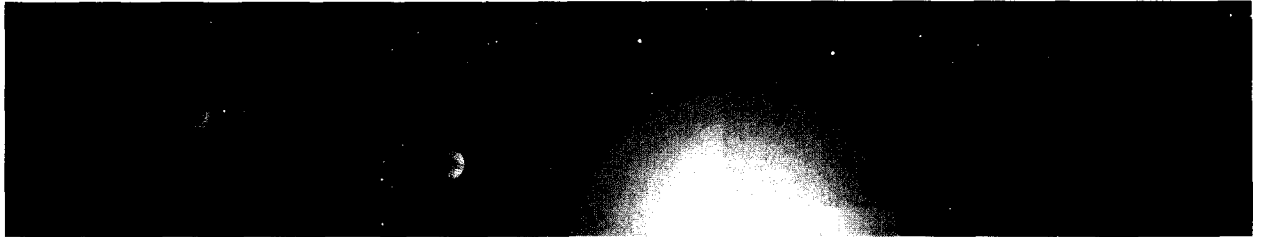
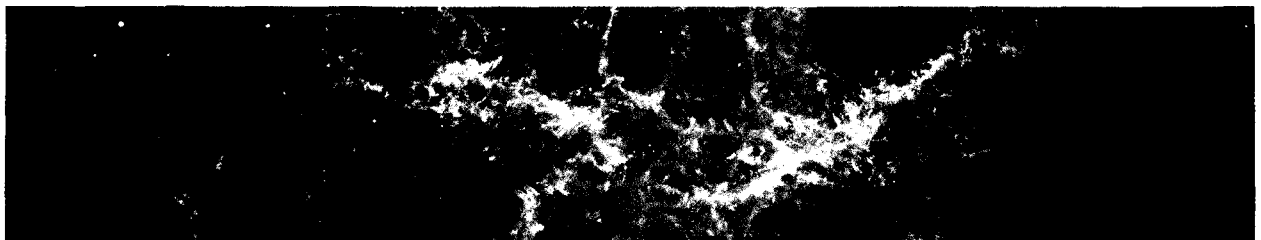


Inhalt


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



1 Astronomie und Astrophysik.....	3
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

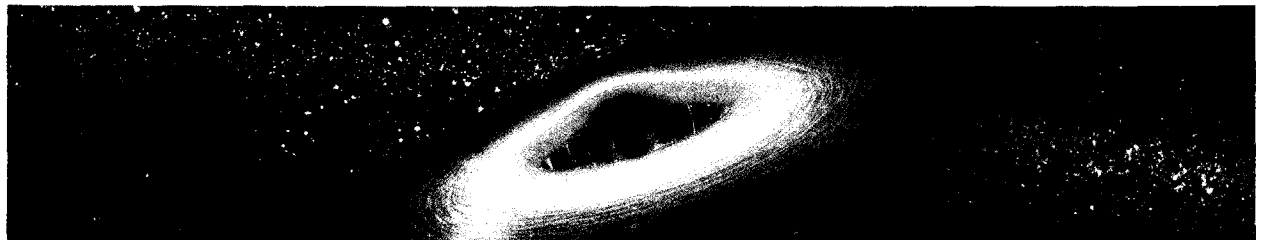


Die Geburt von Sternen – Wie kontrahierende Gaswolken zu Sternen werden.....	20
Spektralklassen – Welche Farbe haben Sterne?.....	22
Das Hertzsprung-Russell-Diagramm – Temperatur, Leuchtkraft und Lebensweg der Sterne	24
Cepheiden – Sterne mit Herzschlag	26
Planetarische Nebel – Das Ende gewöhnlicher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



4 Relativitätstheorie	123	
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

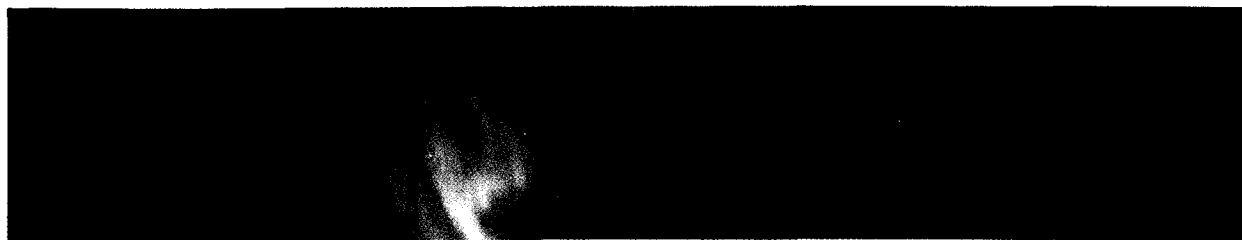
6 Atome und Quantenmechanik..... 171
 Das Bohr'sche Atommodell – Wie kann man sich ein Atom vorstellen? 172
 Atomkerne – Seit hundert Jahren bekannt und doch nicht im Ganzen verstanden..... 174
 Radioaktiver Zerfall – Atomkerne aus dem Gleichgewicht 176
 Welle-Teilchen-Dualismus – Teilchen bewegen sich 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
7 Welt der Elementarteilchen.....	219
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



8 Kristalle und andere feste Stoffe.....241
 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



9 Geophysik.....261
 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
10 Grenzen des Wissens.....	275
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



Bildnachweis.....	292
Index.....	299