

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einleitung	13
1 Physikalisches Messen	17
1.1 SI-Einheiten und ihre Dimension	17
1.2 Maßangaben und Größengleichungen	18
1.3 SI-Basisgrößen	21
1.3.1 Länge	21
1.3.2 Zeit	22
1.3.3 Masse	24
1.3.4 Stoffmenge	26
1.3.5 Weitere SI-Basisgrößen	27
1.4 Abgeleitete Größen	28
1.5 Bedeutung des Einheitensystems für die Praxis	30
1.6 Auswertung von Messungen	32
1.6.1 Physik als messende Wissenschaft	32
1.6.2 Darstellung von Messergebnissen	33
1.6.3 Fehlerabschätzungen	38
<i>Zusammenfassung</i>	41
<i>Kontrollfragen</i>	43
2 Kinematik	45
2.1 Gleichförmige und ungleichförmige Bewegung	46
2.1.1 Geradlinige gleichförmige Bewegung	46
2.1.2 Geradlinige ungleichförmige Bewegung	47
2.1.3 Physikalische Differentiale	49
2.1.4 Exemplarischer Messvorgang zur beschleunigten	
Bewegung	50
2.1.5 Gleichmäßig beschleunigte Bewegung	54
2.2 Zusammensetzen von Geschwindigkeit und Beschleunigung	56
2.2.1 Geschwindigkeit und Beschleunigung als	
vektorielle Größen	56
2.2.2 Bezugssysteme	57
2.2.3 Der Wurf	59
2.3 Kreisbewegung	63
2.3.1 Allgemeines	63
2.3.2 Gleichförmige Kreisbewegung	63
2.3.3 Gleichmäßig beschleunigte Kreisbewegung	66
2.3.4 Gegenüberstellung von geradliniger Bewegung	
und Kreisbewegung	67
2.3.5 Vektordarstellung der Winkelgeschwindigkeit	69
2.4 Schwingungen	70
<i>Zusammenfassung</i>	74
<i>Kontrollfragen</i>	78

3	Mechanik: Impuls, Kraft und Energie	79
3.1	Impuls	79
3.2	Erhaltung des Impulses	81
3.3	Kraft	82
3.4	NEWTONsche Grundgesetze der Mechanik	84
3.4.1	Zusammenhang von Kraft und Beschleunigung	84
3.4.2	Trägheitsgesetz	88
3.4.3	Gegenwirkungsprinzip	89
3.5	Spezielle Kräfte	90
3.5.1	Kraft im Schwerfeld – Gravitation	90
3.5.2	Elektrische Kraft im Feld einer Punktladung	91
3.5.3	Elektrische Kraft im homogenen elektrischen Feld	93
3.5.4	Elastische Federkräfte	95
3.5.5	Kräfte am Fadenpendel	98
3.5.6	Weitere Beispiele harmonischer Vorgänge	101
3.5.7	Reibungskräfte	102
3.5.8	Radialkräfte	109
3.5.9	Kräfte im rotierenden Bezugssystem	111
3.6	Energie	115
3.6.1	Die mechanische Arbeit	116
3.6.2	Kinetische Energie	118
3.6.3	Potentielle Energie	119
3.6.4	Energiesatz	123
3.6.5	Stoßprozesse	126
3.6.6	Elastischer gerader Stoß	126
3.6.7	Unelastischer gerader Stoß	128
3.6.8	Leistung	130
3.6.9	Weitere Beispiele für potentielle Energien	132
3.7	Mechanik starrer Körper – Drehbewegungen	134
3.7.1	Freiheitsgrade des starren Körpers	134
3.7.2	Schwerpunkt	135
3.7.3	Kräfte am starren Körper	138
3.7.4	Drehimpuls	141
3.7.5	Bewegung um eine Achse – Drehmoment	144
3.7.6	Gleichgewicht am starren Körper	146
3.7.7	Trägheitsmomente	148
3.7.8	Satz von STEINER	151
3.7.9	Arbeit, Energie und Leistung beim starren Körper	153
3.7.10	Beispiele und Anwendungen	154
	<i>Zusammenfassung</i>	161
	<i>Kontrollfragen</i>	171
4	Mechanik der Flüssigkeiten und Gase	173
4.1	Ruhende Flüssigkeiten und Gase	173
4.1.1	Druck	174
4.1.2	Schweredruck in Flüssigkeiten	175
4.1.3	Auftrieb und Schwimmen	175
4.1.4	Das BOYLESche Gesetz	180

4.1.5	Barometrische Höhenformel	180
4.1.6	Rotierende Flüssigkeiten	183
4.2	Strömende Flüssigkeiten und Gase	184
4.2.1	Allgemeines zu Strömungsvorgängen	185
4.2.2	Kontinuitätsgleichung	186
4.2.3	Laminare Strömung in einem Rohr	187
4.2.4	BERNOULLISCHE Gleichung	189
4.2.5	Wirbel in Flüssigkeiten und Gasen	192
	<i>Zusammenfassung</i>	194
	<i>Kontrollfragen</i>	196
5	Schwingungen	197
5.1	Schwingungen in der Ebene	198
5.2	Überlagerungen von Schwingungen und FOURIER-Entwicklung ..	202
5.3	Schwebungen	203
5.4	Energiebilanz bei Schwingungen	206
5.5	Einschub: Rechnen mit komplexen Zahlen	207
5.6	Gedämpfte Schwingungen	209
5.6.1	Lösung der Schwingungsgleichung	209
5.6.2	Elektrischer Schwingkreis	215
5.7	Erzwungene Schwingungen	216
5.7.1	Vorläufige Abschätzungen und Diskussion der Lösung ..	217
5.7.2	Gesamtverhalten im eingeschwungenen Zustand	219
	<i>Zusammenfassung</i>	226
	<i>Kontrollfragen</i>	228
6	Elektrotechnik	229
6.1	Der elektrische Gleichstromkreis	230
6.1.1	Elektrischer Strom und elektrische Spannung	230
6.1.2	Ladung als Ursache des elektrischen Stroms	233
6.1.3	Zusammenhang zwischen Spannung und Strom – das OHMSche Gesetz	236
6.1.4	Arbeit und Leistung des elektrischen Gleichstroms	241
6.1.5	KIRCHHOFFSche Gesetze	242
6.1.6	Anwendungen der KIRCHHOFFSchen Gesetze	246
6.2	Elektrostatik	251
6.2.1	Die elektrische Ladung	251
6.2.2	COULOMBSches Gesetz	255
6.2.3	Das elektrische Feld	256
6.2.4	Elektrisches Potential und elektrische Spannung	260
6.2.5	Elektrische Ladungen auf Leitern	262
6.2.6	Spannung und Feldstärke im homogenen Feld	263
6.3	Der Kondensator	265
6.3.1	Ladung und Spannung am Plattenkondensator	265
6.3.2	Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren	267
6.3.3	Kapazitäten von Kondensatoren unterschiedlicher Geometrien	268
6.3.4	Energieinhalt eines Kondensators	272

6.4	Die elektrische Flussdichte	273
6.4.1	Elektrisches Feld im Dielektrikum	273
6.4.2	Elektrische Feldenergie	277
6.4.3	Berechnung des Verschiebungsfeldes	277
6.5	Magnetfeld elektrischer Ströme	281
6.5.1	Das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Leiters	282
6.5.2	Das Durchflutungsgesetz	283
6.5.3	Kraftwirkung im Magnetfeld	287
6.5.4	Materie im Magnetfeld	291
6.5.5	Der magnetische Kreis	296
6.6	Die elektromagnetische Induktion	298
6.6.1	Das FARADAYSche Induktionsgesetz	298
6.6.2	Gegenseitige Induktion zweier Stromkreise und Selbstinduktion	301
6.6.3	Energieinhalt einer Spule und magnetische Feldenergie ..	303
6.6.4	Generatoren und Motoren	304
6.6.5	Ein- und Ausschalten einer Spule und eines Kondensators	306
6.7	Die MAXWELLSchen Gleichungen	308
6.8	Wechselströme	310
6.8.1	Periodische Ströme und Spannungen	310
6.8.2	Widerstand, Spule und Kondensator im Wechselstromkreis	312
	<i>Zusammenfassung</i>	317
	<i>Kontrollfragen</i>	329
7	Geometrische Optik	331
7.1	Natur des Lichts	331
7.2	Reflexion	333
7.3	Brechung	335
7.4	Optische Abbildungen	339
7.4.1	Brechung an einer Kugelfläche	339
7.4.2	Abbildungen mit Linsen	341
7.4.3	Linsensysteme und dicke Linsen	346
7.4.4	Blenden	347
7.5	Optische Geräte	348
7.5.1	Abbildung durch das menschliche Auge	348
7.5.2	Abbildung durch die Lupe	349
7.5.3	Kamera und Projektionsgerät	349
7.5.4	Abbildung durch das Fernrohr	352
7.5.5	Abbildung durch das Mikroskop	354
7.6	Hohl- und Wölbspiegel	356
7.7	Energietransport durch Licht	357
	<i>Zusammenfassung</i>	359
	<i>Kontrollfragen</i>	365
8	Wellen	367
8.1	Eindimensionale Wellen	367
8.1.1	Begriffe	367

8.1.2	Elektromagnetische Wellen	371
8.1.3	Einige Eigenschaften von Schallwellen	375
8.1.4	Mathematische Beschreibung von Wellen – Wellengleichung	376
8.1.5	Energie- und Impulsdichte von Wellen	377
8.1.6	Die Maßeinheit Dezibel – Das menschliche Hören	379
8.2	Kugelwellen und Zylinderwellen	381
8.3	DOPPLER-Effekt	383
8.4	Überlagerung von Wellen (Interferenz)	385
8.4.1	Übersicht	385
8.4.2	Stehende Wellen	386
8.4.3	Allgemeine Bedingung für Zweistrahl-Interferenz	388
8.4.4	Interferenzen in großem Abstand von den Quellen	391
8.4.5	Weitere Beispiele für Interferenzen von Licht	395
8.5	Brechung und Reflexion von Wellen	401
8.5.1	HUYGENSSches Prinzip	401
8.5.2	Reflexionsgesetz	401
8.5.3	Brechungsgesetz	402
	<i>Zusammenfassung</i>	404
	<i>Kontrollfragen</i>	407
9	Wärmelehre	409
9.1	Temperatur	410
9.2	Masse und Stoffmenge	412
9.3	Wärmemenge und Wärmekapazität	413
9.3.1	Die Wärmemenge als extensive physikalische Größe	413
9.3.2	Phasenübergänge	418
9.4	Wärmetransport	422
9.4.1	Arten des Wärmetransports	423
9.4.2	Wärmeleitung	423
9.4.3	Wärmeübergang	428
9.4.4	Nichtstationärer Wärmetransport	430
9.4.5	Wärmestrahlung	432
9.5	Thermische Ausdehnung von Festkörpern	435
9.5.1	Längenausdehnung fester Körper	435
9.5.2	Volumenausdehnung von Flüssigkeiten und Gasen	438
9.6	Zustandsgleichung idealer Gase	440
9.7	Die Hauptsätze der Wärmelehre	444
9.7.1	Der erste Hauptsatz	444
9.7.2	Der zweite Hauptsatz und die Entropie	446
9.7.3	Der dritte Hauptsatz	449
9.8	Zustandsänderungen idealer Gase	449
9.8.1	Ausdehnungsarbeit	449
9.8.2	Wärmediagramme	450
9.8.3	Isobare Zustandsänderungen	451
9.8.4	Isochore Zustandsänderung	453
9.8.5	Isotherme Zustandsänderung	453
9.8.6	Adiabatische Zustandsänderung	455

9.9	Kreisprozesse	457
9.10	Irreversible Prozesse	464
9.10.1	Irreversible Prozesse und die Entropie	464
9.10.2	Exergie und Anergie	467
9.11	Reale Gase	468
	<i>Zusammenfassung</i>	471
	<i>Kontrollfragen</i>	480
10	Aufbau der Substanzen aus Atomen	483
10.1	Atome und die kleinsten Teilchen der Materie	484
10.1.1	Vielfalt der Elementarteilchen	484
10.1.2	PAULI-Prinzip	486
10.1.3	Photonen	486
10.1.4	Absorption und Emission von Licht	488
10.1.5	Laser	489
10.1.6	Elektronen	491
10.2	Der Atomkern	492
10.3	Das BOHRsche Atommodell	495
10.4	Aufbau der Atome und Periodensystem	499
10.5	Kristallstrukturen der Festkörper	503
10.5.1	BRAVAIS-Gitter und Elementarzellen	503
10.5.2	Atomabstände, Packungsdichten und Konzentrationen ..	506
10.6	Chemische Bindung	508
10.6.1	Bindungsarten	508
10.6.2	Bänder in Festkörpern	511
10.7	Molekulares Bild der Gase	513
10.7.1	Druck idealer Gase	513
10.7.2	Die innere Energie idealer Gase	516
10.7.3	Verteilung der Geschwindigkeiten und Energien	517
10.7.4	Mikroskopische Definition der Entropie	520
10.7.5	Anwendungen auf Festkörper	523
	<i>Zusammenfassung</i>	524
	<i>Kontrollfragen</i>	529
Anhang		531
	Verwendete Formelzeichen und ihre Bedeutung	531
	Verwendete Einheitenzeichen	538
	Physikalische Konstanten und Zahlenwerte	540
	Einige mathematische Formeln	541
	Periodensystem der Elemente	544
	Farbbilder zu den Kapiteln 7 bis 9	546
Literaturverzeichnis		549
Quellenverzeichnis der Bilder		551
Stichwortverzeichnis		553