
Benjamin Bahr · Jörg Resag · Kristin Riebe

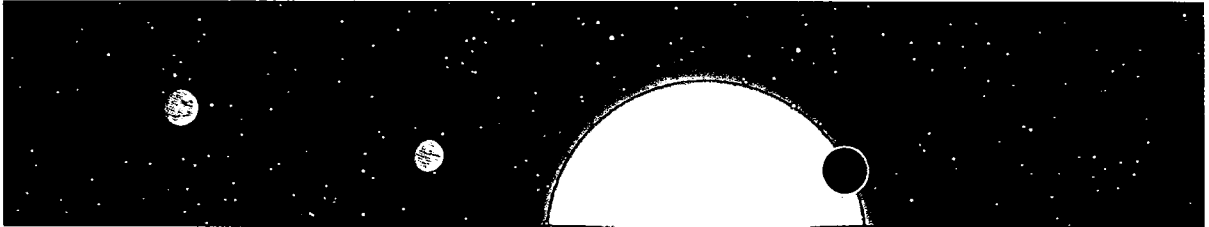
Faszinierende Physik

Ein bebildeter Streifzug vom Universum
bis in die Welt der Elementarteilchen

 Springer Spektrum

Inhalt

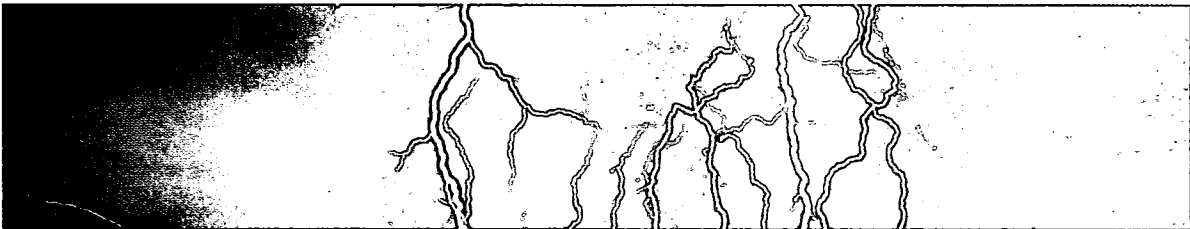
Einleitung.....	V
Inhaltsverzeichnis.....	VIII

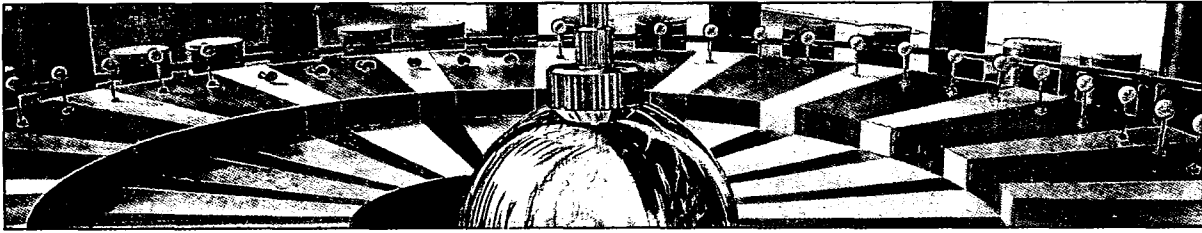


1 Astronomie und Astrophysik.....	3
Die Sonne und ihr Magnetfeld Sonnenflecken und Flares.....	4
Die Entstehung des Sonnensystems Akkretionsscheiben und Protoplaneten.....	6
Die Entstehung des Mondes Wie der Einschlag des Planeten Theias den Mond erschuf.....	8
Die Kepler'schen Gesetze Wie sich die Planeten 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

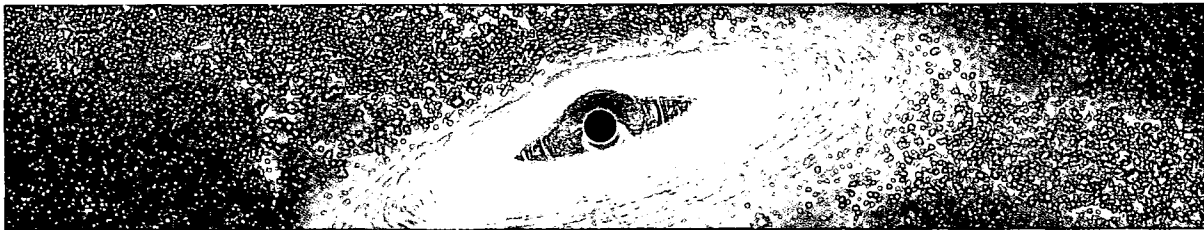


Die Geburt von Sternen - Wie kontrahierende Gaswolken zu Sternen werden.....	20
Spektralklassen Welche Farbe haben Sterne?.....	22
Das Hertzsprung-Russell-Diagramm Temperatur, Leuchtkraft und Lebensweg der Sterne.....	24
Cepheiden - Sterne mit Herzschlag.....	26
Planetarische Nebel - Das Ende gewöhnlicher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

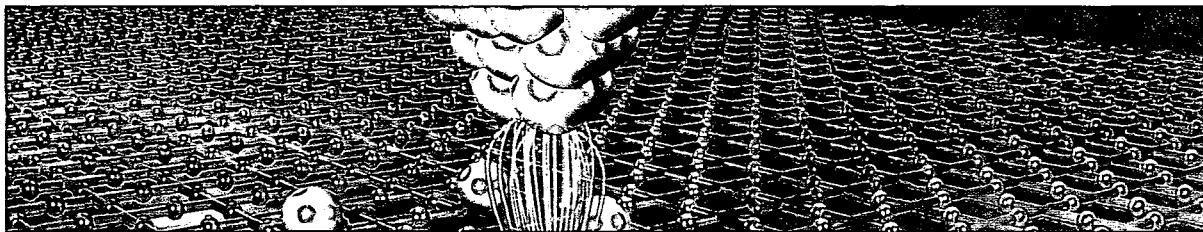


4 Relativitätstheorie.....	123
Lichtgeschwindigkeit und Spezielle Relativitätstheorie ····· Licht kann man nicht überholen.....	124
Terrellrotation – Von hinten durch die Brust ins Auge.....	126
$E = mc^2$ ····· Masse ist eingesperrte Energie.....	128
Gravitation und Allgemeine Relativitätstheorie ·····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

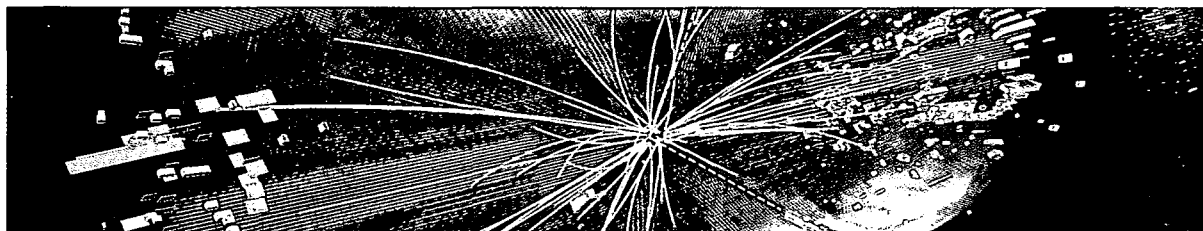
Die Raumzeit nicht-rotierender schwarzer Löcher – Im Sog von Raum und Zeit.....	132
Die Raumzeit rotierender schwarzer Löcher – Im Strudel von Raum und Zeit.....	134
Der Warp-Antrieb – Wie man schneller als das Licht sein könnte.....	136
Wurmlöcher – Abkürzungen durch Raum und Zeit.....	138
GPS – Ortsbestimmung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



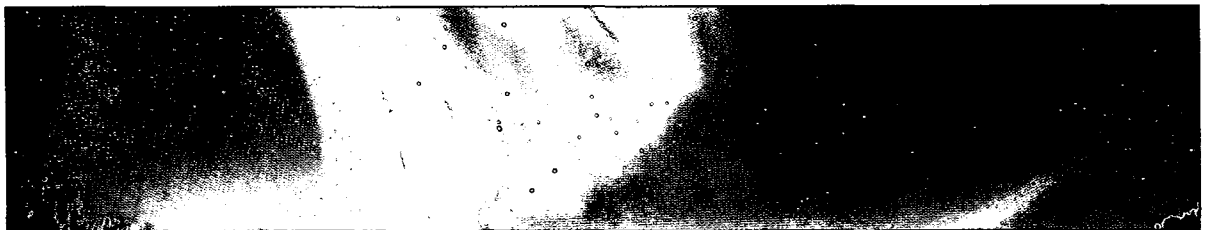
Der Spin eines Teilchens	Quantisiertes Kreiseln	186
Das Pauli-Prinzip	– Warum Elektronen sich gegenseitig meiden.....	188
EPR-Experiment und Bell'sche Ungleichung	Ist die Quantenmechanik unvollständig?	190
Die Interpretation der Quantenmechanik	Schrödingers Katze und Everetts viele Welten	192
Plasma	– 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

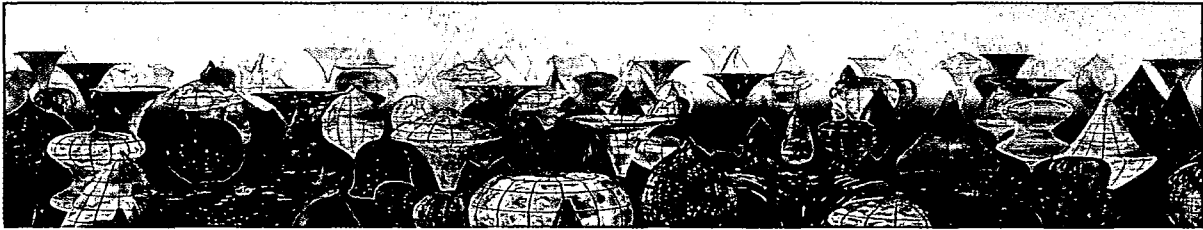


8 Kristalle und andere feste Stoffe	241	
Plasmonen	– Brilliantes Quantenleuchten	242
Ferromagnetismus	Elementarmagnete: gemeinsam sind sie stark.....	244
Kristallgitter	– Die vierzehn verschiedene Arten, den Raum periodisch zu füllen.....	246
Kristallisation	Vom Keim zum ausgewachsenen Kristall	248
Quasikristalle	-- 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
Brannenwelten – 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