

# Auf einen Blick

<b>Über den Autor</b> .....	<b>7</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>19</b>
<b>Teil I: Mechanik</b> .....	<b>23</b>
<b>Kapitel 1:</b> Mathematische Buddelkiste .....	25
<b>Kapitel 2:</b> Kräfte Schaffen Bewegung .....	51
<b>Kapitel 3:</b> Arbeit und Energie .....	73
<b>Kapitel 4:</b> Erhaltungssätze und ihre Folgen .....	83
<b>Kapitel 5:</b> Alles schwingt .....	93
<b>Kapitel 6:</b> Wellen schlagen .....	115
<b>Kapitel 7:</b> Alles ist relativ... ..	129
<b>Teil II: Thermodynamik</b> .....	<b>139</b>
<b>Kapitel 8:</b> Temperatur: Warm und Kalt .....	141
<b>Kapitel 9:</b> Zustände ändern sich .....	155
<b>Kapitel 10:</b> Unordnung nimmt von selber zu .....	167
<b>Kapitel 11:</b> Aus Wärme Kraft erzeugen .....	177
<b>Kapitel 12:</b> Flüssigkeiten in Bewegung .....	191
<b>Teil III: Elektrizitätslehre und Magnetismus</b> .....	<b>209</b>
<b>Kapitel 13:</b> Ladungen ohne Bewegung .....	211
<b>Kapitel 14:</b> Elektrische Ströme .....	233
<b>Kapitel 15:</b> Magnetfelder und Ströme .....	247
<b>Kapitel 16:</b> Elektromagnetismus .....	267
<b>Teil IV: Optik</b> .....	<b>279</b>
<b>Kapitel 17:</b> Licht verbiegen .....	281
<b>Kapitel 18:</b> Raffinierte Linsen .....	301
<b>Kapitel 19:</b> Licht spaltet sich auf .....	309
<b>Teil V: Atomphysik</b> .....	<b>317</b>
<b>Kapitel 20:</b> Die Welt der Atome .....	319
<b>Kapitel 21:</b> Kern und Kugeln .....	333
<b>Kapitel 22:</b> Atome im wirklichen Leben .....	339
<b>Kapitel 23:</b> Quantenmechanik .....	351
<b>Teil VI: Kernphysik</b> .....	<b>373</b>
<b>Kapitel 24:</b> Kerne: kleiner als Atome .....	375
<b>Kapitel 25:</b> Plötzlich ist der Kern weg .....	387
<b>Kapitel 26:</b> Anwendungen der Kerne .....	399

<b>Teil VII: Festkörperphysik</b> .....	<b>407</b>
<b>Kapitel 27:</b> Atome in Festkörpern.....	409
<b>Kapitel 28:</b> Das Gitter bewegt sich.....	425
<b>Kapitel 29:</b> Elektronen im Festkörper.....	437
<b>Kapitel 30:</b> Halbleiter sind keine halben Leiter.....	455
<b>Kapitel 31:</b> p-n Übergang in der Praxis.....	475
<b>Teil VIII: Der Top-Ten-Teil</b> .....	<b>489</b>
<b>Kapitel 32:</b> Zehn Ratschläge um Spaß an der Physik zu haben.....	491
<b>Spickzettel</b> .....	<b>495</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>497</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Über den Autor</b> .....	<b>7</b>
Danksagung .....	7
<b>Einleitung</b> .....	<b>19</b>
Über dieses Buch .....	19
Konventionen in diesem Buch .....	19
Törichte Annahmen über die Leser .....	19
Wie dieses Buch aufgebaut ist .....	20
Teil I: Mechanik .....	20
Teil II: Thermodynamik .....	20
Teil III: Elektrizitätslehre und Magnetismus .....	20
Teil IV: Optik .....	20
Teil V: Atomphysik .....	21
Teil VI: Kernphysik .....	21
Teil VII: Festkörperphysik .....	21
Teil VIII: Der Top-Ten-Teil .....	21
Anhang .....	21
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	21
Wie es weitergeht .....	22
<b>TEIL I</b>	
<b>MECHANIK</b> .....	<b>23</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Mathematische Buddelkiste</b> .....	<b>25</b>
Physikalische Größen und Einheiten .....	25
Welche Einheit hat die Größe .....	26
Rechnen mit Skalaren .....	27
Mit Vektoren rechnen .....	28
Addition von Vektoren .....	29
Zerlegung von Vektoren .....	30
Länge eines Vektors .....	31
Skalarprodukt von Vektoren .....	31
Vektorprodukt von Vektoren .....	33
Trigonometrische Funktionen .....	35
Komplexe Zahlen .....	37
Differentiation .....	40
Integration .....	43
Einige theoretische Betrachtungen .....	43
Praktisches Integrieren .....	46
Reihenentwicklungen .....	48

<b>Kapitel 2</b>	
<b>Kräfte Schaffen Bewegung</b> .....	<b>51</b>
Bewegungen – gerade und im Kreis.....	51
Wie schnell darf es sein?.....	51
Alles dreht sich im Kreis.....	53
Vektoren können Kreisbewegungen beschreiben.....	55
Bewegung im Schwerfeld.....	56
Newton und Kepler waren genial.....	58
Das newtonsche Gravitationsgesetz.....	59
Keplers Gesetze.....	60
Kräfte und Axiome bestimmen die Mechanik.....	62
Erstes newtonsche Axiom.....	63
Zweites newtonsches Axiom.....	63
Der Drehimpuls.....	66
Drittes newtonsches Axiom.....	70
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Arbeit und Energie</b> .....	<b>73</b>
Arbeit müssen alle leisten.....	73
Leistung ist Arbeit pro Zeit.....	78
Energie geht uns alle an.....	78
Potenzielle Energie.....	78
Kinetische Energie.....	79
Rotationsenergie.....	79
Energie einer gespannten Feder.....	80
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Erhaltungssätze und ihre Folgen</b> .....	<b>83</b>
Energieerhaltung.....	83
... und Impulserhaltung.....	85
Elastischer Stoß.....	85
Inelastischer Stoß.....	86
Managerpendel.....	87
Stoßprobleme in einer Ebene.....	88
... und Drehimpulserhaltung auch.....	90
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Alles schwingt</b> .....	<b>93</b>
Ungedämpfte Schwingungen.....	93
Pendel als Prototyp für Schwingungen.....	93
Anfangsbedingungen sind manchmal mühsam.....	100
Wenn das Pendel mal weit ausschlägt.....	103
Gedämpfte Schwingung berechnen.....	104
Schwingungen können auch erzwungen werden.....	108

**Kapitel 6**

**Wellen schlagen ..... 115**

Die Wellengleichung macht's ..... 115  
 Wellen machen sich breit..... 117  
 Wenn Wellen sich überlagern ..... 122  
     Konstruktiv oder destruktiv ..... 122  
     Stehende Wellen ..... 123  
 Wellen reisen in Gruppen..... 124  
 Fourier ..... 126

**Kapitel 7**

**Alles ist relativ... ..... 129**

Transformationen machen fit ..... 129  
 Schneller geht's nicht ..... 131  
 Gleichzeitigkeit geht verloren..... 134  
 Länge, Geschwindigkeit, Masse und Energie ..... 135  
     Längen verkürzen sich ..... 135  
     Geschwindigkeiten addieren sich seltsam ..... 135  
     Massen nehmen zu..... 137

**TEIL II**

**THERMODYNAMIK ..... 139**

**Kapitel 8**

**Temperatur: Warm und Kalt ..... 141**

Celsius, Fahrenheit und Kelvin ..... 141  
 Das ideale Gas ..... 143  
     Die Freiheit eines Moleküls..... 145  
     Ein, zwei, ..., ganz viele Teilchen ..... 145  
 Druck, Volumen und Temperatur halten zusammen ..... 147  
 Jeder mit seiner Geschwindigkeit ..... 149  
 Reale Gase: so sieht die Wirklichkeit aus ..... 152

**Kapitel 9**

**Zustände ändern sich ..... 155**

... in idealen Gasen... ..... 155  
     Temperaturveränderungen..... 156  
     Isochoren: gleiche Volumina – keine Arbeit..... 157  
     Isothermen: die Temperatur verändert sich nicht ..... 158  
     Adiabatische Prozesse..... 159  
     Isobarer Prozess: der Druck bleibt konstant..... 160  
 ... und in realen Gasen ..... 161  
 Wärmekapazität: je kleiner desto wärmer..... 163

**Kapitel 10**

**Unordnung nimmt von selber zu ..... 167**

Entropie als thermodynamische Größe ..... 167  
 Entropie als statistische Größe ..... 171  
 Mit Enthalpie Gase verschieben ..... 173

**Kapitel 11**

**Aus Wärme Kraft erzeugen ..... 177**

Der Otto-Motor läuft rund ..... 177  
 Der Carnot-Prozess ist optimal ..... 179  
 Der Stirling-Motor ohne interne Verbrennung ..... 186

**Kapitel 12**

**Flüssigkeiten in Bewegung ..... 191**

Druckveränderung durch Schwerkraft ..... 191  
     Statische Flüssigkeiten ..... 191  
     Schweredruck in Gasen ..... 194  
 Sich gemeinsam fortbewegen: Viskosität und Strömungen ..... 195  
     Brownsche Bewegung in Flüssigkeiten ..... 195  
     Strömende Flüssigkeiten ..... 198  
     Strömungen mit Reibung ..... 200  
     Strömungen mit höherer Geschwindigkeit ..... 205

**TEIL III**

**ELEKTRIZITÄTSLEHRE UND MAGNETISMUS ..... 209**

**Kapitel 13**

**Ladungen ohne Bewegung ..... 211**

Coulombgesetz ..... 211  
 Elektrische Felder ..... 215  
 Elektrischer Fluss ..... 219  
 Elektrische Felder in Materie ..... 223  
 Mit Spannung zur Spannung ..... 225  
 Kondensator ..... 226

**Kapitel 14**

**Elektrische Ströme ..... 233**

Ströme *panda rei* (alles fließt) ..... 233  
 Kirchhoffsche Gesetze ..... 237  
 Auf- und Entladen von Kondensatoren ..... 242

**Kapitel 15**

**Magnetfelder und Ströme ..... 247**

Magnetfelder ..... 247  
     ... im Vakuum ..... 247  
     ... und in Materie ..... 249

Ströme erzeugen Magnetfelder ..... 251  
 Ampèresches Durchflutungsgesetz ..... 253  
 Kräfte zwischen Strömen ..... 255  
     Leiterschaukel ..... 255  
     Biot-Savartsches Gesetz ..... 257  
 Magnetfelder erzeugen Ströme ..... 258  
 Wechselspannung und Wechselströme ..... 261  
     Ohmsches Gesetz bei Wechselspannungen ..... 262  
     Der LC Schwingkreis ..... 264

**Kapitel 16**  
**Elektromagnetismus ..... 267**

Elektrische und magnetische Felder ..... 267  
 Ein Transformator für Wechselspannungen ..... 269  
 Generatoren erzeugen Strom ..... 271  
 Elektromagnetische Felder im Wechselspiel ..... 273  
 Maxwells geniale Gleichungen ..... 276

**TEIL IV**  
**OPTIK ..... 279**

**Kapitel 17**  
**Licht verbiegen ..... 281**

Licht – Welle oder Teilchen? ..... 281  
 Licht als Welle ..... 282  
 Licht und Medien ..... 285  
     Reflexion ..... 285  
     Snelliussches Brechungsgesetz ..... 287  
     Totalreflexion ..... 291  
 Farbzerlegung mit Hilfe des Prismas ..... 292  
 Linsen und Abbildungen ..... 293  
 Listingsche Strahlenkonstruktion ..... 296

**Kapitel 18**  
**Raffinierte Linsen ..... 301**

Aus der Ferne heranholen ..... 301  
 Winziges ganz groß machen ..... 302  
 Ganz Winziges ganz groß machen ..... 304

**Kapitel 19**  
**Licht spaltet sich auf ..... 309**

Beugung am Spalt ..... 309  
 Interferenz am Doppelspalt ..... 312  
 Optische Gitter zur Analyse ..... 315

**TEIL V**  
**ATOMPHYSIK.....317**

**Kapitel 20**  
**Die Welt der Atome ..... 319**

- Streuversuche an Atomen ..... 319
- Die Entdeckung des Photons ..... 322
- Diskrete Strahlung..... 327
- Compton-Effekt..... 329

**Kapitel 21**  
**Kern und Kugeln ..... 333**

- Bohrsches Atommodell..... 333
- Elektronen treffen auf Atome..... 337

**Kapitel 22**  
**Atome im wirklichen Leben ..... 339**

- Energiesparlampen ..... 339
- Wie viel Uhr ist es, bitte? ..... 341
- Die Grundlage des Laserschwerts ..... 343
- Mit Röntgenstrahlen durchsehen ..... 346
- Klein aber fein: die Mikrosonde ..... 348

**Kapitel 23**  
**Quantenmechanik ..... 351**

- Und wieder die Frage: Welle oder Teilchen?..... 352
- Wellenpakete und Unschärferelation ..... 353
- Schrödingergleichung: die Königsklasse ..... 357
- Elektronen im Wasserstoffatom..... 362
- Die Bedeutung der Quantenzahlen  $l$  und  $m_l$ ..... 368
- Pauli-Prinzip und Periodensystem ..... 369
- Stern-Gerlach Experiment ..... 371

**TEIL VI**  
**KERNPHYSIK.....373**

**Kapitel 24**  
**Kerne: kleiner als Atome ..... 375**

- Kernform ..... 375
- Sie bauen sich Atomkerne ..... 379
- Wieso hält ein Kern zusammen? ..... 381
- Ein Kern wiegt zu wenig ..... 383

**Kapitel 25**  
**Plötzlich ist der Kern weg ..... 387**

- Der Kern spuckt ein großes Teilchen aus ..... 387
- Zwei kleine Teilchen entfliehen dem Kern ..... 389

Kerne entsenden Photonen .....	392
Energie von Alpha, Beta oder Gamma Strahlen .....	393
Countdown zum Zerfall.....	394
Kernspaltung und Kernfusion – jetzt wird es heiß .....	396

## **Kapitel 26**

### **Anwendungen der Kerne..... 399**

Energieerzeugung mit Kernen.....	399
Kernspaltung oder »leichter-werdende« Kerne .....	399
Kernfusion oder »schwerer-werdende« Kerne .....	402
Strahlungseinheiten.....	402
Wirkung der Kernstrahlung.....	403
Zerfälle zählen .....	404

## **TEIL VII**

### **FESTKÖRPERPHYSIK..... 407**

## **Kapitel 27**

### **Atome in Festkörpern..... 409**

Alles hat seine Ordnung.....	409
Ungeordnete Festkörper .....	411
Einkristalle und Einheitszellen.....	412
Basis mit nur einem Atom.....	414
Basis mit mehr als einem Atom .....	418
Strukturbestimmung mit Röntgenstrahlung.....	418
Konstruktive Interferenzen mit der Bragg-Bedingung .....	420
Auswahlregeln bei der Röntgenstreuung.....	422

## **Kapitel 28**

### **Das Gitter bewegt sich..... 425**

Reziproker Raum – eine geniale Erfindung.....	425
Lineare Kette mit einem Atom in der Basis.....	428
Lineare Kette mit zwei Atomen in der Basis.....	431
Ein wirklicher Kristall.....	435

## **Kapitel 29**

### **Elektronen im Festkörper ..... 437**

So tun als ob es nur Elektronen gäbe .....	437
Jedes Elektron hat einen Zustand für sich .....	439
Gefangene Elektronen .....	443
Elektronen spüren die Atome .....	444
Elektronen bewegen sich.....	447
Elektrischer Widerstand.....	447

**Kapitel 30**

**Halbleiter sind keine halben Leiter** ..... **455**

- Löcher: das Gegenteil von Elektronen ..... 455
- Direkt oder indirekt ..... 456
- Zu Gast beim Halbleiter ..... 458
- Dotierte Halbleiter werden aufgewärmt ..... 462
- Alle wollen mobil sein ..... 467
- Der p-n Übergang ..... 468
  - Mit Spannung wird's spannend ..... 471

**Kapitel 31**

**p-n Übergang in der Praxis** ..... **475**

- Diode – Einbahnstraße für Ströme ..... 475
  - Sonnenlicht in Strom verwandeln ..... 477
- Transistor: elektronischer Schalter für Ströme ..... 480
- Eine »umgekehrte« Solarzelle ..... 483
- Kohärentes Licht aus Dioden: Halbleiterlaser ..... 485

**TEIL VIII**

**DER TOP-TEN-TEIL** ..... **489**

**Kapitel 32**

**Zehn Ratschläge um Spaß an der Physik zu haben** ..... **491**

- Studieren geht über Probieren ..... 491
- Nur das Experiment zählt ..... 491
- Selber experimentieren ..... 491
- Applets: mit dem Internet arbeiten ..... 491
- Experimentieren von zuhause aus ..... 492
- Einblick in die theoretische Physik ..... 492
- Bücherwürmer ..... 492
- Physik vertiefen ..... 492
- In andere Dimensionen gehen ..... 492
- Für den Kaminsessel ..... 493

**Spickzettel** ..... **495**

**Stichwortverzeichnis** ..... **497**