
Literatur

1. Einstein, A.: Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, 23. Aufl. Springer, Berlin (2001)
2. Friedmann, A.: Die Welt als Raum und Zeit, 3. Aufl. (2006) Deutsch (Harri), Frankfurt a. M.
3. Boggess, N.W., et al.: *Astrophys. J.* **397**, 420 (1992)
4. Fixsen, D.J., et al.: *Astrophys. J.* **420**, 445 (1994)
5. Riess, A., et al.: *Astron. J.* **516**, 1009 (1998)
6. Riess, A., et al.: *Astron. J.* **560**, 49 (2001)
7. Perlmutter, S., et al.: *Int. J. Mod. Phys. A* **15 S1**, 715 (2000)
8. Peebles, P.J.E., Ratra, B.: *Rev. Mod. Phys.* **75**, 559 (2003)
9. Guth, A.: Die Geburt des Kosmos aus dem Nichts. Droemer, München (2002)
10. Linde, A.: Elementarteilchenphysik und inflationäre Kosmologie. Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg (2000)
11. Gell-Mann, M.: *Phys. Lett.* **8**, 214 (1964)
12. Higgs, P.W.: *Phys. Rev. Lett.* **12**, 132 (1964)
13. Higgs, P.W.: *Phys. Rev. Lett.* **13**, 508 (1964)
14. Higgs, P.W.: *Phys. Rev.* **145**, 1156 (1966)
15. Englert F., Brout, F.: *Phys. Rev. Lett.* **13**, 321 (1964)
16. Guralnik G.S., Hagen, C.R., Kibble, T.W.B.: *Phys. Rev. Lett.* **13**, 585 (1964)
17. Kibble, T.W.B.: *Phys. Rev.* **155**, 1554 (1967)
18. t'Hooft, G.: *Nucl. Phys. B* **33**, 173 (1971)
19. t'Hooft, G.: *Nucl. Phys. B* **35**, 167 (1971)
20. t'Hooft, G., Veltmann, M.T.: *Nucl. Phys. B* **50**, 318 (1972)
21. BES Collaboration: *Phys. Rev. Lett.* **88**, 101802 (2002)
22. Crystal Ball Collaboration: SLAC-PUB-5160 (1989)
23. LENA Collaboration: *Z. Phys. C* **15**, 299 (1982)
24. MD-1/VEPP-4 Collaboration: *Z. Phys. C* **70**, 31 (1996)
25. Tasso Collaboration: *Z. Phys. C* **22**, 307 (1984)
26. Tasso Collaboration: *Phys. Lett. B* **138**, 441 (1984)

27. Jade Collaboration: Phys. Rep. **148**, 67 (1987)
28. Pluto Collaboration: Phys. Rep. **83**, 151 (1982)
29. Mark J Collaboration: Phys. Rev. D **34**, 681 (1986)
30. Cello Collaboration: Phys. Lett. B **183**, 400 (1987)
31. ATLAS Collaboration: Phys. Lett. B **716** 1 (2012)
32. CMS Collaboration: Eur. Phys. J. C **74** 3076 (2014)
33. Yang, C.N., Mills, R.L.: Phys. Rev. **96**, 191 (1954)
34. Fritsch H., Gell-Mann, M., Leutwyler, H.: Phys. Lett. B **74**, 365 (1973)
35. Weinberg, S.: Phys. Rev. **28**, 4482 (1973)
36. Glashow, S.L.: Nucl. Phys. B **22**, 579 (1961)
37. Ward, J.C., Salam, A.: Phys. Lett. **19**, 168 (1964)
38. Salam, A.: Elementary Particle Theory, Hrsg. N. Svartholm (Almquist und Wiskell, Stockholm 1968)
39. Weinberg, S.: Phys. Rev. Lett. **19**, 1264 (1967)
40. Symanzik, K.: Comm. Math. Phys. **18**, 227 (1970)
41. Callan, C.G.: Phys. Rev. D **2**, 1541 (1970)
42. Gross, D.J., Wilczek, F.: Phys. Rev. Lett. **30**, 1343 (1973)
43. Politzer, H.D.: Phys. Rev. Lett. **30**, 1346 (1973)
44. Jade Collaboration: Eur. Phys. J. C **1**, 461 (1998)
45. Jade Collaboration: Phys. Lett. B **459**, 326 (1999)
46. Topaz Collaboration: Phys. Lett. B **313**, 475 (1993)
47. DELPHI Collaboration: Z. Phys. C **73**, 229 (1997)
48. ALEPH Collaboration: Z. Phys. C **73**, 409 (1997)
49. DELPHI Collaboration: Eur. Phys. J. C **14**, 557 (2000)
50. L3 Collaboration: Phys. Lett. B **489**, 65 (2000)
51. OPAL Collaboration: Phys. Lett. B **371**, 137 (1996)
52. OPAL Collaboration: Z. Phys. C **75**, 193 (1997)
53. LEP QCD Annihilations Working Group, <https://lepqcd.web.cern.ch/LEPQCD/annihilations/>
54. Georgi H., Glashow, S.L.: Phys. Rev. Lett. **32**, 438 (1974)
55. Wess, J., Zumino, B.: Phys. Lett. B **49**, 52 (1974)
56. Nilles, H. P.: Supersymmetry, Supergravity And Particle Physics, Phys. Rept. **110**, 1 (1984)
57. Okada, Y., Yamaguchi, M., Yanagida, T.: Prog. Theor. Phys. **85**, 1 (1991)
58. Ellis, J. R., Ridolfi, G., Zwirner, F.: Phys. Lett. B **257**, 83 (1991)
59. Kaluza, T.: Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin (Math. Phys.), 966 (1921)
60. Klein, O.: Z. Phys. **37**, 895 (1926)
61. Polchinski, J.: Phys. Rev. Lett. **75**, 4724 (1995)
62. Carter, B.: Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology. In: IAU Symposium 63: Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data, Dordrecht: Reidel (1974), S. 291-298
63. Weinberg, S.: Phys. Rev. Lett. **59**, 2607 (1987)
64. Susskind, L.: The Anthropic landscape of string theory. In: Universe or multiverse?, Hrsg. B. Carr (2003), S. 247–266, arXiv:hep-th/0302219

Sachverzeichnis

A

ALICE, 114
 α -Strahlung, 8
Amplitude, 48, 49, 53
Anderson, C.D., 10
anthropisches Prinzip, 185
Antimaterie, 20, 27
Antiteilchen, 12, 69, 73, 101
Äquivalenzprinzip, 43
Astroteilchenphysik, 124, 125
ATLAS, 114, 117
Atom, 4–6, 73–76
 Aufbau, 4–6
 Durchmesser, 4
 Kern, 4–10
 Masse, 7
Atomzahl, 6
Auflösungsvermögen Δ , 11, 52

B

Baryon, 6, 10–12, 80
Bequerel, A.H., 7
Beschleuniger, 109–118
 Ring-, 109–118
 β -Funktion, 160
 β -Strahlung, 8, 9
Bethe-Weizsäcker-Formel, 13
B-Factories, 123
Big Bang, 3, 19, 21, 26, 27
BNL, 122
Bohr, N., 76
Bohr'scher Radius, 74
Bohr'sches Atommodell, 73–76, 113
Boson, 73
 W-, 87–93, 145
 X-, 166
 Z-, 87–93, 125, 126, 146

Brout, R., 95
Bunch, 113, 117

C

Cabibbo-Kobayashi-Maskawa-Matrix, 89
Cartesisches Koordinatensystem, 39
Cavity, 113
CERN, 91, 98, 122
Chadwick, J., 6
Charpak, G., 115
CMS, 114
Cobe, Satellit, 21
Confinement, 80, 83
Coulomb-Lösung, 52
CP-Transformation, 101
CP-Verletzung, 102
Cronin, J.W., 102
Curie, Marie, 7
Curie, Pierre, 7

D

d-Branes, 184
de Broglie-Wellenlänge, 51
de Sitter-Universum, 25
Detektor, 62, 112–118
 Vertex-, 116
Dichteschwankungen, 21, 26, 27
Dicke, R., 21
differentieller Wirkungsquerschnitt, 61
Dimension
 Raum-Zeit, 15, 16, 35
 zusätzliche, 172–186
dimensionale Transmutation, 161
Dirac, P., 10
Dopplereffekt, 2
Drehimpuls, 71–74
Dualität, 181, 183

dunkle Energie, 17, 22–24, 27
 dunkle Materie, 22–24, 26, 124, 125, 172

E

Eichboson, -feld, 139–148
 Eichsymmetrie, 139–148
 Eichtheorie
 abelsche, 144
 nichtabelsche, 144
 Eichtransformation, 139–148
 Eigenzeit, 32, 35
 Einstein, A., 7, 10, 17, 148
 elektromagnetische Strahlung, 9, 20, 50
 Elektron, 4–6, 8, 9, 12
 Ladung, 4
 Masse, 7, 88
 Elektronvolt, 82
 Element, 4
 chem. Symbol, 6
 Elementarladung, 4, 146
 Energie, 37–39, 51, 52, 82
 Bindungs-, 7–10, 13
 kinetische, 7, 37, 51, 74, 79, 80
 potentielle, 74, 75, 79, 80, 96, 97
 Energieerhaltung, 60, 63, 64, 110
 Energie-Impuls-Vektor, 38
 Englert, F., 95, 132
 Euklidischer Raum, 36

F

Familie, 88, 89
 Farbe (der starken Wechselwirkung), 77, 121, 122
 Feinstrukturkonstante
 elektrische, 68, 157
 schwache, 91, 160
 starke, 78, 160, 162
 Fermion, 73, 101
 Feynman, R.F., 158
 Feynmandiagramm, 63, 64, 66, 68
 Feynmanregeln, 66, 68, 73
 Fitch, V.L., 102
 fixed-target-Experiments, 111
 Friedmann, A., 18
 Friedmann, J.I., 12
 Friedmann-Robertson-Walker-Gleichungen, 18, 25

G

Galaxie, 1, 2, 15, 17, 22, 23
 γ -Strahlung, 9, 10, 50
 Gamow, G., 21
 Gaugino, 169
 Gell-Mann, M., 83

Geo 600, 55
 Glashow, S.L., 146
 Glueball, 84
 Gluino, 169
 Gluon, 77–84
 Gluon-Fusion, 127, 128
 Gravitation, 3, 147
 Quanten-, 172–174, 177, 181
 Gravitationsbeschleunigung, 43
 Gravitationsfeld, 47
 Gravitationskonstante, 18, 175
 Gravitationswellen, 53–56
 Gravitino, 169
 Graviton, 172–175
 Gross, D.J., 161
 Gruppe, 134
 Dreh-, 134
 nichtabelsche, 134
 Renormierungs-, 159, 160
 Symmetrie-, 134
 Guralnik, G.S., 95
 GUT, 164

H

Hadron, 80, 82, 84
 Hadronisierung, 119, 121
 Hagen, C.R., 95
 Hess, V., 103
 Hierarchieproblem, 167–172
 Higgs
 -Boson, 95–100, 122, 125, 126
 -Feld, 95–100, 138, 145
 -Masse, 98, 170
 Higgs, P.W., 95, 132
 Higgsino, 169, 172
 Hubblekonstante, 2, 15, 22
 Hulse, R.A., 53

I

ILC, 114
 Impaktparameter, 60–62
 Inflation, 24–26, 99, 100
 invariante Masse, 129–131
 Isospin, 87–89
 Isotop, 6

J

Jet, 117, 119

K

Kalorimeter, 116
 Kaluza-Klein-Zustände, 180, 181
 Kendall, H.W., 12
 Kibble, T.W.B., 95

Klein-Gordon-Gleichung, 47, 48, 51, 53, 58, 59, 139–143
 kompakter Raum, Dimension, 178–181, 184
 komplexe Zahl, 135, 136
 komplexes Feld, 136, 137
 Kopplungskonstante, 66, 68, 95, 153–161, 163–166
 kosmische Hintergrundstrahlung, 21, 26, 27
 kosmische Strahlung, 103, 104, 124
 kosmologische Konstante, 17, 27, 99, 184, 185
 kovariante Ableitung, 141

L

Ladungskonjugation, 101
 Landau-Eichung, 143
 Landscape, 184, 185
 Laser, 54, 55
 Ledermann, L.M., 88
 Lee, T.-D., 95
 LEP, 98, 112, 122, 126
 Lepton, 12, 13, 73
 μ^- -, 88
 LHC, 98, 112–114, 118, 123, 126, 170
 LHCb, 114
 Licht-an-Licht-Streuung, *siehe*
 Photon-Photon-Streuung
 Lichtgeschwindigkeit, 1, 38, 39, 50
 Lichtjahr, 1
 Ligo, 55
 Lorentzkraft, 57, 113, 114, 116
 Lorentz-Transformation, 33, 36, 59

M

Materiedichte, 17, 19, 22, 27
 Mather, J.C., 21
 Meson, 80, 82
 π^- -, 81, 122
 J/Ψ -, 122
 K^- -, 82, 101, 102
 Metrik, 17, 40, 41, 47, 53, 148
 Mills, R.L., 144
 Minkowski-Metrik, 41
 Minkowski-Raum, 36
 Moduli, 184
 Molekül, 3, 5, 6
 Mott'sche Streuformel, 67
 M-Theorie, 181
 Multiverse, 185
 Myon, *siehe* μ^- -Lepton

N

Neutrino, 8, 12, 88
 Experimente, 124
 Massen, 103–107

Oszillationen, 102–107
 Neutrinos
 atmosphärische, 103, 104, 124
 kosmische, 103, 124
 solare, 103, 104, 124
 Neutron, 6–11, 80
 Masse, 7, 85
 Newton'sche Konstante, 18, 41

O

Orbifold, 181

P

Paritätstransformation, 94, 101
 Paritätsverletzung, 93–95
 Pauli, W., 9
 Penzias, A.A., 21
 Perl, M.L., 88
 Photino, 169
 Photon, 9, 10, 38, 62–74, 141–146
 Photon-Photon-Streuung, 69, 70
 Pierre Auger-Observatorien, 124
 Planck, Max, 51
 Planck, Satellit, 26, 27
 Planckmasse, 174, 176
 Planck'sche Konstante, 51, 65, 72, 73
 Plasma, 21
 Polarisationsvektor, 72, 93, 94
 Politzer, H.D., 161
 Positron, 10, 12
 Propagator, 66, 73
 Proportionalkammer, 115
 Proton, 6–11, 80
 Masse, 7, 85, 161
 Zerfall, 166, 171
 Pulsar, 53

Q

Quantenchromodynamik, 77
 Quantenelektrodynamik, 62–70
 Quantenfeldtheorie, 51, 66, 69, 110, 137, 153
 Quantengravitation, 172–174, 177, 181
 Quantenkorrektur, 153
 Quantenmechanik, 10, 65–67, 73, 110
 Quark, 10–12, 73, 77–85
 b-, Bottom-, 82, 88, 150
 c-, Charm-, 82, 88, 150
 d-, Down-, 10, 12, 88, 150
 s-, Strange-, 82, 88, 150
 t-, Top-, 82, 88, 150
 u-, Up-, 10, 12, 88, 150

R

Radioaktivität, 7–10

Raum-Zeit-Krümmung, 16, 17, 39–44, 47
 Reines, F., 9
 Renormierbarkeit, 158
 Renormierungsgruppengleichung, 159, 160
 Richter, B., 122
 Rubbia, C., 91
 Rutherford, E., 12, 62
 Rutherford'sche Streuformel, 62
 R-Verhältnis, 120
 Rydberg-Energie, 74

S

Salam, A., 146
 schwacher Mischungswinkel, 91, 146
 Schwartz, M., 88
 schwarzes Loch, 43–45
 Schwarzschild-Radius, 44
 Schwerkraft, 12, 42
 Schwinger, J., 158
 Skalarfeld, 47
 Skalenfaktor, 15
 SLAC, 122
 Slepton, 169
 Smoot, G.F., 21
 Speicherring, 109
 Spin, 71–73, 93
 spontane Symmetriebrechung, 135, 138
 SPS Speicherring, 91
 Squark, 169–171
 Steinberger, J., 88
 Streuung
 elastische, 109
 inelastische, 110
 Streuwinkel, 60, 64, 66
 Stringtheorie, 175–186
 Bosonische, 176, 177
 geschlossene, 175, 181–183
 offene, 175, 178, 181–184
 Super-, 176, 177, 181
 Supergravitationstheorie, 169
 Supersymmetrie, 167–172
 Symmetrie, 133
 Synchrotronstrahlung, 113

T

Tama, 55
 Taylor, J.H., 53
 Taylor, R.R., 12
 t'Hooft, G., 95
 Ting, S., 122
 Tomonaga, S.-I., 158
 Trigger, 117

U

UA1-Detektor, 91
 Unitarität, 137, 138
 Universum
 Ausdehnung, Expansion, 2, 3, 15–19
 Geschichte, 3, 19–21
 Temperatur, 19, 21
 Urknall, *siehe* Big Bang

V

Van der Meer, S., 91
 Van der Waals-Kräfte, 5, 10
 Vektor-Boson-Fusion, 127, 128
 Vektorfeld, 47, 57, 58, 72, 140
 Veltman, M.J., 95
 Vertex, Vertizes, 65, 69, 96
 Virgo, 55
 virtuelles Teilchen, 65, 66

W

Weinberg, S., 146
 Weinbergwinkel, *siehe* schwacher
 Mischungswinkel
 Wellenlänge, 49–51
 Weltfläche, 177, 178, 182, 183
 Wilczek, F., 161
 Wilson, R.W., 21
 WIMPs, 26
 Wu, C.-S., 95

Y

Yang, C.N., 95, 144
 Yang-Mills-Theorie, 144
 Yukawa, H., 98
 Yukawa-Kopplungen, 98, 102