

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Die Bausteine des Atoms .....</b>	<b>1</b>
1.1 Die Anfänge der Atomforschung .....	1
Die Entdeckung des Elektrons .....	2
Der Rutherfordsche Streuversuch .....	5
Elemente und Isotope .....	8
1.2 Radioaktivität .....	13
1.3 Die Bausteine des Atomkerns .....	16
Das Proton .....	16
Das Neutron .....	17
Kernkräfte .....	19
1.4 Sichtbarmachen eines Teilchens .....	21
Nebelkammern und Blasenkammern .....	24
Čerenkov-Zähler, Filme und Funkenkammern .....	26
<b>2. Physikalische Gesetze für kleine Teilchen .....</b>	<b>29</b>
2.1 Die Relativitätstheorie .....	29
Masse und Energie .....	31
2.2 Die Doppelnatur des Lichts .....	33
Was ist Licht? .....	33
Strahlung des schwarzen Körpers .....	35
Wellen und Teilchen .....	37
Der Compton-Effekt .....	39
2.3 Das Bohrsche Atommodell .....	39
2.4 de Broglie: das Elektron ist eine Welle .....	41
Große und kleine Körper .....	43
2.5 Quantenmechanik .....	44
Heisenberg und die ‚magischen Quadrate‘ .....	45
Schrödinger und die Wellengleichung .....	47
Die Heisenbergsche Unschärferelation .....	49
Wahrscheinlichkeit in der Quantentheorie .....	50
Revolution der Begriffe .....	52
2.6 Eigenschaften, die das Teilchen charakterisieren	
– die Entdeckung des Spins .....	54
Was ist Spin? .....	55

X      Inhaltsverzeichnis

Rotiert das Elektron wirklich um seine Achse? .....	59
Spin und magnetisches Moment .....	60
Das Paulische Ausschließungsprinzip .....	62
Die Größe eines Teilchens .....	63
<b>3. Die Entdeckungen der dreißiger und vierziger Jahre ...</b>	<b>65</b>
3.1 Kosmische Strahlung .....	65
3.2 Entdeckung des Positrons .....	67
Teilchen und Antiteilchen .....	69
3.3 Das Neutrino und die schwache Wechselwirkung .....	71
3.4 Yukawas Theorie der starken Kraft .....	78
Was ist Kraft? .....	79
3.5 Das Mesonenrätsel .....	82
Neue Gesichter in der kosmischen Strahlung .....	82
Entdeckung des Myons und des Pions .....	83
Das neutrale Pion .....	86
3.6 Die Eigenschaften der Pionen .....	87
3.7 Die Eigenschaften der Myonen .....	90
<b>4. Teilchenbeschleuniger – oder von Jägern zu Züchtern ...</b>	<b>93</b>
4.1 Die ersten Beschleuniger .....	93
4.2 Konstruktion eines modernen Teilchenbeschleunigers .....	94
Linearbeschleuniger .....	97
Ringbeschleuniger .....	99
4.3 Der Physiker als Detektiv .....	106
Massen und Lebensdauern .....	108
Elektron- und Myon-Neutrinos .....	109
Messen des Spins .....	112
Das neutrale Pion .....	112
<b>5. Seltsame Teilchen .....</b>	<b>115</b>
5.1 Der Anbruch einer neuen Ära .....	115
Unbekannte Spuren .....	116
5.2 Seltsame Teilchen .....	117
<b>6. Fundamentale Wechselwirkungen und die Klassifikation von Teilchen .....</b>	<b>123</b>
6.1 Die vier fundamentalen Wechselwirkungen .....	124
Die gravitative Wechselwirkung .....	125
Die elektromagnetische Wechselwirkung .....	129
Die schwache Wechselwirkung und die elektroschwache Theorie .....	131
Die starke Wechselwirkung .....	133

6.2	Die relative Stärke der fundamentalen Wechselwirkungen	134
6.3	Die Klassifikation von Teilchen	138
<b>7.</b>	<b>Erhaltungssätze</b>	<b>141</b>
7.1	Erhaltungssätze und Symmetrien	141
7.2	Erhaltung der Energie und der Masse	145
7.3	Die Erhaltung des Impulses	147
7.4	Die Erhaltung des Drehimpulses	151
	Drehimpuls in der Quantenmechanik	153
7.5	Die Erhaltung der elektrischen Ladung	156
	Neue Erhaltungssätze	157
7.6	Erhaltung der Baryonen- und Leptonenzahlen	158
	Erhaltung der Baryonenzahl	158
	Erhaltung der Leptonenzahlen	161
7.7	Erhaltung der Seltsamkeit	163
	Seltsamkeit und die neutralen Kaonen	169
	Seltsamkeit und Teilchenmultipletts	170
7.8	Erhaltung des Isospins und seiner Komponente $I_3$	172
7.9	Das TCP-Theorem	175
7.10	Erhaltung der Parität	178
	Rechts, links, Norden und Süden	180
	Der Spiegel verzerrt schwache Wechselwirkungen	183
7.11	Erhaltungssätze – Zusammenfassung	188
<b>8.</b>	<b>Kurzlebige Teilchen</b>	<b>191</b>
8.1	Extrem kurzlebige Teilchen	191
8.2	Nachweisverfahren	192
8.3	Immer mehr Resonanzen	199
8.4	Speicherringe	201
	Die Konstruktion von SPEAR	204
<b>9.</b>	<b>Zu den Quarks – über den achtfachen Weg</b>	<b>207</b>
9.1	Das Sakata-Modell	208
9.2	Der achtfache Weg	210
9.3.	Entdeckung des Omega-Minus	216
9.4	Das Quarkmodell	221
9.5	Die eingeschlossenen Quarks	227
9.6	Experimenteller Beweis des Quarkmodells	232
9.7	Farbige Quarks	236
9.8	Quantenchromodynamik und Gluonen	237
<b>10.</b>	<b>Weitere Quarks – oder Charm, Top und Bottom</b>	<b>241</b>
10.1	Die Theorie erfordert ein neues Quark	241
10.2	Eine schmale Resonanz bei 3.1 GeV	244

## XII Inhaltsverzeichnis

10.3	J, $\psi$ , Charmonium .....	250
10.4	Das Spektrum von Charmonium .....	252
10.5	Die Suche nach Charm .....	254
10.6	Ein weiteres Quark erscheint auf dem Plan .....	258
10.7	Die Zahl der Leptonen wächst ebenfalls .....	265
	Sonnen-Neutrinos und die Masse des Neutrinos .....	267
10.8	Die Entdeckung der Träger der schwachen Wechselwirkung .....	271
	Der Proton-Antiproton-Beschleuniger des CERN .....	274
10.9	Zählung der Generationen durch neue Elektron- Positron-Beschleuniger .....	279
	Der LEP am CERN .....	281
	Der Linear-Collider von Stanford .....	283
	Ein doppeltes Wettrennen .....	284
10.10	Der Weg nach ‚oben‘, oder Entdeckung des Top-Quarks ..	285
	Der Tevatron-Collider am Fermilab .....	286
	Suche nach dem Top-Quark .....	287
	Endlich das Top-Quark .....	288
<b>11.</b>	<b>Das Standardmodell und weitergehende Theorien .....</b>	<b>291</b>
11.1	Das Standardmodell .....	291
	Spontane Symmetriebrechung .....	294
	Das Higgs-Boson .....	295
11.2	Jenseits des Standardmodells .....	296
	Sind Quarks und Leptonen wirklich elementar? .....	297
	Die Vereinheitlichung der fundamentalen Wechselwirkungen .....	298
	Kaluza-Kleinsche Theorien und Supergravitation .....	299
	Superstringtheorien .....	301
11.3	Die Zukunft der Beschleuniger .....	302
	Aufstieg und Fall des SSC .....	303
	Neue Beschleuniger am Fermilab und am SLAC .....	304
	Der LHC am CERN .....	304
	HERA am DESY – wo Protonen auf Elektronen treffen ..	305
	Beschleuniger mittlerer Energie .....	305
11.4	Teilchenphysik und Astronomie .....	306
11.5	Zukünftige Trends .....	309
<b>Anhang</b>	.....	<b>311</b>
A.1	Eigenschaften semistabiler Teilchen .....	311
A.2	Das griechische Alphabet .....	312
<b>Namensverzeichnis</b>	.....	<b>313</b>
<b>Sachverzeichnis</b>	.....	<b>317</b>