte Bildung von 203
- Bildung 51, 81
- Chemische Elemente 38, 40
- Computersimulationen von 133, 134, 135
- Dunkle Galaxien 193, 194
- Dunkle Halos 121, 122
- dynamische Einheiten 40
- elliptische 54
- Entstehung 205
- Erzeugung von Röntgenstrahlung 130
- Gleichgewicht zwischen elektrischen und Gravitationskräften 65
- Größe 63
- Große Magellansche Wolke 37, 101, 102, 103, 181
- Gruppen 55
- Haufen 55
- helle 65, 71, 72, 73, 74, 80
- irreguläre Zwerge 55
- kosmische Stringschleifen 170, 171

- Kugelhaufen 70
  - Kühlströme 130, 131, 135
  - Milchstraße 39, 150
  - Pisces-Cetus-Komplex 57
  - Quasare 142, 143, 144, 145
  - Rotation 120, 121, 122
  - Scheibengalaxien 53, 54, 55, 120
  - Superhaufen 56, 57
  - Verteilung 71, 75
  - Vorhandensein von Schwarzen  
Löchern 149, 150
- Gamow, George 212
- Giclas 29-38, 125
- Gödel, Kurt 225
- Gold, Thomas 224
- Gott, Richard 241
- Gravitation, siehe Schwerkraft
- Gravitationsgesetz 227
- Gravitationslinsen 186-188, 191, 192, 193
- Gravitationsmulde 82
- Gravitationstheorie 28
- Gravitationswellen
- als Hintergrundstrahlung 185
  - Auswirkungen auf den Raum 179
  - kosmische Strings 167, 185
  - Laser-Interferometer 183-184
  - Messung 182-185
  - Quadrupolmoment 179
  - Resonanz-Gravitationswellendetektor 182
  - Schwarze Löcher 184
  - und Pulsare 181, 185, 186
- Gravitinos 108,
- Gravitonen 108, 157, 158
- Große Magellansche Wolke, siehe Galaxien
- Guth, Alan 240-243

**H**

Halos 120-136

Hawking, Stephen 116, 224, 248

Hawking-Effekt 116

Hazard, Cyril 143

Heisenbergsches Unschärfepprinzip 223

Helium

- Bildung 20, 163
  - Rolle bei der Bildung höherer Elemente 212
  - Urknall 201
- Henderson, Lawrence 234
- Herkules-Superhaufen 57
- Hills, Jack 151

Hintergrundstrahlung 71, 74, 75, 82-85  
 – Bestandteile 84  
 – Temperatur 88  
 Hoyle, Fred 213-215, 228, 235, 241  
 Hubble, Edwin  
 – expandierendes Universum 45  
 – Klassifizierung der Galaxien 205  
 – Rotverschiebung 40  
 Hubble-Raum-Teleskop 80, 149  
 Hubblelänge 168  
 Hubblerradius 230  
 Hubbles Gesetz 40-46

## I

Inflation des Weltalls, siehe Weltall  
 Inflationstheorie 34, 110  
 Institut für Theoretische und Experimentelle Physik (ITEP) 101

## J

Jupiter-Ähnliche, siehe Braune Zwerge

## K

Kant, Immanuel 227  
 Keck-Teleskop 207  
 Kernsynthese in Sternen 212  
 Kibble, Tom 166  
 Kohlenstoff  
 – Entstehung 211-215  
 – Resonanz 214-216  
 – Verbrennung 217  
 Kompaktifizierung 159  
 Kopenhagener Deutung 237-239  
 Kopernikus, Nikolaus 62  
 Kormendy, John 150  
 Kosmische Geschichte 67, 69  
 Kosmische Hintergrundstrahlung  
 – Messung 57  
 – Temperatur 57-58  
 Kosmische Hintergrundstrahlung, durch kosmischen String beeinflusst 175  
 Kosmische Strings  
 – als Supraleiter 171  
 – Auswirkung auf kosmische Hintergrundstrahlung 175  
 – Definition 156-159, 161, 163, 165, 167, 169, 171, 173, 175, 177  
 – Entstehung 164  
 – Entstehung von Galaxien 170, 171  
 – Erzeugung von Gravitationswellen 167, 168  
 – Erzeugung von Vielfachbildern 175

– konische Verzerrung des Raumes 174, 175  
 – Masse 167, 177  
 – Schleifen 158, 167-171, 177  
 – Spannung 167  
 – Verteilung 169  
 kosmische Zufälle  
 – Flachheit des Universums 211  
 – Kohlenstoff-12-Resonanz 216  
 – kosmische Strings und die Materieverteilung in der Galaxis 169, 171  
 – Stärke der schwachen Kraft 221  
 – Verhältnis Dunkle Materie/Baryonen 211  
 Kosmologie  
 – anthropische 15, 21  
 – Definition 29  
 – Modelle 29  
 – Philosophie der 246  
 Kugelhaufen 53  
 Kühlstrom 130, 131, 135

## L

Ladungskopplung (CCD) 206  
 Landau, Lev 140  
 Laplace, Pierre 138  
 Laser-Interferometrie (Gravitationswellen) 183, 184  
 Latham, David 125  
 Leichtester symmetrischer Partner (LSP) 108  
 Leptonen 97, siehe auch Elektronen  
 Leslie, John 234  
 Leuchtende Bögen 188, 189  
 Linde, Andrei 241  
 Lokale Superhaufen 56  
 Lubimow, Valentin 101  
 Lyman, Theodore 196  
 Lyman- $\alpha$ -Linien  
 – Definition 196  
 – Rotverschiebung 200-203  
 – und Quasare 197, 200, 203  
 Lyman-Serie 196  
 Lyman-Wald 195-207  
 Lyman-Wolken 202-204  
 Lynds, Roger 188

## M

$\mu$ -Teilchen 97  
 Magnesium-24 217  
 Magnetische Monopole 166  
 Materie

- Dichte 25
- Dichte der sichtbaren 31
- dunkle 27
- Speicherung 24
- Maxwell, James Clerk 227
- Menschlicher Körper
  - Bedingungen seiner Größe 19
- Meta-Universum 241
- Michell, John 137
- Mikrolinsen 190-192
- Milchstraße 53, 150
- Milchstraßensystem 39, 62
- Millisekundenpulsare 185
- Minilöcher 112, 115-118
- Monopole, magnetische 166
  
- N**
- Nanopoulos, Dimitri 160
- Narlikar, Jayant 241
- Naturwissenschaft
  - Definition 15
- Neon-20 217
- Neutrinos
  - im Weltall 75, 76, 80, 81
  - Antineutrinos 102
  - Anzahl im Weltall 100
  - Detektoren 102
  - Entstehung in Supernovae 102, 221
  - Erzeugung beim Urknall 75
  - Geschwindigkeit 75
  - im Weltall 75
  - Masse 97, 101, 102, 103
- Neutronen
  - Verschmelzung mit Protonen 19, 20, 24
  - Zusammensetzung 98
- Neutronensterne 37, 38, 113, 140, 219, 220
- Newton, Isaac 15, 28, 227
  
- O**
- Olive, Keith 160
- Oppenheimer, Robert 141
- Orionnebel 130
- Ostriker, Jeremiah 171
  
- P**
- Pagels, Heinz 246
- Paley, William 226f.
- Pantin, C.F.A. 235
- Parität (P) 106
- Peccei, Roberto 106
- Penrose, Roger 224
- Perfect Symmetry (Pagels) 246
- Petrosian, Vahe 188
- Phasenübergänge 165, 166
- Photinos 107, 108, 118
- Photonen 25, 74, 97, 103, 107, 108
- Pisces-Cetus-Komplex 57
- Plancklänge 159
- Planckmasse 159
- Planckzeit 33, 67, 90, 222, 223
- Polkinghorne, John 238
- Positronen 102, 104, 106, 116, 117
- Positrons 105
- Prinzip
  - anthropisches 21, 22
- Protonen
  - elektrische Ladung 229
  - Zusammensetzung 98
- Pulsare 141, 181, 185
  
- Q**
- QCD, siehe Quantenchromodynamik
- Quadrupolmoment 179
- Quantenchromodynamik (QCD) 157
- Quantenmechanik
  - Kopenhagener Deutung 237, 238
  - Viele-Welten-Deutung 238
  - Wahrscheinlichkeiten 238
- Quark-Klumpen 111, 112
- Quarks 98, 156
- Quasare
  - Cygnus A 142
  - Definition 42f.
  - Gravitationslinsen 186
  - Herkunft der Bezeichnung 143
  - Lyman- $\alpha$ -Linien 196, 197, 200, 203
  - Rotverschiebung 45, 51, 143-145, 154, 200
  - Seyfert-Galaxien 142, 144, 149
  - Superdichte 114
  - Supermassive Schwarze Löcher, 45ff.
- Quinn, Helen 106
  
- R**
- Raumzeit
  - flache 24
- Resonanz 214-216
- Resonanz-Gravitationswellendetektor (Gravitationswellen) 182
- Richstone, Douglas 150
- Roter Riese 36, 125
- Rotverschiebung

- Entfernungsmessung 47, 48, 195, 196
  - nahe Galaxien 47
  - Quasare 43, 46, 143-145, 154, 197
  - Urknall 48
- S**
- Sakharow, Andrei, 164
  - Salpeter, Ed 213
  - Sandage, Allen 143
  - Sargent, Wallace 149
  - Schattenmaterie 160-164
  - Scheibengalaxien 53, 54, 55, 120
  - Schmidt, Maarten 143
  - Schrödinger, Erwin 248
  - Schwach wechselwirkende massereiche Teilchen (SWMT) 132-134
  - Schwache Kraft 98, 160, 221f.
  - Schwarz, John 158
  - Schwarze Löcher
    - Anteil an galaktischem Material 145
    - Aufflackern der Aktivität 153
    - Chandrasekhar, Subrahmanyan 139
    - Energieerzeugung 145, 146
    - Entdeckung 128
    - Explosion von 117
    - Geschichte 137-155
    - Gravitationswellen 184
    - im Zentrum der Milchstraße 150
    - Interaktion mit Doppelsternen 152, 153
    - Interaktion von einfallender und aus-  
gesandter Materie 154
    - Minilöcher 112, 117, 118
    - Präsenz in Galaxien 149, 150
    - Röntgenstrahlung 141
    - Schwarzschildfläche 113, 148
    - Schwarzschildradius 113, 145
    - Sternmasse 114
    - virtuelle Teilchenpaare 116
    - von Einstein vorhergesagtes Verhal-  
ten 139, 147
  - Schwarze Materie
    - Entdeckung 136
    - kalte 135, 136
  - Schwarzes Loch
    - Gravitationsmulde 82
    - Schwerefeld 63
    - Zukunft des Weltalls 90
  - Schwarzes Loch mit Sternmasse 114
  - Schwarzschildfläche 113, 148
  - Schwarzschildradius 113, 145
  - Schwerkraft
    - Auswirkung auf das Leben 232, 233
    - Feinstrukturkonstante 229
    - Gesetz 227
    - mit langer Reichweite 98
    - Schwäche 233
    - und Elektrizität 16-19
  - Sehr massereiche Objekte (VMOs) 190, 191
  - Selektronen 107
  - Seyfert-Galaxien 142, 144, 149
  - Smith, Homer 234
  - Snyder, Hartland 141
  - Stapledon, Olaf 237
  - Starke Kraft 98, 106
  - Sterne
    - Größe 18
    - Anzahl 21
    - Braune Zwerge 124, 125, 126, 129, 130, 131, 135, 190, 192, 193
    - Doppelsternsysteme 137
    - Halo 53
    - Hauptreihe 37
    - Kernsynthese 212
    - Kohlenstoffbildung 212-215
    - Kugelhaufen 53
    - Lebensdauer 229, 230
    - Masse 19, 230
    - Milchstraßensystem 39
    - Neutronen 37, 38, 140
    - Neutronensterne 113, 219, 220
    - Population I, II, III 53, 128
    - Rote Riesen 36, 125
    - Strings, siehe kosmische Strings; Superstrings
    - Supernovae 36-39
    - Temperatur 65
    - Überschnelligkeit 151, 152
    - Verbrennung von Elementen 217, 218
    - Weiße Zwerge 36, 91, 125, 140
    - Zwergsterne 112
  - Supernova 1987A 102, 221
  - Supernovae 36-39, 101, 102, 103, 112
    - Bildung von 101, 219-222
    - Neutrinoproduktion 102
  - Superstrings 157, 158, 160, 162
  - Supersymmetrie von Teilchen 107, 108, 158, 162, siehe auch Eichsymmetrie
  - Supraleiter 171
  - SWMT, siehe Schwach wechselwirken-  
de massereiche Teilchen
  - Symmetrie von Teilchen
    - Ladungskonjugation (C) 106

- Parität (P) 106
- Positronen und Elektronen 106

**T**

- t'Hooft, Gerard 106
- T-Symmetrie 106
- Teilchen, siehe Supersymmetrie von Teilchen; Symmetrie von Teilchen; Schwach wechselwirkende massereiche Teilchen;  $\tau$ -Teilchen
- $\tau$ -Teilchen 97
- Teilchensymmetrie
  - Schattenmaterie 162-164
  - Symmetriebrechung 165
- Thermodynamik
  - allgemeine Regel der 233
  - zweiter Hauptsatz der 224
- Thompson, Christopher 171
- Tipler, Frank 247
- Tonry, John 150

**U**

- Unebenheit 88
- Universum, siehe Weltall
- Urknall
  - Anfangsfluktuationen 67
  - Auswirkung auf Bosonen 161
  - Beginn der Zeit 222
  - energiereiche Teilchen 86
  - Entstehung der Elemente 211
  - Frühstadium 16, 67, 71, 72, 74
  - Galaxienbildung 51
  - Helium 163, 201, 212
  - Modelle 211, 212
  - Neutronenerzeugung 75
  - Photonenerzeugung 75
  - Rotverschiebung 48
  - Temperatur 98
- Urknall, Bedingungen 16

**V**

- Verpaßte Galaxien 193
- Viele-Welten-Deutung 238, 239
- Vilenkin, Alexander 166
- Virgohaufen 56
- Volkoff, George 141
- Von-unten-, Von-oben-Szenarien 70, 76
- Vorgalaktische Objekte 81

**W**

- Wasserstoff
  - Energieniveaus 195, 196
- Weinberg, Steven 247
- Weißer Zwerge 36, 91, 125, 140
- Weltall
  - Alter 48
  - alternatives 229-233
  - anthropisch 17
  - Aufbau 15, 16
  - Ausdehnung, siehe Ausdehnung des Weltalls
  - Dimensionalität des Weltalls 222-228
  - Entstehung 86
  - Feinstrukturkonstante der Gravitation 229
  - flach 27, 31-35, 63, 67, 71, 72, 74, 75, 77, 80, 84, 90, 91, 92
  - früh 25, 34, 35
  - Fundamentalkonstanten 228, 229, 233
  - Gravitationswellen 179
  - homogen 29
  - Inflation 34, 239-244, siehe auch Inflationstheorie
  - Inflationstheorie 162
  - isotrop 29
  - kalte dunkle Materie 77, 118
  - Lebensfähigkeit 234, 235
  - Lyman-Wald 198-204
  - menschliches Verständnis des 207
  - Neutrino-dominiert 75, 76, 80, 81
  - Phasenübergang 240
  - Rand 51
  - Temperatur 68, 69, 93
  - Zukunft 90-94
- Weyl, Hermann 28
- Wheeler, John 137, 228
- Whitrow, G.J. 227
- Witten, Ed 111, 171
- Wolken 195, 196, 198, 199, 200, 201

**Z**

- Zeitpfeile 223, 225
- Zeitschleifen 225
- Zel'dowitsch, Yakov 166
- Zenos Paradoxon 223
- Zuckerman, Benjamin 124
- Zufall 16, 77, 84
- Zwergsterne 112