

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XI

1	Eine kurze Einführung in die moderne Physik	1
1.1	Die Anfänge der Naturwissenschaft in der Antike	2
1.2	Newtonsche Mechanik	4
1.3	Lagrangesche und hamiltonsche Mechanik	5
1.4	Maxwells Theorie des Elektromagnetismus	6
1.5	Aufbruch in die vierte Dimension: Relativitätstheorie	8
1.6	Die Entdeckung des Zufalls: Quantenmechanik	10
1.7	Die seltsame Theorie: Quantenfeldtheorie	13
1.8	Der Weg in die Zukunft: Quantengravitation	14
2	Symmetrie und Erhaltungssätze	17
2.1	Rätsel zur Motivation	18
2.2	Symmetrie: Schönheit als Naturprinzip	20
2.3	Das Noether-Theorem	23
2.4	Die Erweiterung des Symmetriebegriffs: Supersymmetrie	30
2.5	Quasikristalle und Quasisymmetrie	31
2.6	Strings und die Erhaltung der elektrischen Ladung	33
2.7	Spontane Symmetriebrechung	36
3	Symmetriebrechung	37
3.1	Und sie bewegt sich doch: Symmetriebrechung und die Bewegung der Erde	38
3.2	Spontane Symmetriebrechung	40
3.3	Spontane Symmetriebrechung und Magnetismus	43
3.4	Verkehrsplanung mit Symmetrie: vier Städte	45
3.5	Symmetriebrechung und das Higgs-Boson	48
3.6	Die große Vereinheitlichung der Kräfte	51
3.7	Supraleitung und Symmetriebrechung	52
3.8	Ein ungewöhnliches Beispiel: starre Körper	53
3.9	Rechts und links in der Natur: Händigkeit	54

4	Die Kraft der einfachen und abstrakten Mathematik	57
4.1	Gesetze und Randbedingungen	57
4.2	Eine kurze Einführung in komplexe Zahlen	59
4.2.1	Der Fundamentalsatz der Algebra	60
4.3	Gravitationslinsen – eine Konsequenz der allgemeinen Relativitätstheorie	66
5	Kontraintuitive Mathematik	71
5.1	Vorbemerkungen	71
5.2	Paradoxa der Unendlichkeit	76
5.2.1	Alle Zimmer belegt: Hilberts Hotel und andere Unendlichkeiten	77
5.3	Verrückte Mathematik: Analytische Reihen	79
5.4	Das Ziegenparadoxon	83
6	Physikalische Intuition	91
6.1	Intuitive Physik	91
6.2	Galileo Galilei	92
6.3	Isaac Newton	93
6.4	Physikalische Intuition in der Mathematik	95
6.5	Das <i>Heureka</i> des Archimedes	100
6.6	Der Satz des Pythagoras	101
6.7	Spezielle Relativitätstheorie	103
6.8	Statistische Mechanik	104
7	Kontraintuitive Physik	111
7.1	Auftrieb einmal anders betrachtet	111
7.2	Warum können Flugzeuge fliegen?	112
7.3	Warum ist der Nachthimmel dunkel?	114
7.4	Die Maxwell-Gleichungen	115
7.5	Einstiens spezielle Relativitätstheorie	115
7.5.1	Impuls- und Energieerhaltung in Aktion	116
7.6	Paradoxa in der Quantenmechanik	117
7.6.1	Das Doppelspaltexperiment	118
7.7	Ununterscheidbarkeit in der Quantenmechanik	120
7.8	Das EPR-Paradoxon	121
7.9	Schwarze Löcher	122
7.10	Holographie: Weniger ist mehr	124
8	Natürlichkeit in der Physik: Dimensionsanalyse	127
8.1	Ein Aha-Erlebnis	127
8.2	Von großen und kleinen Zahlen: Größenordnungen	127
8.3	Dimensionsanalyse	128
8.4	Die Strahlung beschleunigter Ladungen	129
8.5	Skalierung und konforme Feldtheorien	130
8.6	Der Natur in die Karten geschaut: natürliche Einheiten	131

8.7	Schwarze Löcher	133
8.8	Symmetrie und Natürlichkeit	135
9	Unnatürlichkeit und große Zahlen	137
9.1	Wie groß ist zu groß: unnatürliche Zahlen	137
9.1.1	Das Rinderproblem des Archimedes	139
9.2	Das Aufkommen des heliozentrischen Modells und Unnatürlichkeit	140
9.3	Etwas Zahlentheorie	141
9.3.1	Ein mysteriöser Kartentrick	141
9.4	Licht und Dunkel: Der Aufbau des Universums	142
9.5	Die Geometrie der Raumzeit	143
9.6	Fragen über Fragen	145
9.7	Längenskalen	145
9.8	Zeitskalen	146
10	Partner oder Gegner: Religion und Naturwissenschaft	149
10.1	Grundlegende Fragen	150
10.1.1	Methodik	150
10.2	Naturwissenschaft <i>gegen</i> Religion	151
10.2.1	Wie alt ist das Universum?	151
10.3	Naturwissenschaft <i>und</i> Religion	152
10.4	Der Ursprung des Universums	153
10.5	Einstein und die Religion	154
10.6	Feynman und die Religion	155
10.7	Hawking und die Religion	155
10.8	Pascal und die Religion	157
10.9	Kausalität und Gott	158
11	Verschiedene Standpunkte: Dualität	161
11.1	Zwei mathematische Beispiele	162
11.2	Dualität in der Quantenmechanik	164
11.3	Maxwells Theorie	164
11.4	Dualität in der Stringtheorie	167
11.5	T-Dualität	168
11.6	Calabi-Yau-Mannigfaltigkeiten und Spiegelsymmetrien	169
11.7	Sonstige Dualitäten: Geometrie und Kraft	173
11.8	Dualität in schwarzen Löchern	176
11.9	Holographie	177
11.10	Das wignersche Gesetz	178
12	Zusammenfassung	181
12.1	Symmetrie und Symmetriebrechung	182
12.2	Eichsymmetrie	184
12.3	Intuitive Mathematik	186
12.4	Kontraintuitive Mathematik	187

x | Inhaltsverzeichnis

- 12.5 Intuitive und unintuitive Physik 188
- 12.6 Natürlichkeit 189
- 12.7 Physik und Religion 190
- 12.8 Dualität 191

Stichwortverzeichnis 193