

# 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
Drehzahlendiagramm . . . . .	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

Grafcat . . . . .	54
Luftverbrauch pneumatischer Zylinder . . . . .	55
Kolbenkräfte, Geschwindigkeiten und Leistung der Hydraulik . . . . .	56

## Sachwortverzeichnis



**EUROPA-FACHBUCHREIHE**  
für Metallberufe

Roland Gomeringer  
Max Heinzler  
Roland Kilgus

Volker Menges  
Friedrich Näher  
Stefan Oesterle

Claudius Scholer  
Andreas Stephan  
Falko Wieneke

# **Formeln für Metallberufe**

11. Auflage

Bildbearbeitung:  
Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Druck 5 4 3 2 1

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.

© 2014 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  
Druck: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

**Europa-Nr.: 10714**

**ISBN 978-3-8085-1214-2**

**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:**

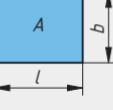
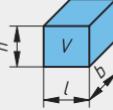
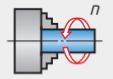
Formel für die Leistung $P = F \cdot v$ (Seite 24) mit	$P$ Leistung	$W$
	$F$ Kraft	$N$
	$v$ Geschwindigkeit	$m/s$

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

Umrechnung der Einheiten:  $F = 12 \text{ kN} = 12000 \text{ N}$

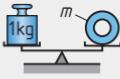
$v = 300 \text{ m/min} = 300 \text{ m} / 60 \text{ s} = 5 \text{ m/s}$

Lösung:  $P = F \cdot v = 12000 \text{ N} \cdot 5 \text{ m/s} = 60000 \text{ W} = 60 \text{ kW}$

Größe Beispiel	Einheit Formel- zeichen	Einheit Name Zeichen	Umrechnung in andere Einheiten
<b>Länge</b>			
	$l$	Meter	$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$ $1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m}$ $1 \mu\text{m} = \frac{1}{1000} \text{ mm}; 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$
<b>Fläche</b>			
	$A, S$	Quadratmeter	$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10000 \text{ cm}^2 = 1000000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ dm}^2 = 100 \text{ cm}^2 = 10000 \text{ mm}^2$ $1 \text{ cm}^2 = 100 \text{ mm}^2$ $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ } nur für Grundstücksflächen $1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$
<b>Volumen und Hohlmaße</b>			
	$V$	Kubikmeter Liter	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$ $1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$ $1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$ $1 \text{ dl} = 100 \text{ cm}^3; 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$
<b>Winkel (eben)</b>			
	$\alpha, \beta, \gamma$	Grad Minute Sekunde	$1^\circ = 60'$ $1' = \frac{1^\circ}{60} = 60'' = 0,0166\bar{6}^\circ$ Radian $\text{rad}$ $1'' = \frac{1^\circ}{3600} = \frac{1'}{60}$ $1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} \approx 57,296^\circ$
<b>Zeit</b>			
	$t$	Sekunde Minute Stunde Tag	$1 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ min}$ $1 \text{ min} = 60 \text{ s} = \frac{1}{60} \text{ h}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
<b>Drehzahl, Drehfrequenz</b>			
	$n$	1 pro Sekunde 1 pro Minute	$1/\text{s} = 60/\text{min} = 60 \text{ min}^{-1}$ $1/\text{min} = 1 \text{ min}^{-1} = \frac{1}{60} \text{ s}$



## Umrechnung von Einheiten

Größe Beispiel	Einheit Name	Zeichen	Umrechnung in andere Einheiten
<b>Geschwindigkeit</b>			
	$v$	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	$1 \text{ km/h} = \frac{1}{3,6} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,278 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
<b>Winkelgeschwindigkeit</b>			
	$\omega$	1 pro Sekunde	$\frac{1}{\text{s}} = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \approx \frac{57,296^\circ}{\text{s}}$
<b>Masse</b>			
	$m$	Kilogramm kg	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$
		Gramm g	$1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$
		Tonne t	$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ Mg}$
<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	$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ $1 \text{ daN} = 10 \text{ N}$ $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} = 10^3 \text{ N}$ $1 \text{ MN} = 10^3 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} = 10^6 \text{ N}$
<b>Druck, mechanische Spannung</b>			
	$p$	Pascal Bar Newton pro Meter hoch zwei N/m <sup>2</sup>	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 0,01 \text{ mbar}$ $1 \text{ bar} = 100000 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$ $1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 1 \text{ daN/cm}^2 = 0,1 \text{ N/mm}^2$ $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 100 \text{ N/cm}^2 = 1000000 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ MPa}$ $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ bar}$
<b>Arbeit, Energie, Wärmemenge</b>			
	$W, E, Q$	Joule	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600000 \text{ W} \cdot \text{s}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3600 \text{ kJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
<b>Leistung, Wärmestrom</b>			
	$P, \Phi$	Watt	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$ $1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kJ/s} = 1 \frac{\text{kJ} \cdot \text{m}}{\text{s}} (= 1,36 \text{ PS})$ $1 \text{ MW} = 1000000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$ $1 \text{ PS} = \frac{1}{1,36} \text{ kW} = 0,736 \text{ kW}$

## Größen und Einheiten

### Zahlenwerte und Einheiten

Physikalische Größe



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 über Vorsatzzeichen als dezimale Vielfache oder Teile vereinfachen darstellen, z. B. 0,004 mm = 4 µm.

### Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten

Vorsatz- Zeichen	Name	Zehner- potenz	Mathematische Bezeichnung	Beispiele
T	Tera	$10^{12}$	Billion	$12000000000000 \text{ N} = 12 \cdot 10^{12} \text{ N} = 12 \text{ TN}$ (Tera-Newton)
G	Giga	$10^9$	Milliarde	$45000000000 \text{ W} = 45 \cdot 10^9 \text{ W} = 45 \text{ GW}$ (Giga-Watt)
M	Mega	$10^6$	Million	$8500000 \text{ V} = 8,5 \cdot 10^6 \text{ V} = 8,5 \text{ MV}$ (Mega-Volt)
k	Kilo	$10^3$	Tausend	$12600 \text{ W} = 12,6 \cdot 10^3 \text{ W} = 12,6 \text{ kW}$ (Kilo-Watt)
h	Hekto	$10^2$	Hundert	$500 \text{ l} = 5 \cdot 10^2 \text{ l} = 5 \text{ hl}$ (Hekto-Liter)
da	Deka	$10^1$	Zehn	$32 \text{ N} = 3,2 \cdot 10^1 \text{ N} = 3,2 \text{ daN}$ (Deka-Newton)
–	–	$10^0$	Eins	$1,5 \text{ m} = 1,5 \cdot 10^0 \text{ m}$
d	Dezi	$10^{-1}$	Zehntel	$0,5 \text{ l} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ l} = 5 \text{ dl}$ (Dezi-Liter)
c	Zenti	$10^{-2}$	Hundertstel	$0,25 \text{ m} = 25 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 25 \text{ cm}$ (Zenti-Meter)
m	Milli	$10^{-3}$	Tausendstel	$0,375 \text{ A} = 375 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 375 \text{ mA}$ (Milli-Ampere)
µ	Mikro	$10^{-6}$	Millionstel	$0,000052 \text{ m} = 52 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 52 \mu\text{m}$ (Mikro-Meter)
n	Nano	$10^{-9}$	Milliardstel	$0,000000075 \text{ m} = 75 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 75 \text{ nm}$ (Nano-Meter)
p	Piko	$10^{-12}$	Billionstel	$0,00000000006 \text{ F} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ F} = 6 \text{ pF}$ (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	$1 \text{ inch} = 25,4 \text{ mm}; 1 \text{ mm} = \frac{1}{25,4} \text{ inch}$

#### 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.

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