

Inhalt

Vorwort Harald Lesch	11
Prolog – Können wir die Welt verstehen?	15
1 Himmelsmechanik – Vom Mythos zum Logos	27
1.1 Scheibe von Nebra.	
Wie erstellt man einen Kalender?	27
1.2 Aristoteles, Aristarch und Eratosthenes.	
Welche Form hat unser Planet, und wie groß ist er? . . .	31
2 Klassische Mechanik – auf den Schultern von Riesen	43
2.1 Copernicus, Brahe und Kepler.	
Alles dreht sich – aber um was eigentlich?	43
2.2 Galilei. Wie fallen Körper zu Boden?	54
2.3 Newton und Cavendish.	
Wie wirkt Gravitation auf Massen?	70
2.4 Newton und seine geometrischen Beweise.	
Es geht auch ohne höhere Mathematik	81
2.5 Römer. Wie schnell ist das Licht?	91
2.6 Potential und Lagrange-Punkte.	
Wie spüren entfernte Körper die Gravitation?	95
2.7 Spektralanalyse – der kosmische Code.	
Was sehen wir da draußen? Woraus besteht das alles?	113
2.8 Planck und Wien.	
Wie messen wir Temperatur im Universum?	122
2.9 Leavitt und Chandrasekhar.	
Wie weit sind Sterne und Galaxien von uns entfernt? . . .	125
2.10 Prinzip der minimalen Wirkung.	
Wie funktioniert die Welt?	134

Inhalt	6
3 Elektromagnetismus.	
Eine Entdeckung wird die Welt verändern	149
4 Woraus besteht die Welt? Aus Atomen!	166
4.1 Gibt es wirklich Atome?	
Wenn wir sie doch nicht sehen?	172
4.2 Woraus bestehen die Atome? Geht es noch kleiner? . . .	179
4.3 Kann man Atome spalten?	
Eine Frage erschüttert die Menschheit.	181
5 Spezielle Relativitätstheorie	
Wie addieren sich Geschwindigkeiten?	185
5.1 Bezugssysteme. Sieht die Welt für alle gleich aus? . . .	185
5.2 Lichtgeschwindigkeit.	
Gibt es ein Tempolimit im Universum?	188
5.3 Lorentzfaktor.	
Was passiert bei sehr hohen Geschwindigkeiten?	189
5.4 Experimente und Beobachtungen.	
Wie kann man die Spezielle Relativitätstheorie testen? . . .	198
5.5 Zeitreisen.	
Kann man in die Vergangenheit oder die Zukunft reisen?	200
5.6 $E = m \cdot c^2$. Wie viel wiegt Energie?	208
6 Allgemeine Relativitätstheorie.	
Kann man die Gravitation geometrisch verstehen?	220
6.1 Äquivalenzprinzip.	
Kann man Raum und Zeit krümmen?	220
6.2 Dimensionen. Was ist das, und wie viele davon gibt es?	232
6.3 Einsteinsche Feldgleichung. Was ist ein Tensor?	233
6.4 Zeitdilatation und Schwarzschildradius.	
Wie verändern sich Raum und Zeit im Gravitationsfeld? .	241
6.5 Schwarzschildmetrik.	
Was passiert am Ereignishorizont Schwarzer Löcher? . .	252
6.6 Experimente und Beobachtungen.	
Wie wurde die Allgemeine Relativitätstheorie bestätigt? .	260

6.7	Eigenzeit.	
	Gibt es auch in der ART ein Extremalprinzip?	275
6.8	Geodäte.	
	Wenn es keine Kraft ist, was drückt uns dann zu Boden?	280
7	Quantenmechanik. Alles kann – nichts muss.	285
7.1	Plancksches Wirkungsquantum.	
	Gibt es kleinste Portionen von allem?	285
7.2	Fermatsches und Huygenssches Prinzip.	
	Ist Licht eine Welle?	299
7.3	Doppelspalt. Erster Akt.	308
7.4	Photoeffekt und Compton-Streuung.	
	Das Teilchen schlägt zurück.	315
7.5	Wellenfunktion und Schrödingers Katze.	
	Gott würfelt nicht, aber er ist ein Hütchenspieler	325
7.6	Schrödingergleichung und Tunneleffekt.	
	A bissel was geht immer	339
7.7	Pauliprinzip – Orbitale – Kernmodell.	
	Warum fallen Orangen nicht durch Tische?	351
7.8	Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation.	
	Wie genau kann man etwas messen?	371
7.9	Quantenfluktuationen – Casimir-Effekt – Lamb-Verschiebung.	
	Im Nichts ist einiges los!	377
7.10	Zeitabhängige Schrödingergleichung.	
	Die Welt beginnt sich zu drehen	382
7.11	Bohmsche Mechanik und Multiversen.	
	Kann man Quantenmechanik auch anders verstehen?	400
7.12	Quantenradierer.	
	Kann man die Vergangenheit ändern?	407

8	Quantenelektrodynamik.	
	Wie wechselwirkt Licht mit Materie?	416
8.1	Fermat reloaded.	
	Woher kennen Photonen den schnellsten Weg?	418
8.2	Reflexion am Spiegel.	
	Einfallswinkel gleich Ausfallwinkel?	425
8.3	Elektromagnetische Strahlung.	
	Fliegen Photonen geradeaus?	433
8.4	Pfadintegralformalismus. Nichts ist unmöglich	441
8.5	Doppelspalt reloaded. Endlich Antworten!	462
8.6	Rotverschiebung reloaded. Drei auf einen Streich	464
8.7	Zweite Quantisierung. Vom Feld zum Quantenfeld	471
8.8	Renormierung und Vakuum. Wie viel ist nichts?	481
8.9	Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante.	
	Woher kommt diese Zahl?	494
8.10	Feynman-Diagramme. Bildchen statt Mathematik.	507
8.11	Anomales magnetisches Moment.	
	Wie genau stimmt das alles eigentlich?	514
9	Quantenchromodynamik (QCD).	
	Was hält die Atomkerne zusammen?	524
9.1	Quarks und Farbladung. Jetzt wird's bunt!	525
9.2	Confinement und asymptotische Freiheit.	
	Gibt es einzelne Quarks?	538
10	Quantenflavourdynamik (QFD). Wie zerfallen Teilchen?	548
11	Standardmodell. Der große Wurf?	562
11.1	Eichsymmetrie und Noethertheorem.	
	Noch ein Abstraktionsgrad höher	563
11.2	Gruppentheorie. Mathematik verleiht Flügel	569
11.3	Higgsmechanismus.	
	Masse oder nicht Masse, das ist hier die Frage!	576
11.4	CPT-Invarianz.	
	Funktioniert unser Weltbild auch	
	im Spiegel betrachtet?	589

12	Jenseits des Standardmodells. Auf zu neuen Ufern!	599
12.1	Große vereinheitlichte Theorie. Lässt sich die Welt mit nur einer Kraft beschreiben?	599
12.2	Supersymmetrie. Hat jeder Topf seinen Deckel?	603
12.3	Dunkle Materie und Dunkle Energie. Was wir wissen, ist ein Tropfen – was wir nicht wissen, ein Ozean	608
12.4	Weltformel. Gibt es eine Gleichung, die alles beschreibt?	628
12.5	Quantengravitation. Lässt sich die Gravitation quantisieren?	633
12.6	Stringtheorie. Besteht die Welt aus schwingenden Fäden?	636
13	Epilog.	648
 Einschübe		
	Infinitesimalrechnung	60
	Zwillingsparadoxon	203
	Plancksches Strahlungsgesetz	289
	Komplexe Zahlen	389
	Rechnen mit Unendlichkeiten	455
	Fourier-Entwicklung	468
 Anhang		
	Dank	653
	Register	654
	Bildnachweis	671