

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Einführung | 19 |
| Über dieses Buch | 19 |
| Konventionen in diesem Buch | 19 |
| Was Sie nicht lesen müssen | 20 |
| Törichte Annahmen über den Leser | 20 |
| Wie dieses Buch aufgebaut ist | 20 |
| Teil I: Die Grundlagen | 20 |
| Teil II: Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein | 20 |
| Teil III: Energie und Arbeit | 21 |
| Teil IV: Alles über Wärme | 21 |
| Teil V: Elektrischer Strom und Magneten | 21 |
| Teil VI: Der Top-Ten-Teil | 21 |
| Symbole, die in diesem Buch verwendet werden | 21 |
| Wie es weitergeht | 22 |

Teil I

Die Grundlagen **23**

Kapitel 1

Mit Physik die Welt verstehen **25**

| | |
|-----------------------------------|----|
| Womit sich die Physik beschäftigt | 25 |
| Mit Bewegung fängt es an | 26 |
| Überall ist Energie | 27 |
| Warm und gemütlich | 28 |
| Vom Blitzschlag zum Laserstrahl | 28 |
| Verrückt, verrückter, ... Physik! | 29 |

Kapitel 2

Die Grundlagen verstehen **31**

| | |
|---|----|
| Nicht erschrecken, es ist nur Physik | 31 |
| Messen und Voraussagen | 33 |
| Behalten Sie die Einheiten im Auge | 34 |
| Von Meter zu Ellen und zurück: Einheiten umrechnen | 34 |
| Nieder mit den Nullen: Die wissenschaftliche Schreibweise | 37 |
| Die Genauigkeit von Messwerten | 38 |
| Welche Ziffern zählen | 38 |
| Geben Sie Ihre Fehler zu | 39 |
| Etwas einfache Algebra | 39 |
| ... und noch ein bisschen Trigonometrie | 40 |

Kapitel 3

Geschwindigkeit ist keine Hexerei

43

| | |
|--|----|
| Strecken und Entfernungen | 43 |
| Achsen gliedern die Welt | 45 |
| Von der Strecke zur Geschwindigkeit | 46 |
| Was ist eigentlich Geschwindigkeit? | 47 |
| Ein Blick auf den Tacho: Die Momentangeschwindigkeit | 47 |
| Gleichmäßig voran: konstante Geschwindigkeit | 48 |
| Stop and Go: wechselnde Geschwindigkeit | 48 |
| Mittelmaß: Durchschnittsgeschwindigkeit | 48 |
| Mittlere gegen konstante Geschwindigkeit | 49 |
| Schneller oder langsamer: Beschleunigung | 50 |
| Die Definition der Beschleunigung | 50 |
| Die Einheit der Beschleunigung | 51 |
| Positive und negative Beschleunigungen | 52 |
| Mittlere und momentane Beschleunigung | 53 |
| Konstante und variable Beschleunigung | 54 |
| Die Beziehung zwischen Beschleunigung, Zeit und Strecke | 54 |
| Eine nahe liegende Beziehung | 55 |
| Noch mehr Geschwindigkeit | 56 |
| Die Beziehung zwischen Geschwindigkeit, Beschleunigung und Strecke | 57 |

Kapitel 4

Richtungsweisend: Wo geht's lang?

59

| | |
|---|----|
| Vektoren verstehen | 59 |
| Orientierungshilfe: Das Prinzip von Vektoren | 60 |
| Von A nach B: Vektoren addieren | 61 |
| Neue Wege gehen: Vektoren subtrahieren | 62 |
| Zahlenspiele mit Vektoren | 63 |
| Vektoren und ihre Komponenten | 65 |
| Komponenten von Vektoren aus Beträgen und Winkeln bestimmen | 65 |
| Beträge und Winkel aus Vektorkomponenten bestimmen | 67 |
| Vektoren enträtseln | 68 |
| Strecken sind auch Vektoren | 69 |
| Noch ein Vektor: Geschwindigkeit | 70 |
| Einer geht noch: Beschleunigung | 71 |
| Im Bann der Schwerkraft: Der freie Fall | 72 |

Teil II**Mögen die Kräfte der Physik mit Ihnen sein****75****Kapitel 5****Ziehen und Schieben: Kräfte****77**

| | |
|---|----|
| Kräfte walten überall | 77 |
| Bühne frei für das erste Newtonsche Gesetz | 78 |
| In Schwung kommen: Masse und Trägheit | 79 |
| Maße für Masse | 79 |
| Darf ich vorstellen: Das zweite Newtonsche Gesetz | 80 |
| Krafteinheit | 81 |
| Resultierende Kräfte | 81 |
| Das große Finale: Das dritte Newtonsche Gesetz | 86 |
| Reibung und das dritte Newtonsche Gesetz | 87 |
| Winkel und Kräfte im dritten Newtonschen Gesetz | 89 |
| Im Gleichgewicht | 91 |

Kapitel 6**Auf der schiefen Bahn: Schiefe Ebenen und Reibung****95**

| | |
|---|-----|
| Lassen Sie sich nicht runterziehen: Gravitation | 95 |
| Es geht aufwärts: Die schiefe Ebene | 96 |
| Winkelzüge | 97 |
| Beschleunigung macht Spaß | 98 |
| Reibereien | 99 |
| Reibung und Normalkraft | 99 |
| Der Reibungskoeffizient | 100 |
| Haften und Gleiten | 101 |
| Mit Reibung bergauf | 103 |
| Schwerkraft und Flugbahnen | 107 |
| Hoch hinaus: Die Maximalhöhe | 107 |
| Luftikus: Flugzeit | 108 |
| Hin und zurück: Die gesamte Flugdauer | 108 |
| Ein Schuss in einem beliebigen Winkel | 109 |

Kapitel 7**Ringelreihen und Kettenkarussell: Kreisbewegungen****111**

| | |
|--|-----|
| Immer rundherum: Gleichförmige Kreisbewegung | 111 |
| Richtungsänderung: Die Zentripetalbeschleunigung | 112 |
| Unter dem Einfluss der Zentripetalbeschleunigung | 113 |
| Der Betrag der Zentripetalbeschleunigung | 114 |
| Wie am Schnürchen: Zentripetalkraft | 114 |
| Mit Vollgas durch die Kurve: Die Zentripetalkraft hilft | 115 |
| Winkelkoordinaten: Entfernung, Geschwindigkeit, Beschleunigung | 117 |

| | |
|---|-----|
| Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm: Das Newtonsche Gravitationsgesetz | 119 |
| Gravitation an der Erdoberfläche: Die Erdbeschleunigung | 120 |
| Kreisbahnen und das Gravitationsgesetz | 121 |
| Rundherum: Vertikale Kreisbewegung | 125 |

Teil III

Energie und Arbeit 127

Kapitel 8

Physik in Aktion 129

| | |
|---|-----|
| Es ist nicht so, wie Sie denken ... | 129 |
| Arbeit messen | 129 |
| Gewichte stemmen | 130 |
| Zug um Zug | 131 |
| Negative Arbeit | 132 |
| Mit Schwung voran: Kinetische Energie | 133 |
| Eine Formel für die kinetische Energie | 134 |
| Kinetische Energie in der Praxis | 135 |
| Das wahre Leben: Resultierende Kräfte | 136 |
| Energievorrat: Potentielle Energie | 138 |
| Der Kampf gegen die Schwerkraft | 138 |
| Bäumchen wechsel dich! Die Umwandlung von kinetischer in potentielle Energie | 139 |
| Am Scheideweg: Konservative und nicht konservative Kräfte | 140 |
| Vorwärts, rückwärts, rundherum: Energieerhaltung | 141 |
| Wie im freien Fall | 143 |
| Hoch hinaus | 143 |
| Arbeite schneller, Leistung zählt! | 144 |
| Leistung messen | 144 |
| Was Leistung sonst noch bedeutet | 145 |

Kapitel 9

Schwungvoll: Impuls und Kraftstoß 147

| | |
|---|-----|
| Rempelei: Der Kraftstoß | 147 |
| Impulse geben | 148 |
| Der Zusammenhang zwischen Impuls und Kraftstoß | 149 |
| Noch einmal Poolbillard: Kraftstoß und Impuls | 150 |
| Kraftvoll durch den Regen | 151 |
| Impulserhaltung | 152 |
| Geschwindigkeit im Griff: Impulserhaltung in der Praxis | 153 |
| Impulserhaltung und Schlussgeschwindigkeit | 154 |
| Auto gegen Auto: Elastische und inelastische Stöße | 156 |
| Gummibälle: Elastische Stöße | 156 |
| Kneteklumpen: Inelastische Stöße | 157 |

| | |
|--|------------|
| Stöße in einer Dimension | 157 |
| Stöße in zwei Dimensionen | 159 |
| Kapitel 10 | |
| <i>Wie man's dreht und wendet: Rotationsbewegungen</i> | 161 |
| Von der geradlinigen Bewegung zur Rotation | 161 |
| Die Tangentialbewegung | 162 |
| Die Tangentialgeschwindigkeit | 162 |
| Die Tangentialbeschleunigung | 164 |
| Die Zentripetalbeschleunigung | 164 |
| Vektoren und Rotationsbewegungen | 166 |
| Der Vektor der Winkelgeschwindigkeit | 166 |
| Der Vektor der Winkelbeschleunigung | 167 |
| Drehen und wenden: Das Drehmoment | 168 |
| Die Drehmomentgleichung | 169 |
| Hebelarme verstehen | 171 |
| Drehmomente bestimmen | 172 |
| Das Drehmoment als Vektor | 173 |
| Nicht wackeln: Rotationsgleichgewicht | 173 |
| Flagge zeigen: Immer schön im Gleichgewicht | 174 |
| Ein Rotationsgleichgewicht mit Reibung | 175 |
| Kapitel 11 | |
| <i>Immer rundherum: Dynamik von Rotationsbewegungen</i> | 179 |
| Das zweite Newtonsche Gesetz in Rotation | 179 |
| Tangentialbeschleunigung und Winkelbeschleunigung | 180 |
| Das Trägheitsmoment | 181 |
| Das Trägheitsmoment unter der Lupe | 181 |
| Drehmomente im CD-Player: Trägheit in der Praxis | 183 |
| Winkelbeschleunigung und Drehmoment: Noch ein Beispiel | 184 |
| Arbeit und kinetische Energie in Rotationsbewegungen | 186 |
| In der Tretmühle: Arbeit bei Rotationen | 186 |
| Kinetische Energie in Rotationsbewegungen | 188 |
| Die kinetische Energie der Rotation auf einer Rampe | 189 |
| Nicht zu bremsen: Der Drehimpuls | 191 |
| Die Drehimpulserhaltung | 191 |
| Satellitenbahnen: Die Drehimpulserhaltung in der Praxis | 192 |
| Kapitel 12 | |
| <i>Hin und her, hin und her: Harmonische Bewegungen</i> | 193 |
| Federkraft: Das Hookesche Gesetz | 193 |
| Immer schön nachfedern | 194 |
| Das Hookesche Gesetz und die Richtung der Kraft | 194 |

| | |
|--|-----|
| Die einfache harmonische Bewegung | 195 |
| Senkrecht und waagrecht | 195 |
| Ein genauerer Blick auf die harmonische Bewegung | 197 |
| Die Kreisfrequenz einer Masse an einer Feder | 203 |
| Die Energie in einfachen harmonischen Bewegungen | 204 |
| Schwingende Pendel | 206 |

Teil IV

Alles über Wärme **209**

Kapitel 13

Einheizen mit Thermodynamik **211**

| | |
|---|-----|
| Der Sprung ins heiße Wasser | 211 |
| Das Thermometer sagt Celsius | 212 |
| Das Thermometer sagt Fahrenheit | 212 |
| Das Thermometer sagt Kelvin | 212 |
| Es wird warm: Längenausdehnung | 213 |
| Wieder ein Koeffizient | 214 |
| Ein Beispiel für Gleisarbeiter | 215 |
| Es bleibt warm: Volumenausdehnung | 215 |
| Mit dem (Wärme-)Strom schwimmen | 216 |
| Die Phase ändert sich, die Temperatur nicht | 218 |
| Phasenumwandlung: Das Eis ist gebrochen! | 219 |
| Gut versteckt: Latente Wärme | 220 |

Kapitel 14

Hier, nimm meine Jacke: Wärmeübertragung **221**

| | |
|---|-----|
| Im Wasserkocher: Konvektion | 221 |
| Autsch, das war heiß! Wärmeleitung | 222 |
| Wovon die Wärmeleitung abhängt | 223 |
| Die Gleichung für die Wärmeleitung anwenden | 225 |
| Licht senden, Licht empfangen: Strahlung | 226 |
| Die Strahlung ist da, auch wenn man sie nicht sieht | 226 |
| Ganz Schwarze Körper | 228 |
| Das Geheimnis der Avogadro-Zahl | 229 |
| Das Gasgesetz wird geschmiedet | 230 |
| Ein Beispiel: Der Druck eines idealen Gases | 232 |
| Alternativen: Die Gesetze von Boyle und Charles | 232 |
| Gasmoleküle haben's eilig | 233 |
| Die Geschwindigkeit von Luftmolekülen | 233 |
| Die kinetische Energie eines idealen Gases | 234 |

| | |
|--|------------|
| Kapitel 15 | |
| Wärme trifft Arbeit: Die Hauptsätze der Thermodynamik | 237 |
| Das thermische Gleichgewicht erreichen: Nullter Hauptsatz | 237 |
| Wärme und Arbeit erhalten: Der Erste Hauptsatz | 238 |
| Energieerhaltung mit Zahlen | 239 |
| Isobar, isochor, isotherm, adiabatisch – und was noch ...? | 239 |
| Vom Umgang mit spezifischen Wärmekapazitäten | 246 |
| Wärme fließen lassen: Der Zweite Hauptsatz | 248 |
| Arbeit aus Wärme mit Wärmekraftmaschinen | 248 |
| Vom Wirkungsgrad einer Dampfmaschine | 248 |
| Man kann nicht alles haben, sagt Carnot | 249 |
| Jetzt wird's kalt: Der Dritte (und absolut letzte) Hauptsatz | 251 |

Teil V

Elektrischer Strom und Magneten **253**

| | |
|---|------------|
| Kapitel 16 | |
| Die Luft mit Elektrostatik knistern lassen | 255 |
| Plus oder minus? Die Ladung von Elektron und Proton | 255 |
| Ziehen und schieben: Elektrische Kräfte | 256 |
| Das Coulombsche Gesetz | 256 |
| Bälle auf Distanz halten | 257 |
| Die Geschwindigkeit von Elektronen | 257 |
| Kräfte zwischen mehreren Ladungen | 258 |
| Wirkung aus der Ferne: Elektrische Felder | 259 |
| Aus allen Richtungen: Felder von Punktladungen | 261 |
| Schön gleichmäßig geladen: Das elektrische Feld im Plattenkondensator | 262 |
| Dreh die Spannung hoch! Das elektrische Potential | 264 |
| Berechnung der elektrischen potentiellen Energie | 264 |
| Spannung ist Potential | 265 |
| Das elektrische Potential bleibt erhalten | 266 |
| Das elektrische Potential von Punktladungen | 267 |
| Aufladen, was die Kapazität hergibt | 269 |

Kapitel 17 **271** **Elektronen mit Stromkreisen schubsen**

| | |
|---|-----|
| Der lange Marsch der Elektronen: Strom | 271 |
| Strom definieren | 272 |
| Strom in Batterien berechnen | 272 |
| Widerstandsfähig: Das Ohmsche Gesetz | 273 |
| Der Strom durch einen Widerstand | 273 |
| Ganz spezifische Widerstände | 274 |
| Es wird was geleistet | 274 |
| Schön der Reihe nach: Reihenschaltungen | 275 |

| | |
|---|-----|
| Alles auf einmal: Parallelschaltungen | 276 |
| Knoten und Schleifen binden: Kirchhoffsche Regeln | 277 |
| Anwendung der Maschenregel | 278 |
| Rechnen mit vielen Maschen | 279 |
| Kondensatoren im Kreis | 281 |
| Kondensatoren in Parallelschaltung | 281 |
| Kondensatoren in Reihenschaltung | 282 |
| Kondensator plus Widerstand gleich RC-Schaltkreis | 283 |

Kapitel 18

Überaus anziehend: Magnetismus

285

| | |
|--|-----|
| Anziehen und abstoßen | 285 |
| Zwang auf bewegte Ladungen | 287 |
| Die Stärke magnetischer Kräfte | 288 |
| Jeder auf seiner Bahn: Geladene Teilchen im Magnetfeld | 289 |
| Magnetfelder arbeiten nicht ... | 289 |
| ... aber sie wirken trotzdem! | 290 |
| Ströme verbiegen | 291 |
| Kräfte auf Ströme | 291 |
| Ströme werden gedreht | 293 |
| Das Magnetfeld eines Drahts | 294 |
| Magnetfelder in Leiterschleifen | 296 |
| Schön gleichmäßig: Magnetfelder von Spulen | 298 |

Kapitel 19

Ströme mit Spannung fließen lassen

301

| | |
|--|-----|
| Eine Spannung wird induziert | 301 |
| Spannende Bewegung im Magnetfeld | 302 |
| Induktionsspannung und Fläche | 303 |
| Faraday und der Fluss | 304 |
| Richtige Vorzeichen: Die Lenzsche Regel | 306 |
| Induktivitäten | 308 |
| Auf und ab: Wechselstromkreise | 308 |
| Wie die Wechselspannung aussieht | 309 |
| Dem Widerstand ist alles egal | 310 |
| Am Kondensator beeilt sich der Strom | 311 |
| An der Spule trödelt der Strom | 314 |
| Die dreifache Herausforderung: RCL-Stromkreise | 316 |

Kapitel 20

Ein Lichtstrahl auf Linsen und Spiegeln

319

| | |
|---|-----|
| Alles über Spiegel – legeipS rebü sella | 319 |
| Licht wird abgelenkt | 320 |
| Licht brechen mit Snellius | 320 |

| | |
|---|------------|
| Gemessene und »gefühlte« Tiefe | 321 |
| Spieglein, Spieglein an der Wand | 322 |
| Hohlspiegel wirken vergrößernd | 323 |
| Konvexe Spiegel wirken verkleinernd | 328 |
| Mit Linsen sieht man besser | 329 |
| Sammellinsen wirken vergrößernd | 329 |
| Zerstreuungslinsen wirken verkleinernd | 332 |
| Teil VI | |
| Der Top-Ten-Teil | 335 |
| Kapitel 21 | |
| Alles ist relativ(istisch) | 337 |
| Die Natur behandelt alle gleich | 337 |
| Licht ist immer gleich schnell | 338 |
| Bei hoher Geschwindigkeit dehnt sich die Zeit | 338 |
| Raumfahrer altern langsamer | 339 |
| Bei hoher Geschwindigkeit schrumpft die Länge | 340 |
| Materie ist gleich Energie | 340 |
| Materie plus Antimaterie gleich ... bumm | 341 |
| Die Sonne verliert an Masse | 341 |
| Es geht nicht schneller als das Licht | 341 |
| Und Newton hat trotzdem Recht! | 342 |
| Kapitel 22 | |
| Zehn wilde Theorien | 345 |
| Klein, kleiner ... und ganz anders | 345 |
| Man kann nie sicher sein, sagt Heisenberg | 346 |
| Gravitation krümmt den Raum | 346 |
| Schwarze Löcher halten Licht fest | 347 |
| Geht's noch kleiner? | 347 |
| Explosive Mischung: Materie und Antimaterie | 348 |
| Noch explosiver: Supernovae | 348 |
| Vom Urknall zum Endknall | 348 |
| Jetzt wird es dunkel | 349 |
| Ich weiß, dass ich nichts weiß | 349 |
| Glossar | 351 |
| Stichwortverzeichnis | 357 |