

# Inhalt

Einleitung.....	V
Inhaltsverzeichnis.....	VIII

<b>1 Astronomie und Astrophysik.....</b>	<b>3</b>
Die Sonne und ihr Magnetfeld – Sonnenflecken und Flares.....	4
Die Entstehung des Sonnensystems – Akkretionsscheiben und Protoplaneten .....	6
Die Entstehung des Mondes – Wie der Einschlag des Planeten Theias den Mond erschuf.....	8
Die Kepler'schen Gesetze – Wie sich die Planeten bewegen.....	10
Satelliten mit geosynchronen Orbits – Kunstvolle Schleifen am Himmel .....	12
Der Rand des Sonnensystems – Wo genau zieht man die Grenze? .....	14
Extrasolare Planeten -- Die Suche nach Planeten jenseits des Sonnensystems .....	16
Der Sternenhimmel – Sterne, Planeten und die Milchstraße.....	18

Die Geburt von Sternen – Wie kontrahierende Gaswolken zu Sternen werden.....	20
Spektralklassen – Welche Farbe haben Sterne?.....	22
Das Hertzsprung-Russell-Diagramm – Temperatur, Leuchtkraft und Lebensweg der Sterne .....	24
Cepheiden – Sterne mit Herzschlag .....	26
Planetarische Nebel – Das Ende gewöhnlicher Sterne .....	28
Weißer Zwerge – Ausgebrannte gewöhnliche Sterne .....	30
Thermonukleare Supernovae – Wenn weißer Zwerge zu nuklearen Bomben werden.....	32
Kollaps-Supernovae – Das Ende massereicher Sterne .....	34

Neutronensterne – Ausgebrannte massereiche Sterne .....	36
Monstersterne und Hypernovae – Das kurze Leben und explosive Ende sehr massereicher Sterne .....	38
Standardkerzen – Leuchttürme im All .....	40
Supermassive schwarze Löcher – Schwerkraftmonster in den Zentren der Galaxien.....	42
Aktive Galaxien – Intergalaktische magnetische Energieschleudern.....	44
Galaxientypen – Die Vielfalt der Galaxien .....	46
Das Schicksal der Milchstraße – Wenn Milchstraße und Andromedagalaxie sich treffen .....	48
Verschmelzende Galaxien – Kollision der Giganten .....	50

## 2 Elektromagnetismus und Licht..... 53

Vektorfelder und Feldlinien – Richtungsweisende Hilfszeichnungen .....	54
Die elektromagnetische Wechselwirkung – Maxwells Gleichungen der elektromagnetischen Felder.....	56
Hertz'scher Dipol – Schwingen und streuen .....	58
Gewitter – Blitze, Elmsfeuer und Rote Kobolde .....	60

Farben – Wie bunt ist die Welt? .....	62
Lichtbrechung – Licht auf krummen Touren .....	64
Regenbogen – Ästhetische Lichtbrechung an Wassertropfen .....	66
Anisotrope Medien – Doppelt sehen ohne Alkohol .....	68
Optische Linsen – Abbildungen und Abbildungsfehler .....	70
Adaptive Optiken – Intelligente Spiegel .....	72
Luftspiegelungen – Fliegende Holländer, Fata Morganas und Phantominseln .....	74
Tarnvorrichtungen – Metamaterialien und der Traum von der Unsichtbarkeit .....	76

## 3 Mechanik und Thermodynamik..... 79

Newtons Gesetze der Mechanik – Warum bewegt sich ein Körper? .....	80
Das Foucault'sche Pendel – Der Nachweis der Erdrotation .....	82
Kräftefreie Kreisel – Frei rotierende Körper in der Schwerelosigkeit.....	84
Kreisel mit äußerem Drehmoment – Präzession und Nutation.....	86
Newtons Gravitationsgesetz – Von fallenden Äpfeln und kreisenden Planeten.....	88

Kosmische Geschwindigkeiten – Aufstieg und Absturz im Schwerefeld der Himmelskörper .....	90
Die Gezeiten – Wie der Mond Ebbe und Flut hervorbringt .....	92
Das archimedische Prinzip – Oder warum Schiffe im Bermuda-Dreieck untergehen können.....	94
Die Physik der Strömungen – Wirbel und Turbulenzen.....	96
Warum fliegt ein Flugzeug? – Bernoulli oder Newton? .....	98
Gewöhnliche Wasserwellen – ... und ihre besonderen physikalischen Eigenschaften .....	100
Besondere Wasserwellen – Tsunamis, Solitonen, Monsterwellen .....	102
Der Lotuseffekt – Tauziehen zwischen Kohäsion und Adhäsion.....	104
Chaotische Bewegungen – Deterministisch, aber unvorhersehbar .....	106
Schwingende Saiten und Platten – Kann man Töne sehen? .....	108
Resonanz – Wenn man beim Schwingen die richtige Note trifft.....	110
Scheinkräfte – Wenn wir Kräfte spüren, ohne eine Ursache zu finden .....	112
Granulare Materie – Flüssig und fest zugleich.....	114
Brown'sche Bewegungen – Das unvorhersagbare Verhalten von Staubkörnern, Pollen und Börsenkursen....	116
Entropie und der zweite Hauptsatz der Thermodynamik – Was der Zeit eine Richtung gibt .....	118
Negative absolute Temperaturen – Heißer als heiß .....	120

<b>4 Relativitätstheorie .....</b>	<b>123</b>
Lichtgeschwindigkeit und Spezielle Relativitätstheorie – Licht kann man nicht überholen .....	124
Terrellrotation – Von hinten durch die Brust ins Auge .....	126
$E=mc^2$ – Masse ist eingesperrte Energie .....	128
Gravitation und Allgemeine Relativitätstheorie – Einsteins Theorie der Gravitation .....	130

Die Raumzeit nicht-rotierender schwarzer Löcher – Im Sog von Raum und Zeit.....	132
Die Raumzeit rotierender schwarzer Löcher – Im Strudel von Raum und Zeit.....	134
Der Warp-Antrieb – Wie man schneller als das Licht sein könnte.....	136
Wurmlöcher – Abkürzungen durch Raum und Zeit.....	138
GPS – Ortsbestimmung durch Satellitensignale.....	140

## 5 Kosmologie.....143

Ein tiefer Blick ins Universum – Wenn das Hubble-Teleskop in die Vergangenheit schaut.....	144
Das expandierende Universum – Warum ist der Nachthimmel dunkel?.....	146
Die kosmische Hintergrundstrahlung – Mikrowellen aus der Frühzeit des Universums.....	148
Dunkle Materie – Das Universum ist schwerer als es aussieht.....	150
Beschleunigte Expansion und dunkle Energie – Die fehlende Materieform im Universum .....	152
Urknall und inflationäre Expansion – Warum der Raum flach und der Hintergrund überall gleich kalt ist...	154
Die Entstehung der Materie – Was ab $10^{-10}$ Sekunden nach dem Urknall geschah.....	156

Kosmische Horizonte – Oder wie weit wir durch Raum und Zeit sehen können.....	158
Strukturen im Kosmos – Ein Netzwerk aus Materie .....	160
Entstehung kosmischer Strukturen – Die Macht der Gravitation .....	162
Gravitationslinsen – Wie man mit scheinbar verzerrten Galaxien das Universum wiegt .....	164
Gravitationswellen – Rhythmische Verzerrungen von Raum und Zeit.....	166
Gravitationswellendetektoren – Die Vermessung der schwingenden Raumzeit .....	168

## 6 Atome und Quantenmechanik.....171

Das Bohr'sche Atommodell – Wie kann man sich ein Atom vorstellen? .....	172
Atomkerne – Seit hundert Jahren bekannt und doch nicht im Ganzen verstanden.....	174
Radioaktiver Zerfall – Atomkerne aus dem Gleichgewicht .....	176
Welle-Teilchen-Dualismus – Teilchen bewegen sich in Wellen.....	178
Wellenfunktion – Verschmierte Teilchen .....	180
Der Tunneleffekt – Teilchen ohne Aufenthaltserlaubnis.....	182
Der Franck-Hertz-Versuch – Energiesprünge in Atomen .....	184

Der Spin eines Teilchens – Quantisiertes Kreiseln .....	186
Das Pauli-Prinzip – Warum Elektronen sich gegenseitig meiden.....	188
EPR-Experiment und Bell'sche Ungleichung – Ist die Quantenmechanik unvollständig? .....	190
Die Interpretation der Quantenmechanik – Schrödingers Katze und Everetts viele Welten .....	192
Plasma – Der vierte Aggregatzustand .....	194
Fusionsreaktoren – Hightech-Energie aus dem Sonnenfeuer.....	196
Bose-Einstein-Kondensate – Atome im quantenmechanischen Gleichschritt .....	198
Laserkühlung – Warum Gase kälter werden können, wenn man sie mit Licht bestrahlt .....	200
Supraleitung – Widerstand ist zwecklos .....	202
Supraflüssigkeiten – Nasser als nass .....	204
Quantenvakuum – Wie stark drückt das Nichts?.....	206
Elektronenmikroskopie – Mikroskope für den Nanometerbereich .....	208
Rastertunnelmikroskopie – Wie man einzelne Atome sichtbar macht.....	210
Nanowelten – Ganz unten ist eine Menge Platz.....	212
Laser – Lichtteilchen im Gleichschritt.....	214
Quantencomputer – Quantenbits: Ja, Nein und Vielleicht .....	216
<b>7 Welt der Elementarteilchen.....</b>	<b>219</b>
Das Standardmodell der Teilchenphysik – Quarks, Leptonen und drei Wechselwirkungen.....	220
Feynman-Diagramme – Die Sprache der relativistischen Quantenfeldtheorie.....	222
Die starke Wechselwirkung – Die Kraft, die Quarks verbindet .....	224
Die schwache Wechselwirkung – Teilchenzerfälle, $W$ , $Z$ - und Higgs-Bosonen.....	226

Neutrinos – Flüchtige Geisterteilchen .....	228
Antimaterie – Spiegelbild und Vernichter der Materie .....	230
Quark-Gluon-Plasma – Wenn Protonen und Neutronen schmelzen .....	232
Die kosmische Höhenstrahlung – Energiereicher als im weltgrößten Beschleuniger.....	234
Der Large Hadron Collider (LHC) – Der mächtigste Teilchenbeschleuniger, der je gebaut wurde.....	236
Die Entdeckung des Higgs-Teilchens – Ein Meilenstein der Teilchenphysik .....	238

<b>8 Kristalle und andere feste Stoffe.....</b>	<b>241</b>
Plasmonen – Brilliantes Quantenleuchten .....	242
Ferromagnetismus – Elementarmagnete: gemeinsam sind sie stark.....	244
Kristallgitter – Die vierzehn verschiedene Arten, den Raum periodisch zu füllen.....	246
Kristallisation – Vom Keim zum ausgewachsenen Kristall .....	248
Quasikristalle – Nicht periodisch und doch symmetrisch.....	250
Flüssigkristalle – Ordentlich nass .....	252
Elektronen in Halbleiterkristallen – Vom Isolator zum Leiter mit einer Prise Arsen .....	254
Halbleiterdioden – Wie man elektrische Einbahnstraßen baut .....	256
Leuchtdioden – Leuchtende Kristalle und biegsame Bildschirme.....	258

<b>9 Geophysik.....</b>	<b>261</b>
Der innere Aufbau der Erde – Eine Reise in die Unterwelt.....	262
Die Drift der Kontinente – Konvektionsströme und Plattentektonik.....	264
Erdbeben und seismische Wellen – Wenn Kontinentalplatten sich verhaken .....	266
Der Erdkern als Quelle des Erdmagnetfeldes – Der innere Geodynamo unserer Erde .....	268

Erdmagnetfeld und Polarlichter – Wenn der Sonnenwind den Himmel zum Leuchten bringt .....	270
Eiszeiten und Milankovitch-Zyklen – Warum gibt es Eiszeiten?.....	272
<b>10 Grenzen des Wissens.....</b>	<b>275</b>
Supersymmetrie – Auf der Jagd nach den Superpartnern.....	276
Stringtheorie und M-Theorie – Auf der Suche nach der Weltformel.....	278
Verborgene Dimensionen – Wie viele Dimensionen hat der Raum? .....	280
Multiversum und anthropisches Prinzip – Hinter dem Horizont geht's weiter .....	282
Branenwelten – Die Stringtheorie enthält mehr als Strings .....	284
Entropie und Temperatur schwarzer Löcher – Schwarze Löcher sind nicht vollkommen schwarz.....	286
Das holografische Prinzip – Ist unsere Welt ein Hologramm? .....	288
Loop-Quantengravitation – Quanten der Raumzeit .....	290
 <b>Bildnachweis.....</b>	 <b>292</b>
<b>Index.....</b>	<b>299</b>