

Ulrich Leute

# Physik

und ihre Anwendungen  
in Technik und Umwelt

mit 614 Abbildungen und 87 Tabellen



Carl Hanser Verlag München Wien

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Was ist Physik?	1
1.2	Struktur und Wechselwirkung	3
1.2.1	Teilchen	4
1.2.2	Kraft und Packung	7
1.3	Messen	9
1.3.1	Maßsysteme	9
1.3.2	Größen und ihre Fehler	11
	Kasten 1: Diagramme und Tabellen	14
<b>2</b>	<b>Mechanik der Massenpunkte</b>	<b>16</b>
2.1	Kinematik	16
2.1.1	Begriffe der Bahnbewegung	16
2.1.2	Geradlinige Bewegungen	17
2.1.3	Würfe	20
2.1.4	Kreisbewegung	22
2.2	Dynamik der Massenpunkte	24
2.2.1	Impuls und Trägheit	24
2.2.2	Kraft	25
2.2.3	Rückstoß und Rakete	27
2.2.4	Kraftquellen	29
2.2.5	Reibungskräfte	32
	Kasten 2: Verblüffende Flächen	35
2.2.6	Trägheitskräfte	35
	Kasten 3: CORIOLIS, D'ALEMBERT und das Wetter	39
2.3	Energie	40
2.3.1	Arbeit und Leistung	41
2.3.2	Energiearten	42
2.3.3	Stöße	44
2.4	Feld und Potential	46
2.4.1	Schwerefeld an Erdoberfläche	47
2.4.2	Gravitationsfeld	48
2.5	Planetenbewegung	50
2.5.1	KEPLERSCHE GESETZE	51
<b>3</b>	<b>Mechanik der starren Körper</b>	<b>53</b>
3.1	Statik	53
3.1.1	Gleichgewicht	53
3.1.2	Handhabung der Gleichgewichtsbedingungen	55
3.1.3	Hebel und Schwerpunkt	57
	Kasten 4: Wirtshausschilder	60
3.2	Dynamik starrer Körper	62
3.2.1	Rotation starrer Körper	63
3.2.2	Trägheitsmomente	65
3.2.3	Kreisel	69
3.3	Relativistische Mechanik	74
3.3.1	Bezugssysteme	74

3.3.2	Länge und Zeit . . . . .	76
3.3.3	Masse, Impuls, Energie . . . . .	77
3.3.4	Zur allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	79
<b>4</b>	<b>Schwingungen . . . . .</b>	<b>81</b>
4.1	Freie Schwingungen . . . . .	81
4.1.1	Der harmonische Oszillator . . . . .	81
4.1.2	Oszillatoren . . . . .	83
4.1.3	Überlagerung von Schwingungen . . . . .	85
	Kasten 5: FOURIER-Reihe und -Integral . . . . .	87
4.1.4	Gekoppelte und kontinuierliche Schwinger . . . . .	90
4.1.5	Gedämpfte freie Schwingungen . . . . .	92
4.2	Schwinger mit Anregung . . . . .	95
4.2.1	Erzwungene Schwingung . . . . .	96
	Kasten 6: Von schädlichen und nützlichen Resonanzen in Technik und Musik . . . . .	100
4.2.2	Nichtlinearität und Chaos . . . . .	101
<b>5</b>	<b>Deformation von Materie . . . . .</b>	<b>103</b>
5.1	Deformation fester Körper . . . . .	103
5.1.1	Materialgrößen . . . . .	103
	Kasten 7: Vom Biegen und Knicken . . . . .	106
5.1.2	Reale Werkstoffe . . . . .	109
5.1.3	Spannungsverteilung und Bruch . . . . .	111
5.2	Ruhende Flüssigkeiten und Gase . . . . .	112
5.2.1	Druck . . . . .	112
5.2.2	Schweredruck . . . . .	113
	Kasten 8: Von Diamanten und Meteoriten . . . . .	114
5.2.3	Auftrieb und Schwimmen . . . . .	117
5.2.4	Grenz- und Oberflächen . . . . .	119
5.3	Strömungen . . . . .	123
5.3.1	Strömung idealer Fluide . . . . .	123
	Kasten 9: Quellen und Wirbel . . . . .	124
5.3.2	Laminare Strömung . . . . .	127
	Kasten 10: Farben und Schmelzen . . . . .	129
5.3.3	Turbulente Strömung . . . . .	131
5.4	Viskoelastizität . . . . .	133
<b>6</b>	<b>Mechanik und Wärme . . . . .</b>	<b>136</b>
6.1	Temperatur und ihre Auswirkungen . . . . .	136
6.1.1	Wärmekapazität von Flüssigkeiten und Festkörpern . . . . .	137
6.1.2	Wärmeausdehnung . . . . .	139
6.1.3	Verhalten der Gase . . . . .	141
6.2	Statistische Gastheorie . . . . .	142
6.2.1	Mittelwerte . . . . .	142
	Kasten 11: Vom leeren Raum . . . . .	145
6.2.2	Verteilungen . . . . .	146
<b>7</b>	<b>Thermodynamik . . . . .</b>	<b>150</b>
7.1	Hauptsätze . . . . .	150

7.1.1	Der Erste Hauptsatz . . . . .	150
7.1.2	Kreisprozesse . . . . .	152
7.1.3	Der Zweite Hauptsatz . . . . .	154
7.1.4	Entropie . . . . .	156
7.2	Phasenübergänge in Einstoffsystemen . . . . .	157
7.2.1	Verdampfen . . . . .	158
7.2.2	Weitere Umwandlungen . . . . .	160
7.2.3	Keime und Kinetik . . . . .	162
7.3	Mehrstoffsysteme . . . . .	163
7.3.1	Lösungen . . . . .	164
7.3.2	Feste Mischungen . . . . .	166
<b>8</b>	<b>Wärme und ihr Transport . . . . .</b>	<b>170</b>
8.1	Wärmetransport . . . . .	170
8.1.1	Wärmestrahlung . . . . .	171
8.1.2	Wärmeleitung . . . . .	174
	Kasten 12: Treibhausklima . . . . .	175
8.1.3	Konvektion und latente Wärme . . . . .	180
8.2	Weitere Transportvorgänge . . . . .	182
8.2.1	Diffusion . . . . .	182
<b>9</b>	<b>Elektrisches Feld . . . . .</b>	<b>185</b>
9.1	Elektrostatisches Feld im leeren Raum . . . . .	186
9.1.1	Ladung Feldstärke, Potential . . . . .	186
9.1.2	Felder mehrerer Punktladungen . . . . .	188
9.1.3	Felder von geladenen Leitern . . . . .	191
9.1.4	Kapazitäten . . . . .	194
9.2	Dielektrika . . . . .	196
9.2.1	Phänomenologische Beschreibung . . . . .	196
9.2.2	Mechanismen der Polarisierung . . . . .	199
9.2.3	Polarisationseffekte . . . . .	201
	Kasten 13: Flaschen, Dosen, Chips und Wickel . . . . .	203
<b>10</b>	<b>Elektrischer Strom . . . . .</b>	<b>205</b>
10.1	Phänomenologische Beschreibung . . . . .	205
10.1.1	Strom und Widerstand . . . . .	205
10.2	Leitungsmechanismen . . . . .	207
10.2.1	Festkörper . . . . .	207
10.2.2	Strom über Grenzflächen . . . . .	210
10.2.3	Flüssigkeiten . . . . .	213
10.2.4	Galvanische Elemente . . . . .	214
10.2.5	Gase . . . . .	217
<b>11</b>	<b>Magnetismus . . . . .</b>	<b>222</b>
11.1	Magnetisches Feld im leeren Raum . . . . .	222
11.1.1	Kraft und Feld . . . . .	222
11.1.2	Magnetfelder von verschiedenen Leitern . . . . .	225
11.1.3	Magnetische Momente . . . . .	229
	Kasten 14: Eisenerz und Abfallgruben . . . . .	231
11.1.4	Das Magnetfeld der Erde . . . . .	231

11.2	Materie im Magnetfeld . . . . .	234
11.2.1	Dia- und Paramagnetismus . . . . .	235
11.2.2	Domänen in magnetischen Stoffen . . . . .	236
11.2.3	Magnetische Kenngrößen . . . . .	239
11.2.4	Magnetischer Kreis . . . . .	242
	Kasten 15: Von langen Dünnen und kurzen Dicken . . . . .	245
<b>12</b>	<b>Zeitabhängige elektromagnetische Vorgänge. . . . .</b>	<b>247</b>
12.1	Induktion . . . . .	247
12.1.1	Induktionsgesetz . . . . .	247
	Kasten 16: Schirme . . . . .	250
12.1.2	Induktivität . . . . .	251
12.2	Schaltungen . . . . .	254
12.2.1	Ein- und Ausschalten . . . . .	254
12.2.2	Wechselstrom . . . . .	256
12.2.3	Schwingkreise . . . . .	259
12.3	MAXWELLSche Gleichungen . . . . .	262
<b>13</b>	<b>Wellen. . . . .</b>	<b>264</b>
13.1	Allgemeine Wellenlehre . . . . .	264
13.1.1	Auslenkung und Ausbreitung . . . . .	264
13.1.2	Geschwindigkeiten . . . . .	266
13.1.3	Überlagerung . . . . .	270
13.1.4	Bewegung von Quelle und Empfänger . . . . .	273
13.1.5	Brechung und Reflexion . . . . .	275
13.1.6	Beugung . . . . .	277
	Kasten 17: Der Erde Kern . . . . .	278
13.2	Akustik . . . . .	281
13.2.1	Schallfeldgrößen . . . . .	281
13.2.2	Schallempfinden . . . . .	284
	Kasten 18: Vom Tuten und Blasen . . . . .	286
13.3	Elektromagnetische Wellen . . . . .	287
13.3.1	Erzeugung . . . . .	288
13.3.2	Ausbreitung . . . . .	291
<b>14</b>	<b>Optik . . . . .</b>	<b>295</b>
14.1	Strahlenoptik . . . . .	295
14.1.1	Spiegeloptik . . . . .	295
14.1.2	Brechung an Grenzflächen . . . . .	299
	Kasten 19: Lichtwellenleiter . . . . .	300
	Kasten 20: Regenbogen, Halo und Fata Morgana . . . . .	303
14.1.3	Linsenoptik . . . . .	302
14.1.4	Einige optische Instrumente . . . . .	308
14.2	Wellenoptik . . . . .	311
14.2.1	Polarisation . . . . .	311
14.2.2	Interferenz . . . . .	316
14.3	Licht und Farbe . . . . .	320
14.3.1	Photometrie . . . . .	320
	Kasten 21: Räumliche Bilder . . . . .	321
14.3.2	Farbe und ihre Messung . . . . .	324

<b>15 Quantenphysik</b>	327
15.1 Wellen und Quanten	327
15.1.1 Lichtquanten	327
15.1.2 Materiewellen	329
15.1.3 Gebundene Zustände	333
15.2 Atomphysik	337
15.2.1 Wasserstoff und Ähnliches	338
15.2.2 Atombau und Periodensystem	341
15.2.3 Röntgenstrahlen	345
Kasten 22: Spurensuche	348
15.2.4 Moleküle	349
15.2.5 Laser	351
Kasten 23: Licht und Werkzeug	354
15.3 Kernphysik	354
15.3.1 Aufbau und Eigenschaften	355
15.3.2 Instabile Kerne	358
Kasten 24: Radioaktive Uhren	364
15.3.3 Strahlen- und Kerntechnik	365
<b>16 Festkörperphysik</b>	370
16.1 Aufbau der Festkörper	370
16.1.1 Bindungen	370
16.1.2 Kristallstruktur	373
Kasten 25: Vom Sandkorn zum Wafer	377
16.1.3 Defekte	378
16.1.4 Kristallstrukturanalyse	381
16.1.5 Überstruktur, Gefüge, Verbund	384
16.1.6 Flüssigkristalle	386
16.2 Gitterschwingungen	388
16.2.1 Wärmekapazität und -ausdehnung	388
16.2.2 Phononen	390
16.3 Elektronen in Festkörpern	391
16.3.1 Klasseneinteilung	391
16.3.2 Supraleiter	395
<b>17 Halbleiterphysik</b>	399
17.1 Homogene Halbleiter	399
17.1.1 Eigenleitung	399
Kasten 26: Zustandsdichte der Elektronen im Leitungsband	402
17.1.2 Störstellenleitung	403
17.1.3 Bauelemente	406
17.2 Heterogene Halbleiter	409
17.2.1 Der pn-Übergang	409
17.2.2 Die pn-Gleichrichter-Diode	412
17.2.3 Dioden mit Tunnelstrom	413
17.2.4 Dioden mit Licht	416
Kasten 27: Photovoltaik	419
17.2.5 Transistoren	420
Kasten 28: Planartechnik	425

---

<b>Anhang</b> . . . . .	427
Anhang 1: Physikalische Konstanten . . . . .	427
Anhang 2: Einige Umrechnungsfaktoren zu unüblichen, in der Technik aber noch auftretenden Einheiten . . . . .	428
Anhang 3: Einige mathematische Hilfsmittel . . . . .	429
Anhang 4: Einige physikalische Fachwörter in Englisch und Französisch. . . .	431
Anhang 5: Abkürzungen für wichtige Kunststoffe . . . . .	438
Anhang 6: Literaturhinweise . . . . .	439
Anhang 7: Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .	440
Anhang 8: Periodensystem der Elemente (hinterer Buchdeckel) . . . . .	442
<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	443
<b>Personenverzeichnis</b> . . . . .	449