

# Physik für Techniker und technische Berufe

mit 394 Bildern, 170 Beispielen, 316 Aufgaben mit Lösungen  
und einer Formelsammlung (Beilage)

**3. Auflage**



Fachbuchverlag Leipzig  
im Carl Hanser Verlag

# Inhaltsverzeichnis

## Technik und Physik

1	Physikalische Größen und Einheiten . . . . .	18
1.1	Größenarten und Größen . . . . .	18
1.2	Einheiten und Internationales Einheitensystem (SI) . . . . .	18
1.3	Größengleichungen . . . . .	20
1.4	Länge, Fläche und Volumen . . . . .	21
1.5	Zeit . . . . .	24

## Mechanik

2	Kinematik . . . . .	25
2.1	Kinematik der Punktmasse . . . . .	27
2.1.1	Bewegung auf gerader Bahn . . . . .	29
2.1.1.1	Geschwindigkeit und Beschleunigung . . . . .	31
2.1.1.2	Gleichförmige Bewegung . . . . .	36
2.1.1.3	Gleichmäßig beschleunigte Bewegung . . . . .	38
2.1.1.4	Freier Fall . . . . .	44
2.1.1.5	Relativität der Bewegung und Überlagerung von Be- wegungen . . . . .	45
2.1.2	Bewegung auf der Kreisbahn . . . . .	50
2.1.2.1	Periodendauer und Frequenz . . . . .	50
2.1.2.2	Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung . . . . .	51
2.1.2.3	Radialbeschleunigung . . . . .	54
2.2	Kinematik des starren Körpers . . . . .	55
2.2.1	Translation und Rotation . . . . .	55
2.2.2	Kinematik der Rotation . . . . .	57
2.2.3	Drehzahlmessung . . . . .	59

Dynamik der Punktmasse. . . . .	61
3.1 Kräfte. . . . .	61
3.1.1 Wirkungen von Kräften. . . . .	61
3.1.2 Wechselwirkung. . . . .	62
3.1.3 Kraftmessung. . . . .	64
3.1.4 Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften . . .	65
3.1.5 Trägheit der Körper. . . . .	69
3.1.6 Grundgesetz der Dynamik. . . . .	70
3.1.7 Schwere der Körper. . . . .	73
3.1.8 Reibungskräfte. . . . .	75
3.1.9 Anwendungen des Grundgesetzes der Dynamik . . .	77
3.1.10 Trägheitskräfte. . . . .	80
3.1.11 Radialkraft und Zentrifugalkraft. . . . .	81
3.2 Arbeit, Energie und Leistung. . . . .	85
3.2.1 Mechanische Arbeit. . . . .	85
3.2.1.1 Beschleunigungsarbeit. . . . .	86
3.2.1.2 Hubarbeit. . . . .	87
3.2.1.3 Federspannarbeit. . . . .	89
3.2.1.4 Reibungsarbeit. . . . .	90
3.2.2 Energie. . . . .	91
3.2.2.1 Kinetische Energie. . . . .	92
3.2.2.2 Potentielle Energie. . . . .	92
3.2.3 Energieerhaltungssatz. . . . .	95
3.2.4 Leistung und Wirkungsgrad. . . . .	99
3.2.4.1 Leistung. . . . .	100
3.2.4.2 Wirkungsgrad. . . . .	101
3.3 Impuls. . . . .	107
3.3.1 Kraftstoß und Impuls. . . . .	107
3.3.2 Impulserhaltungssatz. . . . .	109
3.3.3 Stoßvorgänge. . . . .	110
3.3.3.1 Elastischer Stoß. . . . .	110
3.3.3.2 Unelastischer Stoß. . . . .	112
3.3.4 Raketenantrieb. . . . .	114
Dynamik der Rotation. . . . .	117
4.1 Drehmoment. . . . .	118
4.2 Rotationsenergie und Massenträgheitsmoment. . . . .	123
4.2.1 Rotationsenergie. . . . .	123
4.2.2 Massenträgheitsmoment. . . . .	124
4.3 Analogie zwischen Translation und Rotation. . . . .	128
4.4 Grundgesetz der Dynamik der Rotation. . . . .	129

4.5	Arbeit und Leistung bei der Rotation. . . . .	.131
4.6	Drehimpulserhaltungssatz. . . . .	.132
	Statik. . . . .	.135
5.1	Gleichgewicht starrer Körper. . . . .	.135
5.1.1	Gleichgewichtsbedingungen. . . . .	.135
5.1.2	Gleichgewichtsarten. . . . .	.136
5.1.3	Schwerpunkt. . . . .	.137
5.2	Ebene Kraftsysteme. . . . .	.138
5.2.1	Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt. . . . .	.138
5.2.2	Kräfte mit verschiedenen Angriffspunkten. . . . .	.140
5.2.3	Standsicherheit. . . . .	.145
	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase. . . . .	.147
6.1	Druck. . . . .	.147
6.2	Einige Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen. . . . .	.149
6.2.1	Kompressibilität. . . . .	.150
6.2.2	Flüssigkeitsoberflächen. . . . .	.150
6.2.3	Grenzflächenerscheinungen und Kapillarität. . . . .	.153
6.3	Mechanik ruhender Flüssigkeiten und Gase. . . . .	.154
6.3.1	Kolbendruck. . . . .	.154
6.3.2	Schweredruck. . . . .	.156
6.3.2.1	Schweredruck in Flüssigkeiten. . . . .	.156
6.3.2.2	Schweredruck in Gasen und Luftdruck. . . . .	.159
6.3.3	Druckmessung. . . . .	.160
6.3.3.1	Druckskalen. . . . .	.160
6.3.3.2	Druckmeßgeräte. . . . .	.161
6.3.4	Auftrieb. . . . .	.164
6.3.4.1	Auftrieb in Flüssigkeiten. . . . .	.164
6.3.4.2	Schwimmen. . . . .	.166
6.3.4.3	Auftrieb in Gasen. . . . .	.170
6.4	Mechanik strömender Flüssigkeiten und Gase. . . . .	.170
6.4.1	Strömungsgeschwindigkeit und Stromlinien; Volumenstrom. . . . .	.170
6.4.2	Strömung idealer Flüssigkeiten und Gase. . . . .	.172
6.4.2.1	Kontinuitätsgleichung. . . . .	.172
6.4.2.2	Bernoullische Gleichung. . . . .	.174
6.4.2.3	Anwendungen der Bernoullischen Gleichung. . . . .	.176
6.4.3	Strömung realer Flüssigkeiten und Gase. . . . .	.179
6.4.3.1	Innere Reibung und Viskosität. . . . .	.179
6.4.3.2	Laminare und turbulente Strömungen. . . . .	.180

6.4.3.3	Strömungswiderstände	.180
6.4.3.4	Druckverlust in Rohrleitungen	.183
6.4.3.5	Viskositätsbestimmungen	.183

## Thermodynamik

7	Wärme und innere Energie	.185
7.1	Thermodynamische Prozesse	.185
7.2	Wärmebewegung	.186
7.3	Temperatur	.187
7.4	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Körper	.188
7.5	Temperaturmessung	.191
7.6	1. Hauptsatz der Thermodynamik	.196
7.7	Wärme und Temperatur	.198
7.8	Spezifische Wärmekapazität von Gasen	.200
7.9	Änderung des Aggregatzustandes	.201
7.10	Wärmebilanzen bei Temperatúrausgleich	.205
7.11	Energieumwandlungen	.209
8	Zustandsänderungen von Gasen	.213
8.1	Thermischer Zustand des idealen Gases	.213
8.1.1	Ideales Gas	.213
8.1.2	Thermische Zustandsgleichung des idealen Gases	.213
8.1.3	Quasistatische Zustandsänderungen	.215
8.2	Volumenänderungsarbeit	.216
8.3	Spezielle Zustandsänderungen	.218
8.3.1	Isotherme Zustandsänderungen	.218
8.3.2	Isochore Zustandsänderungen	.219
8.3.3	Isobare Zustandsänderungen	.221
8.3.4	Adiabatische Zustandsänderungen	.222
8.4	Kreisprozesse	.224
8.4.1	Prinzip der Wärmekraftmaschine	.225
8.4.2	Wärmepumpe und Kältemaschine	.226
8.4.3	Carnot-Prozeß	.226
8.5	2. Hauptsatz der Thermodynamik	.228
8.5.1	Thermodynamischer Wirkungsgrad reversibler Kreisprozesse	.228
8.5.2	Irreversible Prozesse	.229

8.6	Reale Gase und Dämpfe. . . . .	230
8.6.1	Isothermen eines realen Gases. . . . .	230
8.6.2	Dämpfe. . . . .	230
8.6.3	Luftfeuchte. . . . .	232
9	Wärmetransport . . . . .	233
9.1	Wärmetransportprozesse. . . . .	233
9.2	Wärmedurchgang . . . . .	235

## Elektrik

10	Gleichstrom. . . . .	239
10.1	Elektrische Ladungen und Ströme. . . . .	239
10.2	Elektrische Spannung. . . . .	244
10.3	Ohmsches Gesetz. . . . .	247
10.4	Elektrischer Widerstand. . . . .	249
10.5	Schaltung von Widerständen. . . . .	253
10.5.1	Parallelschaltung. . . . .	253
10.5.2	Reihenschaltung. . . . .	255
10.6	Elektrische Energie und Leistung. . . . .	260
10.7	Reale Stromkreise. . . . .	261
10.7.1	Verhalten realer Spannungsquellen. . . . .	262
10.7.2	Schaltung von Spannungsquellen. . . . .	264
10.7.3	Einfluß von Leitungswiderständen. . . . .	266
10.7.4	Knoten- und Maschensatz zur Berechnung elektrischer Netze. . . . .	267
10.8	Meßtechnische Anwendungen. . . . .	268
10.8.1	Messungen mit Drehspulinstrumenten. . . . .	269
10.8.2	Widerstandsbestimmung durch Strom- und Spannungsmessung. . . . .	271
10.8.3	Spannungskompensation. . . . .	273
10.8.4	Meßbrücken. . . . .	274
10.8.5	Digitale Meßverfahren. . . . .	275
11	Elektrische und magnetische Felder. . . . .	277
11.1	Elektrische Felder. . . . .	278
11.1.1	Kräfte zwischen elektrischen Ladungen. . . . .	278
11.1.2	Elektrische Felder im Vakuum. . . . .	280
11.1.2.1	Elektrische Flußdichte und elektrische Feldstärke . . . . .	280

11.1.2.2	Kapazität . . . . .	281
11.1.2.3	Elektrische Feldenergie. . . . .	282
11.1.3	Stoffe im elektrischen Feld. . . . .	283
11.1.3.1	Influenz. . . . .	283
11.1.3.2	Dielektrische Polarisaton. . . . .	284
11.1.4	Kondensatoren. . . . .	285
11.2	Magnetische Felder. . . . .	287
11.2.1	Magnetische Felder stromdurchflossener Leiter . . .	287
11.2.2	Magnetische Felder im Vakuum. . . . .	288
11.2.2.1	Magnetische Feldstärke und magnetische Flußdichte	288
11.2.2.2	Induktivität und magnetische Feldenergie . . . . .	290
11.2.3	Stoffe im magnetischen Feld. . . . .	291
11.2.4	Kraftwirkungen auf stromdurchflossene Leiter im ma- gnetischen Feld. . . . .	294
11.3	Bewegung von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern. . . . .	296
11.3.1	Erzeugung von Elektronenstrahlen. . . . .	297
11.3.2	Ablenkung von Elektronen im elektrischen Querfeld	298
11.3.3	Elektronen in magnetischen Feldern. . . . .	300
11.4	Elektromagnetische Induktion. . . . .	302
11.4.1	Induktionsgesetz. . . . .	302
11.4.2	Transformator- und Generatorprinzip. . . . .	303
11.4.2.1	Transformatorprinzip. . . . .	304
11.4.2.2	Generatorprinzip. . . . .	305
11.4.3	Wirbelströme. . . . .	306
11.4.4	Selbstinduktion. . . . .	307
12	Wechselstrom. . . . .	309
12.1	Wechselspannungen und Wechselströme. . . . .	309
12.1.1	Bestimmungsgrößen. . . . .	309
12.1.2	Messung von Wechselströmen und Wechselspannun- gen. . . . .	312
12.2	Einfache Wechselstromkreise. . . . .	314
12.2.1	Wirkwiderstände. . . . .	314
12.2.2	Blindwiderstände. . . . .	315
12.2.2.1	Induktiver Blindwiderstand. . . . .	316
12.2.2.2	Kapazitiver Blindwiderstand. . . . .	317
12.3	Zusammengesetzte Wechselstromkreise. . . . .	319
12.3.1	Reihenschaltung von $R$ und $L$ . . . . .	321

12.3.2	Reihenschaltung von $R$ , $L$ und $C$	323
12.3.3	Parallelschaltung von $R$ , $L$ und $C$	324
12.4	Leistung des Wechselstroms	326
12.4.1	Momentanleistung und Wirkleistung	326
12.4.2	Messung der Wirkleistung	326
12.4.3	Wirk-, Blind- und Scheinleistung	327
12.4.4	Blindleistungskompensation	329
12.5	Transformatoren	331
12.6	Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)	333
12.7	Schutz vor elektrischen Unfällen	337
13	Halbleiter	339
13.1	Leitungsmechanismen in Halbleitern	340
13.1.1	Eigenleitung	340
13.1.2	Störstellenleitung	341
13.1.2.1	n-Leitung	341
13.1.2.2	p-Leitung	342
13.2	pn-Übergang	343
13.3	Halbleiterdioden	344
13.4	Transistoren	347
13.4.1	Bipolartransistoren	347
13.4.2	Elementarer Spannungsverstärker	349
13.4.3	Feldeffekttransistoren	351

## Schwingungen und Wellen

14	Schwingungen	353
14.1	Mechanische Schwingungen	353
14.1.1	Freie ungedämpfte Schwingungen	353
14.1.1.1	Kinematik der Sinusschwingung	355
14.1.1.2	Dynamik der Sinusschwingung	357
14.1.1.3	Dreh- und Pendelschwingungen	360
14.1.2	Freie gedämpfte Schwingungen	363
14.1.3	Erzwungene Schwingungen	366
14.2	Elektrische Schwingungen	368
14.2.1	Elektrischer Schwingkreis	368



14.2.2	Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen . . . . .	369
14.2.3	Erzwungene elektrische Schwingungen . . . . .	370
14.2.3.1	Reihenresonanz . . . . .	371
14.2.3.2	Parallelresonanz . . . . .	372
15	Wellen . . . . .	373
15.1	Wellenausbreitung . . . . .	373
15.1.1	Arten von Wellen . . . . .	373
15.1.2	Frequenz und Doppler-Effekt . . . . .	376
15.1.3	Wellenlänge und Phasengeschwindigkeit . . . . .	376
15.1.4	Energiestrom und Amplitude . . . . .	377
15.1.5	Huygenssches Prinzip . . . . .	377
15.2	Reflexion und Brechung . . . . .	378
15.2.1	Reflexion . . . . .	379
15.2.2	Brechung . . . . .	380
15.2.3	Totalreflexion . . . . .	381
15.3	Beugung und Interferenz . . . . .	382
15.3.1	Beugung . . . . .	382
15.3.2	Interferenz . . . . .	383
15.3.3	Beugung und Interferenz am Doppelspalt . . . . .	386
15.4	Stehende Wellen . . . . .	390
15.5	Optische Abbildung . . . . .	391
15.5.1	Bildkonstruktion . . . . .	391
15.5.2	Bildentstehung an gekrümmten Spiegeln und Linsen . . . . .	393
15.5.3	Abbildungsgleichung und Abbildungsmaßstab . . . . .	396
15.5.4	Vergrößerung durch Fernrohr und Mikroskop . . . . .	397
15.6	Energieübertragung durch Wellen . . . . .	399
15.6.1	Physikalische Strahlungsgrößen . . . . .	399
15.6.2	Physiologische Schall- und Lichtempfindungen . . . . .	402
15.6.2.1	Schallstärke und Lautstärke . . . . .	402
15.6.2.2	Lichttechnische Größen . . . . .	403

## Atome

16	Atom- und Kernphysik . . . . .	407
16.1	Quanten . . . . .	408
16.1.1	Energiequantelung . . . . .	408
16.1.2	Welle-Teilchen-Dualismus . . . . .	409

16.1.3	Äußerer Fotoeffekt . . . . .	410
16.1.4	Heisenbergsche Unschärferelation . . . . .	411
16.1.5	Masse und Energie . . . . .	411
16.2	Atomhülle . . . . .	413
16.2.1	Bohrsches Atommodell . . . . .	413
16.2.2	Quantenzahlen . . . . .	414
16.2.3	Aufbau der Atomhülle der Elemente . . . . .	415
16.3	Atomkern . . . . .	416
16.3.1	Aufbau des Atomkerns . . . . .	416
16.3.2	Radioaktivität . . . . .	418
16.3.2.1	Q-Umwandlung . . . . .	419
16.3.2.2	$\beta$ -Umwandlung . . . . .	419
16.3.2.3	$\gamma$ -Strahlung . . . . .	420
16.3.2.4	Gesetz der radioaktiven Umwandlung . . . . .	421
16.3.2.5	Absorption von ionisierender Strahlung . . . . .	422
16.3.2.6	Nachweis von Kernstrahlung . . . . .	425
16.3.2.7	Biologische Wirkungen und Strahlenschutz . . . . .	427
16.3.3	Kernenergie . . . . .	428
16.3.3.1	Kernspaltung . . . . .	429
16.3.3.2	Kernsynthese . . . . .	432

## Aufgaben

2	Kinematik	A 2.1 ... A 2.16 . . . . .	433
3	Dynamik der Punktmasse	A 3.1 ... A 3.57 . . . . .	435
4	Dynamik der Rotation	A 4.1 ... A 4.18 . . . . .	440
5	Statik	A 5.1 ... A 5.10 . . . . .	443
6	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase	A 6.1 ... A 6.37 . . . . .	446
7	Wärme und innere Energie	A 7.1 ... A 7.27 . . . . .	450
8	Zustandsänderungen von Gasen	A 8.1 ... A 8.18 . . . . .	453
9	Wärmetransport	A 9.1 ... A 9.5 . . . . .	455
10	Gleichstrom	A 10.1 ... A 10.35 . . . . .	456
11	Elektrische und magnetische Felder	A 11.1 ... A 11.28 . . . . .	460
12	Wechselstrom	A 12.1 ... A 12.19 . . . . .	463
14	Schwingungen	A 14.1 ... A 14.14 . . . . .	465
15	Wellen	A 15.1 ... A 15.18 . . . . .	467
16	Atom- und Kernphysik	A 16.1 ... A 16.14 . . . . .	470

<b>Lösungen</b> . . . . .	471
---------------------------	-----

<b>Sachwortverzeichnis</b> . . . . .	516
--------------------------------------	-----

<b>Bildquellennachweis</b> . . . . .	520
--------------------------------------	-----

<b>Formelsammlung (als Beilage)</b>	
-------------------------------------	--