EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Grundlagen 1

Technische Physik 2

Technische Kommunikation 3

Tabellenbuch Wärme • Kälte • Klima

Stoffkunde 4

Fertigungstechnik 5

12. überarbeitete Auflage

Klimatechnik 6

Kältetechnik 7

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

Allgemeine Anlagentechnik 8

Europa-Nr.: 1731X

Autoren:

Ewald Bach	Oberstudienrat
Peter Bertrand	Studienrat
Walter Bierwerth	Studiendirektor a. D., Dipl.-Ing.
Baha Yücel	M.Sc., Dipl.-Ing. (FH) VDI

Lektorat:

Walter Bierwerth

Autor und Leiter des Arbeitskreises bis 2013:

Dipl.-Ing. Horst Herr	Fachoberlehrer a. D. VDI, DKV

Bildbearbeitung:

Michael M. Kappenstein

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Die Bilder des Buches, für die keine Quellen aufgeführt sind, wurden von den Autoren erstellt oder entworfen und vom Zeichenbüro des Verlags gezeichnet.

Als Service für interessierte Leser bieten wir wichtige Hinweise, Aktualisierungen, Erläuterungen und Ergänzungen unter www.europa-lehrmittel.de/1731X an.

In diesem Tabellenbuch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Normen und der sonstigen Regelwerke zugrunde gelegt. In die Auflage aus zeitlichen Gründen noch nicht eingeflossene neue Normen sind, laufend aktualisiert, auf der Infoseite des Verlags unter **www.europa-lehrmittel.de/1731X** genannt. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass nur die DIN-Normen selbst verbindlich sind. Diese können in den öffentlichen Normen-Infopoints, die über ganz Deutschland verteilt sind (z. B. in Universitätsbibliotheken) eingesehen oder durch die DIN-Media GmbH, Am DIN-Platz, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Obwohl die DIN-Normen mit großer Sorgfalt recherchiert wurden, können Autoren und Verlag keinerlei Gewährleistung übernehmen.

Bei anderen in diesem Tabellenbuch genutzten technischen Regelwerken gilt dies sinngemäß.

Österreichische Normen, Gesetze und Verordnungen sind im Footer auf www.fs-fachbuch.at verlinkt.

12. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

ISBN 978-3-7585-1559-0

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de

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

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com, ab der 12. Auflage: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar, www.gp-neumann.de

Umschlag: G. Kuhl mediacreativ, 40724 Hilden

Druck: Triangl a.s., 199 02 Prag 9 (CZ)

Die Summe unserer Erkenntnis besteht aus dem,
was wir gelernt, und dem, was wir vergessen haben.
Marie von Ebner-Eschenbach

Die Zusammenhänge zwischen den berechenbaren und den messbaren Größen in Naturwissenschaft und Technik werden fast immer in ihrer kürzesten Ausdrucksweise, durch **Formeln**, repräsentiert. Somit liegt es auf der Hand, diese in Formelsammlungen zusammenzustellen, denn wegen der großen Anzahl der notwendigen Informationen ist es unmöglich, jede in einem bestimmten Fachgebiet benötigte Formel abrufbereit im Kopf zu haben. Das diesem Vorwort vorangestellte Motto von Marie von Ebner-Eschenbach unterstreicht dies sehr deutlich.

Neben der Vielzahl der Formeln werden in jedem technischen Fachgebiet auch umfangreiche **Tabellen**, oft auch in der Form von **DIN-Blättern** und sonstigen technischen Regelwerken, benötigt. In allen technischen Hauptrichtungen – wie etwa im Maschinenbau, der Elektrotechnik oder der Bautechnik – gehört es seit langem zur guten Tradition, die benötigten Formeln und Tabellen in einem **Tabellenbuch** zusammenzufassen. Hauptorientierungsmerkmale sind dabei die entsprechenden **Verordnungen über die Berufsausbildung** sowie die Lehrpläne für die **Meister- und Technikerausbildung**. Dies will nun auch das

Tabellenbuch Wärme • Kälte • Klima

Orientierungsgrundlagen waren dabei vor allem die Verordnungen über die Berufsausbildung, und zwar für **Mechatroniker für Kältetechnik** und **Anlagenmechaniker SHK**. Die Lerninhalte der **beruflichen Erstausbildung** wurden durch solche der **Meister- und Technikerausbildung** ergänzt. Von vornherein war also beabsichtigt, ganze Berufsfelder und nicht nur deren Kernbereich zu erfassen. Des Weiteren wurde versucht – dem Buchtitel gemäß – mehrere Berufsfelder zu verbinden. Damit wurde auch dem Trend in Richtung Universalität der Berufsausübung bzw. Berufsausbildung Rechnung getragen.

Bei der Festlegung der Buchinhalte wurde also strikt darauf geachtet, dass auch das, *„was man sonst noch braucht“,* seinen Platz gefunden hat. Exemplarisch sind hier die *Mathematik*, die *Technische Kommunikation*, die *Stoffkunde* und die *Fertigungstechnik* zu nennen. Im Abschnitt **Technische Physik** sind bereits viele Lehrinhalte aus der *Anlagentechnik* enthalten bzw. solche Lehrinhalte, die in der Anlagentechnik vorausgesetzt werden. Mit den **acht Hauptabschnitten** (s. Seite 4) wird zwar eine grobe Gliederung der Lehrinhalte erreicht, manche Themenbereiche sind jedoch dort eingegliedert, wo man sie bei der praktischen Anwendung sucht.

Die in einem Tabellenbuch nicht vollständig abdeckbare Stofffülle bringt es mit sich, dass die Auswahl der Themenbereiche und die Breite, in der sie dargestellt werden, subjektiv ist. Wie sich dieses Buch in seinen späteren Auflagen entwickelt, wird ganz wesentlich durch die Reaktionen der Leser und Fachkollegen – worum wir ausdrücklich bitten – beeinflusst.

In der vorliegenden 12. Auflage wurden die Normen aktualisiert und notwendige Änderungen und Ergänzungen vorgenommen. (z) hinter der Norm bedeutet, dass die Norm ohne Ersatz zurückgezogen wurde. Wegen der Vielzahl der Normen, die derzeit fortwährend im Fachgebiet neu herausgegeben oder ersetzt werden, wird es immer Normen geben, die erst nach Redaktionsschluss oder während der Laufzeit einer Auflage erschienen und deshalb noch nicht berücksichtigt sind. Eine Liste aller entsprechenden Normen kann auf der Internetseite des Verlags, aufrufbar über den QR-Code bzw. unter **www.europa-lehrmittel.de/1731X**, eingesehen werden.

Wir danken allen, die durch Hinweise und Vorschläge zur weiteren Verbesserung des Tabellenbuches beigetragen haben.

Hinweise und Verbesserungsvorschläge können dem Verlag und damit den Autoren unter **lektorat@europa-lehrmittel.de** übermittelt werden.

Herbst 2026 Das Autorenteam

Hinweise zur Arbeit mit diesem Tabellenbuch

Das Tabellenbuch ist in **8 Hauptabschnitte** eingeteilt, und zwar

1	Grundlagen	GR
2	Technische Physik	TP
3	Technische Kommunikation	TK
4	Stoffkunde	SK

5	Fertigungstechnik	FT
6	Klimatechnik	KL
7	Kältetechnik	KT
8	Allgemeine Anlagentechnik	AT

Die **8 Hauptabschnitte** sind deutlich durch das praktische **Daumenregister** voneinander getrennt.

Hauptabschnitt 8 „Allgemeine Anlagentechnik" ist nochmals in 11 Unterabschnitte durch angedeutete Tabs unterteilt.

Am Anfang dieser Hauptabschnitte befindet sich jeweils ein ausführliches Inhaltsverzeichnis. Daraus ist zu ersehen, dass die Hauptabschnitte nochmals in **Unterabschnitte** unterteilt sind.

Aus den Unterabschnitten sind die Themenüberschriften mit den entsprechenden Seitenzahlen zu ersehen.

Der Wert eines Fachbuches hängt auch sehr stark vom Umfang des **Sachwortverzeichnisses** ab. Hierauf wurde ein besonderer Wert gelegt. Das Sachwortverzeichnis dieses Tabellenbuches enthält über 1900 Begriffe.

Es ist ganz normal, dass in einem Fachbuch zum gleichen Begriff an mehreren Stellen Aussagen gemacht werden. Dies geht aus den Seitenzahlen im Sachwortverzeichnis hervor.

Orientieren Sie sich in diesem Tabellenbuch vor allem mit Hilfe des Sachwortverzeichnisses.

Eine **Besonderheit dieses Tabellenbuches** besteht jedoch darin, dass durch rote Hinweispfeile (→) die Sachverhalte miteinander verkettet wurden. Die Hinweispfeile zeigen Ihnen also, wo Sie noch weitere Informationen zu der von Ihnen gewünschten Formel, Tabelle oder zu einem gewünschten Begriff finden können.

Ein roter Pfeil (→) zeigt an, dass Sie dort noch weitere Informationen finden.

Das **Tabellenbuch Wärme • Kälte • Klima** wurde von Herrn Dipl.-Ing. Horst Herr – initiiert durch seine langjährige Tätigkeit an der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal – realisiert.



Symbol für die globale Erwärmung: Erdball und Heizthermostat

1.1 Allgemeine Grundlagen	**5**
Griechisches Alphabet	6
Römische Ziffern	6
Basisgrößen und Basiseinheiten	6
Vorsätze vor Einheiten	7
Formelzeichen und Einheiten	7
1.2 Allgemeine Mathematik	**15**
Grundrechenarten	15
Klammerrechnung (Rechnen mit Summen)	17
Bruchrechnung	18
Prozentrechnung	18
Potenzrechnung	19
Radizieren	20
Logarithmieren	20
Gleichungen	21
Runden von Zahlen	23
Interpolieren	23
Statistische Auswertung	24
Flächenberechnung	26
Körperberechnung	27
Geometrische Grundkenntnisse	29
Sätze der Geometrie	30
Trigonometrie	31
1.3 Technische Mathematik	**33**
Teilung von Längen (Gitterteilung)	33
Teilung auf dem Lochkreis	33
Rohlängen von Pressteilen (Schmiedelänge)	33
Gestreckte Längen (kreisförmig gebogen)	34
Zusammengesetzte Längen und zusammengesetzte Flächen	34
Berechnung der Masse bei Halbzeugen	34
Volumeninhalt und Oberfläche wichtiger Behälterböden	35
Inhalt unregelmäßiger Flächen	35
Diagramme und Nomogramme	36



Sonnenuntergang mit Windrädern

Griechisches Alphabet

Groß-buchstabe	Klein-buchstabe	Bedeu-tung	Name	Groß-buchstabe	Klein-buchstabe	Bedeu-tung	Name
A	α	a	Alpha	N	ν	n	Ny
B	β	b	Beta	Ξ	ξ	x	Xi
Γ	γ	g	Gamma	O	o	o	Omikron
Δ	δ	d	Delta	Π	π	p	Pi
E	ε	e	Epsilon	P	ϱ	rh	Rho
Z	ζ	z	Zeta	Σ	σ	s	Sigma
H	η	e	Eta	T	τ	t	Tau
Θ	ϑ	th	Theta	Y	υ	y	Ypsilon
I	ι	i	Jota	Φ	φ	ph	Phi
K	$\varkappa$	k	Kappa	X	χ	ch	Chi
Λ	λ	l	Lambda	Ψ	ψ	ps	Psi
M	μ	m	My	Ω	ω	o	Omega

Römische Ziffern

Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern	Römische Ziffern	Arabische Ziffern
I	1	XX	20	CC	200
II	2	XXX	30	CCC	300
III	3	XL	40	CD	400
IV	4	L	50	D	500
V	5	LX	60	DC	600
VI	6	LXX	70	DCC	700
VII	7	LXXX	80	DCCC	800
VIII	8	XC	90	CM	900
IX	9	C	100	M	1000
X	10				

B 84 = LXXXIV 99 = XCIX 691 = DCXCI 2016 = MMXVI

Um Verwechslungen zu vermeiden, darf vor einem Zahlzeichen immer nur **ein** kleineres stehen (z. B. für die Zahl 48: XLVIII und nicht IIL).

Basisgrößen in ISO[1] und Basiseinheiten (SI-Einheiten[2])

Basisgrößen und Basiseinheiten nach DIN EN ISO 80000-1:2023-08

Basisgrößen		Basiseinheiten	
Name	Formelzeichen	Name	Zeichen
Länge	l, L	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A
Thermodynamische Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	n	Mol	mol
Lichtstärke	I_v	Candela	cd

[1] International System of Quantities (Internationales Größensystem)
[2] SI ist die Abkürzung für Systeme International d'Unitès (Internationales Einheitensystem)

Vorsätze vor Einheiten (→ Potenzrechnung) (nach **DIN 1301-1**:2010-10)

Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung	Vorsatzzeichen	Vorsatz	Bedeutung
Y	Yotta	10^{24}	d	Dezi	10^{-1}
Z	Zetta	10^{21}	c	Zenti	10^{-2}
E	Exa	10^{18}	m	Milli	10^{-3}
P	Peta	10^{15}	µ	Mikro	10^{-6}
T	Tera	10^{12}	n	Nano	10^{-9}
G	Giga	10^{9}	p	Pico	10^{-12}
M	Mega	10^{6}	f	Femto	10^{-15}
k	Kilo	10^{3}	a	Atto	10^{-18}
h	Hekto	10^{2}	z	Zepto	10^{-21}
da	Deca	10^{1}	y	Yokto	10^{-24}

Der Vorsatz gibt den Faktor an, mit dem die Einheit zu multiplizieren ist.

B $1\ \text{kW} = 1 \cdot 10^3\ \text{W} = 1000\ \text{W}$ $1\ \mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 0{,}000\ 001\ \text{m}$

Formelzeichen und Einheiten

(Auswahl nach **DIN EN ISO 80000-1** bis **-12** (z. T. noch **DIN 1304-1** und **DIN 1301-1**))

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Raumgrößen und Zeitgrößen				
Abklingkoeffizient	δ	1/s		
Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Welle	c	m/s		
Beschleunigung	a	m/s^2		
→ Kältetechnik, Formelzeichen				
Breite	b	m		
Dehnung (relative Längenänderung)	ε	1		
Dicke, Schichtdicke	δ, d	m		
Durchbiegung, Durchhang	f	m		
Durchmesser	d, D	m		
Ebener Winkel, Drehwinkel (bei Drehbewegungen)	α, β, γ	rad		
Flächeninhalt, Fläche, Oberfläche	A, S	m^2		
Frequenz, Periodenfrequenz	f, ν	Hz		
Geschwindigkeit	v, u, w, c	m/s		
Höhe, Tiefe	h, H	m		
Kreisfrequenz, Pulsatanz (Winkelfrequenz)	ω	1/s		
Länge	l	m		
→ Formelzeichen, Regelung				

Achtung: Formelzeichen und Einheiten betreffend

Die Formelzeichen und Einheitenzeichen sind **Grundformen** und sollten möglichst bevorzugt verwendet werden.

Darüber hinaus gibt es für ganz spezielle Bereiche der Technik auch **Fachnormen**. Beispiele:

DIN EN 764-1 „Druckgeräte" für Arbeitstemperatur t_0.

DIN 1304-1 für Celsiustemperatur ϑ oder t.

DIN 1304-1 für Zeit t.

DIN 1304-1 für (→) Trockenkugeltemperatur t_{sic} [sic steht für siccus (trocken)].

In der Praxis der Klimatechnik steht für Trockenkugeltemperatur ϑ_{tr} oder ϑ_{TK}.

In Analogie: (→) Feuchtkugeltemperatur ϑ_f oder ϑ_{FK}.

Viele weitere Beispiele zeigen, dass es keine einheitliche Bezeichnungsweise bezüglich der Formelzeichen gibt.

Konsequenz:
In diesem Buch werden die Formelzeichen entsprechend des gerade anstehenden Technikbereiches gewählt.

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)				
Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit		Bemerkung/wichtige Beziehungen
		Zeichen	Name	
Raumgrößen und Zeitgrößen (Fortsetzung)				
Periodendauer, Schwingungsdauer	T	s		
Phasenverschiebungswinkel	φ	rad	Radiant	
Phasenwinkel	$\varphi(t)$	rad	Radiant	
Querschnittsfläche, Querschnitt	S, q	m^2		
Radius, Halbmesser, Abstand	r	m		
Repetenz (Wellenzahl)	σ	1/m		$\sigma = 1/\lambda$
Ruck	r, h	m/s^3		
Drehzahl (Umdrehungsfrequenz)	n	1/s		Kehrwert der Umdrehungsdauer T: $n = 1/T$
Volumen, Rauminhalt	V, τ	m^3		
Volumenstrom, Volumendurchfluss	$\dot{V}$, q_V	m^3/s		$\dot{V} = V/t$ bzw. $\dot{V} = A \cdot v$
Weglänge, Kurvenlänge	s	m		
Wellenlänge	λ	m		
Winkelbeschleunigung, Drehbeschleunigung	α	rad/s^2		$\alpha = \omega/t$ bzw. $\alpha = \Delta\omega/\Delta t$
Winkelgeschwindigkeit, Drehgeschwindigkeit	ω	rad/s		$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$
Zeit, Zeitspanne, Dauer	t	s		Auch Abklingzeit
Zeitkonstante	τ, T	s		
Mechanische Größen				
Absoluter Druck	p_{abs}	Pa	Pascal	1 Pa = 1 N/m^2
Arbeit	W, A	J, Nm	Joule	$W = F \cdot s$; 1 J = 1 Nm
Arbeitsgrad, Nutzungsgrad	ζ	1		Arbeitsverhältnis, Energieverhältnis
Atmosphärische Druckdifferenz, Überdruck	p_e	Pa	Pascal	$p_e = p_{abs} - p_{amb}$
Bewegungsgröße, Impuls	p	kg · m/s		1 mbar = 1 hPa
Biegemoment	M_b	N · m		
Dehnung, relative Längenänderung	ε	1		$\varepsilon = \Delta l/l$ $l = l_0$ = Ausgangslänge
Dichte, Massendichte, volumenbezogene Masse	ϱ, ϱ_m	kg/m^3		$\varrho = m/V$
Direktionsmoment, winkelbezogenes Rückstellmoment	D	N · m/rad		$D = M_T/\varphi$ (φ = Torsionswinkel)
Drall, Drehimpuls	L	$kg \cdot m^2/s$		
Drehstoß	H	N · m · s		
Drillung, Verwindung	Θ, $\varkappa$	rad/m		
Druck	p	Pa	Pascal	$p = F/A$; 1 Pa = 1 N/m^2
Dynamische Viskosität	η	Pa · s		$\eta = \tau/D$ τ = Schubspannung D = Schergeschwindigkeit

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formel-zeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Mechanische Größen (Fortsetzung)				
Elastizitätsmodul	E	N/m^2, N/mm^2		$E = \sigma/\varepsilon$ 1 $N/mm^2 = 10^6$ N/m^2
Energie	E, W	J	Joule	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Energiedichte, volumenbezogene Energie	w	J/m^3		
Flächenbezogene Masse, Flächenbedeckung	m''	kg/m^2		$m'' = m/A$
Flächenmoment 1. Grades	H	m^3		
Flächenmoment 2. Grades	I	m^4		Früher: Flächenträgheitsmoment
Gewichtskraft	F_G, F_g, G	N	Newton	Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch F_g
Gravitationskonstante	G, f	$N \cdot m^2/kg$		$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ $G = 6{,}67259 \cdot 10^{-11}$ $m^3/(kg \cdot s^2)$
Grenzflächenspannung, Oberflächenspannung	σ, γ	N/m		
Isentropische Kompressibilität	$\chi_S, \varkappa$	1/Pa		
Isothermische Kompressibilität	$\chi_T, \varkappa$	1/Pa		
Kinematische Viskosität	ν	m^2/s		$\nu = \eta/\varrho$
Kinetische Energie	E_k, W_k, T	J	Joule	$E_k = {}^1/_2 \cdot m \cdot v^2$ (Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch E_k und T)
Kompressionsmodul	K	N/m^2		$K = -p/\vartheta$ (ϑ = relative Volumenänderung)
Kraft	F	N	Newton	$F = m \cdot a$
Kraftmoment, Drehmoment	M	$N \cdot m$		$M = F \cdot r$ F = Tangentialkraft r = senkrechter Abstand zwischen Drehpunkt und Wirkungslinie der Kraft
Kraftstoß	I	$N \cdot s$		
Längenbezogene Masse	m'	kg/m		$m' = m/l$
Leistung	P	W	Watt	$P = W/t$
Leistungsdichte, volumenbezogene Leistung	φ	W/m^3		$\varphi = w/t$ w = Energiedichte
Masse, Gewicht als Wägeergebnis	m	kg		
Massenstrom, Massenstrom-rate, Massendurchsatz	$q_m, \dot{m}$	kg/s		$q_m = m/t$ (nach DIN EN ISO 80000-4 nur „Massenstromrate“)
Massenstromdichte	I	$kg/(m^2 \cdot s)$		$I = q_m/S = \varrho \cdot v$
Normalspannung, Zug- oder Druckspannung	σ	N/m^2, N/mm^2		
Poisson-Zahl	μ, ν	1		$\mu = \varepsilon_q/\varepsilon$
Potenzielle Energie	E_p, V	J	Joule	$E_p = m \cdot g \cdot h$ (nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch E_p und V)
Querdehnung	ε_q	1		$\varepsilon_q = \Delta d/d$ (bei kreisförmigem Querschnitt)

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Mechanische Größen (Fortsetzung)				
Reibungszahl	μ, f	1		$\mu = F_R / F_N$ F_R = Reibungskraft F_N = Normalkraft
Relative Dichte	d	1		
Relative Volumenänderung, Volumendilatation	ϑ, η	1		$\vartheta = \Delta V / V$ bzw. ϑ (in %) $= \Delta V \cdot 100\,\% / V$
Rohrwiderstandszahl Rohrreibungszahl	λ	1		$\lambda = (p_1 - p_2) \cdot 2 \cdot d / (\varrho \cdot l \cdot v^2)$ (bei geradem Rohr mit kreisförmigem Querschnitt)
Schiebung, Scherung	γ	1		
Schubmodul	G	N/m^2, N/mm^2		$G = \tau / \gamma$ (γ = Schiebung)
Schubspannung	τ	N/m^2, N/mm^2		
Spezifische Arbeit, massenbezogene Arbeit	Y	J/kg		$Y = W/m$
Spezifisches Volumen, massenbezogenes Volumen	v	m^3/kg		$v = V/m$
Torsionsmoment, Drillmoment	M_t, T	N · m		
Trägheitsmoment, Massenmoment 2. Grades	J	kg · m^2		Früher: Massenträgheitsmoment
Trägheitsradius	i, r_i	m		
Umfang	U, l_u	m		
Umgebender Atmosphärendruck	p_{amb}	Pa, N/m^2	Pascal	
Volumenstrom, Volumendurchfluss	q_V, $\dot{V}$	m^3/s		Nach DIN EN ISO 80000-4 nur noch q_V
Widerstandskraft	F_w	N	Newton	
Widerstandsmoment	Z, (W)	m^3, mm^3		
Wirkungsgrad	η	1		Leistungsverhältnis
Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie				
Anzahl Teilchen, Teilchenzahl	N	1		→ Kältetechnik, Formelzeichen
Affinität einer chemischen Reaktion	A	J/mol		
Avogadro-Konstante	N_A, L	1/mol		$N_A = N / n$ (n = Stoffmenge) $N_A = 6{,}022\,141\,79 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$
Boltzmann-Konstante	k	J/K		$k = R / N_A = 1{,}380\,650\,4 \cdot 10^{-23}$ J / K (R = universelle Gaskonstante)
Celsiustemperatur	t, ϑ, Θ	°C		$t = T - T_0$ $T_0 = 273{,}15$ K
Chemisches Potenzial eines Stoffes B	μ_B	J/mol		
Diffusionskoeffizient	D	m^2/s		
Dissoziationsgrad, Dissotiationsanteil → Formelzeichen, Regelung	α	1		$\alpha = N_{diss} / N_{ges}$ (Anzahl der dissoziierten Moleküle zur Gesamtzahl der Moleküle)

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie (Fortsetzung)				
Enthalpie	H	J	Joule	
Entropie	S	J/K		
Faraday-Konstante	F	C/mol		$F = N_A \cdot e$ (e = Elementarladung) F = 96 485,3399 C/mol
Spezifische Gaskonstante	R_s	J/(kg · K)		$R_s = R/M$ (R = universelle Gaskonstante)
Innere Energie	U	J	Joule	
Isentropenexponent	$\varkappa$	1		Für ideale Gase: $\varkappa = c_p / c_V$
Ladungszahl eines Ions, Wertigkeit eines Stoffes B	z_B	1		
Molalität einer Komponente B	b_B, m_B	mol/kg		
Relative Atommasse eines Nuklids oder eines Elements	A_r	1		Zahlenwert gleich dem Zahlenwert für die Atommasse in der atomaren Masseneinheit u und gleich dem Zahlenwert der stoffmengenbezogenen Masse M in g/mol
Relative Molekülmasse eines Stoffes	M_r	1		Zahlenwert gleich dem Zahlenwert für die Atommasse in der atomaren Masseneinheit u und gleich dem Zahlenwert der stoffmengenbezogenen Masse M in g/mol
Spezifische Enthalpie, massenbezogene Enthalpie	h	J/kg		→ Kältetechnik, Formelzeichen
Spezifische Entropie, massenbezogene Entropie	s	J/(kg · K)		
Spezifische innere Energie, massenbezogene innere Energie	u	J/kg		
Spezifischer Brennwert, massenbezogener Brennwert	H_o, $H_{o,n}$ s. Anmerkung	J/kg		Früher: oberer Heizwert $H_{o,n}$ u. $H_{u,n}$ sind volumenbezogen
Spezifischer Heizwert, massenbezogener Heizwert	H_u, $H_{u,n}$ s. Anmerkung	J/kg		Früher: unterer Heizwert
Spezifische Wärmekapazität, massenbezogene Wärmekapazität	c	J/(kg · K)		**Anmerkung:** DIN 1304-1 ist noch gültig, jedoch in der neuesten Normung wird mit den **Indizes s und i** gearbeitet. Somit: **H_o entspricht H_s** **H_u entspricht H_i** Die Werte in dieser Tabelle sind in **kJ/kg** und in **kJ/m³** angegeben. Es kann eine Umrechnung in die Einheiten **Wh/kg und Wh/m³** erfolgen. Dabei sind die Tabellenwerte lediglich durch **3,6** zu teilen.
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	c_p	J/(kg · K)		
Spezifische Wärmekapazität bei konstantem Volumen	c_V	J/(kg · K)		
Spezifischer Wärmewiderstand	ϱ_{th}	K · m/W		
Stöchiometrische Zahl eines Stoffes B in einer chemischen Reaktion	ν_B	1		
Stoffmenge	n, ν	mol		$n_B = m_B / M_B$ (m_B = Masse des Stoffes B, M_B = stoffmengenbezogene Masse des Stoffes B)

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Größen der Thermodynamik, Wärmeübertragung und physikalischen Chemie (Fortsetzung)				
Stoffmengenbezogene (molare) Masse eines Stoffes B	M_B	kg/mol		$M_B = m_B / n_B$ (m_B = Masse des Stoffes B, n_B = Stoffmenge des Stoffes B)
Stoffmengenkonzentration eines Stoffes B	c_B	mol/m^3		$c_B = n_B / V$ (V = Volumen der Mischphase)
Stoffmengenstrom	$\dot{n}$	mol/s		
Temperatur, thermodynamische Temperatur	T, ϑ	K	Kelvin	
Temperaturdifferenz	ΔT, Δt, $\Delta\vartheta$	K	Kelvin	in der Praxis auch °C
Temperaturleitfähigkeit	a	m^2/s		
(Thermischer) Linearer Längenausdehnungskoeffizient	α_l, α	1/K		$\alpha_l = \Delta l / (l \cdot \Delta T)$
Thermischer Leitwert	G_{th}	W/K		$G_{th} = 1 / R_{th}$
(Thermischer) Spannungskoeffizient	α_p	1/K		$\alpha_p = \Delta p / (p \cdot \Delta T)$
(Thermischer) Volumenausdehnungskoeffizient	α_V, γ	1/K		$\alpha_V = \Delta V / (V \cdot \Delta T)$
Thermischer Widerstand, Wärmewiderstand	R_{th}	K/W		$R_{th} = \Delta T / \dot{Q}$ ($\dot{Q}$ = Wärmestrom)
(Universelle) Gaskonstante	R	J/(mol · K)		R = 8,314 472 J/(mol · K)
Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten	γ, $\varkappa$	1		$\gamma = c_p / c_V$ in der Praxis meist $\varkappa$
Wärme, Wärmemenge	Q	J	Joule	
Wärmedichte, volumenbezogene Wärme	w_{th}	J/m^3		
Wärmedurchgangskoeffizient	k, K	W/(m^2 · K)		nach DIN EN ISO 6946:2018-03 auch U-Wert (nach DIN EN ISO 80000-5 U nicht mehr empfohlen) $U = k$
Wärmedurchlasswiderstand	R	m^2 · K/W		
Wärmestrom	$\dot{Q}$	W	Watt	(z. T. noch Φ gebräuchlich)
Wärmeübergangszahl	α, h	W/(m^2 · K)		
Elektrische und magnetische Größen				
Elektrische Durchflutung	Θ	A	Ampere	
Elektrische Feldkonstante	ε_0	F/m		ε_0 = 8,854 187 817 pF/m
Elektrische Feldstärke	E	V/m		
Elektrische Flussdichte	D	C/m^2		
Elektrische Kapazität	C	F	Faraday	$C = Q / U$
Elektrische Ladung	Q	C	Coulomb	
Elektrische Leitfähigkeit, Konduktivität	γ, σ, $\varkappa$	S/m		$\gamma = 1/\varrho$ (ϱ = spezifischer elektrischer Widerstand)
Elektrische Spannung, elektrische Potenzialdifferenz	U	V	Volt	
Elektrische Stromdichte	J	A/m^2		heute meist A für Oberflächen S für Querschnittsflächen
Elektrische Stromstärke	I	A	Ampere	
Elektrischer Fluss	Ψ, Ψ_e	C	Coulomb	

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Elektrische und magnetische Größen (Fortsetzung)				
Elektrischer Leitwert	G	S	Siemens	
Elektrischer Widerstand, Wirkwiderstand, Resistanz	R	Ω	Ohm	
Elektrisches Dipolmoment	p, p_e	C · m		
Elektrisches Potenzial	φ, φ_e	V	Volt	
Elementarladung	e	C	Coulomb	Ladung eines Protons, $e = 1{,}602\,176\,487 \cdot 10^{-19}$ C
Energie, Arbeit	W	J	Joule	1 J = 1 Nm = 1 Ws
Flächenladungsdichte, Ladungsbedeckung	σ	C/m^2		
Induktivität, Selbstinduktivität	L	H	Henry	
Magnetische Feldkonstante	μ_0	H/m		$\mu_0 = 1{,}256\,637\,061\,4\ldots$ μH/m
Magnetische Feldstärke	H	A/m		
Magnetische Flussdichte	B	T	Tesla	$B = \varphi / S$
Magnetische Spannung	U_m	A		
Magnetischer Fluss	Φ	Wb	Weber	
Permeabilität	μ	H/m		
Permeabilitätszahl, relative Permeabilität	μ_r	1		$\mu_r = \mu / \mu_0$
Permittivität	ε	F/m		$\varepsilon = D / E$
Permittivitätszahl, relative Permittivität	ε_r	1		$\varepsilon_r = \varepsilon / \varepsilon_0$
Raumladungsdichte, Ladungsdichte, volumenbezogene Ladung	ϱ, ϱ_e, η	C/m^3		
Spezifischer elektrischer Widerstand, Resistivität	ϱ	Ω · m		1 Ω · m = 100 Ω · cm 1 Ω · m = 10^6 Ω · mm^2/ m
Windungszahl	N	1		
Wirkleistung	P, P_p	W	Watt	
Größen elektromagnetischer Strahlungen				
Absorptionsgrad	α, a	1		
Beleuchtungsstärke	E_v	lx	Lux	
Brechwert von Linsen	D	1/m		$D = n / f$
Brechzahl	n	1		$n = c_0 / c$
Brennweite	f	m		
Emissionsgrad	ε	1		
Leuchtdichte	L_v	cd/m^2		
Lichtgeschwindigkeit im leeren Raum	c_0	m/s		$c_0 = 2{,}997\,924\,58 \cdot 10^8$ m/s
Lichtmenge	Q_v	lm · s		
Lichtstärke	I_v	cd	Candela	

Formelzeichen und Einheiten (Fortsetzung)

Name/Bedeutung	Formelzeichen	SI-Einheit Zeichen	SI-Einheit Name	Bemerkung/wichtige Beziehungen
Größen elektromagnetischer Strahlungen (Fortsetzung)				
Lichtstrom	Φ_v	lm	Lumen	
Reflexionsgrad	ϱ	1		
Stefan-Boltzmann-Konstante	σ	$W/(m^2 \cdot K^4)$		$\sigma = 5{,}670\,400 \cdot 10^{-8}\ W/(m^2 \cdot K^4)$
Strahlungsenergie, Strahlungsmenge	Q_e, W	J	Joule	
Strahlungsenergiedichte, volumenbezogene Strahlungsenergie	w, u	J/m^3		
Strahlungsleistung, Strahlungsfluss	Φ_e, P	W	Watt	
Transmissionsgrad	τ	1		
Größen der Atom- und Kernphysik				
Äquivalentdosis	H	Sv	Sievert	
Aktivität einer radioaktiven Substanz	A	Bq	Bequerel	
Atommasse	m_a	kg		
Bohr-Radius	a_0	m		$a_0 = 0{,}529\,177\,208\,59 \cdot 10^{-10}$ m
Energiedosis	D	Gy	Gray	
Gyromagnetischer Koeffizient	γ	$A \cdot m^2/(J \cdot s)$		
Halbwertszeit	$T_{1/2}$	s		$T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$
Ionendosis	J	C/kg		
Kerma	K	Gy	Gray	
Magnetisches (Flächen-) Moment eines Teilchens	μ	$A \cdot m^2$		
Mittlere Lebensdauer	τ	s		
Neutronenzahl	N	1		
Nukleonenzahl, Massenzahl	A	1		$A = Z + N$
Planck-Konstante, Planck'sches Wirkungsquantum	h	J · s		$h = 6{,}626\,068\,96 \cdot 10^{-34}$ J · s
Protonenzahl	Z	1		
Reaktionsenergie	Q	J	Joule	
Ruhemasse des Elektrons	m_e	kg		$m_e = 9{,}109\,382\,15 \cdot 10^{-31}$ kg
Rydberg-Konstante	R_∞	1/m		$R = 10\,973\,731{,}568\,527\ m^{-1}$
Sommerfeld-Feinstruktur-Konstante	α	1		$\alpha = 7{,}297\,352\,5376 \cdot 10^{-3}$
Teilchenstrom	I	1/s		
Zerfallskonstante	λ	1/s		$\lambda = 1 / \tau$
Größen der Akustik				
Schalldruck	p	Pa, N/m^2	Pascal	
Schallgeschwindigkeit	c, c_0	m/s		
Schallintensität	I, J	W/m^2		
Schallleistung	P, P_a	W	Watt	

Grundrechenarten

Addition (Zusammenzählen)

Natürliche Zahlen

15 + 26 = **41**

Summand plus Summand gleich Summe

Mögliche Rechenschritte:

15 + 26 = 15 + (5 + 21) = (15 + 5) + 21 = 20 + 21
= 20 + (20 + 1) = (20 + 20) + 1 = 40 + 1 = **41**

Beachte:

8 + (–6) = 8 – 6 = **2** (vgl. *Klammerregeln*)

Gemeine Brüche

Bei gleichnamigen Brüchen die Zähler unter Beibehaltung des Nenners addieren und dann, wenn möglich, kürzen:

$$\frac{2}{4}+\frac{6}{4}=\frac{2+6}{4}=\frac{8}{4}=\mathbf{2}$$

Ungleichnamige Brüche zunächst durch Hauptnennerbildung (vgl. *Bruchrechnen*) und Zählererweiterung gleichnamig machen:

$$\frac{1}{2}+\frac{2}{3}=\frac{1\cdot 3}{2\cdot 3}+\frac{2\cdot 2}{3\cdot 2}=\frac{3}{6}+\frac{4}{6}=\frac{\mathbf{7}}{\mathbf{6}}=\mathbf{1}\,\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{6}}$$

Gemischte Zahlen zunächst in unechte Brüche verwandeln (vgl. *Bruchrechnen*)

Allgemeine Zahlen

$a + a = 2a$

$a + b = c$

$a + b = b + a$ (Kommutativgesetz)

$a + (b + c) = (a + b) + c = a + b + c$
(Assoziativgesetz)

Größen

Nur gleichartige Größen lassen sich addieren. Eventuell müssen Einheiten umgerechnet werden!

5 kg + 7 kg = **12 kg**

8,0 kg + 500 g = 8,0 kg + 0,5 kg = **8,5 kg**

6,00 m + 40 cm = 600 cm + 40 cm = **640 cm**

Subtraktion (Abziehen)

Natürliche Zahlen

14 – 8 = **6**

Minuend minus Subtrahend gleich Differenz

16 – (8 – 3) = 16 – 8 + 3 = **11**

16 – (8 + 3) = 16 – 8 – 3 = **5**

Klammerregeln beachten (vgl. *Klammerrechnung*)

Gemeine Brüche

Bei gleichnamigen Brüchen die Zähler unter Beibehaltung des Nenners voneinander subtrahieren und dann, wenn möglich, kürzen:

$$\frac{3}{2}-\frac{1}{2}=\frac{3-1}{2}=\frac{2}{2}=\mathbf{1}$$

Ungleichnamige Brüche zunächst durch Hauptnennerbildung (vgl. *Bruchrechnen*) und Zählererweiterung gleichnamig machen:

$$\frac{7}{8}-\frac{2}{3}=\frac{7\cdot 3}{3\cdot 8}-\frac{2\cdot 8}{3\cdot 8}=\frac{21}{24}-\frac{16}{24}=\frac{21-16}{24}=\frac{\mathbf{5}}{\mathbf{24}}$$

Gemischte Zahlen zunächst in unechte Brüche verwandeln (vgl. *Bruchrechnen*)

Allgemeine Zahlen

$3a – 2a = 1a = a$

$a – b = c$ (c = Differenz aus a und b)

$ab – (c – d) = ab – c + d$

$ab – (c + d) = ab – c – d$

Klammerregeln beachten (vgl. *Klammerrechnung*)

Größen

Nur gleichartige Größen lassen sich voneinander subtrahieren. Eventuell müssen Einheiten umgerechnet werden.

16 m^3 – 4 m^3 = **12 m^3**

5,0 m^3 – 100 dm^3 = 5,0 m^3 – 0,1 m^3 = **4,9 m^3**

2,000 L – 58 mL = 2000 mL – 58 mL = **1942 mL**

Grundrechenarten (Fortsetzung)

Multiplikation (Vervielfachen)

Natürliche Zahlen

6 · 4 = **24**

Faktor mal Faktor gleich Produkt oder
Multiplikand mal Multiplikator gleich Produkt

Das Produkt 6 · 4 ist die Kurzschreibweise für die Summe 6 + 6 + 6 + 6 bzw. 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4.

Beachte: Jede Zahl mit 0 multipliziert ergibt 0, z. B.

5 · 0 = **0**

Gemeine Brüche

Zwei Brüche werden miteinander multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert. Dabei kann vor dem Multiplizieren gekürzt werden.

$$\frac{5}{6} \cdot \frac{3}{4} = \frac{5 \cdot 3}{6 \cdot 4} = \frac{5 \cdot 1}{2 \cdot 4} = \mathbf{\frac{5}{8}}$$

$$3 \cdot \frac{5}{10} = \frac{3 \cdot 5}{10} = \frac{3 \cdot 1}{2} = \mathbf{\frac{3}{2}} = \mathbf{1\,\frac{1}{2}}$$

Gemischte Zahlen werden zunächst in unechte Brüche verwandelt (vgl. *Bruchrechnen*)

Allgemeine Zahlen

$a \cdot b = ab$ bzw. $a \cdot b = c$ (c = Produkt aus a und b)

$a \cdot 0 = 0$

$a \cdot b = b \cdot a$ (Assoziativgesetz)

$a \cdot (b + c) = ab + ac$ (Distributivgesetz)

Vorzeichenregeln:

$(+a) \cdot (+b) = ab$ $\quad (+a) \cdot (-b) = -ab$

$(-a) \cdot (-b) = ab$ $\quad (-a) \cdot (+b) = -ab$

Klammerregeln beachten (vgl. *Klammerrechnung*)

Größen

Zwei Größen werden miteinander multipliziert, indem man Zahlenwerte (Maßzahlen) und Einheiten miteinander multipliziert:

4 m · 6 m = 4 · 6 · m · m = **24 m²**

10 N · 2 m = **20 Nm**

Division (Teilen)

Natürliche Zahlen

10 : 5 = **2** oder

10 / 5 = **2**

Dividend durch Divisor gleich Quotient

oder

$\frac{10}{2} = \mathbf{5}$ (10 = Zähler, 2 = Nenner, 5 = Quotient)

Beachte: Eine Division durch 0 gibt es nicht!

Gemeine Brüche

Man dividiert durch einen Bruch, indem man mit dem Kehrbruch (Kehrwert) multipliziert:

$$\frac{3}{8} : \frac{4}{5} = \frac{3}{8} \cdot \frac{5}{4} = \frac{3 \cdot 5}{8 \cdot 4} = \mathbf{\frac{15}{32}} \quad \text{bzw.} \quad \frac{\frac{3}{8}}{\frac{4}{5}} = \frac{3 \cdot 5}{8 \cdot 4} = \mathbf{\frac{15}{32}}$$

$$3 : \frac{2}{5} = 3 \cdot \frac{5}{2} = \frac{3 \cdot 5}{2} = \mathbf{\frac{15}{2}} = \mathbf{7\,\frac{1}{2}}$$

Bei der Division durch eine gemischte Zahl wird diese zunächst in einen unechten Bruch verwandelt.

Allgemeine Zahlen

$\frac{a}{b} = a : b = c$ (c = Quotient aus a und b, $b \neq 0$)

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{ad}{bc}$$

$$a : (b : c) = a : \frac{b}{c} = \frac{a}{\frac{b}{c}} = a \cdot \frac{c}{b} = \frac{ac}{b}$$

Vorzeichenregeln:

$$\frac{(+a)}{(+b)} = \frac{a}{b} \qquad \frac{(-a)}{(+b)} = -\frac{a}{b}$$

$$\frac{(-a)}{(-b)} = \frac{a}{b} \qquad \frac{(+a)}{(-b)} = -\frac{a}{b}$$

Größen

Zwei Größen werden durcheinander dividiert, indem man Zahlenwerte (Maßzahlen) und Einheiten durcheinander dividiert:

$$\frac{6\ \text{m}^3}{2\ \text{m}^2} = \frac{6}{2} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} = 3\,\frac{\text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}}{\text{m} \cdot \text{m}} = \mathbf{3\ m}$$

$$\frac{20\ \text{N}}{4\ \text{m}^2} = \frac{20}{4} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \mathbf{5\,\frac{N}{m^2}}$$

Klammerrechnung (Rechnen mit Summen)

Steht ein „+"-Zeichen vor der Klammer, so kann diese entfallen, ohne dass sich der Wert der Summe ändert:

$5 + (6 - 3) = 5 + 6 - 3 = \mathbf{8}$ $\qquad a + (2b - 3c) = a + 2b - 3c$

Steht ein „–"-Zeichen vor der Klammer, so müssen bei deren Weglassen alle innerhalb der Klammer vorhandenen Vorzeichen umgekehrt werden:

$12 - (2 + 8 - 6) = 12 - 2 - 8 + 6 = \mathbf{8}$ $\qquad -(3a + 2b - c) = -3a - 2b + c$

Klammerausdrücke (bzw. Summen) werden miteinander multipliziert, indem jedes Glied der einen Klammer mit jedem Glied der anderen Klammer multipliziert wird:

$(a + b)c = ac + bc$

$d\,(ab - c) = abd - cd$

$(a + b)\,(c + d) = ac + ad + bc + bd$

$(a + b)\,(c - d) = ac - ad + bc - bd$

Binomische Formeln:

$(a + b)^2 = (a + b)\,(a + b) = a^2 + 2ab + b^2$

$(a - b)^2 = (a - b)\,(a - b) = a^2 - 2ab + b^2$

$(a + b)\,(a - b) = a^2 - b^2$

Beispiele praktischer Formeln:

$L = L_0\,(1 + \alpha\,\Delta T) = L_0 + L_0\,\alpha\,\Delta T$ $\qquad p = x_1 p_1 + (1 - x_1)p_2 = x_1 p_1 + p_2 - x_1 p_2$

$Q = kA\,(T_1 - T_2) = kAT_1 - kAT_2$ $\qquad L = \frac{1}{2}\,(n + 2)\,(n + 1) = (\frac{n}{2} + 1)\,(n + 1) = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} + n + 1 = \frac{n^2}{2} + \frac{3n}{2} + 1$

Klammerausdrücke (bzw. Summen) werden durch einen Divisor (Nenner) dividiert, indem jedes Glied der Klammer (bzw. jeder Summand des Zählers) durch den Divisor (Nenner) dividiert wird:

a) Division durch ein Produkt: $\frac{a + b}{ab} = \frac{a}{ab} + \frac{b}{ab} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a}$

b) Division durch eine Summe: $(a + b - c) : (a - d) = \frac{a + b - c}{a - d} = \frac{a}{a - d} + \frac{b}{a - d} - \frac{c}{a - d}$

Beispiele praktischer Formeln:

$\eta_v = \frac{\dot{V}_{th} - \dot{V}_v}{\dot{V}_{th}} = 1 - \frac{\dot{V}_v}{\dot{V}_{th}}$ $\qquad m_1 = m_0\,\frac{h_2 - h_0}{h_2 - h_1} = \frac{m_0\,(h_2 - h_0)}{h_2 - h_1} = \frac{m_0 h_2 - m_0 h_0}{h_2 - h_1} = \frac{m_0 h_2}{h_2 - h_1} - \frac{m_0 h_0}{h_2 - h_1}$

Gemeinsame oder beliebige Faktoren, die in jedem Summanden (bzw. Glied) der Klammer vorkommen, können vor die Klammer gezogen (ausgeklammert) werden:

$(ab + ac) = a\,(b + c)$ $\qquad (-25 - 5p) = -5\,(5 + p)$ $\qquad (2x + y) - 10b = 10b\left(\frac{2x + y}{10b} - 1\right)$

Ausdrücke (Summen) mit mehreren Klammern werden umgewandelt, indem man die Klammern von innen her auflöst:

$a - \{b + [3c - (2d + b)]\} = a - \{b + [3c - 2d - b]\} = a - \{b + 3c - 2d - b\} = a - b - 3c + 2d + b = a - 3c + 2d$

Beispiel einer praktischen Formel:

$h = c_L\,(T - T_0) + Y\,[h_V + c_D\,(T - T_0)] = c_L T - c_L T_0 + Y\,[h_V + c_D T - c_D T_0] = c_L T - c_L T_0 + Y h_V + Y c_D T - Y c_D T_0$

Bruchrechnung

Erweitern und Kürzen

Zähler und Nenner des Bruches werden mit der gleichen Zahl multipliziert oder durch die gleiche Zahl dividiert:

$$\frac{3}{4} = \frac{3 \cdot 5}{4 \cdot 5} = \frac{\mathbf{15}}{\mathbf{20}}$$ (Erweitert mit der Zahl 5)

$$\frac{16}{12} = \frac{16:4}{12:4} = \frac{\mathbf{4}}{\mathbf{3}}$$ (Gekürzt mit der Zahl 4)

Gekürzt werden darf nur aus Produkten, nie aus Summen:

$$\frac{ab-a}{2ab} = \frac{a(b-1)}{2ab} = \frac{b-1}{2b}$$ (Gekürzt mit a. Aus der Summe kann b nicht gekürzt werden.)

Umwandeln gemischter Zahlen in unechte Brüche

Zum Produkt aus Nenner und ganzer Zahl wird der Zähler addiert. Dies ergibt den Zähler des unechten Bruches:

$$6\frac{2}{3} = \frac{6 \cdot 3 + 2}{3} = \frac{\mathbf{20}}{\mathbf{3}}$$

Umwandeln unechter Brüche in gemischte Zahlen

Der Zähler des unechten Bruches wird in eine Summe zerlegt, die den größten Summanden enthält, der noch ohne Rest durch den Nenner teilbar ist. Dann – nach dem Auftrennen in zwei Teilbrüche – kürzen:

$$\frac{18}{5} = \frac{15+3}{5} = \frac{15}{5} + \frac{3}{5} = 3 + \frac{3}{5} = \mathbf{3\,\frac{3}{5}}$$

Hauptnennerbildung

1. Produktbildung aus den beteiligten Nennern:

$$\frac{3}{8} + \frac{2}{3} = \frac{3 \cdot 3}{8 \cdot 3} + \frac{2 \cdot 8}{3 \cdot 8} = \frac{9}{24} + \frac{16}{24} = \frac{9+16}{24} = \frac{\mathbf{25}}{\mathbf{24}}$$

Der Zähler wird mit dem gleichen Faktor erweitert, der beim Nenner erforderlich ist, um den Hauptnenner zu erhalten.

$$\frac{a}{a+b} + \frac{c}{d} = \frac{a \cdot d}{(a+b) \cdot d} + \frac{c \cdot (a+b)}{d \cdot (a+b)}$$

$$= \frac{ad + c(a+b)}{d(a+b)}$$

2. Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen (kgV) der beteiligten Nenner:
   a) Zerlegung aller Nenner in ihre kleinsten Faktoren,
   b) Anordnung der Faktoren entsprechend dem unten gezeigten Schema,
   c) Produktbildung aus allen vorkommenden Faktoren (diese jeweils in der Anzahl ihrer größten Häufigkeit in einer Zeile).

Beispiel:

$$\frac{1}{14} + \frac{1}{3} + \frac{2}{10} + \frac{8}{60} + \frac{5}{72}$$

$$= \frac{1 \cdot 180 + 1 \cdot 840 + 2 \cdot 252 + 8 \cdot 42 + 5 \cdot 35}{2520} = \mathbf{0{,}808}$$

Nenner	kleinste Faktoren	Erweiterungsfaktor für den Zähler
14	2 · 7	2 · 2 · 3 · 3 · 5 = 180
3	3	2 · 2 · 2 · 3 · 5 · 7 = 840
10	2 · 5	2 · 2 · 3 · 3 · 7 = 252
60	2 · 2 · 3 · 5	2 · 3 · 7 = 42
72	2 · 2 · 2 · 3 · 3	5 · 7 = 35
k. g. V.	2 · 2 · 2 · 3 · 3 · 5 · 7 = **2520** = Hauptnenner	

Prozentrechnung

Formeln	Beispiele
$p\,\%$ von $G = \frac{p}{100} \cdot G = P$	20 % von 1200 kg $= \frac{20}{100} \cdot 1200\text{ kg} = 240\text{ kg}$
p Prozentsatz G Grundwert P Prozentwert	Prozentsatz Grundwert Prozentwert
$P = \frac{p \cdot G}{100\,\%}$	20 % von 1200 kg sind 240 kg $\quad \frac{20\,\% \cdot 1200\text{ kg}}{100\,\%} = \mathbf{240\text{ kg}}$
$p = \frac{100\,\% \cdot P}{G}$	240 kg von 1200 kg entsprechen einem Anteil von 20 % $\quad \frac{100\,\% \cdot 240\text{ kg}}{1200\text{ kg}} = \mathbf{20\,\%}$
$G = \frac{100\,\% \cdot P}{p}$	Wenn 240 kg einem Anteil von 20 % entsprechen, beträgt der Grundwert 1200 kg $\quad \frac{100\,\% \cdot 240\text{ kg}}{20\,\%} = \mathbf{1200\text{ kg}}$

Potenzrechnung

Zehnerpotenzen

Zahlen über 1	Zahlen unter 1
Zahlen über 1 können als Vielfache von Zehnerpotenzen dargestellt werden, mit einem positiven Exponenten, dessen Wert um 1 niedriger liegt, als die Zahl Stellen vor dem Komma besitzt: $1253{,}65 = 1{,}25365 \cdot 1000 = \mathbf{1{,}25365 \cdot 10^3}$	Zahlen unter 1 können als Vielfache von Zehnerpotenzen dargestellt werden, mit einem negativen Exponenten, dessen Wert der Anzahl der Stellen entspricht, um die das Komma der Ausgangszahl nach rechts gerückt wurde: $0{,}0025 = \frac{25}{10\,000} = \frac{2{,}5}{1\,000} = \frac{2{,}5}{10^3} = \mathbf{2{,}5 \cdot 10^{-3}}$
$10^1 = 10$ $10^2 = 100$ $10^3 = 1\,000$ $10^4 = 10\,000$ $10^5 = 100\,000$ $10^6 = 1\,000\,000$	$10^0 = 1$ $10^{-1} = \frac{1}{10} = 0{,}1$ $10^{-2} = \frac{1}{100} = 0{,}01$ $10^{-3} = \frac{1}{1\,000} = 0{,}001$ $10^{-4} = \frac{1}{10\,000} = 0{,}000\,1$ $10^{-5} = \frac{1}{100\,000} = 0{,}000\,01$ $10^{-6} = \frac{1}{1\,000\,000} = 0{,}000\,001$

Beispiele aus der Praxis:

Längenausdehnungszahl von Stahl: $\alpha = 1{,}2 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{K^{-1}} = 0{,}000\,012\ \frac{1}{\mathrm{K}}$

Avogadro-Konstante: $N_A = 602\,213\,670\,000\,000\,000\,000\,000 \approx 6{,}022 \cdot 10^{23}$

Potenzrechnung allgemein

Regeln	Beispiele
$a^m = a \cdot a \cdot a \cdot \ldots$ (m Faktoren) a = Basis (Grundzahl); m = Exponent (Hochzahl); a^m = Potenz	$5^4 = 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 = \mathbf{625}$ 5 = Basis; 4 = Exponent; 5^4 = Potenz (vierte Potenz von 5)
$a^1 = a$; $a^0 = 1$ (für $a \neq 0$)	$12^1 = \mathbf{12}$; $12^0 = \mathbf{1}$
$a^{-m} = \frac{1}{a^m}$; $\frac{1}{a^{-m}} = a^m$ (für $a \neq 0$)	$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{1000} = \mathbf{0{,}001}$; $\frac{1}{10^{-2}} = 10^2 = \mathbf{100}$ $5\ \mathrm{Wm^{-2}\ K^{-1}} = 5\ \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2 K}}$
$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = \mathbf{243}$
$a^m : a^n = \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$4^3 : 4^2 = \frac{4^3}{4^2} = 4^{3-2} = 4^1 = \mathbf{4}$
$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m$	$\frac{4^2}{2^2} = \left(\frac{4}{2}\right)^2 = 2^2 = \mathbf{4}$; $E = \varepsilon \cdot C \cdot \left(\frac{T_1}{100}\right)^4 = \varepsilon \cdot C \cdot \frac{T_1^4}{100^4}$
$(a^m)^n = a^{m \cdot n} = (a^n)^m$	$(6^2)^3 = 6^{2 \cdot 3} = 6^6 = \mathbf{46\,656}$
$(ab)^m = a^m b^m$	$(3 \cdot 5)^2 = 3^2 \cdot 5^2 = 9 \cdot 25 = \mathbf{225}$ $(5\ \mathrm{m})^2 = 5^2\ \mathrm{m}^2 = \mathbf{25\ m^2}$
$(-a)^m$ = positiv für gerade m, negativ für ungerade m	$(-2)^4 = (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) \cdot (-2) = \mathbf{16}$ $(-3)^3 = (-3) \cdot (-3) \cdot (-3) = \mathbf{-27}$

Radizieren (Wurzelrechnung)

Regeln	Beispiele
$b = \sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}} \quad (a \geq 0)$ b = Wurzel a = Radikand n = Wurzelexponent	$5 = \sqrt[3]{125} = 125^{\frac{1}{3}}$
$b = \sqrt[n]{a} \Rightarrow b^n = a$	$2 = \sqrt[3]{8} \Rightarrow 2^3 = 8$
$\sqrt[2]{a} = \sqrt{a}$	$\sqrt[2]{25} = \sqrt{25} = \mathbf{5}$
$\sqrt[n]{a^n} = (\sqrt[n]{a})^n = a^{\frac{1}{n} \cdot n} = a^1 = a$	$\sqrt{10^2} = (\sqrt{10})^2 = 10^{\frac{1}{2} \cdot 2} = 10^1 = \mathbf{10}$
$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$; $\quad \sqrt{a} \cdot \sqrt{a} = \sqrt{a^2} = a$	$\sqrt[3]{27 \cdot m^3} = \sqrt[3]{27} \cdot \sqrt[3]{m^3} = \mathbf{3\ m}$
$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$	$\sqrt{4\frac{m^2}{s^2}} = \frac{\sqrt{4\,m^2}}{\sqrt{s^2}} = \frac{\sqrt{4} \cdot \sqrt{m^2}}{\sqrt{s^2}} = \frac{2\ m}{s} = \mathbf{2\ \frac{m}{s}}$
$\sqrt[n]{a^m} = (\sqrt[n]{a})^m = \left(a^{\frac{1}{n}}\right)^m = a^{\frac{m}{n}}$	$\sqrt{10^{-4}} = 10^{-\frac{4}{2}} = \mathbf{10^{-2}}$
$\sqrt[nx]{a^{mx}} = a^{\frac{mx}{nx}} = a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m}$	$\sqrt[6]{10^{-9}} = \sqrt[2 \cdot 3]{10^{(-3) \cdot 3}} = 10^{\frac{(-3) \cdot 3}{2 \cdot 3}} = 10^{\frac{-3}{2}} = \sqrt{\mathbf{10^{-3}}}$

Beachte:
Aus einer Summe darf die Wurzel nicht gliedweise aus den einzelnen Summanden gezogen werden.

$\sqrt{a+b} \neq \sqrt{a} + \sqrt{b}$

Logarithmieren

Regeln	Beispiele
$b = \log_n a \Rightarrow 10^b = a$ $\quad b$ = Logarithmus, n = Basis, a = Numerus Der Logarithmus b ist der Exponent, mit dem man die Basis n potenzieren muss, damit man a erhält.	$0{,}30103 = \log_{10} 2$
$\log_n n = 1$	$\ln e = 1$; $\quad \lg 10 = 1$ $\quad e$ = Euler'sche Zahl
$\log_{10} a = \lg a$ (dekadischer Logarithmus) $\log_e a = \ln a$ (natürlicher Logarithmus) $\log_2 a = \mathrm{lb}\ a$ (binärer Logarithmus)	
$\log_n(ab) = \log_n a + \log_n b$	$\lg(4 \cdot 10^2) = \lg 4 + \lg 10^2 = 0{,}602 + 2 = \mathbf{2{,}602}$
$\log_n \frac{a}{b} = \log_n a - \log_n b$	$\lg \frac{3}{10} = \lg 3 - \lg 10 = 0{,}477 - 1{,}000 = \mathbf{-0{,}523}$
$\log_n a^m = m \cdot \log_n a$	$\lg 10^4 = 4 \cdot \lg 10 = 4 \cdot 1 = \mathbf{4}$
$\log_n \sqrt[m]{a} = \log_n a^{1/m} = \frac{1}{m} \cdot \log_n a$	$\lg \sqrt[3]{15} = \lg 15^{1/3} = \frac{1}{3} \cdot \lg 15 = \frac{1}{3} \cdot 1{,}18 = \mathbf{0{,}39}$