



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für den Physikunterricht

Arbeitsbuch Physik

14. Auflage

Bearbeitet von Lehrern an Berufsfachschulen, Berufskollegs, Berufsaufbauschulen,
Fachschulen, Gymnasien und von Physikern (siehe Rückseite)

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorf Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 70016

Autoren:

Kurt Drescher	Dipl-Phys., Studiendirektor	Friedrichshafen
Alfred Dyballa	Studiendirektor	Detmold
Ulrich Maier	Dr. rer. nat., Oberstudienrat	Heilbronn
Gerhard Mangold	Studienprofessor	Tettnang, Biberach
Oskar Meyer	Dr. rer. nat., Oberstudiendirektor	Tübingen
Udo Nimmerrichter	Oberstudiendirektor	Friedrichshafen

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co.KG, 73760 Ostfildern

Lektorat:

Studiendirektor Kurt Drescher, Friedrichshafen

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarkstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

14. Auflage 2018

Druck 5 4 3 2

ISBN 978-3-8085-2525-8

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

© 2018 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Daniela Schreuer, 78256 Steißlingen

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, Radevormwald unter Verwendung des Fotos von (c) gyn9037 – shutterstock.com

Druck: RCOM Print GmbH, 97222 Würzburg-Rimpar

Vorwort

Das „**Arbeitsbuch Physik**“ ist das **Kernstück eines Lernsystems**. Dieses enthält zusätzlich noch die „**Methodischen Lösungswege zum Arbeitsbuch Physik**“ (Europa-Nr. 7013X, 13. Auflage) sowie die „**Formeln PHYSIK**“ (Europa-Nr. 70113, 7. Auflage).

Es richtet sich an **alle Physik Lernenden im Sekundarbereich**, nämlich an Schüler/innen von

- Berufsfachschulen (gewerblich-technische Berufsfachschulen und Wirtschaftsschulen),
- Berufsoberschulen (mit Berufsaufbauschulen),
- Berufskollegs,
- allgemeinbildenden und beruflichen Gymnasien,
- Gesamtschulen,
- Gemeinschaftsschulen,
- Fachschulen mit technischer Ausrichtung, z. B. Technikerschulen für Elektrotechnik oder für Maschinenbau,
- Schulen für physikalische und technische Assistent/innen

Das Buch ist zudem für die Erwachsenenbildung geeignet sowie – neben der Verwendung eines Lehrbuches – für das Selbststudium.

Das Arbeitsbuch hat eine doppelte Funktion. Sein jeweils kurz gehaltener **Lehrteil stellt ein Kompendium aller Teilgebiete der Physik dar**, welche für die Adressaten von Belang sind. In jedem Kapitel sind die Probleme kurz umrissen. Berechnungsformeln, die Erklärung der Formelzeichen und voll durchgerechnete Beispiele helfen, sich in das jeweilige Lerngebiet einzuarbeiten.

Der **Aufgabenteil** des Buches enthält zu jedem Kapitel praxisorientierte Aufgaben, insgesamt **über 1700**. Diese dienen der unabdingbaren Eigentätigkeit der Lernenden. Durch die Vielzahl der Aufgaben wird eine **Binnendifferenzierung** des Unterrichts erleichtert. In der vorliegenden Auflage wurde der Inhalt um die Themen Bragg-Reflexion, Wärmeschutz, erneuerbare Energien, Projektaufgaben Sport sowie Simulation von Bewegungen erweitert.

Konventionelle Aufgaben (Berechnungen und Fragen) sind innerhalb des Lernbereiches nach **steigendem Schwierigkeitsgrad** angeordnet. Sie wurden meist **gepaart** gestellt, d. h. einer **ungeradzahligen Aufgabe entspricht die folgende geradzahlige Aufgabe**. Durch diese Paarung wird die Verwendung des Buches im Unterricht einerseits und bei Hausaufgaben sowie Klassenarbeiten andererseits erleichtert. **Rote Nummern** weisen auf schwierige Aufgaben hin.

Die **programmierten Aufgaben** dienen insbesondere der Erfolgskontrolle. Diese durch ein vorgesetztes p kenntlich gemachten Aufgaben wurden als Antwortenauswahlaufgaben (Multiple-Choice-System) gestellt.

Autoren und Verlag bedanken sich für Benutzerhinweise, die zur Verbesserung des Buches führten, und sind auch künftig für konstruktive Verbesserungsvorschläge (lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar.

Sommer 2018

Die Verfasser

Hinweise für den Benutzer

1. Das Arbeitsbuch Physik enthält innerhalb jedes Kapitels einen Lehrteil und einen Aufgabenteil.
2. Der Lehrteil ist sehr knapp formuliert. Hier müssen Sie jeden Satz gründlich studieren und ggf. ein Lehrbuch als Ergänzung heranziehen.
3. Das Buch enthält mehr Aufgaben, als Sie zur Erarbeitung des Stoffes lösen müssen. Das große Aufgabenangebot ist jedoch erforderlich, damit Sie oder Ihr Lehrer die Ihnen gemäßen Aufgaben auswählen können.
4. Sie finden Aufgaben, die durch eine Nummer gekennzeichnet sind und solche, die durch ein zusätzliches p gekennzeichnet sind. Die erstgenannten Aufgaben sind Arbeitsaufgaben. Diese Aufgaben sind umso schwerer, je höher die Aufgabennummer ist. Rote Nummern weisen auf schwierige Aufgaben hin.
5. Die p-Aufgaben sind programmierte Aufgaben für die Erfolgskontrolle. Bei diesen müssen Sie als Antwort eine Ziffer von 1 bis 5 angeben.

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen			
1.1 Umgang mit Größen	5	6.3.1 Austausch von Wärme	122
1.1.1 Begriffe	5	6.3.2 Verrichten von Arbeit	122
1.1.2 Umrechnen der Einheiten	6	7 Elektrizitätslehre	
1.1.3 Addition und Subtraktion von Größen	8	7.1 Grundlagen der Elektrizitätslehre	124
1.1.4 Multiplikation und Division von Größen	9	7.1.1 Stromkreis	124
1.2 Messen	10	7.1.2 Widerstand und Leitwert	126
1.2.1 Länge	10	7.1.3 Widerstand und Temperatur	128
1.2.2 Fläche	11	7.1.4 Ohm'sches Gesetz	129
1.2.3 Volumen, Dichte	12	7.1.5 Elektrische Leistung	131
1.2.4 Winkel	12	7.2 Grundsaltungen	134
2 Grundlagen der Mechanik		7.2.1 Reihenschaltung	134
2.1 Kraft	13	7.2.2 Parallelschaltung, Kirchhoff'sche Gesetze	136
2.1.1 Kräfteaddition	13	7.2.3 Gemischte Schaltungen	139
2.1.2 Kräftezerlegung	17	7.2.4 Spannungsteiler und Brückenschaltungen	141
2.1.3 Elastische Verformung	21	7.3 Spannungserzeuger	143
2.1.4 Masse und Gewichtskraft	23	7.4 Messgeräte und Messschaltungen	145
2.2 Moment	25	7.4.1 Mehrbereichs-Messgeräte	145
2.2.1 Hebel	25	7.4.2 Anzeigefehler und Eigenverbrauch von Messgeräten	146
2.2.2 Hebel im Gleichgewicht	26	7.4.3 Messschaltungen für Stromstärke, Spannung, Widerstand und Leistung	147
2.2.3 Schwerpunkt und Gleichgewichtsarten	30	7.5 Elektrische Ladung	149
2.3 Bewegung	32	7.6 Elektrische Arbeit	151
2.3.1 Geradlinige Bewegung	32	8 Elektrische und magnetische Felder	
2.3.2 Gleichmäßige Kreisbewegung	38	8.1 Elektrisches Feld	155
2.4 Reibung	40	8.1.1 Kräfte zwischen elektrisch geladenen Körpern	155
2.5 Arbeit und Leistung	42	8.1.2 Elektrisches Feld, Spannung	156
2.5.1 Arbeit	42	8.1.3 Kondensatoren	158
2.5.2 Leistung	44	8.2 Magnetisches Feld	160
2.5.3 Wirkungsgrad	47	8.3 Kräfte auf geladene Teilchen im elektrischen und im magnetischen Feld	162
2.6 Schiefe Ebene	50	8.4 Induktion	164
2.6.1 Schiefe Ebene ohne Reibung	50	8.4.1 Induktionsgesetz	164
2.6.2 Schiefe Ebene mit Reibung	52	8.4.2 Selbstinduktion	166
2.6.3 Keil	54	8.4.3 Energie einer stromdurchflossenen Spule	167
2.7 Maschinenelemente	55	9 Optik	
2.7.1 Rollen	55	9.1 Reflexion und Brechung	168
2.7.2 Flaschenzüge	56	9.2 Abbildung durch Spiegel	171
2.7.3 Riementriebe und Zahnradtriebe	58	9.3 Abbildung durch Linsen	173
2.8 Auflagedruck	59	9.4 Optische Geräte	176
2.9 Statik der Flüssigkeiten und Gase	60	9.5 Lichttechnische Einheiten	180
2.9.1 Stempeldruck	60	10 Schwingungen und Wellen	
2.9.2 Druck durch Gewichtskraft	62	10.1 Mechanische Schwingungen	182
2.9.3 Auftriebskraft	64	10.2 Mechanische Wellen	185
2.9.4 Gesetz von Boyle-Mariotte	68	10.3 Akustische Größen	187
3 Technische Mechanik		10.3.1 Schalldruck und Schalldruckpegel	187
3.1 Statik	71	10.3.2 Lautstärke	189
3.1.1 Auflagerkräfte	71	10.4 Elektromagnetische Wellen und Wellenoptik	190
3.1.2 Stabkräfte im Fachwerk	74	10.4.1 Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen	190
3.1.3 Festigkeitslehre	76	10.4.2 Interferenz und Beugung	192
3.2 Dynamik	82	10.4.3 Bragg-Reflexion	196
3.2.1 Beschleunigte geradlinige Bewegung	82	11 Atomphysik	
3.2.2 Kraft und geradlinige Bewegung	86	11.1 Atombau und atomare Größen	197
3.2.3 Kraft und Drehbewegung	90	11.2 Quantenphysik	198
3.3 Mechanische Energie	92	11.3 Radioaktive Strahlung und Zerfallsgesetz	200
3.4 Kraftstoß, Impuls, Stöße	95	11.4 Strahlenschutz und Dosimetrie	202
3.5 Kreisbewegung um eine feste Achse	99	12 Fehlerrechnung und Anwendungen im Alltag	
3.5.1 Trägheitsmoment	99	12.1 Fehlerarten und Toleranzen	205
3.5.2 Winkelbeschleunigung, Drehimpuls, Rotationsenergie	100	12.2 Fehlerauswirkung bei indirekter Messung	206
3.6 Gravitation	102	12.3 Fehlerfortpflanzung	208
4 Stationäre, reibungsfreie Strömung		12.4 Zufallsstreuung bei Messreihen	209
4.1 Stromstärke und Strömungsgeschwindigkeit	103	12.5 Wärmeschutz	210
4.2 Druck und Strömungsgeschwindigkeit	104	12.6 Erneuerbare Energien	211
5 Wärmelehre		12.7 Projektaufgaben Sport	213
5.1 Ausdehnung	107	12.8 Simulation von Bewegungen	215
5.2 Wärme und Wärmekapazität	110	12.9 Alternative bei Kräteskizzen	216
5.3 Wärmeleitung und Wärmewiderstand	113	Tabellen	
5.4 Schmelzwärme, Verdampfungswärme	115	Wichtige Naturkonstanten	217
6 Gasgesetze und Erster Hauptsatz der Wärmelehre		Größen und Einheiten	218
6.1 Allgemeine Gasgleichung	117	Sachwortverzeichnis	220
6.2 Kinetische Gastheorie	120		
6.3 Erster Hauptsatz der Wärmelehre	122		

1 Grundlagen

1.1 Umgang mit Größen

Physikalische Größen, z. B. Länge, Zeit, Masse, Geschwindigkeit, Druck, Spannung, Widerstand, sind messbare Eigenschaften von Gegenständen, physikalischen Vorgängen oder Zuständen.

1.1.1 Begriffe

Der spezielle Wert einer Größe wird *Größenwert* (DIN 1313) und in der Messtechnik *Messwert* genannt.

Der spezielle Wert einer Größe ist das Produkt aus Zahlenwert und Einheit.

Meist wird das Malzeichen (·) bei Buchstaben, also auch Einheiten, weggelassen.

Beispiel 1: Eine Länge beträgt 8,5 Meter. Erklären Sie diese Angabe.

Lösung: Die Länge beträgt 8,5 mal 1 Meter.

Formelzeichen verwendet man zur Abkürzung von Größen, insbesondere bei Rechnungen. Als Formelzeichen nimmt man Großbuchstaben oder Kleinbuchstaben des lateinischen oder des griechischen Alphabets. Formelzeichen werden nach DIN 1338 *kursiv* (schräg) gedruckt.

Einheitenzeichen verwendet man zur Abkürzung der Einheit. Einheitenzeichen werden senkrecht gedruckt.

Beispiel 2: Die Länge hat das Formelzeichen l und die Einheit m (Meter). Drücken Sie eine Länge von 8,5 m in Kurzform aus.

Lösung: $l = 8,5 \text{ m}$

Die meisten Formelzeichen, Einheiten und Einheitenzeichen für Größen sind genormt (**Tabelle 5/1**). Basisgrößen sind Ausgangsgrößen, aus denen andere Größen abgeleitet werden.

Beim Arbeiten mit Größen müssen die Einheiten stets angegeben werden. Die Länge einer Brücke ist also z. B. 220 m, nicht nur 220.

Tabelle 5/1: Basisgrößen

Größe	Formelzeichen	Einheit	Einheitenzeichen
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampere	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Lichtstärke	I_v	Candela	cd
Stoffmenge	n	Mol	mol

Es gibt Größen, zu denen eine Richtung gehört, z. B. die Kraft. Derartige Größen nennt man vektorielle Größen oder Vektoren. Zu anderen Größen gehört keine Richtung, z. B. bei der Masse. Diese Größen nennt man skalare Größen oder Skalare.

Aufgaben zu 1.1.1

- Drücken Sie in Kurzform aus **a)** Länge von 0,40 Meter; **b)** Strom von 120 Ampere; **c)** Zeit von 6,0 Sekunden; **d)** Masse von 7 Kilogramm.
- Schreiben Sie in Kurzform **a)** Masse von 800 Kilogramm; **b)** Strom von 12 Ampere; **c)** Länge von 0,80 Meter; **d)** Zeit von 1200 Sekunden.
- Erklären Sie folgende Angaben **a)** $I = 0,70 \text{ m}$; **b)** $t = 12 \text{ s}$; **c)** $I = 0,70 \text{ A}$; **d)** $m = 2,0 \text{ kg}$.
- Was bedeuten folgende Angaben? **a)** $I = 6,0 \text{ A}$; **b)** $t = 10 \text{ s}$; **c)** $m = 20 \text{ kg}$; **d)** $l = 700 \text{ m}$.
- Geben Sie die physikalischen Größen in Worten an **a)** $I = 12 \text{ A}$; **b)** $l = 0,80 \text{ m}$; **c)** $t = 70 \text{ s}$; **d)** $m = 800 \text{ kg}$.
- Geben Sie von den folgenden Angaben die Einheiten in Worten an **a)** $I = 220 \text{ A}$; **b)** $l = 0,80 \text{ m}$; **c)** $m = 70 \text{ kg}$; **d)** $t = 20 \text{ s}$.
- Geben Sie an, welche der nachfolgenden Größen Skalare sind: Weg, Geschwindigkeit, Kraft, Zeit, Masse, Wärmemenge, Temperatur.
- Welche der nachfolgenden Größen sind Vektoren? Weg, Geschwindigkeit, Kraft, Zeit, Masse, Wärmemenge, Temperatur.
 - Welche Aussage ist richtig? ☐
 - Einheitenzeichen sind Abkürzungen für die Größe;
 - Größen kürzt man durch Formelzeichen ab;
 - Formelzeichen sind die Abkürzungen für die Einheit;
 - Einheiten drückt man in Größen aus;
 - Bei Größen gibt man keine Einheiten an.
 - Erklären Sie den Begriff spezieller Wert einer Größe. ☐
 - Produkt aus Zahlenwert und Einheit;
 - ein nicht zu kleiner physikalischer Begriff;
 - ein physikalischer Begriff mit großem Zahlenwert;
 - ein Vektor einer Größe;
 - Kurzzeichen für einen Zahlenwert.

1.1.2 Umrechnen der Einheiten

Vorsätze geben bei sehr großen oder sehr kleinen Zahlenwerten die Zehnerpotenz an, mit welcher der Zahlenwert malzunehmen ist (**Tabelle 6/1**).

Tabelle 6/1: Vorsätze zu den Einheiten, Vorsatzzeichen, Bedeutung

Atto	Femto	Piko	Nano	Mikro	Milli	Zenti	Dezi	Kilo	Mega	Giga	Tera	Peta
a 10^{-18}	f 10^{-15}	p 10^{-12}	n 10^{-9}	μ 10^{-6}	m 10^{-3}	c 10^{-2}	d 10^{-1}	k 10^3	M 10^6	G 10^9	T 10^{12}	P 10^{15}

Beispiel 1: 50000 μ s sind in s auszudrücken.

Lösung: 50000 μ s = 50000 $\cdot 10^{-6}$ s = 50 $\cdot 10^{-3}$ s = **0,05 s**

Beispiel 2: 0,05 s sind in ms auszudrücken.

Lösung: 0,05 s = 50 $\cdot 10^{-3}$ s = **50 ms**

Zur Vermeidung von Verwechslungen des Vorsatzes m (Milli) mit der Einheit m (Meter) wird die Einheit m (Meter) stets an das Ende gesetzt. Ampere mal Meter (Strommoment) wird mit Am abgekürzt, Milliampere wird mit mA abgekürzt.

Abgeleitete Einheiten. Man verwendet oft Einheiten, die aus den Basiseinheiten zusammengesetzt sind und eigene Namen haben (**Tabelle 6/2**). Auch derartige Einheiten können erneut zusammengesetzt werden (**Tabelle 6/3**).

Tabelle 6/2: Aus Basiseinheiten abgeleitete Einheiten (Beispiele)

Einheit	Einheitenzeichen	Ausgedrückt in Basiseinheiten
Meterquadrat	m ²	m $\cdot$ m
Hertz	Hz	s ⁻¹
Liter	l	m $\cdot$ m $\cdot$ m $\cdot 10^{-3}$

Tabelle 6/3: Sonstige abgeleitete Einheiten (Beispiele)

Einheit	Einheitenzeichen	Ausgedrückt in anderen Einheiten
Amperestunde	Ah	A $\cdot$ h = 3600 A $\cdot$ s
Watt	W	V $\cdot$ A
Ohm	Ω^*	V $\cdot$ A ⁻¹

Beispiel 3: Bei einer Rechnung ergab sich für eine Größe 6,0 V/A. Geben Sie diese Größe in einer abgeleiteten Einheit an.

Lösung: 6,0 V/A = **6,0 Ω**

Soll eine aus Grundeinheiten zusammengesetzte Einheit, z. B. Mg/m³, in eine aus anderen Grundeinheiten zusammengesetzte Einheit umgerechnet werden, so rechnet man die Grundeinheiten einzeln nacheinander um.

Beispiel 4: Die Dichte von Aluminium beträgt 2700 kg/m³. Drücken Sie das in g/cm³ aus.

Lösung: 2700 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ = 2700 $\cdot 10^3 \cdot \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$ = 2,7 $\cdot 10^6 \frac{\text{g}}{10^6 \text{ cm}^3}$ = **2,7 g/cm³**

Die abgeleitete Einheit einer Größe erhält man, indem man in die Berechnungsformel dieser Größe die Einheiten entsprechend einsetzt.

Beispiel 5: Die Geschwindigkeit v berechnet man aus der Strecke s und der Zeit t mit der Formel $v = \frac{s}{t}$. Geben Sie die aus Basiseinheiten abgeleitete Einheit von v an.

Lösung: Für s ist die Einheit m, für t die Einheit s üblich $\Rightarrow$ für v die Einheit $\frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$[v]** = \left[\frac{s}{t} \right] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aufgaben zu 1.1.2

- Wandeln Sie um **a)** 44 200 mm in m; **b)** 0,02 s in ms; **c)** 220 μ A in A; **d)** 88 000 μ m in mm.
- Wandeln Sie um **a)** 8,05 km in m; **b)** 770 ms in s; **c)** 3600 A in kA; **d)** 22 000 kg in Mg.
- Eine Messuhr zeigt einen Ausschlag von 15 μ m. Wie viel mm sind das?
- Bei einem Kurzschluss fließen 8050 A. Wie viel kA sind das?

* Ω griech. Großbuchstabe Omega; hier gesprochen: Ohm

** $[v]$ spricht: Einheit von v

5. Eine Frequenz wird berechnet zu $1200 \cdot 10^5$ 1/s. Wie viel Hz sind das?
6. Eine Frequenz ist angegeben zu 10,5 MHz. Wie viel 1/s sind das?
7. Eine Toleranz beträgt 0,025 mm. Wie viel μm sind das?
8. Eine Wellenlänge von Licht wird gemessen zu $42 \cdot 10^{-8}$ m. Wie viel nm sind das?
9. Man berechnet einen Widerstand zu $35 \cdot 10^2$ mV/A. Drücken Sie den Widerstand in einer gebräuchlichen Einheit aus.
10. Eine Leistung wird berechnet zu $1,08 \cdot 10^{10}$ VA. Geben Sie diese Leistung in einer üblichen Einheit an.

Geben Sie folgende Größen in der gewünschten Einheit an.

11.

a) 6 cm/s	b) 600 m/s	c) 80 km/h	d) 7,8 kg/dm ³
... m/s	... km/s	... km/min	... Mg/m ³
e) 220 cm ²	f) 800 Ah	g) 1100 kg/m	h) 120 m/min
... dm ²	... kAs	... g/cm	... cm/s

12.

a) 12 kg/m ³	b) 133 m/s	c) 7,6 kg/dm ³	d) 40 mg/m
... g/dm ³	... km/h	... g/cm ³	... kg/km
e) 130 dm ³	f) 12 kA/s	g) 32 kg/s	h) 140 min/kg
... m ³	... A/ μs	... g/ms	... h/mg

Nachstehend finden Sie einige Berechnungsformeln. Berechnen Sie daraus die Einheiten der gesuchten Größen von den Aufgaben 13 und 14.

$$V = l \cdot b \cdot h$$

$$U = d \cdot \pi$$

$$\varrho = \frac{m}{V}$$

V Rauminhalt
l Länge
b Breite
h Höhe

U Umfang
d Durchmesser
m Masse
 ϱ^* Dichte

13. Berechnen Sie aus den obenstehenden Formeln a) die Einheit für den Rauminhalt und b) die Einheit für den Kreisumfang.

14. Berechnen Sie die Einheit für die Dichte aus einer der obenstehenden Formeln.
15. Die Dichte eines Betonquaders beträgt $2,5 \text{ g/cm}^3$. Geben Sie die Dichte a) in kg/dm^3 , b) in kg/m^3 an.
16. Für das Edelmetall Platin wird in einem Tabellenbuch die Dichte mit 21500 kg/m^3 angegeben. Berechnen Sie diesen Wert für die Einheiten kg/dm^3 und g/cm^3 .
17. Bei einer Dreharbeit beträgt die Schnittgeschwindigkeit 30 m/min . Rechnen Sie diesen Wert für die Einheit mm/s um.
18. Beim Schlichten eines Stahlwerkstückes beträgt die Schnittgeschwindigkeit 65 m/min . Berechnen Sie den Wert für die Einheit cm/s .

19. Die Umfangsgeschwindigkeit der Erde am Äquator beträgt 40000 km pro Tag . Wie groß ist diese Geschwindigkeit in der Einheit km/h ?

- p1. Wie groß ist der Zahlenwert des Umrechnungsfaktors zur Umrechnung von m/s in m/h? ☐

1. 3600^{-1} ; 2. 60; 3. 60^{-1} ; 4. 3600; 5. 10^{-3}

- p2. Geben Sie den Zahlenwert des Umrechnungsfaktors für die Umrechnung von m/s in km/h an. ☐

1. 10; 2. $60 \cdot 10^{-1}$; 3. 60^{-1} ; 4. 3,6; 5. $3,6^{-1}$

- p3. Welche der nachstehenden Einheiten ist eine Basiseinheit? ☐

1. Stunde; 2. Meter je Sekunde; 3. Ohm; 4. Volt; 5. Kelvin

- p4. Welche der nachstehenden Einheiten ist eine abgeleitete Einheit? ☐

1. Meterquadrat; 2. Ampere; 3. Kiloampere; 4. Millisekunde; 5. Kelvin

- p5. Welche Aussage ist richtig? ☐

1. Eine Amperestunde ist weniger als eine Kiloampere-sekunde; 2. eine Amperestunde ist mehr als eine Kiloampere-sekunde; 3. eine Milliampere-stunde ist weniger als eine Amperestunde; 4. eine Amperestunde ist mehr als eine Milliampere-stunde; 5. eine Milliwattstunde ist weniger als eine Watt-sekunde.

- p6. Welche Aussage ist richtig? ☐

1. Ein Meter/Millisekunde ist weniger als ein Meter/Sekunde; 2. ein Meter/Millisekunde ist mehr als ein Meter/Sekunde; 3. ein Meter/Millisekunde ist mehr als ein Kilometer/Sekunde; 4. ein Meter/Millisekunde ist weniger als ein Kilometer/Sekunde; 5. ein Meter/Sekunde ist mehr als ein Meter/Millisekunde.

* ϱ griech. Kleinbuchstabe rho

1

1.1.3 Addition und Subtraktion von Größen

Die physikalischen Größen (Zahlenwert mal Einheit) bilden eine nicht endliche Menge M (**Bild 8/1**). Jede Größe ist ein Element der Menge M . Größen mit gleichen Einheiten bilden zusammen Teilmengen $A, S, \dots$ von M . Die Elemente derartiger Teilmengen können addiert oder subtrahiert werden.

Man kann nur gleichartige Größen addieren oder subtrahieren. Dabei wandelt man die Größen so um, dass ihre Einheiten die gleichen Vorsätze haben.

Beispiel: $20 \text{ mm} + 0,80 \text{ m} = 20 \text{ mm} + 800 \text{ mm} = 820 \text{ mm}$
 oder
 $20 \text{ mm} + 0,80 \text{ m} = 0,02 \text{ m} + 0,80 \text{ m} = 0,82 \text{ m}$

Die Addition und Subtraktion von vektoriellen Größen, z. B. von Wegen $\vec{s}_1$ (sprich: Vektor s_1) und $\vec{s}_2$, ist rechnerisch einfach möglich, wenn beide Vektoren dieselbe oder eine entgegengesetzte Richtung haben (**Bild 8/2**). Dann addiert bzw. subtrahiert man rechnerisch die Beträge, z. B. s_1 und s_2 . Haben dagegen Vektoren verschiedene Richtungen (**Bild 8/3**), so muss die geometrische Addition (Vektoraddition, Seite 13) angewendet werden. Skalare Größen, z. B. Massen, können dagegen rechnerisch (algebraisch) addiert oder subtrahiert werden.

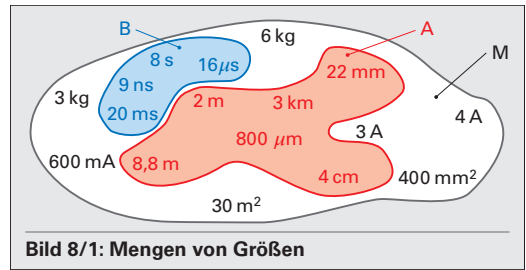


Bild 8/1: Mengen von Größen

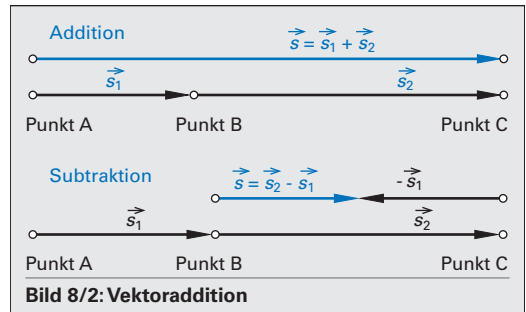


Bild 8/2: Vektoraddition

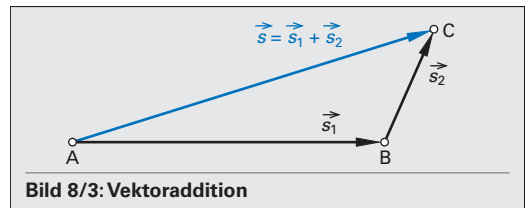


Bild 8/3: Vektoraddition

Aufgaben zu 1.1.3

1. Addieren Sie **a)** 233 m und 1,1 km; **b)** 0,38 A und 400 mA; **c)** 22 kV und 2200 V.
2. Addieren Sie **a)** 2330 kg und 0,45 Mg; **b)** 440 V und 0,22 kV; **c)** 225 mm und 86 cm.

Berechnen Sie.

3. **a)** 220 kg plus 1500 g; **b)** 0,22 A + 120 mA; **c)** 320 km minus 1500 m; **d)** 880 s – 5200 ms.
4. **a)** 22 s minus 800 ms; **b)** 30 cm – 88 mm; **c)** 8 mm + 500 μm; **d)** 22 mA – 800 μA.

Fassen Sie zusammen.

5. **a)** 25 V; 22 m; 5000 mm; 0,05 kV; 22 kg; 440 g; 880 mm; 2600 mV; 800 mg; 4000 g. **b)** 4400 mA; 200 cm; 4,8 A; 3,7 m; 4,8 kg; 5000 g; 8 m; 4,4 A; 2200 mm.
6. **a)** 600 s; 70 mA; 8000 ms; 0,7 A; 800 mm; 0,7 m; 0,7 ms; 800 mA; 9000000 μA. **b)** 2,5 kg; 60 mV; 700 s; 0,8 mm; 2500 ms; 0,02 V; 300 g; 0,8 cm; 0,002 m.

- p1.** In einem Lageplan nach **Bild 8/2** oben ist $s_1 = 2,2 \text{ m}$ und $s_2 = 4000 \text{ mm}$. ☐

Welche Behauptung trifft zu?

1. $s = 4000 \text{ mm} + 2,2 \text{ m}$; 2. $s = 2,6 \text{ m}$; 3. $s = 4002,2 \text{ mm}$; 4. einfache Berechnung nicht möglich, da $\vec{s}_1$ und $\vec{s}_2$ Vektoren sind; 5. $s = 6,2 \text{ m}$

- p2.** In einem Lageplan nach **Bild 8/3** ist $s_1 = 30 \text{ m}$ und $s_2 = 15 \text{ m}$. Welche Aussage ist richtig? ☐

1. $s = 15 \text{ m}$; 2. $s = 45 \text{ m}$; 3. einfache Berechnung ist nicht möglich, da $\vec{s}_1$ eine andere Richtung als $\vec{s}_2$ hat; 4. $s = s_1 + s_2$; 5. $s = s_1 - s_2$

- p3.** Welche Größen kann man rechnerisch addieren? ☐

1. Skalare Größen mit gleichen oder mit verschiedenen Einheiten; 2. skalare Größen mit gleichen Einheiten; 3. skalare Größen mit verschiedenen Einheiten; 4. alle vektoriellen Größen mit gleicher Richtung; 5. alle vektoriellen Größen mit gleicher Einheit.

1.1.4 Multiplikation und Division von Größen

Jedes Element aus der Menge der physikalischen Größen (**Bild 8/1**) kann mit jedem Element dieser Menge multipliziert werden. Die Einheit des Ergebnisses ist das Produkt aus den Einzeleinheiten. Dabei gilt wie bei den Zahlen das Kommutativgesetz der Multiplikation.

Beispiel 1: Wenden Sie bei $3\text{ s} \cdot 6\text{ A}$ das Kommutativgesetz an und berechnen Sie das Produkt.

Lösung: $3\text{ s} \cdot 6\text{ A} = 3 \cdot 6\text{ s} \cdot \text{A} = 18\text{ s} \cdot \text{A} = \mathbf{18\text{ As}}$

In entsprechender Weise ist die Division möglich, wenn der Zahlenwert des Teilers von Null verschieden ist.

Beispiel 2: Berechnen Sie $6\text{ m} / 2\text{ s}$.

Lösung: $6\text{ m} / 2\text{ s} = \frac{6\text{ m}}{2\text{ s}} = \mathbf{3\text{ m/s}}$

Malnehmen und teilen kann man mit allen Einheiten und mit beliebigen Vorsätzen.

Der Vorsatz der Einheit des Ergebnisses richtet sich nach den Vorsätzen der verwendeten Einheiten. Man arbeitet dabei mit Zehnerpotenzen.

Beispiel 3: Berechnen Sie $6\text{ ms} \cdot 3\text{ kA}$.

Lösung: $6\text{ ms} \cdot 3\text{ kA} = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3\text{ As} = \mathbf{18\text{ As}}$

Tabelle 9/1: Rechnen mit Vorsätzen

Malnehmen	
1 mal m = m	1 A · 1 ms = 1 mAs
1 mal k = k	1 kA · 1 s = 1 kAs
k mal m = 1	1 kA · 1 ms = 1 As
Teilen	
m durch 1 = m	1 mAs / 1 A = 1 ms
k durch 1 = k	1 kAs / 1 s = 1 kA
1 durch m = k	1 As / 1 ms = 1 kA
1 durch k = m	1 As / 1 kA = 1 ms

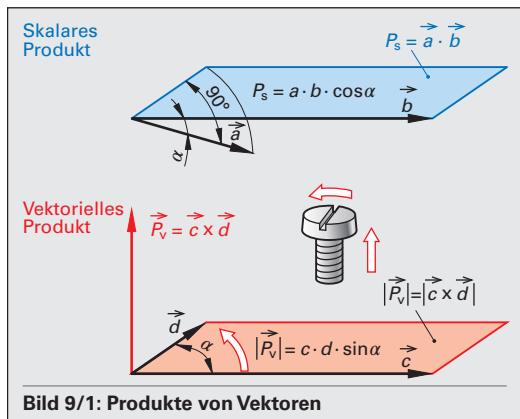


Bild 9/1: Produkte von Vektoren

Da die Vorsätze Zehnerpotenzen bedeuten, können sie multipliziert bzw. gekürzt werden (**Tabelle 9/1**).

Wird eine vektorielle Größe mit einer Zahl oder einer skalaren Größe malgenommen oder durch eine Zahl oder eine skalare Größe geteilt, so ist das Ergebnis wieder ein Vektor. Werden zwei Vektoren miteinander multipliziert, so kann das Ergebnis ein Skalar sein (skalares Produkt, **Bild 9/1**) oder aber ein Vektor (vektorielles Produkt, **Bild 9/1**). Die Arbeit (Seite 42) ist z. B. das skalare Produkt von Kraft mal Weg, das Drehmoment (Seite 25) das vektorielle Produkt von Hebelarm mal Kraft. Multiplikation und Division von skalaren Größen oder von Beträgen ergeben keinen Vektor. Die Division durch einen Vektor ist nicht möglich.

Aufgaben zu 1.1.4

Berechnen Sie.

1. a) $6\text{ A} \cdot 4\text{ h}$; b) $2\text{ mA} \cdot 6\text{ s}$; c) $6\text{ mg} \cdot 12\text{ s}$
d) $18\text{ kA} \cdot 2\text{ ms}$; e) $12\text{ μA} \cdot 22\text{ Ms}$

2. a) $12\text{ mm} \cdot 3\text{ A}$; b) $12\text{ cm} \cdot 4\text{ mA}$; c) $22\text{ ms} \cdot 11\text{ kV}$
d) $48\text{ nA} \cdot 120\text{ kV}$; e) $43\text{ μs} \cdot 220\text{ kA}$

3. a) $\frac{3,6\text{ mVA}}{1,2\text{ mA}}$ b) $\frac{66\text{ mAs}}{2\text{ mA} \cdot 15\text{ m}}$

- c) $\frac{77\text{ cm}}{8\text{ kg} \cdot 8\text{ mm}^2}$ d) $\frac{440\text{ mg}}{22\text{ cm}^3 \cdot 5\frac{1}{\text{s}}}$

4. a) $\frac{6\text{ kg/dm}^3}{12\frac{1}{\text{s}}}$ b) $\frac{6\text{ mg/mm}^3}{44\frac{1}{\text{mm}^2}}$

c) $\frac{22\text{ kAs}}{11\text{ ms} \cdot 6\text{ kA}}$

d) $\frac{220\text{ kV}}{22\text{ mAs} \cdot 12\frac{1}{\text{s}}}$

- p1. Eine physikalische Größe ist zu 12 km/h angegeben. Was liegt vor? ☐

1. Vektorielle Größe; 2. Betrag einer vektoriellen Größe; 3. skalare Größe; 4. Betrag eines vektoriellen Produkts; 5. skalares Produkt.

- p2. Eine physikalische Größe ist zu 12 kg/s angegeben. Worum handelt es sich? ☐

1. Skalare Größe; 2. vektorielle Größe; 3. Betrag einer vektoriellen Größe; 4. Vektor; 5. vektorielles Produkt.

1

1.2 Messen

Beim Messen wird die zu messende Größe mit einer Einheit verglichen. Es können z. B. nur Längen mit Längeneinheiten und Flächen mit Flächeneinheiten verglichen werden. Jedes Messergebnis besteht aus Zahlenwert und Einheit. Beim Messergebnis gibt man so viel Stellen an, wie zuverlässig abgelesen werden können. Bei einer direkten (unmittelbaren) Messung wird das Messergebnis direkt am Messgerät abgelesen, dagegen wird beim indirekten (mittelbaren) Messen das Messergebnis errechnet.

Beispiel:

Es ist der Flächeninhalt des Rechtecks **Bild 10/1** a) direkt, b) indirekt zu messen.

Lösung:

- a) Die innerhalb der Grenzlinie des Rechtecks liegenden Quadrate werden ausgezählt. Ergebnis: **6 cm²**.
 b) Gemessen: Länge $l = 3,0$ cm, Breite $b = 2,0$ cm.
 Errechnet: Fläche $A = l \cdot b = 3,0 \text{ cm} \cdot 2,0 \text{ cm} = \mathbf{6,0 \text{ cm}^2}$.

1.2.1 Länge

Die Einheit der Länge ist das Meter (m).

Aufgaben zu 1.2.1

- Auf einer Landkarte mit dem Maßstab 1:2250000 wird die Entfernung Stuttgart – Frankfurt mit 67 mm gemessen. Wie groß ist die wirkliche Entfernung in km?
- Auf einer Wanderkarte mit dem Maßstab 1:25000 wird die Breite des Schluchsees (Schwarzwald) mit 2,5 cm gemessen. Wie breit ist der Schluchsee an der betreffenden Stelle in Wirklichkeit?
- Ein Elektromotor wird nach **Bild 10/2** aufgestellt. Welche Höhe x muss der Spannrahmen haben?
- Um das genaue Außermittelsmaß x des Werkstückes **Bild 10/3** zu bestimmen, mussten auf die Anreißplatte vier Endmaße von 10 mm, 8 mm, 1,4 mm und 1,08 mm übereinander unter den Zapfen gelegt werden. Wie groß ist das Außermittelsmaß x ?
- Der feste Schenkel des Messschiebers **Bild 10/4** hat eine in Millimeter geteilte Messskala. Auf dem beweglichen Schenkel befindet sich ein Hilfsmaßstab (Nonius), bei dem 19 mm in 20 gleiche Teile geteilt sind. a) Wie lang ist ein Teil auf dem Nonius? b) Wie lang sind die Strecken l_1 und l_2 ? c) Ermitteln Sie aus l_1 und l_2 das Maß x des Werkstückes. d) Welcher Bruchteil eines Millimeters lässt sich mit diesem Messschieber noch messen? e) Wo liest man die ganzen Millimeter und wo die Teile ab?

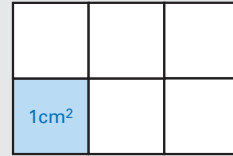


Bild 10/1

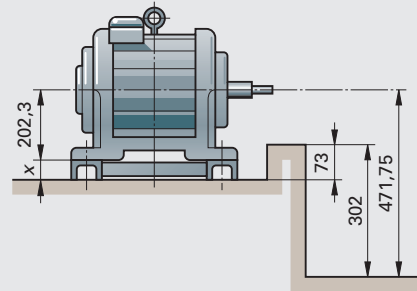


Bild 10/2

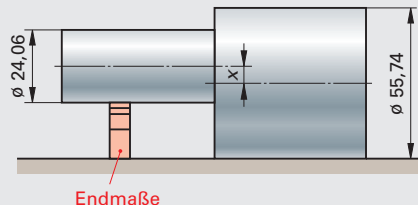


Bild 10/3

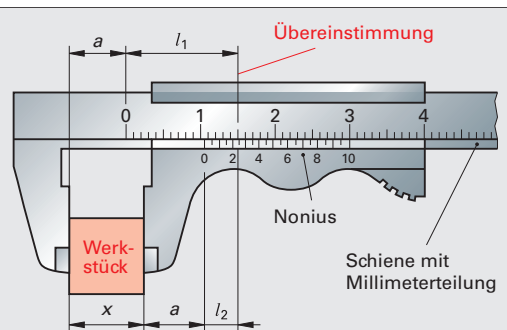


Bild 10/4: Messschieber mit Millimeterteilung