# Inhalt

Vorwort XIII

Danksagung XVII

# Die Physik im 20. Jahrhundert Röntgenstrahlung und Radioaktivität 3 Die Entdeckung der Röntgenstrahlen 3 Die Natur der Röntgenstrahlen 6 Röntgenstrahlen heute 8 Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) 9 Der Nobelpreis Die Entdeckung der Radioaktivität Radium und Polonium 14 Die verschiedenen Arten radioaktiver Strahlen 15 Marie Curie (1867–1934) Literaturhinweise 22 Quanten im Mikrokosmos Schwarze Strahler Lichtquanten 25 Max Planck (1858–1947) Das Atom als kleines Planetensystem Das Bohrsche Atommodell 34

Physik ohne Ende ... Jörg Hüfner, Rudolf Löhken

Der Spin und das Pauli-Prinzip 37

Niels Henrik David Bohr (1885–1962) 38

Materiewellen 40

Die Schrödinger-Gleichung 42

Wellenfunktionen 43

Messungen im Mikrokosmos und die Heisenbergsche Unschärferelation 44

Erwin Schrödinger (1887–1961) 47

Verschränkung oder spukhafte Fernwirkung 49

Literaturhinweise 51

Weiterführende Bücher 51

### Albert Einstein und die Relativität 53

Was ist Zeit? 53

Die Synchronisation von Uhren 54

Die besondere Rolle des Lichts 56

Die Relativität der Zeit 57

Das Zwillingsparadoxon 59

Masse wird Energie 61

Albert Einstein (1979–1955) 63

Materie krümmt Raum und Zeit 68

Masse krümmt Lichtbahnen 71

Gravitationslinsen 72

Gravitationswellen 73

Literaturhinweise 74

Weiterführende Literatur 74

## Atomkerne und Atombomben 75

Atomkerne als Stecknadelköpfe 75 Tröpfchen oder Zwiebeln? 78 Ernest Rutherford (1871–1937) 80 Kernspaltung 82 Darmstadtium 84
Otto Hahn (1879–1968) und Lise Meitner (1878–1968) 87
Wie es zur Atombombe kam 92
Das Manhattan Projekt der USA 93
Literaturhinweise 95
Weiterführende Bücher 95

#### Elementare Bausteine und fundamentale Kräfte 97

Das Elektron 98 Das Positron 100 Antimaterie 101 Die »Verwandten« des Elektrons Winziger Effekt mit großer Wirkung 103 Kräfte und Austauschteilchen 104 Richard Feynman (1918–1988) Ist das Proton elementar? 109 Die »unfreien« Quarks 112 Der lange Weg zum Nachweis der Neutrinos Austauschteilchen der schwachen Wechselwirkung 116 Enrico Fermi (1901–1954) 117 Das Standardmodell 122 Das Geheimnis der Teilchenmassen 123 Die Weltmaschine 124

# Sonnen und schwarze Löcher 127

Literaturhinweise 126
Weiterführende Bücher 126

Der »Ofen« unseres Planetensystems 127 Neutrinos von der Sonne 130 Der Lebenszyklus der Sonne 131 Hans Albrecht Bethe (1906–2005) 133 Schwarze Löcher 136 »Schwarze Löcher haben keine Haare« 138 Stephen Hawking (\*1942) 140 Literaturhinweise 142 Weiterführende Literatur 142

#### Der Urknall und das Universum 143

Die Vermessung des Universums 144

Die »große Debatte« 146

Die Expansion des Universums 147

Edwin Hubble (1889–1953) 149

Der Urknall wurde am Schreibtisch entdeckt 151

George Lemaître (1894–1966) 154

Am Anfang war es heiß 156

Ein »Foto« des frühen Universums 158

Dunkle Materie und Dunkle Energie 160

Vom Urknall bis heute 162

Die Zukunft unseres Universums 166

Weiterführende Bücher 167

## 2 Die Physik im 16. und 17. Jahrhundert 169

## Planetensysteme 171

Die Vorstellungen in der Antike 172
Nikolaus Kopernikus (1473–1543) 175
Das heliozentrische System des Kopernikus 178
Das Observatorium des Tycho Brahe 181
Johannes Kepler (1571–1630) 184
Ellipsen als Planetenbahnen 186
Planeten um andere Sonnen 188
Die Entstehung von Planetensystemen 189
Literaturhinweise 191
Weiterführende Literatur 191

# Fallende Körper, Jupitermonde und ein Prozess 193

Fallende Körper 194

Experimente an der schiefen Ebene 196

Galileo Galilei (1564–1642) 198

Der Blick durch das Fernrohr 201

Die Mondoberfläche 202

Die Jupitermonde 202

Das fliegende Fernrohr 205

Der Prozess vor dem Inquisitionsgericht 209

Literaturhinweise 212

Weiterführende Literatur 212

### Licht und Zeit 213

Spiegelung und Brechung 213

Die Entdeckung des Brechungsgesetzes 215

René Descartes (1596–1650) 216

Die Farben des Sonnenlichts 218

Farben in der Natur 220

Lichtgeschwindigkeit 221

Die Pendeluhr 224

Die Atomuhr 226

Christiaan Huygens (1629–1695) 227

Licht – Welle oder Teilchen? 229

Literaturhinweise 232

# Isaac Newton und die Gesetze der Bewegung 233

Eine Einheit für die Kraft 233

Die universelle Schwerkraft 234

Newton (1643–1727) 239

Kindheit und Jugend 239

Studium und wissenschaftliche Arbeit 240

Öffentliches Wirken 243

Das allgemeine Gesetz der Bewegung 244
Determinismus und Chaos 247
Ein Schlusswort von Einstein 249
Literaturhinweise 250
Weiterführende Literatur: 250

## 3 Die klassische Physik des 18. und 19. Jahrhunderts 251

Wärme, Energie und die industrielle Revolution 253

James Watt und die Dampfmaschine 253

Die verschiedenen Aspekte der Wärme 256

Temperatur und ihre Messung 257

Wärme: Substanz oder Bewegungsenergie? 259

Graf Rumford alias Benjamin Thompson (1753–1814) 260

Wärme und Arbeit 263

Der Weg zum Erhaltungssatz der Energie 264

Hermann von Helmholtz (1821–1894) 267

Umwandlung von Wärme in Arbeit 270

Die »Dampfmaschine des Lebens« 273

Literaturhinweise 274

Materie besteht aus Atomen 275

Der Ursprung des Atombegriffs 275

Das Atom der Chemiker 276

Größe und Zahl der Atome 278

Joseph Loschmidt (1821–1895) 281

Moleküle machen Druck 282

Statistische Methoden 284

Geordnete und ungeordnete mikroskopische Verteilungen 286

Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre 287

Ludwig Boltzmann (1844–1906) 289

Kristalle 291 Literaturhinweise 294

# Elektrizität, Magnetismus und Licht 295

Elektrizität durch Reibung 295

Die Kraft zwischen elektrische Ladungen 297

Die Erfindung der Batterie 298

Elektrische Ströme und ihre magnetischen Wirkungen 299

Michael Faraday (1791–1867) 302

Magnetismus in Elektrizität umwandeln 304

Feldlinien erklären Fernkräfte 305

Die wunderbare Theorie des Elektromagnetismus 307

James Clerk Maxwell (1831–1879) 309

Elektromagnetische Wellen und die Natur des Lichts 311

Heinrich Hertz (1857–1894) 315

Die Physik wächst zusammen 317

Literaturhinweise 317

# 4 Die Zukunft der Physik 319

Auf dem Weg zu einer einheitlichen Beschreibung der Natur 321 Literaturhinweise 324

Literatur 325

Kurzbiographien ausgewählter Wissenschaftler 327

Glossar wichtiger physikalischer Begriffe 333

Register 337