

Inhalt

Einleitung.....	V
Inhalt.....	IX

1 Astronomie und Astrophysik.....	1
Die Sonne und ihr Magnetfeld – Sonnenflecken und Flares.....	2
Die Entstehung des Sonnensystems – Akkretionsscheiben und Protoplaneten.....	4
Die Entstehung des Mondes – Wie der Einschlag des Planeten Theias den Mond erschuf.....	6
Vulkane im Sonnensystem – Gezeitenkräfte, Pizza-Mond und Kryovulkane.....	8
Die Kepler'schen Gesetze – Wie sich die Planeten bewegen.....	10
Satelliten mit geosynchronen Orbits – Kunstvolle Schleifen am Himmel.....	12
Raketenmanöver – Der Tanz durch das Sonnensystem.....	14
Der Rand des Sonnensystems – Wo genau zieht man die Grenze?.....	16
Extrasolare Planeten – Die Suche nach Planeten jenseits des Sonnensystems.....	18
Der Sternenhimmel – Sterne, Planeten und die Milchstraße.....	20
Die Geburt von Sternen – Wie kontrahierende Gaswolken zu Sternen werden.....	22
Spektralklassen – Welche Farbe haben Sterne?.....	24
Das Hertzsprung-Russell-Diagramm – Temperatur, Leuchtkraft und Lebensweg der Sterne.....	26
Cepheiden – Sterne mit Herzschlag.....	28
Planetarische Nebel – Das Ende gewöhnlicher Sterne.....	30
Weißer Zwerge – Ausgebrannte gewöhnliche Sterne.....	32
Thermonukleare Supernovae – Wenn weißer Zwerge zu nuklearen Bomben werden.....	34
Kollaps-Supernovae – Das Ende massereicher Sterne.....	36

Neutronensterne – Ausgebrannte massereiche Sterne	38
Monstersterne und Hypernovae – Das kurze Leben und explosive Ende sehr massereicher Sterne	40
Standardkerzen – Leuchttürme im All	42
Supermassive schwarze Löcher – Schwerkraftmonster in den Zentren der Galaxien.....	44
Aktive Galaxien – Intergalaktische magnetische Energieschleudern.....	46
Galaxientypen – Die Vielfalt der Galaxien	48
Das Schicksal der Milchstraße – Wenn Milchstraße und Andromedagalaxie sich treffen	50
Verschmelzende Galaxien – Kollision der Giganten	52
2 Elektromagnetismus und Licht.....	55
Vektorfelder und Feldlinien – Richtungsweisende Hilfszeichnungen	56
Die elektromagnetische Wechselwirkung – Maxwells Gleichungen der elektromagnetischen Felder.....	58
Hertz'scher Dipol – Schwingen und streuen	60
Gewitter – Blitze, Elmsfeuer und Rote Kobolde	62
Farben – Wie bunt ist die Welt?	64
Lichtbrechung – Licht auf krummen Touren	66
Regenbogen – Ästhetische Lichtbrechung an Wassertropfen	68
Anisotrope Medien – Doppelt sehen ohne Alkohol	70
Optische Linsen – Abbildungen und Abbildungsfehler	72
Adaptive Optiken – Intelligente Spiegel	74
Luftspiegelungen – Fliegende Holländer, Fata Morganas und Phantominseln	76
Tarnvorrichtungen – Metamaterialien und der Traum von der Unsichtbarkeit	78
3 Mechanik und Thermodynamik	81
Newtons Gesetze der Mechanik – Warum bewegt sich ein Körper?.....	82
Das Prinzip der kleinsten Wirkung – ... und das Noether-Theorem.....	84
Das Foucault'sche Pendel – Der Nachweis der Erdrotation	86
Kräftefreie Kreisel – Frei rotierende Körper in der Schwerelosigkeit.....	88
Kreisel mit äußerem Drehmoment – Präzession und Nutation	90

Newtons Gravitationsgesetz – Von fallenden Äpfeln und kreisenden Planeten.....	92
Kosmische Geschwindigkeiten – Aufstieg und Absturz im Schwerefeld der Himmelskörper.....	94
Die Gezeiten – Wie der Mond Ebbe und Flut hervorbringt	96
Das archimedische Prinzip – Oder warum Schiffe im Bermuda-Dreieck untergehen können.....	98
Die Physik der Strömungen – Wirbel und Turbulenzen.....	100
Warum fliegt ein Flugzeug? – Bernoulli oder Newton?	102
Gewöhnliche Wasserwellen – ... und ihre besonderen physikalischen Eigenschaften	104
Besondere Wasserwellen – Tsunamis, Solitonen, Monsterwellen	106
Der Lotuseffekt – Tauziehen zwischen Kohäsion und Adhäsion.....	108
Chaotische Bewegungen – Deterministisch, aber unvorhersehbar	110
Schwingende Saiten und Platten – Kann man Töne sehen?.....	112
Resonanz – Wenn man beim Schwingen die richtige Note trifft.....	114
Scheinkräfte – Wenn wir Kräfte spüren, ohne eine Ursache zu finden	116
Granulare Materie – Flüssig und fest zugleich.....	118
Brown'sche Bewegungen – Das unvorhersagbare Verhalten von Staubkörnern, Pollen und Börsenkursen....	120
Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik – Was der Zeit eine Richtung gibt	122
Dampfmaschine & Co – Wie gut kann eine Wärmekraftmaschine sein?	124
Negative absolute Temperaturen – Heißer als heiß.....	126
4 Relativitätstheorie.....	129
Was ist Zeit? – Eine hartnäckige Illusion	130
Lichtgeschwindigkeit und Spezielle Relativitätstheorie – Licht kann man nicht überholen	132
Terrellrotation – Von hinten durch die Brust ins Auge	134

$E = mc^2$ -- Masse ist eingesperrte Energie.....	136
Gravitation und Allgemeine Relativitätstheorie -- Einsteins Theorie der Gravitation	138
Die Raumzeit nicht-rotierender schwarzer Löcher -- Im Sog von Raum und Zeit.....	140
Die Raumzeit rotierender schwarzer Löcher -- Im Strudel von Raum und Zeit.....	142
Der Warp-Antrieb -- Wie man schneller als das Licht sein könnte.....	144
Wurmlöcher -- Abkürzungen durch Raum und Zeit.....	146
GPS -- Ortsbestimmung durch Satellitensignale.....	148
5 Kosmologie.....	151
Ein tiefer Blick ins Universum -- Wenn das Hubble-Teleskop in die Vergangenheit schaut.....	152
Das expandierende Universum -- Warum ist der Nachthimmel dunkel?.....	154
Die kosmische Hintergrundstrahlung -- Mikrowellen aus der Frühzeit des Universums.....	156
Dunkle Materie -- Das Universum ist schwerer als es aussieht.....	158
Beschleunigte Expansion und dunkle Energie -- Die fehlende Materieform im Universum	160
Urknall und inflationäre Expansion -- Warum der Raum flach und der Hintergrund überall gleich kalt ist...	162
Die Entstehung der Materie -- Was ab 10^{-10} Sekunden nach dem Urknall geschah.....	164
Kosmische Horizonte -- Oder wie weit wir durch Raum und Zeit sehen können.....	166
Strukturen im Kosmos -- Ein Netzwerk aus Materie	168
Entstehung kosmischer Strukturen -- Die Macht der Gravitation	170
Gravitationslinsen -- Wie man mit scheinbar verzerrten Galaxien das Universum wiegt	172
Gravitationswellen -- Rhythmische Verzerrungen von Raum und Zeit.....	174
Indirekter Nachweis von Gravitationswellen -- Kosmische Signale zur Messung der Raumzeit	176
Direkter Nachweis von Gravitationswellen -- Wie man winzigste Verzerrungen misst	178
6 Atome und Quantenmechanik.....	181
Das Bohr'sche Atommodell -- Wie kann man sich ein Atom vorstellen?	182
Atomkerne -- Seit hundert Jahren bekannt und doch nicht im Ganzen verstanden.....	184
Radioaktiver Zerfall -- Atomkerne aus dem Gleichgewicht	186
Welle-Teilchen-Dualismus -- Teilchen bewegen sich in Wellen	188

Wellenfunktion – Verschmierte Teilchen	190
Der Tunneleffekt – Teilchen ohne Aufenthaltserlaubnis	192
Der Franck-Hertz-Versuch – Energiesprünge in Atomen	194
Der Spin eines Teilchens – Quantisiertes Kreiseln	196
Das Pauli-Prinzip – Warum Elektronen sich gegenseitig meiden.....	198
EPR-Experiment und Bell'sche Ungleichung – Ist die Quantenmechanik unvollständig?	200
Quantenteleportation – Beam me up, Scotty!.....	202
Die Interpretation der Quantenmechanik – Schrödingers Katze und Everetts viele Welten	204
Plasma – Der vierte Aggregatzustand	206
Fusionsreaktoren – Hightech-Energie aus dem Sonnenfeuer.....	208
Phasenübergänge – Fest, flüssig, gasförmig – und darüber hinaus!.....	210
Bose-Einstein-Kondensate – Atome im quantenmechanischen Gleichschritt	212
Topologische Zustände der Materie – Windungen und Wirbel.....	214
Laserkühlung – Warum Gase kälter werden können, wenn man sie mit Licht bestrahlt	216
Supraleitung – Widerstand ist zwecklos	218
Supraflüssigkeiten – Nasser als nass	220
Quantenvakuum – Wie stark drückt das Nichts?.....	222
Elektronenmikroskopie – Mikroskope für den Nanometerbereich	224
Rastertunnelmikroskopie – Wie man einzelne Atome sichtbar macht.....	226
Nanowelten – Ganz unten ist eine Menge Platz.....	228
Laser – Lichtteilchen im Gleichschritt.....	230

Quantencomputer – Quantenbits: Ja, Nein und Vielleicht	232
SI-Einheiten – Maßstäbe für die Welt.....	234
7 Welt der Elementarteilchen.....	237
Das Standardmodell der Teilchenphysik – Quarks, Leptonen und drei Wechselwirkungen.....	238
Feynman-Diagramme – Die Sprache der relativistischen Quantenfeldtheorie.....	240
Die starke Wechselwirkung – Die Kraft, die Quarks verbindet	242
Die schwache Wechselwirkung – Teilchenzerfälle, W-, Z- und Higgs-Bosonen.....	244
Neutrinos – Flüchtige Geisterteilchen	246
Antimaterie – Spiegelbild und Vernichter der Materie	248
Verletzung der Spiegelsymmetrie – Die gespiegelte Welt ist anders.....	250
Quark-Gluon-Plasma – Wenn Protonen und Neutronen schmelzen	252
Die kosmische Höhenstrahlung – Energiereicher als im weltgrößten Beschleuniger.....	254
Der Large Hadron Collider (LHC) – Der mächtigste Teilchenbeschleuniger, der je gebaut wurde.....	256
Die Entdeckung des Higgs-Teilchens – Ein Meilenstein der Teilchenphysik	258
8 Kristalle und andere feste Stoffe.....	261
Plasmonen – Brilliantes Quantenleuchten	262
Ferromagnetismus – Elementarmagnete: gemeinsam sind sie stark.....	264
Kristallgitter – Die vierzehn verschiedene Arten, den Raum periodisch zu füllen.....	266
Kristallisation – Vom Keim zum ausgewachsenen Kristall.....	268
Quasikristalle – Nicht periodisch und doch symmetrisch.....	270
Flüssigkristalle – Ordentlich nass	272
Elektronen in Halbleiterkristallen – Vom Isolator zum Leiter mit einer Prise Arsen.....	274
Halbleiterdioden – Wie man elektrische Einbahnstraßen baut	276
Leuchtdioden – Leuchtende Kristalle und biegsame Bildschirme.....	278
9 Geophysik.....	281
Der innere Aufbau der Erde – Eine Reise in die Unterwelt.....	282
Die Drift der Kontinente – Konvektionsströme und Plattentektonik.....	284

Isostasie – Was Kontinente und Eisberge gemeinsam haben.....	286
Erdbeben und seismische Wellen – Wenn Kontinentalplatten sich verhaken	288
Der Erdkern als Quelle des Erdmagnetfelds – Der innere Geodynamo unserer Erde.....	290
Erdmagnetfeld und Polarlichter – Wenn der Sonnenwind den Himmel zum Leuchten bringt	292
Eiszeiten und Milankovitch-Zyklen – Warum gibt es Eiszeiten?.....	294
Gletscherbewegungen – Wandernde Riesen	296
Globale Erwärmung – Wie Treibhausgase unsere Erde aufheizen	298
10 Grenzen des Wissens.....	301
Supersymmetrie – Auf der Jagd nach den Superpartnern.....	302
Stringtheorie und M-Theorie – Auf der Suche nach der Weltformel.....	304
Verborgene Dimensionen – Wie viele Dimensionen hat der Raum?	306
Multiversum und anthropisches Prinzip – Hinter dem Horizont geht's weiter	308
Branenwelten – Die Stringtheorie enthält mehr als Strings	310
Entropie und Temperatur schwarzer Löcher – Schwarze Löcher sind nicht vollkommen schwarz.....	312
Das holografische Prinzip – Ist unsere Welt ein Hologramm?	314
Loop-Quantengravitation – Quanten der Raumzeit	316
Bildnachweis.....	318
Index	325