

Jürgen Eichler

Physik

Grundlagen

Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler Klausur- und Übungsaufgaben

von L. Papula

Mathematik für Ingenieure und Naturwissenschaftler 1, 2 und 3

von L. Papula

Mathematische Formelsammlung

von L. Papula

Vieweg Handbuch Elektrotechnik

herausgegeben von W. Böge

Physik

von A. Böge und J. Eichler

Vieweg Handbuch Maschinenbau

herausgegeben von A. Böge

Vieweg Handbuch Elektrotechnik

herausgegeben von W. Böge und W. Pläßmann

Lehrwerk Technische Mechanik

von A. Böge

Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung

von W. Weißbach

Lehrwerk Roloff/Matek Maschinenelemente

von D. Muhs, H. Wittel, M. Becker, D. Jannasch und J. Voßiek

Jürgen Eichler

Physik

**Grundlagen für das Ingenieurstudium –
kurz und prägnant**

Mit 244 Abbildungen und 52 Tabellen

2., vollständig neubearbeitete Auflage

Studium Technik



Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

1. Auflage 1993
- 2., vollständig neubearbeitete Auflage September 2004

Alle Rechte vorbehalten
© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2004

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vieweg.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de
Technische Redaktion: Andreas Meißner, Wiesbaden

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

ISBN 978-3-528-14933-8 ISBN 978-3-322-93934-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-93934-0

Vorwort

Die 2. Auflage dieses Lehrbuches ist vollständig überarbeitet worden. Dabei wurden Aktualisierungen am Text und an den Bildern vorgenommen. Das komplett neue Layout wurde einheitlich gestaltet. Wichtige Formeln wurden durch Rahmen kenntlich gemacht

Das vorliegende Buch zeichnet sich durch seine kurze prägnante Darstellung aus, ohne dabei wesentliche Faktoren wegzulassen. Besonderer Wert wird auf die Anwendung der Physik in der modernen Technik gelegt.

Die Physik ist eine der wichtigsten Grundlagen für die Tätigkeit eines Ingenieurs. In diesem Sinne wurde das Basiswissen der klassischen Physik in den Kapiteln der *Mechanik*, *Thermodynamik*, *Akustik*, *Schwingungen und Wellen* und *Elektromagnetismus* anschaulich dargestellt. Daneben dient die Physikvorlesung auch einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung, die zum Verstehen von Erscheinungen der Umwelt notwendig ist. Dies spiegelt sich in den moderneren Kapiteln der *Optik*, *Atom- und Kernphysik* sowie der *Gravitation* wieder.

Das Buch entstand aus Vorlesungsunterlagen der Kurse „Physik“ für Hörer unterschiedlicher Fachrichtungen an der Technischen Fachhochschule Berlin.

Es wendet sich an Studierende an Fachhochschulen in den Fachbereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Bauingenieurwesen, Physikalische Technik und Verfahrenstechnik. Neben diesem Hörerkreis eignet es sich auch für Ingenieure in der Praxis als Nachschlagewerk.

Ich widme dieses Buch Sascha.

Berlin, August 2004

Jürgen Eichler

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	V
1 PHYSIKALISCHE GRÖßEN	1
1.1 Basisgrößen und -einheiten	1
1.1.1 SI-System	1
1.1.2 Naturkonstanten.....	3
2 MECHANIK FESTER KÖRPER	4
2.1 Kinematik (Lehre von der Bewegung).....	4
2.1.1 Geradlinige Bewegung	4
2.1.2 Dreidimensionale Bewegung	12
2.1.3 Kreisbewegung	13
2.2 Dynamik (Lehre von den Kräften)	17
2.2.1 Kraft (Newton'sche Axiome)	18
2.2.2 Masse und Kraft	19
2.2.3 Bewegte Bezugssysteme, Trägheitskraft	22
2.2.4 Zentrifugal- und Corioliskraft.....	22
2.3 Arbeit, Energie und Leistung	24
2.3.1 Arbeit	24
2.3.2 Energie	25
2.3.3 Leistung	26
2.3.4 Energieerhaltung.....	27
2.4 Impuls	27
2.4.1 Impulserhaltung	27
2.4.2 Schwerpunkt.....	28
2.4.3 Stoßgesetze.....	28
2.5 Dynamik der Rotation	29
2.5.1 Energie und Trägheitsmoment.....	29
2.5.2 Drehmoment	32
2.5.3 Drehimpuls	34
2.5.4 Vergleich: geradlinige Bewegung und Drehbewegung	35
2.5.5 Vektorielle Formulierung	36
2.5.6 Kreisel	37
3 MECHANIK DEFORMIERBARER MEDIEN	39
3.1 Deformation fester Körper	39
3.1.1 Dehnung	39
3.1.2 Scherung.....	42
3.1.3 Anwendungen, Belastung.....	42
3.1.4 Plastische Verformung	43
3.2 Statik der Flüssigkeiten und Gase	44
3.2.1 Druck und Kompressibilität	44
3.2.2 Druck in Flüssigkeiten.....	45
3.2.3 Druck in Gasen	47

3.2.4	Auftrieb	49
3.2.5	Oberflächenspannung	51
3.3	Dynamik der Flüssigkeiten und Gase	52
3.3.1	Reibungsfreie Strömungen	52
3.3.2	Innere Reibung	57
3.3.3	Turbulenz	59
4	GRAVITATION	62
4.1	Klassische Gravitationstheorie	62
4.1.1	Gravitationsgesetz	62
4.1.2	Planetensystem	63
4.1.3	Potentielle Energie	65
4.1.4	Satellitenbahnen	65
4.2	Relativitätstheorie	67
4.2.1	Spezielle Relativitätstheorie	67
4.2.2	Allgemeine Relativitätstheorie	69
4.2.3	Kosmologie	70
5	THERMODYNAMIK	73
5.1	Zustandsgleichungen von Gasen	73
5.1.1	Temperatur	73
5.1.2	Zustandsgleichung idealer Gase	76
5.1.3	Molare Größen	78
5.1.4	Reale Gase	80
5.1.5	Aggregatzustände	82
5.2	Kinetische Gastheorie	85
5.2.1	Gasdruck	86
5.2.2	Thermische Energie	86
5.2.3	Geschwindigkeitsverteilung	87
5.3	Hauptsätze der Thermodynamik	88
5.3.1	Spezifische Wärmekapazität	88
5.3.2	Erster Hauptsatz der Wärmelehre	93
5.3.3	Zustandsänderungen	93
5.3.4	Kreisprozesse	95
5.3.5	Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre	97
5.3.6	Entropie	98
5.4	Thermische Maschinen	101
5.4.1	Wärmekraftmaschinen	101
5.4.2	Wärmepumpe	104
5.5	Wärmetransport	105
5.5.1	Wärmeleitung	105
5.5.2	Konvektion	107
5.5.3	Wärmestrahlung	108
6	SCHWINGUNGEN UND WELLEN	113
6.1	Schwingungen	113
6.1.1	Freie ungedämpfte Schwingung	113
6.1.2	Freie gedämpfte Schwingung	119

6.1.3	Erzwungene Schwingungen.....	120
6.1.4	Überlagerung von Schwingungen.....	122
6.1.5	Fourier-Analyse.....	126
6.1.6	Gekoppelte Schwingungen.....	128
6.2	Wellen.....	129
6.2.1	Wellengleichung.....	129
6.2.2	Ausbreitungsgeschwindigkeit.....	131
6.2.3	Überlagerung von Wellen.....	132
6.2.4	Doppler-Effekt.....	134
7	AKUSTIK.....	136
7.1	Physiologische Akustik.....	136
7.1.1	Schallwellen.....	136
7.1.2	Schallempfindungen.....	139
7.1.3	Musikalische Akustik.....	141
7.2	Technische Akustik.....	143
7.2.1	Messtechnik.....	143
7.2.2	Ultraschall.....	143
8	ELEKTROMAGNETISMUS.....	145
8.1	Elektrisches Feld.....	145
8.1.1	Elektrische Ladung.....	145
8.1.2	Elektrische Feldstärke.....	146
8.1.3	Spannung und Potenzial.....	147
8.1.4	Elektrische Influenz.....	148
8.1.5	Elektrische Polarisation.....	149
8.1.6	Kondensator.....	152
8.1.7	Elektrischer Fluss und Flussdichte.....	153
8.2	Magnetisches Feld.....	154
8.2.1	Magnetische Feldstärke.....	154
8.2.2	Magnetische Flussdichte und Fluss.....	156
8.2.3	Kräfte im Magnetfeld.....	157
8.2.4	Polarisation und Magnetisierung.....	160
8.2.5	Materie im Magnetfeld.....	161
8.3	Elektromagnetische Wechselfelder.....	164
8.3.1	Veränderliche Magnetfelder: Induktion.....	165
8.3.2	Veränderliche elektrische Felder.....	166
8.3.3	Maxwell'sche Gleichung.....	167
8.3.4	Elektromagnetische Wellen.....	168
8.4	Elektrische Ströme.....	171
8.4.1	Gleichstromkreise.....	171
8.4.2	Wechselstromkreise.....	174
8.4.3	Elektromagnetische Schwingungen.....	180
8.4.4	Ströme im Vakuum.....	181
8.4.5	Ströme in Gasen.....	184
8.4.6	Ströme in Flüssigkeiten.....	186

9	OPTIK	189
9.1	Geometrische Optik	189
9.1.1	Reflexion und Brechung	189
9.1.2	Hohlspiegel	192
9.1.3	Linsen	195
9.1.4	Auge	199
9.1.5	Photoapparat	201
9.1.6	Projektor	202
9.1.7	Fernrohr	203
9.1.8	Mikroskop	205
9.2	Wellenoptik	207
9.2.1	Polarisation von Licht	208
9.2.2	Eigenschaften der Kohärenz	211
9.2.3	Erscheinungen der Interferenz	213
9.2.4	Beugung von Licht	217
9.2.5	Holographie	220
9.3	Quantenoptik	223
9.3.1	Prinzipien des Lasers	223
9.3.2	Lasertypen	227
9.3.3	Nichtlineare Optik	228
9.4	Photometrie	229
9.4.1	Farbmetrik	230
9.4.2	Grundbegriffe der Lichttechnik	231
10	ATOMPHYSIK.....	233
10.1	Bestandteile der Atome	233
10.1.1	Schematischer Aufbau der Atome	233
10.1.2	Lichtwellen und Photonen	234
10.1.3	Materiewellen und -strahlen	237
10.2	Aufbau der Atome	241
10.2.1	Wasserstoffatom	241
10.2.2	Quantenzahlen	244
10.2.3	Deutung des Periodensystems	248
10.3	Licht, Röntgenstrahlung und Spinresonanz	249
10.3.1	Emission und Absorption von Licht	250
10.3.2	Röntgenstrahlung	252
10.3.3	Spinresonanz	257
10.3.4	Moleküle	258
11	FESTKÖRPER	261
11.1	Struktur der Festkörper	261
11.1.1	Bindung in Kristallen	261
11.1.2	Kristallstrukturen	262
11.1.3	Nichtkristalline Festkörper	265
11.1.4	Flüssigkristalle	265
11.2	Elektronen in Festkörpern	267
11.2.1	Energiebänder	267

11.2.2	Metallische Leitung.....	268
11.2.3	Supraleitung	270
11.2.4	Halbleiter.....	272
11.2.5	pn-Übergang.....	277
11.3	Halbleiterbauelemente	280
11.3.1	Transistoren.....	280
11.3.2	Integrierte Schaltungen	284
11.3.3	Optoelektronik.....	284
12	KERNPHYSIK	290
12.1	Struktur der Atomkerne	290
12.1.1	Kernteilchen	290
12.1.2	Kernniveaus.....	292
12.2	Radioaktive Kernumwandlungen.....	294
12.2.1	α -, β - und γ -Strahlung.....	294
12.2.2	Radioaktives Zerfallsgesetz.....	296
12.2.3	Natürliche Radioaktivität.....	298
12.2.4	Künstliche Kernreaktionen.....	299
12.3	Kernspaltung und Kernfusion	301
12.3.1	Spaltung mit Neutronen.....	301
12.3.2	Kernreaktoren.....	303
12.3.3	Kernfusion	306
12.3.4	Fusionsreaktoren	307
12.4	Strahlenschutz.....	310
12.4.1	Wechselwirkung von Strahlung und Materie.....	310
12.4.2	Messung radioaktiver Strahlung	312
12.4.3	Dosimetrie	314
12.5	Physik der Elementarteilchen.....	317
12.5.1	Fundamentale Wechselwirkungen.....	317
12.5.2	Beschreibung der Elementarteilchen	318
12.5.3	Quarks und Hadronen.....	319
	SACHWORTVERZEICHNIS.....	321