

# Inhaltsverzeichnis

## Technische Mathematik

Umrechnung von Einheiten . . . . .	2
Größen und Einheiten . . . . .	4
Umstellen von Formeln . . . . .	5
Winkelarten, Strahlensatz, Lehrsatz des Pythagoras . . . . .	6
Winkelfunktionen . . . . .	7
Werte der Winkelfunktionen . . . . .	8
Schlussrechnung, Prozentrechnung, Zinsrechnung . . . . .	9
Längen . . . . .	10
Flächen . . . . .	11
Volumen, Oberfläche . . . . .	14
Volumen, Masse . . . . .	16

## Technische Physik

Bewegungen, konstant, beschleunigt und verzögert. . . . .	17
Geschwindigkeit an Maschinen . . . . .	18
Kräfte . . . . .	19
Drehmoment und Hebel . . . . .	22
Arbeit, Energie . . . . .	24
Einfache Maschinen, Reibung . . . . .	25
Leistung, Wirkungsgrad . . . . .	26
Druckarten, Auftrieb, Druckübersetzung . . . . .	27
Festigkeitsberechnungen: Zug, Druck, Flächenpressung, Abscherung, Torsion, Biegung . . . . .	28
Zugversuch bei Metallen und Kunststoffen . . . . .	33
Berechnung von Schrauben . . . . .	34
Temperaturen, Auswirkungen . . . . .	35
Schwindung, Schmelz-, Verdampfungs- und Verbrennungswärme . . . . .	36
Ohmsches Gesetz, Widerstand . . . . .	37
Spannungsabfall in Leitern, Schaltung von Widerständen . . . . .	38
Elektrische Arbeit und Leistung, Transformator . . . . .	39

## Fertigungstechnik

Toleranzen und Passungen . . . . .	40
Zahnradmaße . . . . .	42
Übersetzungen . . . . .	43
Qualitätsmanagement . . . . .	44
Kräfte und Leistungen beim Zerspanen . . . . .	45
Drehzahldiagramm . . . . .	46
Hauptnutzungszeit, Bohren, Senken, Reiben, Gewindebohren . . . . .	47
Hauptnutzungszeit, Drehen . . . . .	48
Hauptnutzungszeit, Fräsen . . . . .	49
CNC-Koordinatenachsen, Bezugspunkte . . . . .	50
CNC-Werkzeug- und Bahnkorrektur . . . . .	51
CNC-Technik nach DIN . . . . .	52
CNC-Technik nach PAL . . . . .	53

## Automatisierungstechnik

Grafcet, Schrittkette und Funktionsplan . . . . .	54
Luftverbrauch pneumatischer Zylinder . . . . .	55
Kolbenkräfte, -geschwindigkeiten und Leistung von Pumpen und Zylindern . . . . .	56

## Sachwortverzeichnis

57



Dieses Zeichen verweist auf die Einsatzmöglichkeit der App „Formeln & Tabellen Metall“. Weitere Informationen unter [www.europa-lehrmittel.de/87831A](http://www.europa-lehrmittel.de/87831A).



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 8 (keine Änderung seit der 2. Druckquote)

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch 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  
[www.europa-lehrmittel.de](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:  $P = F \cdot v = 12\,000 \text{ N} \cdot 5 \text{ m/s} = 60\,000 \text{ W} = 60 \text{ kW}$

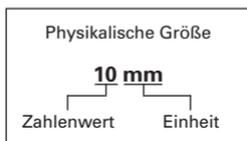
Größe		Einheit		Umrechnung in andere Einheiten
Beispiel	Formelzeichen	Name	Zeichen	
<b>Länge</b>				
	$l$	Meter	m	$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$ $1 \text{ mm} = 1000 \text{ }\mu\text{m}$ $1 \text{ }\mu\text{m} = \frac{1}{1000} \text{ mm}$ ; $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$
<b>Fläche</b>				
	$A, S$	Quadratmeter	$\text{m}^2$	$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10\,000 \text{ cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10\,000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$ $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$ } nur für Grundstücksflächen
<b>Volumen und Hohlmaße</b>				
	$V$	Kubikmeter Liter	$\text{m}^3$ l, L	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1\,000\,000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$ $1 \text{ l} = 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$ $1 \text{ dl} = 100 \text{ cm}^3$ ; $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$
<b>Winkel (eben)</b>				
	$\alpha, \beta, \gamma$	Radian Grad Minute Sekunde	rad $^\circ$ ' "	$1 \text{ rad} = 1 \frac{\text{m}}{\text{m}} = \frac{180^\circ}{\pi} \approx 57,296^\circ$ $1^\circ = 60'$ $1' = \frac{1^\circ}{60} = 60'' = 0,016\bar{6}^\circ$ $1'' = \frac{1^\circ}{3600} = \frac{1'}{60}$
<b>Zeit</b>				
	$t$	Sekunde Minute Stunde Tag	s min h d	$1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ h}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
<b>Drehzahl, Drehfrequenz</b>				
	$n$	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	
<b>Geschwindigkeit</b>				
	$v$	Meter pro Sekunde Meter pro Minute Kilometer pro Stunde	m/s m/min km/h	$1 \text{ m/s} = 60 \text{ m/min} = 3,6 \text{ km/h}$ $1 \text{ m/min} = \frac{1}{60} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,0167 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,278 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
<b>Winkelgeschwindigkeit</b>				
	$\omega$	Radian pro Sekunde 1 pro Sekunde	rad/s 1/s	$1/\text{s} = 1 \text{ rad/s} \approx 57,296 \text{ }^\circ/\text{s}$
<b>Masse</b>				
	$m$	Kilogramm Gramm Tonne	kg g t	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$ $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$ $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
<b>Dichte</b>				
	$\rho$	Kilogramm pro Meter hoch drei	kg/m <sup>3</sup>	$1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ mg/mm}^3$ bei Gasen: $1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/dm}^3$
<b>Kraft, Gewichtskraft</b>				
	$F, F_G$	Newton	N	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ $1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$ $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} = 10^3 \text{ N}$ $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1\,000\,000 \text{ N} = 10^6 \text{ N}$
<b>Druck, mechanische Spannung</b>				
	$p$ $\sigma, \tau$	Pascal Bar Newton pro Meter hoch zwei	Pa bar N/m <sup>2</sup>	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ daN/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$ $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 100 \text{ N/cm}^2 = 1\,000\,000 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar}$
<b>Arbeit, Energie, Wärmemenge</b>				
	$W, E, Q$	Joule	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3\,600\,000 \text{ W} \cdot \text{s}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
<b>Leistung, Wärmestrom</b>				
	$P, \Phi$	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  $\mu$ 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)
$\mu$	Mikro	$10^{-6}$	Millionstel	0,000 052 m = $52 \cdot 10^{-6}$ m = 52 $\mu$ 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, mm<sup>2</sup> in m<sup>2</sup>. 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  $\text{cm}^3$  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.

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