



Christian Thomsen

# Physik für Ingenieure

für  
**dummies**<sup>®</sup>

2. Auflage

Fachkorrektur von Bernhard Gerl

**WILEY**

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

# 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.....	<b>53</b>
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

<b>Kapitel 6</b>	
<b>Wellen schlagen</b> .....	<b>115</b>
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
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Alles ist relativ...</b> .....	<b>129</b>
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
<b>TEIL II</b>	
<b>THERMODYNAMIK</b> .....	<b>139</b>
<b>Kapitel 8</b>	
<b>Temperatur: Warm und Kalt</b> .....	<b>141</b>
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
<b>Kapitel 9</b>	
<b>Zustände ändern sich</b> .....	<b>155</b>
... 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

<b>Kapitel 10</b>	
<b>Unordnung nimmt von selber zu</b> .....	<b>167</b>
Entropie als thermodynamische Größe .....	167
Entropie als statistische Größe .....	171
Mit Enthalpie Gase verschieben .....	173
<b>Kapitel 11</b>	
<b>Aus Wärme Kraft erzeugen</b> .....	<b>177</b>
Der Otto-Motor läuft rund .....	177
Der Carnot-Prozess ist optimal .....	179
Der Stirling-Motor ohne interne Verbrennung .....	186
<b>Kapitel 12</b>	
<b>Flüssigkeiten in Bewegung</b> .....	<b>191</b>
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
<b>TEIL III</b>	
<b>ELEKTRIZITÄTSLEHRE UND MAGNETISMUS</b> .....	<b>209</b>
<b>Kapitel 13</b>	
<b>Ladungen ohne Bewegung</b> .....	<b>211</b>
Coulombgesetz .....	211
Elektrische Felder .....	215
Elektrischer Fluss .....	219
Elektrische Felder in Materie .....	223
Mit Spannung zur Spannung .....	225
Kondensator .....	226
<b>Kapitel 14</b>	
<b>Elektrische Ströme</b> .....	<b>233</b>
Ströme <i>panda rei</i> (alles fließt) .....	233
Kirchhoffsche Gesetze .....	237
Auf- und Entladen von Kondensatoren .....	242
<b>Kapitel 15</b>	
<b>Magnetfelder und Ströme</b> .....	<b>247</b>
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

<b>TEIL V</b>	
<b>ATOMPHYSIK</b> .....	<b>317</b>
<b>Kapitel 20</b>	
<b>Die Welt der Atome</b> .....	<b>319</b>
Streuversuche an Atomen .....	319
Die Entdeckung des Photons .....	322
Diskrete Strahlung.....	327
Compton-Effekt.....	329
<b>Kapitel 21</b>	
<b>Kern und Kugeln</b> .....	<b>333</b>
Bohrsches Atommodell.....	333
Elektronen treffen auf Atome.....	337
<b>Kapitel 22</b>	
<b>Atome im wirklichen Leben</b> .....	<b>339</b>
Energiesparlampen .....	339
Wie viel Uhr ist es, bitte? .....	341
Die Grundlage des Laserschwerts .....	343
Mit Röntgenstrahlen durchsehen.....	346
Klein aber fein: die Mikrosonde.....	348
<b>Kapitel 23</b>	
<b>Quantenmechanik</b> .....	<b>351</b>
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
<b>TEIL VI</b>	
<b>KERNPHYSIK</b> .....	<b>373</b>
<b>Kapitel 24</b>	
<b>Kerne: kleiner als Atome</b> .....	<b>375</b>
Kernform .....	375
Sie bauen sich Atomkerne .....	379
Wieso hält ein Kern zusammen?.....	381
Ein Kern wiegt zu wenig.....	383
<b>Kapitel 25</b>	
<b>Plötzlich ist der Kern weg</b> .....	<b>387</b>
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



<b>Kapitel 30</b>	
<b>Halbleiter sind keine halben Leiter .....</b>	<b>455</b>
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
<b>Kapitel 31</b>	
<b>p-n Übergang in der Praxis .....</b>	<b>475</b>
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
<b>TEIL VIII</b>	
<b>DER TOP-TEN-TEIL .....</b>	<b>489</b>
<b>Kapitel 32</b>	
<b>Zehn Ratschläge um Spaß an der Physik zu haben .....</b>	<b>491</b>
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
<b>Spickzettel .....</b>	<b>495</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>497</b>