



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Roland Gomeringer
Max Heinzler
Roland Kilgus
Volker Menges

Stefan Oesterle
Claudius Scholer
Andreas Stephan
Falko Wieneke

Formeln für Metallberufe

12. Auflage, korrigierter Nachdruck 2017

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Druck 5 4 (keine Änderung seit der 2. Druckquote)

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

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

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: Grafische Produktionen Jürgen Neumann, 97222 Rimpar
Umschlagfoto: Sauter Feinmechanik GmbH, 72555 Metzingen
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Europa-Nr.: 10714

ISBN 978-3-8085-1626-3

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

Umrechnung von Einheiten

Diese Formelsammlung gibt zu allen Größen einer Formel immer das Formelzeichen und eine Einheit an. Setzt man bei Berechnungen die gegebenen Größen in den vorgeschlagenen Einheiten in die Formel ein, erhält man auch die gesuchte Größe in der angegebenen Einheit.

Beispiel:

Formel für die Leistung $P = F \cdot v$ (Seite 26) mit P Leistung W
 F Kraft N
 v Geschwindigkeit m/s

Berechnungsbeispiel: $F = 12 \text{ kN}$, $v = 300 \text{ m/min}$; $P = ? \text{ kW}$

Umrechnung der Einheiten: $F = 12 \text{ kN} = 12\,000 \text{ N}$
 $v = 300 \text{ m/min} = 300 \text{ m} / 60 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$

Lösung: $P = F \cdot v = 12\,000 \text{ N} \cdot 5 \text{ m/s} = 60\,000 \text{ W} = 60 \text{ kW}$

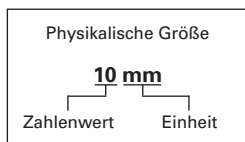
Größe		Einheit		Umrechnung in andere Einheiten
Beispiel	Formelzeichen	Name	Zeichen	
Länge				
	l	Meter	m	$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$ $1 \text{ mm} = 1000 \text{ }\mu\text{m}$ $1 \text{ }\mu\text{m} = \frac{1}{1000} \text{ mm}$; $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$
Fläche				
	A, S	Quadratmeter	m^2	$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10\,000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$ $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$ } nur für Grundstücksflächen
Volumen und Hohlmaße				
	V	Kubikmeter Liter	m^3 l, L	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$ $1 \text{ l} = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$ $1 \text{ dl} = 100 \text{ cm}^3$; $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$
Winkel (eben)				
	α, β, γ	Radian Grad Minute Sekunde	rad $^\circ$ ' "	$1 \text{ rad} = 1 \frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{180^\circ}{\pi} \approx 57,296^\circ$ $1^\circ = 60'$ $1' = \frac{1^\circ}{60} = 60'' = 0,0166^\circ$ $1'' = \frac{1^\circ}{3600} = \frac{1'}{60}$
Zeit				
	t	Sekunde Minute Stunde Tag	s min h d	$1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ h}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
Drehzahl, Drehfrequenz				
	n	1 pro Sekunde 1 pro Minute	1/s 1/min	$1/\text{s} = 60/\text{min} = 60 \text{ min}^{-1}$ $1/\text{min} = 1 \text{ min}^{-1} = \frac{1}{60 \text{ s}}$

Umrechnung von Einheiten

Größe		Einheit		Umrechnung in andere Einheiten
Beispiel	Formelzeichen	Name	Zeichen	
Geschwindigkeit				
	v	Meter pro Sekunde	m/s	$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3,6 \text{ km/h}$
		Meter pro Minute	m/min	$1 \text{ m/min} = \frac{1}{60} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,0167 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
		Kilometer pro Stunde	km/h	$1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,278 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Winkelgeschwindigkeit				
	ω	Radian pro Sekunde	rad/s	
		1 pro Sekunde	1/s	$1/\text{s} = 1 \text{ rad/s} \approx 57,296 \text{ }^\circ/\text{s}$
Masse				
	m	Kilogramm	kg	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
		Gramm	g	$1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$
		Tonne	t	$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
Dichte				
	ρ	Kilogramm pro Meter hoch drei	kg/m ³	$1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ mg/mm}^3$ bei Gasen: $1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/dm}^3$
Kraft, Gewichtskraft				
	F, F_G	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ $1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$ $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} = 10^3 \text{ N}$ $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1\,000\,000 \text{ N} = 10^6 \text{ N}$
Druck, mechanische Spannung				
	p σ, τ	Pascal	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,01 \text{ mbar}$
		Bar	bar	$1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$
		Newton pro Meter hoch zwei	N/m ²	$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ daN/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$
				$1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$
				$1 \text{ N/mm}^2 = 100 \text{ N/cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ MPa}$
				$1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar}$
Arbeit, Energie, Wärmemenge				
	W, E, Q	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3\,600\,000 \text{ W} \cdot \text{s}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
Leistung, Wärmestrom				
	P, Φ	Watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$ $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kJ/s} = 1 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{s}} (= 1,36 \text{ PS})$ $1 \text{ MW} = 1\,000\,000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$ $1 \text{ PS} = \frac{1}{1,36} \text{ kW} = 0,736 \text{ kW}$

Größen und Einheiten

Zahlenwerte und Einheiten



Physikalische Größen, z. B. 125 mm, bestehen aus einem

- **Zahlenwert** und aus einer
- **Einheit**, z. B. mm, kg

Sehr große oder sehr kleine Zahlenwerte lassen sich durch Vorsatzzeichen als dezimale Vielfache oder Teile vereinfacht darstellen, z. B. 0,004 mm = 4 μ m.

Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten

Vorsatz-Zeichen	Name	Zehnerpotenz	Mathematische Bezeichnung	Beispiele
T	Tera	10^{12}	Billion	12 000 000 000 000 N = $12 \cdot 10^{12}$ N = 12 TN (Tera-Newton)
G	Giga	10^9	Milliarde	45 000 000 000 W = $45 \cdot 10^9$ W = 45 GW (Giga-Watt)
M	Mega	10^6	Million	8 500 000 V = $8,5 \cdot 10^6$ V = 8,5 MV (Mega-Volt)
k	Kilo	10^3	Tausend	12 600 W = $12,6 \cdot 10^3$ W = 12,6 kW (Kilo-Watt)
h	Hekto	10^2	Hundert	500 l = $5 \cdot 10^2$ l = 5 hl (Hekto-Liter)
da	Deka	10^1	Zehn	32 N = $3,2 \cdot 10^1$ N = 3,2 daN (Deka-Newton)
–	–	10^0	Eins	1,5 m = $1,5 \cdot 10^0$ m
d	Dezi	10^{-1}	Zehntel	0,5 l = $5 \cdot 10^{-1}$ l = 5 dl (Dezi-Liter)
c	Zenti	10^{-2}	Hundertstel	0,25 m = $25 \cdot 10^{-2}$ m = 25 cm (Zenti-Meter)
m	Milli	10^{-3}	Tausendstel	0,375 A = $375 \cdot 10^{-3}$ A = 375 mA (Milli-Ampere)
μ	Mikro	10^{-6}	Millionstel	0,000 052 m = $52 \cdot 10^{-6}$ m = 52 μ m (Mikro-Meter)
n	Nano	10^{-9}	Milliardstel	0,000 000 075 m = $75 \cdot 10^{-9}$ m = 75 nm (Nano-Meter)
p	Piko	10^{-12}	Billionstel	0,000 000 000 006 F = $6 \cdot 10^{-12}$ F = 6 pF (Pico-Farad)

Umrechnung von Einheiten

Berechnungen mit physikalischen Größen sind nur dann möglich, wenn sich ihre Einheiten jeweils auf eine Basis beziehen. Bei der Lösung von Aufgaben müssen Einheiten häufig auf Basiseinheiten umgerechnet werden, z. B. mm in m, s in h, mm² in m². Dies geschieht durch Umrechnungsfaktoren, die den Wert 1 (kohärente Einheiten) darstellen.

Umrechnungsfaktoren für Einheiten (Auszug)

Größe	Umrechnungsfaktoren	Größe	Umrechnungsfaktoren
Längen	$1 = \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}}$	Zeit	$1 = \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$
Flächen	$1 = \frac{100 \text{ mm}^2}{1 \text{ cm}^2} = \frac{100 \text{ cm}^2}{1 \text{ dm}^2} =$	Winkel	$1 = \frac{60'}{1^\circ} = \frac{60''}{1'} = \frac{3600''}{1^\circ} = \frac{1^\circ}{60''}$
Volumen	$1 = \frac{1000 \text{ mm}^3}{1 \text{ cm}^3} = \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} =$	Zoll	1 inch = 25,4 mm; 1 mm = $\frac{1}{25,4}$ inch

1. Beispiel:

Das Volumen $V = 3416 \text{ mm}^3$ ist in cm^3 umzurechnen.

$$V = 3416 \text{ mm}^3 = \frac{1 \text{ cm}^3 \cdot 3416 \text{ mm}^3}{1000 \text{ mm}^3} = \frac{3416 \text{ cm}^3}{1000} = 3,416 \text{ cm}^3$$

2. Beispiel:

Die Winkelangabe $\alpha = 42^\circ 16'$ ist in Grad ($^\circ$) auszudrücken.

$$\alpha = 42^\circ + 16' \cdot \frac{1^\circ}{60'} = 42^\circ + \frac{16 \cdot 1^\circ}{60} = 42^\circ + 0,267^\circ = 42,267^\circ$$



Umstellen von Formeln

Umstellen von Formeln

Formeln und Zahlenwertgleichungen werden umgestellt, damit die gesuchte Größe allein auf der linken Seite der Gleichung steht. Dabei darf sich der Wert der linken und der rechten Formelseite nicht ändern.

Zur Rekonstruktion der einzelnen Schritte ist es sinnvoll, jeden Schritt rechts neben der Formel zu kennzeichnen:

$\cdot t$ → beide Formelseiten werden mit t multipliziert.

$: F$ → beide Formelseiten werden durch F dividiert.

Umstellung von Summen

Beispiel: Formel $L = l_1 + l_2$, Umstellung nach l_2

1	$L = l_1 + l_2$	$ -l_1$	l_1 subtrahieren	3	$L - l_1 = l_2$	Seiten vertauschen
2	$L - l_1 = l_1 + l_2 - l_1$		subtrahieren durchführen	4	$l_2 = L - l_1$	umgestellte Formel

Umstellung von Produkten

Beispiel: Formel $A = l \cdot b$, Umstellung nach l

1	$A = l \cdot b$	$: b$	dividieren durch b	3	$\frac{A}{b} = l$	Seiten vertauschen
2	$\frac{A}{b} = \frac{l \cdot b}{b}$		kürzen mit b	4	$l = \frac{A}{b}$	umgestellte Formel

Umstellung von Brüchen

Beispiel: Formel $n = \frac{l}{l_1 + s}$, Umstellung nach s

1	$n = \frac{l}{l_1 + s}$	$\cdot (l_1 + s)$	mit $(l_1 + s)$ multiplizieren	4	$n \cdot l_1 - n \cdot l_1 + n \cdot s = l - n \cdot l_1$	subtrahieren dividieren durch n
2	$n \cdot (l_1 + s) = \frac{l \cdot (l_1 + s)}{(l_1 + s)}$		rechte Formelseite kürzen Klammer auflösen	5	$\frac{s \cdot n}{n} = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	linke Formelseite kürzen mit n
3	$n \cdot l_1 + n \cdot s = l$	$ -n \cdot l_1$	$-n \cdot l_1$ subtrahieren	6	$s = \frac{l - n \cdot l_1}{n}$	umgestellte Formel

Umstellung von Wurzeln

Beispiel: Formel $c = \sqrt{a^2 + b^2}$, Umstellung nach a

1	$c = \sqrt{a^2 + b^2}$	$(\quad)^2$	Formel quadrieren	4	$a^2 = c^2 - b^2$	$\sqrt{\quad}$ Wurzelzeichen einfügen
2	$c^2 = a^2 + b^2$	$ -b^2$	b^2 subtrahieren	5	$\sqrt{a^2} = \sqrt{c^2 - b^2}$	linke Formelseite radizieren
3	$c^2 - b^2 = a^2 + b^2 - b^2$		subtrahieren, Seite tauschen	6	$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	umgestellte Formel