

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 |
| Planetarysche Nebel – Das Ende gewöhnlicher Sterne | 30 |
| Weiße Zwerge – Ausgebrannte gewöhnliche Sterne | 32 |
| Thermonukleare Supernovae – Wenn weiße 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 Phantomsinseln | 76 |
| Tarnvorrichtungen | – Metamaterialien und der Traum von der Unsichtbarkeit | 78 |
| 3 Mechanik und Thermodynamik | | 81 |
| Newton's 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 eingesperzte 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 – Rhythmishe 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 Everett's 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 – Brillantes 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 |
| Halbleiterdiode – 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 |
| Verbogene 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 |