



BIBLIOTHEK DES TECHNISCHEN WISSENS

Horst Herr †

Ewald Bach

Ulrich Maier

Bernd Mattheus

Volker Jungblut

Falko Wieneke

Technische Physik

Formel- und Tabellensammlung

Mechanik der festen Körper

Mechanik der Fluide

Wärmelehre

Schwingungs- und Wellenlehre

Optik und Akustik

Elektrizitätslehre

Atom- und Kernphysik

7. überarbeitete Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co.KG

Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 52514

Technische Physik

Formel- und Tabellensammlung

Autoren:

Horst Herr †	Dipl.-Ing., Fachoberlehrer	Kelkheim/Taunus
Ewald Bach	Oberstudienrat	Uhingen/Fils
Ulrich Maier	Dr. rer. nat., OStR	Heilbronn/Neckar
Bernd Mattheus	Dr. Ing.	Essen
Volker Jungblut	Dipl. Ing., OStD	Eppstein
Falko Wieneke	Dipl. Ing., StD	Essen

Autor bis zur 5. Auflage:

Horst Herr †	Dipl.-Ing., Fachoberlehrer	Kelkheim/Taunus
--------------	----------------------------	-----------------

Lektorat:

Falko Wieneke

Bildbearbeitung:

Design-Studio Wiegand, Hamburg

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

7. Auflage 2023

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-5270-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2023 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co.KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Punkt für Punkt GmbH · Mediendesign, 40549 Düsseldorf

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald; Grafik u. Sound, 50679 Köln

Druck: Plump Druck & Medien GmbH, 53619 Rheinbreitbach

Vorwort

*Wenn man seinen Weg nicht ganz klar
vor sich sieht, dann tut man am besten,
zu schweigen und zu warten.*

Selma Lagerlöf

Für die Arbeit der Technikerinnen und Techniker gibt es wichtige Grundregeln. Werden eine oder mehrere dieser Grundregeln bewusst oder unbewusst missachtet, ist eine erfolgreiche Arbeit kaum möglich. Eine dieser Regeln besagt, dass eine Weiterarbeit nur dann erfolgen sollte, wenn man von der Richtigkeit jedes folgenden Schrittes uneingeschränkt überzeugt ist. Das diesem Vorwort vorangestellte Motto von Selma Lagerlöf unterstreicht dies sehr deutlich. Wenn Sie sich nämlich gedanklich mit einem Problem auseinander setzen, dann ist es oft so, dass der „Einfall“ nicht lange auf sich warten lässt. Eine weitere Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass Sie die naturwissenschaftlichen und technologischen Gesetze und Regeln kennen und anwenden können.

Die Zusammenhänge zwischen den messbaren und berechenbaren Größen in Naturwissenschaft und Technik werden fast immer in ihrer kürzesten Ausdrucksweise, durch **Formeln** repräsentiert. In der vorliegenden Formel- und Tabellensammlung sind alle Formeln aus dem Lehr- und Aufgabenbuch Technische Physik (Europa–Nr. 5231X) komprimiert zusammengestellt und ergänzende Formeln hinzugefügt. Die jeweiligen Formeln sind in diesem Buch unter den gleichen Hauptüberschriften des Lehr- und Aufgabenbuchs angegeben. Dies ermöglicht ein paralleles Arbeiten mit beiden Büchern.

Neben den vielfältigen Formeln werden auch Tabellen, häufig in der Form von DIN–Blättern benötigt. Bitte beachten Sie für die Verwendung der Tabellen den Hinweis am Ende des Inhaltsverzeichnisses auf Seite 7.

Die 7. Auflage wurde überarbeitet und aktualisiert. Wir wünschen unseren Leserinnen und Lesern viel Freude beim Einstieg in die Technische Physik und bei der Anwendung der Gesetze der Physik auf die moderne Technik.

Wenn Sie mithelfen möchten, dieses Buch für die kommenden Auflagen zu verbessern, schreiben Sie uns unter lektorat@europa-lehrmittel.de. Ihre Hinweise und Verbesserungsvorschläge nehmen wir gern auf.

Frühjahr 2023

Autoren und Verlag

Hinweise für die Benutzung

Die Formel- und Tabellensammlung Technische Physik ist – entsprechend dem Gesamtband Technische Physik – in die Teile

- A** Mechanik der festen Körper
- B** Mechanik der Fluide
- C** Wärmelehre
- D** Schwingungs- und Wellenlehre
- E** Optik und Akustik
- F** Elektrizitätslehre
- G** Atom- und Kernphysik

unterteilt. Dies wird durch den **Randdruck der Seiten** besonders hervorgehoben. Im Anhang befindet sich der Teil

- T** Tabellen.

Die Hauptüberschriften sind innerhalb der Teilgebiete durchgehend nummeriert. Diese **Nummerierung** entspricht der Nummer des Hauptabschnittes im Gesamtband Technische Physik (Europa-Nr. 5231X).

Beispiele:

D7 → Hauptabschnitt 7 im Teil D

T23 → Tabelle 23

Die Hauptabschnitte der Formel- und Tabellensammlung sind durch ein **besonderes Hinweis-system** miteinander verknüpft.

Beispiele:

(→ **C16, G3**): Weitere Informationen in den Hauptabschnitten C16, G3.

(→ **A4, F13, T12**): Weitere Informationen in den Hauptabschnitten A4, F13 sowie in der Tabelle T12.

Wegen der identischen Nummerierung sowohl im Gesamtband Technische Physik als auch in der Formel- und Tabellensammlung können beide Bücher sehr gut parallel verwendet werden.

Wir möchten noch darauf verweisen, dass diese Formel- und Tabellensammlung natürlich unabhängig vom Unterrichtswerk „Technische Physik“ verwendet werden kann.

Inhaltsverzeichnis

Die Gliederung dieser **Formel- und Tabellensammlung Technische Physik**, 7. Auflage, entspricht in Wortlaut und Reihenfolge dem **Lehr- und Aufgabenbuch Technische Physik**, 7. Auflage!

Seite

A	Mechanik der festen Körper	9 bis 42
A1	Aufgaben und Methoden der Physik	9
A2	Physikalische Größen und ihre Einheiten	9
A3	Die Körper	9
A4	Messungen an Körpern und Körpersystemen	10
A5	Die Teilgebiete der Mechanik	11
A6	Gleichförmige geradlinige Bewegung	11
A7	Ungleichförmige geradlinige Bewegung	11
A8	Zusammensetzen von Geschwindigkeiten	14
A9	Freie Bewegungsbahnen	14
A10	Beschleunigende Wirkung einer Kraft	15
A11	Verformende Wirkung einer Kraft	16
A12	Die Kraft als Vektor	17
A13	Das Kraftmoment und seine Wirkungen	18
A14	Kurzzeitig wirkende Kräfte	25
A15	Reibungskräfte	26
A16	Reibung auf der schiefen Ebene	29
A17	Das Prinzip von d'Alembert	31
A18	Arbeit und Energie	32
A19	Mechanische Leistung	34
A20	Reibungsarbeit, Reibleistung und Wirkungsgrad	34
A21	Drehleistung	35
A22	Rotationskinematik	36
A23	Rotationsdynamik	39
A24	Kinetische Energie rotierender Körper	39
A25	Gravitation	42
B	Mechanik der Fluide	43 bis 56
B1	Wirkungen der Molekularkräfte	43
B2	Druck in Flüssigkeiten	43
B3	Druck in Gasen	44
B4	Druckkraft	45
B5	Flüssigkeitsgewicht und hydrostatischer Druck	46
B6	Der statische Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen	48
B7	Flüssigkeitsoberflächen in bewegten Behältern	49
B8	Geschwindigkeitsänderungen inkompressibler Fluide	50
B9	Energieerhaltung inkompressibler strömender Fluide	50
B10	Fluidreibung	53
B11	Kräfte am umströmten Körper	54
B12	Kontinuität des kompressiblen Massenstroms	56

C	Wärmelehre	57 bis 82
C1	Temperatur und Temperaturmessung	57
C2	Wärme als Energieform	57
C3	Wärmeausdehnung fester, flüssiger und gasförmiger Körper	58
C4	Gasgemische in Umwelt und Technik	60
C5	Durchmischung verschiedener idealer Gase	61
C6	Diffusion, Osmose, Dialyse und feuchte Luft	61
C7	Wärmekapazität fester und flüssiger Stoffe	65
C8	Änderung des Aggregatzustandes	66
C9	Technische Möglichkeiten der Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Arbeit und umgekehrt	69
C10	Der erste Hauptsatz der Thermodynamik	69
C11	Thermodynamische Zustandsänderungen	71
C12	Die Kreisprozesse im p, V -Diagramm (Arbeitsdiagramm) und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik	73
C13	Beziehungen der Wärmeenergie zur elektrischen Energie	78
C14	Zweiter Hauptsatz und Wärmetransport	79
D	Schwingungs- und Wellenlehre	83 bis 94
D1	Schwingungen	83
D2	Pendel- und Drehschwingungen	84
D3	Dämpfung von Schwingungen	86
D4	Anregung von Schwingungen, Resonanz	88
D5	Überlagerung von Schwingungen	89
D6	Wellen	91
E	Optik und Akustik	95 bis 112
E1	Geometrische Optik	95
E2	Wellenoptik	100
E3	Photoeffekt, Photometrie und Farbenlehre	103
E4	Akustik	106
E5	Schallempfindung, Schallbewertung und Schallausbreitung	108
E6	Ultraschall	111
F	Elektrizitätslehre	113 bis 154
F1	Elektrophysikalische Grundlagen	113
F2	Gesetzmäßigkeiten im elektrischen Stromkreis	115
F3	Gesetzmäßigkeiten bei Widerstandsschaltungen	116
F4	Das elektrische Feld	121
F5	Das magnetische Feld	125
F6	Elektromagnetische Induktion	127
F7	Elektromagnetische Schalter und elektrische Messgeräte	129
F8	Der Wechselstromkreis	132
F9	Dreiphasenwechselspannung (Drehstrom)	138
F10	Transformatoren	140
F11	Elektrische Maschinen	140
F12	Elektromagnetische Schwingungen	141
F13	Grundlagen der Halbleitertechnik	143
F14	Erneuerbare Energien	145

G	Atom- und Kernphysik	155 bis 168
G1	Physik der Atomhülle	155
G2	Physik des Atomkerns	163
G3	Kernenergie	165
G4	Dosimetrie und Strahlenschutz	166
T	Tabellenteil	169 bis 193
T1	Physikalische Größen, deren Formelzeichen und Einheiten	169
T2	Dichte technisch wichtiger Stoffe	174
T3	Haft- und Gleitreibungszahlen	176
T4	Ausgewählte Gewindetabellen	177
T5	Thermische Längenausdehnungskoeffizienten (Wärmedehnzahlen)	180
T6	Elastizitätsmodul von Werkstoffen	180
T7	Definition der Einheitennormale (Basiseinheiten)	181
T8	Oberflächenspannung	181
T9	Kompressibilität	182
T10	Kinematische Viskosität	182
T11	Thermodynamische Daten von Gasen und Dämpfen	182
T12	Spezifische Wärmekapazität, Spezifische Schmelzwärme und spezifische Verdampfungswärme	183
T13	Spezifischer Brennwert und spezifischer Heizwert	184
T14	Wärmeleitfähigkeit	184
T15	Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen	185
T16	Elektrochemische Äquivalente	186
T17	Spezifischer elektrischer Widerstand, elektrischer Leitwert	186
T18	Spezifischer elektrischer Widerstand von Isolierstoffen	187
T19	Elektrochemische Spannungsreihe	187
T20	Permittivitätszahlen von Isolierstoffen	187
T21	Permeabilitätszahlen	188
T22	Strombelastbarkeit	188
T23	Wellenlänge der K_{α} -Linie	189
T24	Schwächungskoeffizienten	189
T25	Halbwertsdickenn	189
T26	Elektronenaustrittsarbeit	189
T27	Wichtige Nuklide	190
T28	Periodensystem der Elemente	192
T29	Naturkonstanten	193
	Sachwortverzeichnis	194
	Griechisches Alphabet	202

DIN-Normen und Auszüge aus solchen sind wiedergegeben mit Erlaubnis des **DIN** Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



A Mechanik der festen Körper

A1 Aufgaben und Methoden der Physik

Klassische Physik → Keine Allgemeingültigkeit in interstellaren und in atomaren Bereichen (→G1 ... G4).

Moderne Physik → Atom- und Quantenphysik (→G1 ... G4).
Grenzgeschwindigkeit = Lichtgeschwindigkeit (→E2)

Teilgebiet	Entwicklungszeitraum	Arbeitsweisen in der Physik
Mechanik der festen Körper	seit Altertum, 16. Jahrhundert	Experiment (Versuch)
Mechanik der Flüssigkeiten und Gase	seit Altertum, 17. Jahrhundert	Induktion Schluss von n auf $(n+1)$
Optik	seit Altertum, 17. Jahrhundert	Deduktion Theoretischer Weg, ausgehend von bestehenden zu neuen Gesetzen bzw. Theorien.
Akustik	seit Altertum, 18. Jahrhundert	
Wärmelehre	19. und 20. Jahrhundert	
Schwingungs- und Wellenlehre	19. und 20. Jahrhundert	
Elektrizitätslehre	19. und 20. Jahrhundert	
Atom- und Kernphysik	20. Jahrhundert	

A2 Physikalische Größen und ihre Einheiten

Bestandteile und Eigenschaften einer physikalischen Größe (→T1)

Eine **physikalische Größe** besteht aus dem **Produkt eines Zahlenwertes mit einer Einheit**.

Größe und Einheit verhalten sich invariant.

Beispiele: 1500 m = 1,5 km; 1 bar = 1000 mbar

SI-Einheitensystem

Grundlage sind die **Basisgrößen** mit den zugehörigen **Basiseinheiten** (nebenstehende Tabelle).

Alle **abgeleiteten Größen** lassen sich auf die sieben Basisgrößen zurückführen.

Beispiel: Geschwindigkeit = $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$ (→A6)

$$v = \frac{s}{t} \rightarrow [v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{m}{s} \quad \text{z. B.: } 5 \frac{m}{s}$$

Die **Definition der Basiseinheiten** erfolgt durch die **Einheitennormale**. (→T7)

Basisgröße	Basiseinheit	Kurzzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd
Stoffmenge	Mol	mol

A3 Die Körper

Aggregatzustand (Zustandsform)	Eigenschaften
Festkörper → fest	Große Kohäsionskräfte und Festigkeit , definierte Form.
Fluide Flüssigkeit Gas Dampf → flüssig → gasförmig	Kleine Kohäsionskräfte , nehmen Gefäßform an. Sehr kleine Kohäsionskräfte , i. d. R. Verteilung im ganzen zur Verfügung stehenden Raum, oft auch als Fluidgemische .

A4 Messungen an Körpern und Körpersystemen

Messen und Messwert

Messen → Vergleichen einer **Größe** mit einer **Einheit** (→A2, T1, T7)

Messwert → Produkt aus Zahlenwert und Einheit (z. B.: 7,5 kg)

Dezimale Teile und dezimale Vielfache von Einheiten

Bei sehr großen oder sehr kleinen Messwerten: **Zehnerpotenzen** oder gemäß folgender Tabelle:

Vorsilbe	Abkürzung	Vielfaches der Einheit	Beispiel
Tera-	T	10^{12}	TW = Terawatt = 10^{12} W
Giga-	G	10^9	Gm = Gigameter = 10^9 m
Mega-	M	10^6	MJ = Megajoule = 10^6 J
Kilo-	k	10^3	km = Kilometer = 10^3 m
Hekto-	h	10^2	hl = Hektoliter = 10^2 l
Deka-	da	10^1	daN = Dekanewton = 10 N
Dezi-	d	10^{-1}	dm = Dezimeter = 10^{-1} m
Zenti-	c	10^{-2}	cl = Zentiliter = 10^{-2} l
Milli-	m	10^{-3}	mV = Millivolt = 10^{-3} V
Mikro-	μ	10^{-6}	μ m = Mikrometer = 10^{-6} m
Nano-	n	10^{-9}	ns = Nanosekunde = 10^{-9} s
Pico-	p	10^{-12}	pF = Picofarad = 10^{-12} F
Femto-	f	10^{-15}	fm = Femtometer = 10^{-15} m

Grundlegende mechanische Größen (→T1)

Messgröße	gebräuchliche SI-Einheiten und SI-fremde Einheiten	Hinweise, wichtige Zusammenhänge
Länge	μ m, mm, cm, dm, km sm = Seemeile in = inch = Zoll	1 m = 10^6 μ m, 1 km = 1 000 m 1 sm = 1 852 m = 1,852 km 1 Zoll = 1" = 1 inch = 1 in = 25,4 mm
Fläche	mm ² , cm ² , dm ² , m ² , km ² Ar (a), Hektar (ha)	1 m ² = 100 dm ² = 10 000 cm ² = 1 000 000 mm ² 1 km ² = 1 000 000 m ² 1 a = 100 m ² , 1 ha = 100 a = 10 000 m ²
Volumen	mm ³ , cm ³ , dm ³ , m ³ , km ³ Liter (l)	1 l = 10^{-3} m ³ = 1 dm ³ = 10^3 cm ³
Zeit	Tag (d), Stunde (h), Minute (min), Sekunde (s)	1 d = 24 h = 1 440 min = 86 400 s 1 h = 60 min = 3 600 s 1 min = 60 s
Winkel	Grad (°), Minute (′), Sekunde (″) Radian (rad)	1° = 60′ = 3 600″, 1 rad $\approx$ 57,3°

$\hat{\alpha} = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot \alpha^\circ$	Winkel im Bogenmaß	α°	Winkel in Gradmaß	°, ′, ″
		$\hat{\alpha}$	Winkel im Bogenmaß	rad
$\alpha^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \hat{\alpha} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{b}{r}$	Winkel im Gradmaß	b	Bogenlänge des Kreisausschnittes	m, mm
		r	Radius des Kreises	m, mm
$b = \frac{\pi}{180^\circ} \cdot \alpha^\circ \cdot r$	Bogenlänge			

Masse	Kilogramm (kg), Tonne (t) (→A10) atomare Masseneinheit u (→C4, G2) metrisches Karat (Kt)	1 t = 10^3 kg = 1 Mg; 1 kg = 1 000 g 1 Kt = 0,2 g 1 u = $1,6605655 \cdot 10^{-27}$ kg
--------------	--	---