



**EUROPA-FACHBUCHREIHE**  
für Metallberufe

Roland Gomeringer, Meßstetten  
Volker Menges, Lichtenstein  
Stefan Oesterle, Amtzell

Claudius Scholer, Pliezhausen  
Andreas Stephan, Marktoberdorf  
Falko Wieneke, Essen

# Formelsammlung Metall **PLUS+**

**1. Auflage**

**Lektorat:**

Roland Gomeringer, Meßstetten

**Bildbearbeitung:**

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Druck 5 4 3

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.

© 2016 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

Umschlagfotos: Gühring KG, Albstadt, und Titelbild Tabellenbuch Metall

Druck: Lensing Druck GmbH & Co. KG, 44149 Dortmund

**Europa-Nr.: 11947**

ISBN 978-3-8085-1194-7

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

## Vorwort

Eigenverantwortliche Durchführung von Aufträgen und Projekten ist heute in Betrieben gängige Praxis. Dies gilt für die berufliche Grundbildung im Rahmen des Lernfeldunterrichts ebenso, wie für die berufliche Weiterbildung in Fachschulen oder Hochschulen. In den technischen Anwendungen wird dazu eine Vielzahl von Daten benötigt, die dann mit den Normen der Technik in anerkannten Regeln und Formeln genutzt werden.

Das vorliegende Buch **Formelsammlung Metall PLUS<sup>+</sup>** enthält insbesondere Formeln für die Metalltechnik, ist aber auch übergreifend einsetzbar.

- So sind in den ersten beiden Kapiteln die **Grundlagen der Mathematik und Physik** dargestellt.
- Die Formeln der **Mechanik und Festigkeitslehre** werden ergänzt durch zeichnerische Lösungsverfahren.
- Die **Arbeitsplanung** enthält zusätzlich das **Qualitätsmanagement** und die **Kalkulation**.
- Die **Fertigungstechnik** ist mit allen gängigen Verfahren vertreten.
- Bei der **CNC-Technik** wird die unabhängige PAL-Befehlscodierung verwendet.
- Die Formelsammlung wird mit einem umfangreichen **Sachwortregister** abgeschlossen.

Diese Formelsammlung ist als Nachschlagewerk für Prüfungen und als Hilfe bei der Arbeit mit Fachbüchern und Tabellenbüchern gedacht. Sie beschränkt sich nicht nur auf die einfachen Grundlagen, sondern hilft auch bei schwierigeren Themen.

Viele Inhalte sind für die metalltechnische Berufsausbildung wichtig, weitergehende Inhalte, wie z.B. die Mechanik und Festigkeitslehre, werden entweder in der technischen Weiterbildung (Meister und Techniker) oder im Technischen Gymnasium und der Fachoberschule zusätzlich genutzt. Auch für Praktiker aus Handwerk und Industrie sowie für Studenten des Maschinenbaues ist diese Formelsammlung wertvoll.

Autoren und Verlag sind allen Nutzern dieser Formelsammlung für Hinweise und Verbesserungsvorschläge an [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) dankbar.

**Technische Mathematik****Grundlagen**

|   |    |
|---|----|
| Mathematische Zeichen.....                | 4  |
| Besondere Zahlen und Funktionswerte ..... | 5  |
| Griechisches Alphabet .....               | 6  |
| Grundrechenarten und Rechenregeln.....    | 7  |
| Lineare Funktion – Gerade .....           | 11 |
| Quadratische Funktion – Parabel .....     | 12 |
| Binome, Quadratische Gleichung .....      | 13 |
| Gleichungssysteme, Lösungsverfahren ..... | 14 |

**Anwendungen**

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Größen und Einheiten .....      | 16 |
| Rechnen mit Formeln.....        | 21 |
| Rechnen mit Verhältnissen ..... | 23 |
| Prozent-, Zinsrechnung.....     | 24 |
| Satz des Pythagoras .....       | 26 |
| Winkelfunktionen .....          | 27 |

**Längen, Flächen, Volumen**

|  |    |
|--|----|
| Teilung von Längen .....               | 28 |
| Gestreckte Längen.....                 | 29 |
| Flächen.....                           | 30 |
| Volumen, Oberfläche.....               | 36 |
| Volumen zusammengesetzter Körper ..... | 41 |

**Technische Physik****Bewegung**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Geradlinige Bewegung .....          | 42 |
| Kreisförmige Bewegung.....          | 44 |
| Geschwindigkeiten an Maschinen..... | 46 |

**Wärmelehre und Fluidmechanik**

|  |    |
|--|----|
| Längen-, Volumenänderung.....                      | 48 |
| Zustandsänderung von Gasen .....                   | 49 |
| Wärmemenge bei Temperaturänderung.....             | 50 |
| Druck, Überdruck, Luftdruck, absoluter Druck ..... | 52 |
| Auftriebskraft, Druckübersetzung .....             | 53 |
| Kolbenkräfte, Kolvengeschwindigkeit.....           | 54 |
| Luftverbrauch, Hydraulische Presse .....           | 55 |
| Maschinerhaltungssatz .....                        | 56 |
| Energiehaltungssatz, Satz von Bernoulli.....       | 57 |

**Elektrotechnik**

|  |    |
|--|----|
| Ohmsches Gesetz und Leiterwiderstand ..... | 58 |
| Reihen- und Parallelschaltung .....        | 59 |
| Gemischte Schaltungen .....                | 60 |
| Elektrische Leistung .....                 | 61 |
| Elektrische Arbeit, Transformator .....    | 62 |
| Kondensator .....                          | 63 |
| Gleichstrom- und Wechselstrommotor .....   | 64 |
| Synchron- und Asynchronmotor.....          | 65 |

**Mechanik und Festigkeitslehre****Mechanik**

|  |    |
|--|----|
| Darstellung von Kräften .....                  | 66 |
| 3-Kräfte- und Schlusslinienverfahren .....     | 68 |
| Gleichgewicht in der Ebene .....               | 69 |
| Drehmoment .....                               | 71 |
| Kräfte und Momente bei Beschleunigung .....    | 73 |
| Trägheitsmomente .....                         | 74 |
| Federkraft, Fliehkraft, Zentripedalkraft ..... | 75 |
| Reibung .....                                  | 76 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Reibung an der Schiefen Ebene ..... | 77 |
|-------------------------------------|----|

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Mechanische Arbeit, Feste Rolle ..... | 78 |
|---------------------------------------|----|

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Flaschenzug, Keil ..... | 79 |
|-------------------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| Schraube, Räderwinde ..... | 80 |
|----------------------------|----|

|                   |    |
|-------------------|----|
| Zahnradmaße ..... | 81 |
|-------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| Übersetzungen ..... | 82 |
|---------------------|----|

|  |    |
|--|----|
| Potenzielle und kinetische Energie ..... | 84 |
|--|----|

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Leistung, Wirkungsgrad ..... | 85 |
|------------------------------|----|

**Festigkeitslehre**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Begriffe, Sicherheiten .....        | 87 |
| Zug- und Druckbeanspruchung .....   | 89 |
| Flächenpressung, Abscherung .....   | 90 |
| Torsionsbeanspruchung .....         | 91 |
| Biegebeanspruchung .....            | 92 |
| Biegemomente und Durchbiegung ..... | 93 |
| Knickung .....                      | 94 |
| Widerstandsmomente .....            | 95 |

**Arbeitsplanung und Kalkulation**

|  |     |
|--|-----|
| Toleranzen und Passungen .....           | 98  |
| Qualitätsmanagement .....                | 100 |
| Durchlaufzeit .....                      | 103 |
| Auftragszeit .....                       | 104 |
| Belegungszeit .....                      | 105 |
| Kalkulation .....                        | 106 |
| Maschinenstundensatzberechnung .....     | 111 |
| Teilkostenrechnung, Gewinnschwelle ..... | 112 |
| Deckungsbeitrag .....                    | 113 |
| Kostenvergleichsrechnung .....           | 113 |

**Fertigungstechnik**

|  |     |
|--|-----|
| Drehzahldiagramm .....                       | 114 |
| Drehen, Hauptnutzungszeiten .....            | 115 |
| Kegeldrehen, Rautiefe .....                  | 119 |
| Drehen, Kräfte und Leistungen .....          | 120 |
| Fräsen, Hauptnutzungszeiten .....            | 121 |
| Teilen mit Teilkopf .....                    | 124 |
| Fräsen, Kräfte und Leistungen .....          | 125 |
| Bohren und Reiben, Hauptnutzungszeiten ..... | 126 |
| Bohren, Kräfte und Leistungen .....          | 128 |
| Schleifen, Hauptnutzungszeiten .....         | 129 |
| Abtragen .....                               | 131 |
| Scherschneiden .....                         | 132 |
| Biegen .....                                 | 134 |
| Tieffziehen .....                            | 135 |
| Schweißen .....                              | 138 |

**CNC-Technik**

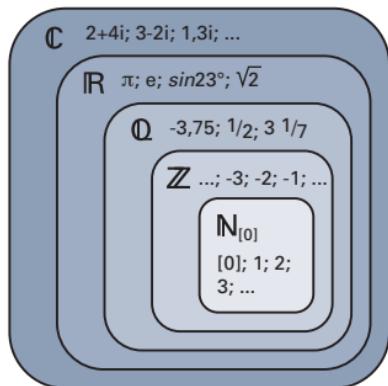
|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| PAL-Drehen: Befehlscodierung ..... | 140 |
| PAL-Drehen: G1 .....               | 141 |
| PAL-Drehen: G2 .....               | 142 |
| PAL-Drehen: G3 .....               | 143 |
| PAL-Drehen: Zyklen .....           | 144 |
| PAL-Fräsen: Befehlscodierung ..... | 147 |
| PAL-Fräsen: G1 .....               | 148 |
| PAL-Fräsen: G2 .....               | 149 |
| PAL-Fräsen: G3 .....               | 150 |
| PAL-Fräsen: Zyklen .....           | 151 |
| Sachwortverzeichnis .....          | 156 |

## Grundlagen

### Mathematische Zeichen

| Math. Zeichen                                      | Sprechweise   | Math. Zeichen  | Sprechweise  |
|--|---|--|--|
| $\approx$<br>$\cong$<br>$\dots$<br>$\infty$        | ungefähr gleich, rund, etwa<br>entspricht<br>und so weiter<br>unendlich   | $\sim$<br>$a^x$<br>$\sqrt{\quad}$<br>$\sqrt[n]{\quad}$             | proportional<br>a hoch x, x-te Potenz von a<br>Quadratwurzel aus<br>n-te Wurzel aus  |
| $=$<br>$\neq$<br>$\stackrel{\text{def}}{=}$<br>$<$ | gleich<br>ungleich<br>ist definitionsgemäß gleich<br>kleiner als  | $ x $<br>$\perp$<br>$\parallel$<br>$\uparrow\downarrow$            | Betrag von x<br>senkrecht zu<br>ist parallel zu<br>gleichsinnig parallel             |
| $\leq$<br>$>$<br>$\geq$<br>$+$                     | kleiner oder gleich<br>größer als<br>größer oder gleich<br>plus   | $\uparrow\downarrow$<br>$\measuredangle$<br>$\triangle$<br>$\cong$ | gegensinnig parallel<br>Winkel<br>Dreieck<br>kongruent zu                            |
| $-$<br>$\cdot$<br>$\div, /, :$<br>$\Sigma$         | minus<br>mal, multipliziert mit<br>durch, geteilt durch, zu, pro<br>Summe   | $\Delta x$<br>$\%$<br>$\%$   | Delta x<br>(Differenz zweier Werte)<br>Prozent, vom Hundert<br>Promille, vom Tausend |
| log<br>lg<br>ln<br>e                               | Logarithmus (allgemein)<br>dekadischer Logarithmus<br>natürlicher Logarithmus<br>Eulersche Zahl ( $e = 2,718281\dots$ ) | ( ), [ ], { }<br>$\pi$   | runde, eckige, geschweifte<br>Klammer auf und zu<br>pi (Kreiszahl = 3,14159 ...)     |
| sin<br>cos<br>tan<br>cot                           | Sinus<br>Kosinus<br>Tangens<br>Kotangens  | $\overline{AB}$<br>$\overarc{AB}$<br>$a', a''$<br>$a_1, a_2$       | Strecke AB<br>Bogen AB<br>a Strich, a zwei Strich<br>a eins, a zwei                  |

### Zahlenmengen



### Bezeichnungen

- $\mathbb{N}$  Natürliche Zahlen,  
positive ganze Zahlen [mit Null]
- $\mathbb{Z}$  Ganze Zahlen,  $\mathbb{N}$  plus negative  
ganze Zahlen
- $\mathbb{Q}$  Rationale Zahlen (Quotienten),  
 $\mathbb{Z}$  plus Bruch- und Dezimalzahlen
- $\mathbb{R}$  Reelle Zahlen,  $\mathbb{Q}$  plus nicht durch  
Brüche darstellbare Zahlen
- $\mathbb{C}$  Komplexe Zahlen (Complex) aus  
Realteil u. Imaginärteil; mit  $i^2=-1$
- $\subset$  ist Teilmenge von

Zusammenhang der Zahlenmengen

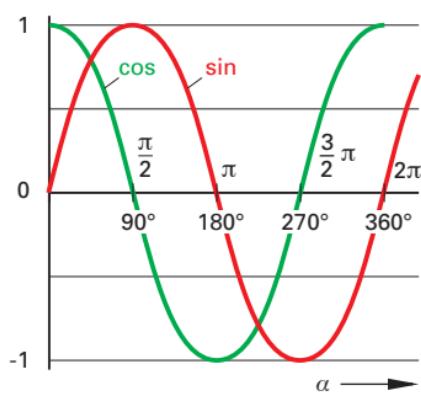
$\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R} \subset \mathbb{C}$

## Grundlagen

## Besondere Zahlen (Auswahl)

|                       |                             |                     |                                     |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Kreiszahl             | $\pi = 3,141592 \dots$      | Goldener Schnitt    | $\Phi = 1,618033 \dots$             |
| Eulersche Zahl        | $e = 2,71828 \dots$         | Wurzel aus 2        | $\sqrt{2} = 1,4142135 \dots$        |
| Absoluter Nullpunkt   | $T = -273,15^\circ\text{C}$ | Wurzel aus 3        | $\sqrt[3]{3} = 1,7320508 \dots$     |
| Erdbeschleunigung     | $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ | Primzahlen          | $2; 3; 5; 7; 11; 13 \dots$          |
| Lichtgeschwindigkeit  | $c = 299792458 \text{ m/s}$ | Avogadrozahl $N_A$  | $6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$ |
| Fluchtgeschwindigkeit | $v = 11,2 \text{ km/s}$     | molare Gaskonstante | $R = 8,31 \text{ J/(mol \cdot K)}$  |

## Sinus-, Kosinus- und Tangensfunktion (Auswahl)



## Bezeichnungen

|               |                            |
|---------------|----------------------------|
| $\sin \alpha$ | Sinusfunktion              |
| $\cos \alpha$ | Kosinusfunktion            |
| $\alpha$      | Winkel ( $^\circ$ )        |
| $\alpha_r$    | Winkel (rad)               |
| rad           | Radian, Winkel im Bogenmaß |

## Umrechnung: Grad und Radian

$$\alpha = \frac{\alpha_r \cdot 180^\circ}{\pi}$$

$$\alpha_r = \frac{\alpha \cdot \pi}{180^\circ}$$

|               |           |                      |                      |                      |                 |                      |                       |                       |             |
|---------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| $\alpha$      | $0^\circ$ | $30^\circ$           | $45^\circ$           | $60^\circ$           | $90^\circ$      | $120^\circ$          | $135^\circ$           | $150^\circ$           | $180^\circ$ |
| $\alpha_r$    | 0         | $\frac{\pi}{6}$      | $\frac{\pi}{4}$      | $\frac{\pi}{3}$      | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{2\pi}{3}$     | $\frac{3\pi}{4}$      | $\frac{5\pi}{6}$      | $\pi$       |
| $\sin \alpha$ | 0         | $\frac{1}{2}$        | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | 1               | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$  | $\frac{1}{2}$         | 0           |
| $\cos \alpha$ | 1         | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{1}{2}$        | 0               | $-\frac{1}{2}$       | $-\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $-\frac{\sqrt{3}}{2}$ | -1          |
| $\tan \alpha$ | 0         | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | 1                    | $\sqrt{3}$           | $\pm \infty$    | $-\sqrt{3}$          | -1                    | $-\frac{\sqrt{3}}{3}$ | 0           |

sin, cos, tan für  $180^\circ < \alpha \leq 360^\circ$ 

$$\begin{aligned}\sin(\alpha - 180^\circ) &= -\sin \alpha \\ \cos(\alpha - 180^\circ) &= -\cos \alpha \\ \tan(\alpha - 180^\circ) &= \tan \alpha\end{aligned}$$

sin, cos, tan für  $\pi < \alpha_r \leq 2\pi$ 

$$\begin{aligned}\sin(\alpha_r - \pi) &= -\sin \alpha_r \\ \cos(\alpha_r - \pi) &= -\cos \alpha_r \\ \tan(\alpha_r - \pi) &= \alpha_r\end{aligned}$$

### Grundlagen

#### Griechisches Alphabet mit Anwendungsbeispielen

| Griechischer Buchstabe | Gesprochen | z.B. verwendet für ... |
|------------------------|------------|------------------------|
| A                      | α          | Alpha                  |
| B                      | β          | Beta                   |
| Γ                      | γ          | Gamma                  |
| Δ                      | δ          | Delta                  |
| E                      | ε          | Epsilon                |
| Z                      | ζ          | Zeta                   |
| H                      | η          | Eta                    |
| Θ                      | θ          | Theta                  |
| I                      | ι          | Iota                   |
| K                      | κ          | Kappa                  |
| Λ                      | λ          | Lambda                 |
| M                      | μ          | My                     |
| N                      | ν          | Ny                     |
| Ξ                      | ξ          | Xi                     |
| O                      | ο          | Omkron                 |
| Π                      | π          | Pi                     |
| P                      | ρ, ρ       | Rho                    |
| Σ                      | σ          | Sigma                  |
| T                      | τ          | Tau                    |
| Υ                      | υ          | Ypsilon                |
| Φ                      | φ          | Phi                    |
| X                      | χ          | Chi                    |
| Ψ                      | ψ          | Psi                    |
| Ω                      | ω          | Omega                  |

## Grundlagen

### Grundrechenarten

|                       |  |  |
|-----------------------|--|--|
| <b>Addition</b>       | $a$ Summand<br>$b$ Summand<br>$c$ Summe  | $a + b = c$  |
| <b>Subtraktion</b>    | $a$ Minuend<br>$b$ Subtrahend<br>$c$ Differenz   | $a - b = c$  |
| <b>Multiplikation</b> | $a$ Multiplikator<br>$b$ Multiplikator<br>$c$ Produkt  | $a \cdot b = c$  |
| <b>Division</b>       | $a$ Dividend,<br>Zähler<br>$b$ Divisor,<br>Nenner, $b \neq 0$<br>$c$ Quotient,<br>Wert des Bruches | $a \div b = c$<br><br><i>Bruchschreibweise:</i><br>$\frac{a}{b} = c$ |

### Vorzeichenregeln

|                          |  |  |
|--------------------------|--|--|
| <b>Vorzeichen-regeln</b> | Addition<br>$+(+a) = +a$<br>$+(-a) = -a$   | Subtraktion<br>$-(+a) = -a$<br>$-(-a) = +a$                          |
|                          | Multiplikation<br>$+ \cdot + = +$<br>$+ \cdot - = -$<br>$- \cdot + = -$<br>$- \cdot - = +$ | Division<br>$+ : + = +$<br>$+ : - = -$<br>$- : + = -$<br>$- : - = +$ |

### Rechengesetze

|                        |  |
|------------------------|--|
| „Punkt vor Strich“     | $a + b \cdot c = a + (b \cdot c)$  |
| Kommutativ-gesetz ...  | ... der Addition: $a + b = b + a$<br>... der Multiplikation: $a \cdot b = b \cdot a$                                 |
| Assoziativ-gesetz ...  | ... der Addition: $(a + b) + c = a + (b + c)$<br>... der Multiplikation: $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$ |
| Distributiv-gesetz ... | $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$  |

### Klammern

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Klammern auflösen</b> | $(a + b) \cdot (c + d) = a \cdot c + a \cdot d + b \cdot c + b \cdot d$<br>$a + (b + c) = a + b + c$<br>$a - (b + c) = a - b - c$ |
| <b>Ausklammern</b>       | $a \cdot b + a \cdot c = a \cdot (b + c)$   |

## Grundlagen

### Grundoperationen mit Brüchen

|                                       |  |  |
|---------------------------------------|--|--|
| <b>Multiplikation mit ganzer Zahl</b> | $a$ Zähler<br>$b$ Nenner<br>$k$ ganze Zahl                   | $\frac{a}{b} \cdot k = \frac{a \cdot k}{b}$  |
| <b>Multiplikation von Brüchen</b>     | $a, c$ Zähler<br>$b, d$ Nenner                               | $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$  |
| <b>Erweitern</b>                      | $a$ Zähler<br>$b$ Nenner<br>$k$ Zahl, mit der erweitert wird | $\frac{a}{b} \cdot \frac{k}{k} = \frac{a \cdot k}{b \cdot k}$<br><br>Der Wert des Bruches bleibt gleich.   |
| <b>Division durch ganze Zahl</b>      | $a$ Zähler<br>$b$ Nenner<br>$k$ ganze Zahl                   | $\frac{a}{b} : k = \frac{a}{b \cdot k}$  |
| <b>Division</b>                       | $a, c$ Zähler<br>$b, d$ Nenner                               | $\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$ <p style="text-align: center; margin-left: 100px;"> <b>Multiplikation mit Kehrwert:</b><br/> <math>\frac{c}{d} \xrightarrow{\text{Kehrwert}} \frac{d}{c}</math> </p>                     |
| <b>Kürzen</b>                         | $a$ Zähler<br>$b$ Nenner<br>$k$ Zahl, durch die gekürzt wird | $\frac{a \div k}{b \div k}$<br><br>Der Wert des Bruches bleibt gleich.   |
| <b>Addition und Subtraktion</b>       | $a, c$ Zähler<br>$b, d$ Nenner                               | $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} + \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} + \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$<br><br>$\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} - \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} + \frac{a \cdot d - c \cdot b}{b \cdot d}$ |

## Grundlagen

## Potenzterm

$$a^n = x$$

$$a^n = \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_{n \text{ Faktoren}}$$

## Bezeichnungen

$a$  Basis (Grundzahl)

$n$  oder  $m$  Exponent (Hochzahl)

$a^n$  Potenz

$x$  Potenzwert

## Rechenoperationen mit Potenzen

## Addition und Subtraktion

... bei gleicher Potenz in allen Termen

$$g \cdot a^n - j \cdot a^n + h \cdot a^n = a^n (g - j + h)$$

## Multiplikation

bei gleicher Basis

$$a^n \cdot a^m = a^{n+m}$$

bei gleichem Exponenten

$$a^n \cdot b^n = (a \cdot b)^n$$

## Division

bei gleicher Basis

$$\frac{a^n}{a^m} = a^{n-m}$$

bei gleichem Exponenten

$$\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$$

## Potenzieren

$$(a^n)^m = a^{n \cdot m}$$

Sonderformen von  $a^n$ 

$n = 1$

$$a^1 = a$$

$n = 0$

$$a^0 = 1$$

$n = -1$

$$a^{-1} = \frac{1}{a}$$

$n < 0$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

## Umwandeln von Potenzen in Wurzeln

$$a^{\frac{n}{m}} = \sqrt[m]{a^n}$$

## Grundlagen

### Wurzelterm

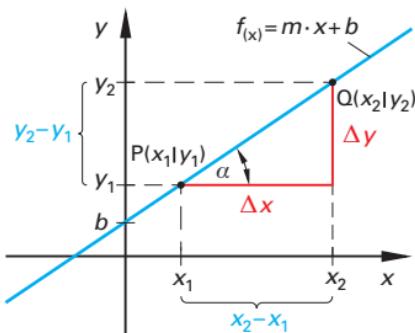
|   |   |
|---|---|
| $\sqrt[n]{a} = x$<br>$a = \underbrace{\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} \cdot \dots \cdot \sqrt[n]{a}}_{n \text{ Wurzeln}}$ | <b>Bezeichnungen</b><br><br>$n, m$ Wurzelexponent<br>$a$ Radikant<br>$x$ Wurzelwert |
|---|---|

### Rechenoperationen mit Wurzeln

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Addition und Subtraktion</b><br><br>... bei gleichem Wurzelexponenten in allen Termen<br>$g \cdot \sqrt[n]{a} - j \cdot \sqrt[n]{a} + h \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a} (g - j + h)$ |   |   |
| <b>Multiplikation</b>   | <b>bei gleichem Radikant</b><br>$\sqrt[m]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[m \cdot n]{a^{m+n}}$   | <b>bei gleichem Wurzelexponent</b><br>$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[m]{b} = \sqrt[n \cdot m]{a \cdot b}$ |
| <b>Division</b>   | <b>bei gleichem Radikant</b><br>$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a^{m-n}}$ | <b>bei gleichem Wurzelexponent</b><br>$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$     |
| <b>Potenzieren</b>  | $(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n \cdot m]{a^m}$   |   |
| <b>Radizieren (Wurzelziehen)</b>  | $\sqrt[m \cdot n]{a} = \sqrt[m \cdot n]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}$                           |   |
| <b>Hinweise zur Quadratwurzel</b>   | <b>Der Wurzelexponent entfällt:</b><br>$x = \pm \sqrt[2]{a} \rightarrow x = \pm \sqrt{a}$     | <b>Es gibt zwei Werte für <math>x</math>:</b><br>$x_1 = +\sqrt{a}; x_2 = -\sqrt{a}$                 |
| <b>Umwandeln von Wurzeln in Potenzen</b>  | $\sqrt[m]{a^n} = a^{\frac{n}{m}}$   |   |

## Grundlagen

## Lineare Funktion – Gerade



## Bezeichnungen

|              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| $y, f_{(x)}$ | Funktion von x                       |
| $P, Q$       | Punkte auf der Geraden               |
| $x_1, x_2$   | x-Koordinaten der Punkte             |
| $y_1, y_2$   | y-Koordinaten der Punkte             |
| $\Delta x$   | Differenz von P nach Q in x-Richtung |
| $\Delta y$   | Differenz von P nach Q in y-Richtung |
| $m$          | Steigung, Differenzenquotient        |
| $b$          | Schnittpunkt mit y-Achse             |
| $\alpha$     | Steigungswinkel                      |

## Geradengleichung

$$y = f_{(x)} = m \cdot x + b$$

Bestimmung von  $m$  und  $b$ 

gegeben:

- 2 Punkte  
 $P(x_1; y_1)$   
 $Q(x_2; y_2)$

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$b = y_1 - m \cdot x_1$$

$$b = y_2 - m \cdot x_2$$

gegeben:

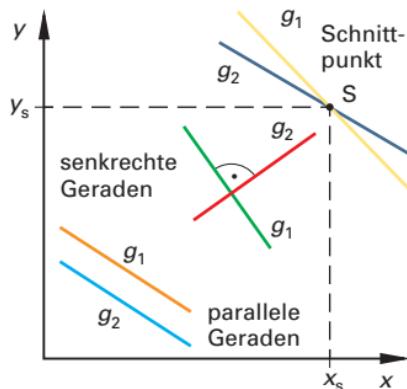
- 1 Punkt  
 $P(x_p; y_p)$
- $m$  oder  $\alpha$

m ist gegeben

oder

$$m = \tan \alpha$$

$$b = y_p - m \cdot x_p$$

Zwei Geraden:  $g_1 = m_1 \cdot x + b_1$  und  $g_2 = m_2 \cdot x + b_2$ 

## Parallele Geraden

$$m_1 = m_2$$

$$b_1 \neq b_2$$

## Senkrechte Geraden

$$m_1 = -\frac{1}{m_2}$$

 $b_1, b_2$  beliebig
Schnittpunkt  $S(x_s; y_s)$ 

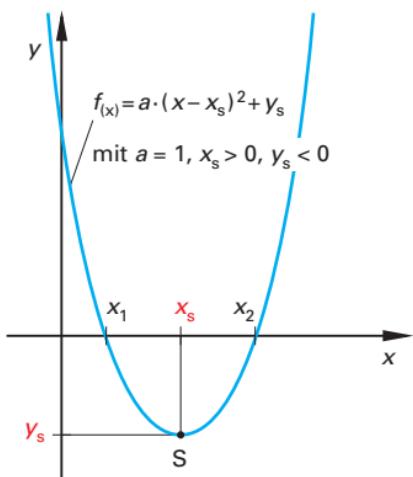
$$x_s = \frac{b_1 - b_2}{m_2 - m_1}$$

$$m_1 \neq m_2$$

$$y_s = m_1 \cdot x_s + b_1$$

## Grundlagen

### Quadratische Funktion – Parabel



#### Bezeichnungen

|                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| $y, f_{(x)}$                  | Funktion von x                  |
| $S$                           | Scheitelpunkt                   |
| $x_s, y_s$                    | Koordinaten des Scheitelpunktes |
| $a$                           | Faktor                          |
| $a > 0$ : Parabel oben offen  |                                 |
| Streckung: $a > 1$            |                                 |
| Normalparabel: $a = 1$        |                                 |
| Stauchung: $a < 1$            |                                 |
| $a < 0$ : Parabel unten offen |                                 |
| Streckung: $a < -1$           |                                 |
| neg. Normalparabel: $a = -1$  |                                 |
| Stauchung: $-1 < a < 0$       |                                 |
| $x_1, x_2$                    | Nullstellen ( $y = 0$ )         |
| $A, B, C$                     | Koeffizienten des Polynoms      |

### Parabolgleichung – Scheitelform

$$y = f_{(x)} = a \cdot (x - x_s)^2 + y_s$$

### Parabolgleichung – Polynom

$$y = f_{(x)} = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$$

#### Nullstellen

$$x_{1/2} = x_s \pm \frac{\sqrt{-4 \cdot a \cdot y_s}}{2 \cdot a}$$

keine reellen Nullstellen wenn  
 $-4 \cdot a \cdot y_s < 0$

#### Nullstellen

$$x_{1/2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 \cdot AC}}{2 \cdot A}$$

keine reellen Nullstellen wenn  
 $B^2 - 4 \cdot AC < 0$

#### Scheitelform aus Polynom

$$a = A$$

$$x_s = \frac{B}{2 \cdot A}$$

$$y_s = C - \frac{B^2}{4 \cdot A}$$

#### Polynom aus Scheitelform

$$A = a$$

$$B = -2 \cdot a \cdot x_s$$

$$C = a \cdot x_s^2 + y_s$$

**Grundlagen****Binomische Formeln**

|                             |          |          |                                     |
|-----------------------------|----------|----------|-------------------------------------|
| <b>1. binomische Formel</b> | <i>a</i> | 1. Glied | $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$       |
| <b>2. binomische Formel</b> | <i>b</i> | 2. Glied | $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$       |
| <b>3. binomische Formel</b> |          |          | $(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - b^2$ |

**Quadratische Gleichung (Normalform) lösen**

|                  |           |                                       |  |
|------------------|-----------|---------------------------------------|--|
| <b>pq-Formel</b> | <i>x</i>  | Variable                              | <b>Normalform</b>  |
|                  | <i>p</i>  | Faktor beim <i>x</i>                  | $x^2 + p \cdot x + q = 0$  |
|                  | <i>q</i>  | konstantes Glied                      | <b>Diskriminante</b>   |
|                  | $x_{1/2}$ | Lösungen der Normalform (Nullstellen) | $D = p^2 - 4 \cdot q$  |
|                  | <i>D</i>  | Diskriminante (Wert unter Wurzel)     |  |
|                  | Fälle:    |                                       | <b>Lösungen</b>  |
|                  | $D > 0$   | es gibt 2 reelle Lösungen             | $x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$ |
|                  | $D = 0$   | es gibt eine doppelte reelle Lösung   |  |
|                  | $D < 0$   | keine reelle Lösung                   |  |

**Quadratische Gleichung (allgemeine Form) lösen**

|  |           |                                     |  |
|--|-----------|-------------------------------------|--|
| <b>abc-Formel</b><br>„Mitternachtsformel“) | <i>x</i>  | Variable                            | <b>Allgemeine Form</b>                                       |
|  | <i>a</i>  | Faktor beim $x^2$                   | $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$                            |
|  | <i>b</i>  | Faktor beim <i>x</i>                | <b>Diskriminante</b>   |
|  | <i>c</i>  | konstantes Glied                    | $D = b^2 - 4 \cdot ac$                                       |
|  | $x_{1/2}$ | Lösungen der Normalform             |  |
|  | <i>D</i>  | Diskriminante (Wert unter Wurzel)   |  |
|  | Fälle:    |                                     | <b>Lösungen</b>  |
|  | $D > 0$   | es gibt 2 reelle Lösungen           | $x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot ac}}{2 \cdot a}$ |
|  | $D = 0$   | es gibt eine doppelte reelle Lösung |  |
|  | $D < 0$   | keine reelle Lösung                 |  |

## Grundlagen

### Gleichungssystem mit 2 Unbekannten

#### 2x2-Gleichungssystem:

$$a_1 \cdot x + b_1 \cdot y = L_1 \quad (1)$$

$$a_2 \cdot x + b_2 \cdot y = L_2 \quad (2)$$

#### Bezeichnungen

$x, y$  Unbekannte

$a_1, a_2$  Koeffizienten von  $x$

$b_1, b_2$  Koeffizienten von  $y$

$L_1, L_2$  Lösungen der Gleichungen

### Einsetzungsverfahren

- (1) z.B. nach  $y$  auflösen:  $a_1 \cdot x + b_1 \cdot y = L_1$

$$b_1 \cdot y = L_1 - a_1 \cdot x$$

$$y = \frac{L_1}{b_1} - \frac{a_1}{b_1} \cdot x \quad (3)$$

- (3) in (2) einsetzen:  $a_2 \cdot x + b_2 \cdot \left( \frac{L_1}{b_1} - \frac{a_1}{b_1} \cdot x \right) = L_2 \quad (4)$

- (4) ausmultiplizieren, nach  $x$  auflösen und  $x$  berechnen.

- Das berechnete  $x$  in die Gleichung (1) oder (2) einsetzen und  $y$  berechnen.

### Gleichsetzungsverfahren

- (1) und (2) nach  $y$  auflösen:

$$a_1 \cdot x + b_1 \cdot y = L_1$$

$$a_2 \cdot x + b_2 \cdot y = L_2$$

$$b_1 \cdot y = L_1 - a_1 \cdot x$$

$$b_2 \cdot y = L_2 - a_2 \cdot x$$

$$y = \frac{L_1}{b_1} - \frac{a_1}{b_1} \cdot x \quad (3)$$

$$y = \frac{L_2}{b_2} - \frac{a_2}{b_2} \cdot x \quad (4)$$

- Die beiden  $y$  aus (3) und (4) gleichsetzen, nach  $x$  auflösen und  $x$  berechnen.
- Das berechnete  $x$  in die Gleichung (1) oder (2) einsetzen und  $y$  berechnen.

### Additionsverfahren

- (1) mit  $b_2$  und (2) mit  $-b_1$  multiplizieren, die beiden Gleichungen untereinander-schreiben und addieren:

$$\begin{array}{r} a_1 \cdot b_2 \cdot x + b_1 \cdot b_2 \cdot y = L_1 \cdot b_2 \\ + -a_2 \cdot b_1 \cdot x - b_1 \cdot b_2 \cdot y = -L_2 \cdot b_1 \\ \hline (a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1) \cdot x = L_1 \cdot b_2 - L_2 \cdot b_1 \end{array}$$

- Das Ergebnis nach  $x$  auflösen und  $x$  berechnen.

- Das berechnete  $x$  in die Gleichung für  $y$  einsetzen und  $y$  berechnen.

## Grundlagen

### Gleichungssystem mit 2 Unbekannten

#### 2x2-Gleichungssystem:

$$a_1 \cdot x + b_1 \cdot y = L_1 \quad (1)$$

$$a_2 \cdot x + b_2 \cdot y = L_2 \quad (2)$$

#### Bezeichnungen

$x, y$  Unbekannte

$a_1, a_2$  Koeffizienten von  $x$

$b_1, b_2$  Koeffizienten von  $y$

$L_1, L_2$  Lösungen der Gleichungen

$D, D_x, D_y$  Determinanten

#### Determinantenverfahren

Determinante berechnen

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot a_2$$

$y$ -Determinante berechnen

$$D_y = \begin{vmatrix} a_1 & L_1 \\ a_2 & L_2 \end{vmatrix} = a_1 \cdot L_2 - L_1 \cdot a_2$$

$x$ -Determinante berechnen

$$D_x = \begin{vmatrix} L_1 & b_1 \\ L_2 & b_2 \end{vmatrix} = L_1 \cdot b_2 - b_1 \cdot L_2$$

$x$  und  $y$  berechnen

$$x = \frac{D_x}{D} \quad y = \frac{D_y}{D} \quad \text{für } D \neq 0$$

### Gleichungssystem mit 3 Unbekannten

#### 3x3-Gleichungssystem:

$$a_1 \cdot x + b_1 \cdot y + c_1 \cdot z = L_1$$

$$a_2 \cdot x + b_2 \cdot y + c_2 \cdot z = L_2$$

$$a_3 \cdot x + b_3 \cdot y + c_3 \cdot z = L_3$$

#### Bezeichnungen

$x, y, z$  Unbekannte

$a_1, a_2, a_3$  Koeffizienten von  $x$

$b_1, b_2, b_3$  Koeffizienten von  $y$

$c_1, c_2, c_3$  Koeffizienten von  $z$

$L_1, L_2, L_3$  Lösungen der Gleichungen

Determinante berechnen

$$D = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$D = a_1 \cdot b_2 \cdot c_3 + b_1 \cdot c_2 \cdot a_3 + c_1 \cdot a_2 \cdot b_3 - (c_1 \cdot b_2 \cdot a_3 + a_1 \cdot c_2 \cdot b_3 + b_1 \cdot a_2 \cdot c_3)$$

$x$ -Determinante berechnen

$$D_x = \begin{vmatrix} L_1 & b_1 & c_1 \\ L_2 & b_2 & c_2 \\ L_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$D_x = L_1 \cdot b_2 \cdot c_3 + b_1 \cdot c_2 \cdot L_3 + c_1 \cdot L_2 \cdot b_3 - (c_1 \cdot b_2 \cdot L_3 + b_1 \cdot L_2 \cdot c_3 + L_1 \cdot c_2 \cdot b_3)$$

$y$ -Determinante berechnen

$$D_y = \begin{vmatrix} a_1 & L_1 & c_1 \\ a_2 & L_2 & c_2 \\ a_3 & L_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$D_y = a_1 \cdot L_2 \cdot c_3 + L_1 \cdot c_2 \cdot a_3 + c_1 \cdot a_2 \cdot L_3 - (c_1 \cdot L_2 \cdot a_3 + L_1 \cdot a_2 \cdot c_3 + a_1 \cdot c_2 \cdot L_3)$$

$z$ -Determinante berechnen

$$D_z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & L_1 \\ a_2 & b_2 & L_2 \\ a_3 & b_3 & L_3 \end{vmatrix}$$

$$D_z = a_1 \cdot b_2 \cdot L_3 + b_1 \cdot L_2 \cdot a_3 + L_1 \cdot a_2 \cdot b_3 - (L_1 \cdot b_2 \cdot a_3 + b_1 \cdot a_2 \cdot L_3 + a_1 \cdot L_2 \cdot b_3)$$

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonale

$$\begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & c_1 \\ \hline a_2 & b_2 & c_2 \\ \hline a_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & c_1 \\ \hline a_2 & b_2 & c_2 \\ \hline a_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & c_1 \\ \hline a_2 & b_2 & c_2 \\ \hline a_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array}$$

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonale

$$\begin{array}{|ccc|} \hline L_1 & b_1 & c_1 \\ \hline L_2 & b_2 & c_2 \\ \hline L_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline L_1 & b_1 & c_1 \\ \hline L_2 & b_2 & c_2 \\ \hline L_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline L_1 & b_1 & c_1 \\ \hline L_2 & b_2 & c_2 \\ \hline L_3 & b_3 & c_3 \\ \hline \end{array}$$

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonale

$$\begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & L_1 & c_1 \\ \hline a_2 & L_2 & c_2 \\ \hline a_3 & L_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & L_1 & c_1 \\ \hline a_2 & L_2 & c_2 \\ \hline a_3 & L_3 & c_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & L_1 & c_1 \\ \hline a_2 & L_2 & c_2 \\ \hline a_3 & L_3 & c_3 \\ \hline \end{array}$$

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonale

$$\begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & L_1 \\ \hline a_2 & b_2 & L_2 \\ \hline a_3 & b_3 & L_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & L_1 \\ \hline a_2 & b_2 & L_2 \\ \hline a_3 & b_3 & L_3 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{|ccc|} \hline a_1 & b_1 & L_1 \\ \hline a_2 & b_2 & L_2 \\ \hline a_3 & b_3 & L_3 \\ \hline \end{array}$$

$x, y$  und  $z$  berechnen:

$$x = \frac{D_x}{D} \quad y = \frac{D_y}{D} \quad z = \frac{D_z}{D} \quad \text{für } D \neq 0$$

## Anwendungen

### Größen und Einheiten

#### SI-Basisgrößen und Basiseinheiten

| Basisgröße                  | Basiseinheit | Einheitenzeichen |
|-----------------------------|--------------|------------------|
| Länge                       | Meter        | m                |
| Masse                       | Kilogramm    | kg               |
| Zeit                        | Sekunde      | s                |
| Elektrische Stromstärke     | Ampere       | A                |
| Thermodynamische Temperatur | Kelvin       | K                |
| Stoffmenge                  | Mol          | mol              |
| Lichtstärke                 | Candela      | cd               |

#### Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten

| Vorsatz |       | Zehnerpotenz       | Vorsatz |       | Zehnerpotenz           |
|---------|-------|--------------------|---------|-------|------------------------|
| Zeichen | Name  |                    | Zeichen | Name  |                        |
| T       | Terra | $10^{12}$          | d       | Dezi  | $10^{-1} = 0,1$        |
| G       | Giga  | $10^9$             | c       | Zenti | $10^{-2} = 0,01$       |
| M       | Mega  | $10^6 = 1000\,000$ | m       | Milli | $10^{-3} = 0,001$      |
| k       | Kilo  | $10^3 = 1000$      | μ       | Mikro | $10^{-6} = 0,000\,001$ |
| h       | Hekto | $10^2 = 100$       | n       | Nano  | $10^{-9}$              |
| da      | Deka  | $10^1 = 10$        | p       | Piko  | $10^{-12}$             |

#### Umrechnungsfaktoren für Einheiten (Auszug)

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

## Anwendungen

### Größen und Einheiten

| Größe             | Formelzeichen         |                   | Einheitenname      |                     | Einheitenzeichen     |                       |
|-------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| Länge             |                       |                   |                    |                     |                      |                       |
| Länge             | $l$                   |                   | Meter              |                     | m                    |                       |
| Beziehung         | m                     | $\mu\text{m}$     | mm                 | cm                  | dm                   | km                    |
| $1 \text{ m} =$   | 1                     | $10^6$<br>1000000 | $10^3$<br>1000     | $10^2$<br>100       | $10^1$<br>10         | $10^{-3}$<br>0,001    |
| $1 \mu\text{m} =$ | $10^{-6}$<br>0,000001 | 1                 | $10^{-3}$<br>0,001 | $10^{-4}$<br>0,0001 | $10^{-5}$<br>0,00001 | $10^{-9}$             |
| $1 \text{ mm} =$  | $10^{-3}$<br>0,001    | $10^3$<br>1000    | 1                  | $10^{-1}$<br>0,1    | $10^{-2}$<br>0,01    | $10^{-6}$<br>0,000001 |
| $1 \text{ cm} =$  | $10^{-2}$<br>0,01     | $10^4$<br>10000   | $10^1$<br>10       | 1                   | $10^{-1}$<br>0,1     | $10^{-5}$<br>0,00001  |
| $1 \text{ dm} =$  | $10^{-1}$<br>0,1      | $10^5$<br>100000  | $10^2$<br>100      | $10^1$<br>10        | 1                    | $10^{-4}$<br>0,0001   |
| $1 \text{ km} =$  | $10^3$<br>1000        | $10^9$            | $10^6$<br>1000000  | $10^5$<br>100000    | $10^4$<br>10000      | 1                     |

1 inch = 1 Zoll = 25,4 mm

### Fläche

| Fläche             | A, S                  |                   | Quadratmeter<br>Ar<br>Hektar |                     |
|--------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|---------------------|
| Beziehung          | m <sup>2</sup>        |                   | m <sup>2</sup><br>a<br>ha    |                     |
| $1 \text{ m}^2 =$  | 1                     | $10^6$<br>1000000 | $10^4$<br>10000              | $10^2$<br>100       |
| $1 \text{ mm}^2 =$ | $10^{-6}$<br>0,000001 | 1                 | $10^{-2}$<br>0,01            | $10^{-4}$<br>0,0001 |
| $1 \text{ cm}^2 =$ | $10^{-4}$<br>0,0001   | $10^2$<br>100     | 1                            | $10^{-2}$<br>0,01   |
| $1 \text{ dm}^2 =$ | $10^{-2}$<br>0,01     | $10^4$<br>10000   | $10^2$<br>100                | 1                   |

1 a = 100 m<sup>2</sup>; 1 ha = 100 a = 10000 m<sup>2</sup>; 100 ha = 1 km<sup>2</sup>

### Volumen

| Volumen                           | V                     |                   | Kubikmeter<br>Liter  |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|
| Beziehung                         | m <sup>3</sup>        |                   | cm <sup>3</sup> = ml |                       |
| $1 \text{ m}^3 =$                 | 1                     | $10^9$            | $10^6$<br>1000000    | $10^3$<br>1000        |
| $1 \text{ mm}^3 =$                | $10^{-9}$             | 1                 | $10^{-3}$<br>0,001   | $10^{-6}$<br>0,000001 |
| $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml} =$ | $10^{-6}$<br>0,000001 | $10^3$<br>1000    | 1                    | $10^{-3}$<br>0,001    |
| $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ l} =$  | $10^{-3}$<br>0,001    | $10^6$<br>1000000 | $10^3$<br>1000       | 1                     |

## Anwendungen

| Größen und Einheiten                        |                          |   |                                   |  |
|---|--------------------------|---|-----------------------------------|--|
| Größe                                       | Formel-zeichen           | Einheit   |                                   | Beziehung  |
|   |                          | Name  | Zeichen                           |  |
| <b>Mechanik</b>                             |                          |   |                                   |  |
| Massen                                      | $m$                      | Kilogramm<br>Gramm<br>Megagramm<br>Tonne<br>Karat | kg<br>g<br>Mg<br>t<br>0,2 g       | 1 kg = 1000 g<br>1 g = 1000 mg<br><br>1 t = 1000 kg = 1 Mg<br>0,2 g = 1 Kt   |
| längen-bezogene Masse                       | $m'$                     | Kilogramm pro Meter                               | kg/m                              | 1 kg/m = 1 g/mm  |
| flächen-bezogene Masse                      | $m''$                    | Kilogramm pro Meter hoch zwei                     | kg/m <sup>2</sup>                 | 1 kg/m <sup>2</sup> = 0,1 g/cm <sup>2</sup>  |
| Dichte                                      | $\varrho, \rho$          | Kilogramm pro Meter hoch drei                     | kg/m <sup>3</sup>                 | 1000 kg/m <sup>3</sup> = 1 t/m <sup>3</sup><br>= 1 kg/dm <sup>3</sup><br>= 1 g/cm <sup>3</sup><br>= 1 g/ml<br>= 1 mg/mm <sup>3</sup>   |
| Kraft<br>Gewichtskraft                      | $F$<br>$F_G, G$          | Newton  | N                                 | 1 N = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ = 1 $\frac{\text{J}}{\text{m}}$<br>1 MN = 10 <sup>3</sup> kN = 1 000 000 N   |
| Drehmoment<br>Biegemoment<br>Torsionsmoment | $M$<br>$M_b$<br>$M_T, T$ | Newton mal Meter                                  | N · m                             | 1 N · m = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$  |
| Druck<br>mechanische Spannung               | $p$<br>$\sigma, \tau$    | Pascal<br>Newton pro Millimeter hoch zwei         | Pa<br>N/mm <sup>2</sup>           | 1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 0,01 mbar<br>1 bar = 100 000 N/m <sup>2</sup><br>= 10 N/cm <sup>2</sup> = 10 <sup>5</sup> Pa<br>1 mbar = 1 hPa<br>1 N/mm <sup>2</sup> = 10 bar = 1 MN/m <sup>2</sup><br>= 1 MPa<br>1 daN/cm <sup>2</sup> = 0,1 N/mm <sup>2</sup> |
| Flächen-moment 2. Grades                    | $I$                      | Meter hoch vier Zentimeter hoch vier              | m <sup>4</sup><br>cm <sup>4</sup> | 1 m <sup>4</sup> = 100 000 000 cm <sup>4</sup>   |
| Energie, Arbeit, Wärmemenge                 | $E, W$<br>$Q$            | Joule   | J                                 | 1 J = 1 N · m = 1 W · s<br>= 1 kg · m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>   |
| Leistung, Wärmestrom                        | $P$<br>$\Phi$            | Watt  | W                                 | 1 W = 1 J/s = 1 N · m/s<br>= 1 V · A = 1 m <sup>2</sup> · kg/s <sup>3</sup><br>1 PS = 0,7355 kW  |

## Anwendungen

## Größen und Einheiten

| Größe                                | Formel-zeichen | Einheit  |                         | Beziehung  |
|--------------------------------------|----------------|--|-------------------------|--|
|                                      |                | Name   | Zeichen                 |  |
| <b>Zeit</b>                          |                |  |                         |  |
| Zeit,<br>Zeitspanne,<br>Dauer        | $t$            | <b>Sekunde</b><br>Minute<br>Stunde<br>Tag<br>Jahr                      | s<br>min<br>h<br>d<br>a | 1 min = 60 s<br>1 h = 60 min = 3600 s<br>1 d = 24 h = 86 400 s   |
| Frequenz                             | $f, \nu$       | Hertz  | Hz                      | 1 Hz = 1/s   |
| Drehzahl,<br>Umdrehungs-<br>frequenz | $n$            | 1 pro Sekunde<br>1 pro Minute  | 1/s<br>1/min            | 1/s = 60/min = 60 min <sup>-1</sup><br>1/min = 1 min <sup>-1</sup> = $\frac{1}{60}$ s  |
| Geschwindig-<br>keit                 | $v$            | Meter pro<br>Sekunde<br>Meter pro<br>Minute<br>Kilometer pro<br>Stunde | m/s<br>m/min<br>km/h    | 1 m/s = 60 m/min<br>= 3,6 km/h<br>1 m/min = $\frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}}$<br>1 km/h = $\frac{1 \text{ m}}{3,6 \text{ s}}$ |
| Winkel-<br>geschwindig-<br>keit      | $\omega$       | 1 pro Sekunde<br>Radian pro<br>Sekunde                                 | 1/s<br>rad/s            | $\omega = 2 \pi \cdot n$   |
| Beschleuni-<br>gung                  | $a, g$         | Meter pro<br>Sekunde<br>hoch zwei                                      | m/s <sup>2</sup>        | $1 \text{ m/s}^2 = \frac{1 \text{ m/s}}{1 \text{ s}}$  |

## Thermodynamik und Wärmeübertragung

|  |                               |  |                          |  |
|--|-------------------------------|--|--------------------------|--|
| <b>Thermo-<br/>dynamische<br/>Temperatur</b><br>Celsius-<br>Temperatur | $T, \Theta$<br>$t, \vartheta$ | <b>Kelvin</b><br>Grad Celsius                          | K<br>°C                  | 0 K = -273,15 °C<br><br>0 °C = 273,15 K<br>0 °C = 32 °F<br>0 °F = -17,77 °C  |
| Wärme-<br>menge  | $Q$                           | Joule  | J                        | 1 J = 1 W · s = 1 N · m<br>1 kW · h = 3600 000 J = 3,6 MJ<br>1 kcal = 4,1868 kJ<br>1 kcal = 4186,8 Ws<br>1 kcal = 1,166 Wh |
| Spezifischer<br>Heizwert   | $H_u$<br>$H_i$                | Joule pro<br>Kilogramm<br>Joule pro<br>Meter hoch drei | J/kg<br>J/m <sup>3</sup> | 1 MJ/kg = 1 000 000 J/kg<br><br>1 MJ/m <sup>3</sup> = 1 000 000 J/m <sup>3</sup>   |

## Anwendungen

| Größen und Einheiten  |                               |   |                                |   |
|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|
| Größe   | Formel-zeichen                | Einheit                                     |                                | Beziehung   |
|   |                               | Name  | Zeichen                        |   |
| <b>Elektrizität und Magnetismus</b>                                       |                               |   |                                |   |
| Elektrische Stromstärke   | $I$                           | <b>Ampere</b>                               | A                              |   |
| Elektr. Spannung  | $U$                           | Volt  | V                              | $1 \text{ V} = 1 \text{ W}/1 \text{ A} = 1 \text{ J/C}$   |
| Elektr. Widerstand  | $R$                           | Ohm   | $\Omega$                       | $1 \Omega = 1 \text{ V}/1 \text{ A}$  |
| Elektr. Leitwert  | $G$                           | Siemens                                     | S                              | $1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V} = 1/\Omega$  |
| Spezifischer Widerstand Leitfähigkeit                                     | $\varrho$<br>$\gamma, \kappa$ | Ohm mal Meter<br>Siemens pro Meter          | $\Omega \cdot \text{m}$<br>S/m | $10^{-6} \Omega \cdot \text{m} = 1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$   |
| Frequenz  | $f$                           | Hertz                                       | Hz                             | $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$<br>$1000 \text{ Hz} = 1 \text{ kHz}$  |
| Elektr. Arbeit  | $W$                           | Joule                                       | J                              | $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$<br>$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ}$<br>$1 \text{ W} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kJ}$  |
| Phasenverschiebungswinkel   | $\varphi$                     | -   | -                              | für Wechselstrom gilt:<br>$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$  |
| Elektr. Feldstärke<br>Elektr. Ladung<br>Elektr. Kapazität<br>Induktivität | $E$<br>$Q$<br>$C$<br>$L$      | Volt pro Meter<br>Coulomb<br>Farad<br>Henry | V/m<br>C<br>F<br>H             | $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}; 1 \text{ A} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ kC}$<br>$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$<br>$1 \text{ H} = 1 \text{ V} \cdot \text{s/A}$ |
| Leistung<br>Wirkleistung  | $P$                           | Watt  | W                              | $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m/s}$<br>$= 1 \text{ V} \cdot \text{A}$  |
| <b>Winkel</b>   |                               |   |                                |   |
| ebener Winkel (Winkel)  | $\alpha, \beta, \gamma \dots$ | <b>Radian</b>                               | rad                            | $1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 57,2957\dots^\circ$<br>$= 180^\circ/\pi$   |
|   |                               | Grad  | $^\circ$                       | $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad} = 60'$   |
|   |                               | Minute                                      | '                              | $1' = 1^\circ/60 = 60''$  |
|   |                               | Sekunde                                     | "                              | $1'' = 1'/60 = 1^\circ/3600$  |