

**Alfred Böge**

# PHYSIK

**Grundlagen · Versuche · Aufgaben · Lösungen**

Unter Mitarbeit von Walter Schlemmer

mit 396 Bildern, 24 Tafeln, 340 Aufgaben und Lösungen  
sowie einer **Formelsammlung**

6., durchgesehene Auflage



Friedr. Vieweg & Sohn    Braunschweig/Wiesbaden

1. Auflage 1968
- 2., berichtigte Auflage 1970
- 3., vollständig neubearbeitete und erweiterte Auflage 1973  
Nachdruck 1974
- 4., durchgesehene Auflage 1975  
Nachdruck 1979
- 5., überarbeitete Auflage 1980  
Nachdruck 1982
- 6., durchgesehene Auflage 1984

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1984

Die Vervielfältigung und Übertragung einzelner Textabschnitte, Zeichnungen oder Bilder, auch für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, gestattet das Urheberrecht nur, wenn sie mit dem Verlag vorher vereinbart wurden. Im Einzelfall muß über die Zahlung einer Gebühr für die Nutzung fremden geistigen Eigentums entschieden werden. Das gilt für die Vervielfältigung durch alle Verfahren einschließlich Speicherung und jede Übertragung auf Papier, Transparente, Filme, Bänder, Platten und andere Medien. Dieser Vermerk umfaßt nicht die in den §§ 53 und 54 URG ausdrücklich erwähnten Ausnahmen.

Umschlaggestaltung: Hanswerner Klein, Leverkusen

Satz: Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

ISBN-13: 978-3-528-44046-6

DOI: 10.1007/978-3-322-86076-7

e-ISBN-13: 978-3-322-86076-7

## Vorwort zur sechsten Auflage

Dieses Physikbuch ist aus der Unterrichtsarbeit mit den Studierenden der Technikerschule Braunschweig entstanden und wird laufend weiterentwickelt. Es hat sich als Arbeitsbuch in der Technikerausbildung bewährt. Diese Tatsache erlaubt den Vorschlag, die Verwendung des Buches in anderen Schulformen der Berufsbildenden Schulen zu erproben.

Durch Auswahl, Gliederung, Anordnung und Gestaltung der Lerngegenstände fügt sich das Buch fördernd und fordernd in die schulische und häusliche Lehr- und Lernpraxis ein:

Auf dem linken Teil der Buchseite steht der Lehrtext mit dem Merksatz, der einen Lernschritt abschließt. Rechts daneben wird der Lehrtext ergänzt und zeichnerisch erläutert. Hinzu kommen die mathematischen Entwicklungen und Beispiele. Die rechte Spalte entspricht demnach dem Tafelbild im Unterricht:

Lernschritt

*Linke Spalte*  
Lehrtext und Merksätze

*Rechte Spalte*  
Bilder, mathematische Entwicklung mit eingerahmter Berechnungsgleichung, Hinweise und Beispiele

Neben den eigentlichen Lehrtextteilen (1 bis 9) enthält das Buch einen **Aufgabenteil** (11) und einen **Lösungsteil** (12). Die vorgeführten Lösungen erleichtern dem Lehrer die Entscheidung darüber, welche Aufgabe für den Unterricht oder für die häusliche Bearbeitung geeigneter ist.

Im Teil 10 des Buches werden ausgewählte **Versuche** beschrieben und so ausgewertet, wie das auch im Unterricht geschehen würde. Die aus zeitlichen Gründen nicht durchführbaren Versuche können so wenigstens besprochen werden.

Dem Buch liegt eine 16seitige **Formelsammlung** bei. Sie hat sich u. a. in schriftlichen Prüfungen bewährt.

Braunschweig, Juli 1984

1986 = 29,80 DM

Alfred Böge

Walter Schlemmer

## Zu den Versuchen

Die vorliegende Auswahl von Versuchen kann nur beschränkt richtig sein; jeder Lehrer hat seine wohlbegründeten Vorstellungen von der Notwendigkeit eines Versuches. Richtiger schien es uns

- a) auf die Beschreibung von Standardversuchen und -geräten (Wellenwanne, Fahrbahn, optische Bank usw.) zu verzichten und
- b) die ausgewählten Versuche so ausführlich zu beschreiben (Versuchsaufbau, Versuchsbeschreibung, Ergebnisse), daß sich die Studierenden in Gruppen-Selbstarbeit allein hineinfinden und der Lehrer als Berater arbeiten kann.

### Die Firmen

Dr. H. Kröncke OHG, 3001 Anderten-Hannover  
LEYBOLD-HERAEUS, 5 Köln-Bayental  
PHYWE AG, 34 Göttingen

haben uns bei der Auswahl und Erprobung der Versuche vorbildlich unterstützt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Physikalische Größen und Einheiten</b>	
1.1.	Was ist eine physikalische Größe?	1
1.2.	Wie schreibt man physikalische Größen richtig?	2
1.3.	Skalare und Vektoren	2
1.4.	Basisgrößen und abgeleitete Größen	5
1.5.	Einheiten, Basiseinheiten, abgeleitete Einheiten, kohärente Einheiten	5
1.6.	Größengleichungen	7
<b>2.</b>	<b>Bewegungen fester Körper</b>	
2.1.	Eine Übersicht	9
2.2.	Geschwindigkeit $v$ und Beschleunigung $a$	10
2.3.	Das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm hilft immer!	14
2.4.	Ordnung und Gesetze der Bewegungsarten	15
2.5.	Wie löst man Aufgaben der gleichmäßig beschleunigten oder verzögerten Bewegung nach Plan?	18
2.6.	Die speziellen Größen der Kreisbewegung	19
2.7.	Kraft und Masse	30
2.8.	Die Gleitreibungskraft $F_R$	45
2.9.	Fahrwiderstand	49
2.10.	Mechanische Arbeit und Energieerhaltungssatz	50
2.11.	Leistung und Wirkungsgrad	62
<b>3.</b>	<b>Ruhende Flüssigkeiten und Gase</b>	
3.1.	Der Druckbegriff	67
3.2.	Die Druckeinheiten	67
3.3.	Besondere Druck-Kennzeichnungen	69
3.4.	Normzustand, Normvolumen $V_n$ , Normdichte $\rho_n$	69
3.5.	Das Druck-Fortpflanzungsgesetz	70
3.6.	Einfluß der Schwerkraft auf den Druck	71
3.7.	Der Auftrieb $F_a$ in Flüssigkeiten und Gasen	71
3.8.	Die Druck-Volumengleichung für Gase	72
<b>4.</b>	<b>Strömende Flüssigkeiten und Gase</b>	
4.1.	Strömungsgeschwindigkeit $w$ , Volumenstrom $\dot{V}$ , Massenstrom $\dot{m}$	73
4.2.	Die Kontinuitätsgleichung	73
4.3.	Gilt die Kontinuitätsgleichung auch für Gase?	74
4.4.	Der Energieerhaltungssatz der Strömung (Bernoullische Druckgleichung)	74

<b>5.</b>	<b>Wärmelehre</b>	
5.1.	Wärmeausdehnung	79
5.2.	Wärme und Arbeit	82
5.3.	Spezifische Wärmekapazität $c$ und Wärme $Q$ bei festen und flüssigen Stoffen	87
5.4.	Spezifische Wärmekapazität $c_p$ , $c_v$ und Wärme $Q$ bei Gasen	89
5.5.	Die Mischungsregel	90
5.6.	Die thermodynamische Temperatur $T$	90
5.7.	Die Gaszustandsgleichung (allgemeine Gasgleichung)	92
5.8.	Die Übertragung der Wärme $Q$	97
<b>6.</b>	<b>Mechanische Schwingungen</b>	
6.1.	Was ist eine mechanische Schwingung?	108
6.2.	Die Rückstellkraft $F_R$	108
6.3.	Das Rückstellmoment $M_R$	109
6.4.	Die harmonische Schwingung	109
6.5.	Das Schraubenfederpendel	115
6.6.	Das Torsionspendel	118
6.7.	Das Schwerependel (Fadenpendel)	120
6.8.	Schwingung einer Flüssigkeitssäule	121
6.9.	Analogiebetrachtung zum Schraubenfederpendel, Torsionspendel, Schwerependel und zur schwingenden Flüssigkeitssäule	122
6.10.	Dämpfung, Energiezufuhr, erzwungene Schwingung, Resonanz	122
6.11.	Koppelschwingungen	126
6.12.	Überlagerung von Schwingungen	127
6.13.	Schwebungen	129
<b>7.</b>	<b>Mechanische Wellen</b>	
7.1.	Formen, Entstehung und Ausbreitung linearer Wellen	130
7.2.	Gleichung der harmonischen Welle	131
7.3.	Polarisation von Querwellen	133
7.4.	Entstehung und Ausbreitung flächenhafter Wellen (Oberflächenwellen)	134
7.5.	Entstehung und Ausbreitung der Wellen im Raum	135
7.6.	Überlagerung gleichfrequenter Wellen (Interferenz)	136
7.7.	Huygensches Prinzip	140
7.8.	Beugung	140
7.9.	Reflexion	141
7.10.	Brechung von Oberflächenwellen	142
7.11.	Doppler-Effekt	143
7.12.	Stehende Wellen	147
7.13.	Eigenschwingungen (stehende Wellen auf begrenztem Wellenträger)	148
7.14.	Kennzeichen und Bedingungen fortschreitender und stehender Wellen	149
7.15.	Mathematische Behandlung stehender Wellen	150

<b>8.</b>	<b>Akustik</b>	
8.1.	Begriffsbestimmung und Einschränkung	151
8.2.	Schallempfindungen	151
8.3.	Die Tonhöhe	152
8.4.	Die Schallschnelle $v$	152
8.5.	Der Schalldruck $p$	152
8.6.	Die Schallstärke $J$	152
8.7.	Die Schallgeschwindigkeit $c$	154
8.8.	Das Schalldruck-Frequenz-Schaubild	157
8.9.	Die Lautstärke $L$	158
8.10.	Stehende Schallwellen	158
8.11.	Schallsender, Lautsprecher, Mikrophone	159
8.12.	Ultraschall	160
<b>9.</b>	<b>Optik</b>	
9.1.	Einordnung und Ausbreitung des Lichtes	163
9.2.	Wellenoptik	169
9.3.	Geometrische Optik (Strahlenoptik)	175
<b>10.</b>	<b>Ausgewählte Versuche zu den physikalischen Grundlagen</b>	
10.1.	Parallelogrammsatz, Gleichgewicht beim zentralen Kräftesystem	182
10.2.	Trägheitskraft $T = ma$	184
10.3.	Haft- und Gleitreibungszahlen trockener Flächen	186
10.4.	Federrate $c$ zylindrischer Schraubenfedern	188
10.5.	Elastizitätsmodul $E$	191
10.6.	Wärmekapazität $WK$ eines Kalorimeters	193
10.7.	Schmelzwärme $q_s$ von Wasser	195
10.8.	Mechanisches Wärmeäquivalent	196
10.9.	Elektrisches Wärmeäquivalent	199
10.10.	Schwingungsdauer $T$ eines Federpendels	200
10.11.	Federrate $c$ (Richtgröße $D$ ) einer zylindrischen Schraubenfeder	201
10.12.	Trägheitsmoment $J$	202
10.13.	Aufnahme eines Amplituden-Frequenz-Schaubildes (Resonanzkurve)	203
10.14.	Querwellen auf der Schraubenfeder	205
10.15.	Polarisation mechanischer Querwellen	206
10.16.	Stehende Schallwellen	208
<b>11.</b>	<b>Aufgaben</b>	
11.1.	Physikalische Größen und Einheiten	209
11.2.	Bewegungen fester Körper	210
11.3.	Ruhende Flüssigkeiten und Gase	223
11.4.	Strömende Flüssigkeiten und Gase	224
11.5.	Wärmelehre	226

11.6.	Mechanische Schwingungen	230
11.7. }	Mechanische Wellen und Akustik	235
11.8. }		
11.9.	Optik	236
12.	<b>Lösungen</b>	
12.1.	Physikalische Größen und Einheiten	240
12.2.	Bewegungen fester Körper	241
12.3.	Ruhende Flüssigkeiten und Gase	266
12.4.	Strömende Flüssigkeiten und Gase	268
12.5.	Wärmelehre	271
12.6.	Mechanische Schwingungen	277
12.7. }	Mechanische Wellen und Akustik	282
12.8. }		
12.9.	Optik	284
	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>288</b>

**Formelsammlung als Anlage**

**Aufgaben**

ab Seite 209

**Lösungen**

ab Seite 240