



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

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

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

Formelsammlung Metall **PLUS+**

2. Auflage

Lektorat:

Roland Gomeringer, Meßstetten

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.

© 2020 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: RCOM Print GmbH, 97222 Rimpar

Europa-Nr.: 11947

ISBN 978-3-8085-1625-6

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

Vorwort

Das vorliegende Buch **Formelsammlung Metall PLUS+** enthält neben Formeln für die Metalltechnik auch mathematische Grundlagen und Formeln der Physik. Die Formeln sind für wichtige Anwendungen aufbereitet und umgestellt.

- 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-Befehlskodierung verwendet.

Als weiteres **PLUS+** wurden folgende Inhalte **in der 2. Auflage** neu aufgenommen:

- Die technische Mathematik erhält Grundlagen der **Differenzial- und Integralrechnung**.
- Die technische Physik wird erweitert durch Berechnungen der **Schwingungen** und von verschiedenen **Pendelarten**.
- Die technische Physik erhält das Kapitel **Optik** und wird mit den Inhalten **Lichtausbreitung, Reflexion und Brechung** behandelt.
- Die Arbeitsplanung wird ergänzt durch die **Netzplantechnik, Bestellmengen und optimaler Losgröße** sowie durch die **Amortisationsrechnung** und eine Betrachtung der **Plankosten**.

Diese Formelsammlung ist als Nachschlagewerk für Prüfungen und als Hilfe bei der Arbeit mit Fachbüchern und Tabellenbüchern gedacht.

Viele Inhalte sind für die metalltechnische Berufsausbildung wichtig. Weitergehende Inhalte, wie z. B. die Differenzial- und Integralrechnung, werden entweder in der technischen Weiterbildung (Meister und Techniker) oder in den Berufskollegs und im Beruflichen Gymnasium zusätzlich genutzt. Auch für Praktiker aus Handwerk und Industrie sowie für Studenten des Maschinenbaus ist diese Formelsammlung wertvoll.

Autoren und Verlag sind allen Nutzern dieser Formelsammlung für Hinweise und Verbesserungsvorschläge an lektorat@europa-lehrmittel.de dankbar.

Frühjahr 2020

Autoren und Verlag

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 |

Differenziale, Integrale, Gleichungssysteme

| | |
|---|----|
| Differentialrechnung | 14 |
| Integralrechnung | 15 |
| Gleichungssysteme, Lösungsverfahren | 16 |

Anwendungen

| | |
|---------------------------------|----|
| Größen und Einheiten | 18 |
| Rechnen mit Formeln..... | 23 |
| Rechnen mit Verhältnissen | 25 |
| Prozent-, Zinsrechnung | 26 |
| Satz des Pythagoras | 28 |
| Winkelfunktionen | 29 |

Längen, Flächen, Volumen

| | |
|--|----|
| Teilung von Längen | 30 |
| Gestreckte Längen..... | 31 |
| Flächen..... | 32 |
| Volumen, Oberfläche | 38 |
| Volumen zusammengesetzter Körper | 43 |

Technische Physik**Bewegung**

| | |
|--------------------------------------|----|
| Geradlinige Bewegung | 44 |
| Kreisförmige Bewegung..... | 46 |
| Geschwindigkeiten an Maschinen | 48 |
| Schwingung | 50 |
| Pendel | 51 |

Wärmelehre und Fluidmechanik

| | |
|--|----|
| Längen-, Volumenänderung | 54 |
| Zustandsänderung von Gasen | 55 |
| Wärmemenge bei Temperaturänderung..... | 56 |
| Druck, Überdruck, Luftdruck, absoluter Druck | 58 |
| Auftriebskraft, Druckübersetzung | 59 |
| Kolbenkräfte, Kolbengeschwindigkeit..... | 60 |
| Luftverbrauch, Hydraulische Presse | 61 |
| Massenerhaltungssatz | 62 |
| Energiehaltungssatz, Satz von Bernoulli..... | 63 |

Elektrotechnik

| | |
|--|----|
| Ohmsches Gesetz und Leiterwiderstand | 64 |
| Reihen- und Parallelschaltung | 65 |
| Gemischte Schaltungen | 66 |
| Elektrische Leistung | 67 |
| Elektrische Arbeit, Transformator..... | 68 |
| Kondensator | 69 |
| Gleichstrom- und Wechselstrommotor | 70 |
| Synchron- und Asynchronmotor..... | 71 |

Optik

| | |
|-----------------|----|
| Reflexion | 72 |
| Brechung | 74 |

Mechanik und Festigkeitslehre**Mechanik**

| | |
|--|----|
| Darstellung von Kräften | 76 |
| 3-Kräfte- und Schlusslinienverfahren | 78 |

| | |
|--|----|
| Gleichgewicht in der Ebene..... | 79 |
| Drehmoment | 81 |
| Kräfte und Momente bei Beschleunigung | 83 |
| Trägheitsmomente | 84 |
| Federkraft, Fliehkraft, Zentripetalkraft | 85 |
| Reibung | 86 |
| Reibung an der Schiefen Ebene | 87 |
| Reibung an der Backenbremse..... | 88 |
| Mechanische Arbeit, Feste Rolle | 89 |
| Flaschenzug, Keil | 90 |
| Schraube, Räderwinde | 91 |
| Zahnradmaße | 92 |
| Übersetzungen | 93 |
| Potenzielle und kinetische Energie | 95 |
| Leistung, Wirkungsgrad | 96 |

Festigkeitslehre

| | |
|-------------------------------------|-----|
| Begriffe, Sicherheiten | 98 |
| Zug- und Druckbeanspruchung | 100 |
| Flächenpressung, Abscherung | 101 |
| Torsionsbeanspruchung | 102 |
| Biegebeanspruchung | 103 |
| Biegemomente und Durchbiegung | 104 |
| Knickung | 105 |
| Widerstandsmomente | 106 |

Arbeitsplanung und Kalkulation

| | |
|---|-----|
| Toleranzen und Passungen | 109 |
| Qualitätsmanagement | 111 |
| Durchlaufzeit | 114 |
| Netzplantechnik | 115 |
| Auftragszeit | 116 |
| Belegungszeit | 117 |
| Bestellmengen-, Losgrößeroptimierung..... | 118 |
| Kalkulation | 120 |
| Maschinenstundensatzberechnung | 125 |
| Teilkostenrechnung, Gewinnschwelle..... | 126 |
| Deckungsbeitrag | 127 |
| Kostenvergleichsrechnung | 127 |
| Amortisations-, Rentabilitätsrechnung | 128 |
| Plankostenrechnung | 129 |

Fertigungstechnik

| | |
|--|-----|
| Drehzahlprogramm | 130 |
| Drehen, Hauptnutzungszeiten | 131 |
| Kegeldrehen, Rautiefe | 135 |
| Drehen, Kräfte und Leistungen | 136 |
| Fräsen, Hauptnutzungszeiten | 137 |
| Teilen mit Teilkopf | 140 |
| Fräsen, Kräfte und Leistungen | 141 |
| Bohren und Reiben, Hauptnutzungszeiten | 142 |
| Bohren, Kräfte und Leistungen | 144 |
| Schleifen, Hauptnutzungszeiten | 145 |
| Abtragen | 147 |
| Scherschneiden | 148 |
| Biegen | 150 |
| Tiefziehen | 151 |
| Schweißen | 154 |

CNC-Technik

| | |
|------------------|-----|
| PAL-Drehen | 156 |
| PAL-Fräsen | 163 |

Sachwortverzeichnis

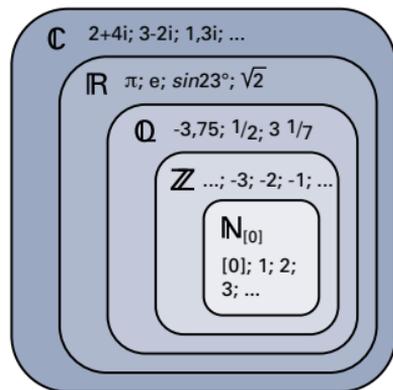
172

Grundlagen

Mathematische Zeichen

| Math. Zeichen | Sprechweise | Math. Zeichen | Sprechweise |
|--|---|---|--|
| \approx \doteq \dots ∞ | ungefähr gleich, rund, etwa entspricht und so weiter unendlich | \sim a^x $\sqrt{\quad}$ $\sqrt[n]{\quad}$ | proportional a hoch x, x-te Potenz von a Quadratwurzel aus n-te Wurzel aus |
| $=$ \neq $\stackrel{\text{def}}{=}$ $<$ | gleich ungleich ist definitionsgemäß gleich kleiner als | $ x $ \perp \parallel $\uparrow\uparrow$ | Betrag von x senkrecht zu ist parallel zu gleichsinnig parallel |
| \leq $>$ \geq $+$ | kleiner oder gleich größer als größer oder gleich plus | $\uparrow\downarrow$ \sphericalangle \triangle \cong | gegensinnig parallel Winkel Dreieck kongruent zu |
| $-$ \cdot $\div, /, :$ Σ | minus mal, multipliziert mit durch, geteilt durch, zu, pro Summe | Δx $\%$ ‰ | Delta x (Differenz zweier Werte) Prozent, vom Hundert Promille, vom Tausend |
| log lg ln e | Logarithmus (allgemein) dekadischer Logarithmus natürlicher Logarithmus Eulersche Zahl ($e = 2,718281\dots$) | $(, [, \{ \}$ π | runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu pi (Kreiszahl = 3,14159 ...) |
| sin cos tan cot | Sinus Kosinus Tangens Kotangens | \overline{AB} \widehat{AB} a', a'' a_1, a_2 | Strecke AB Bogen AB a Strich, a zwei Strich 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 $i^2 = -1$
- \mathbb{C} ist Teilmenge von

Zusammenhang der Zahlenmengen

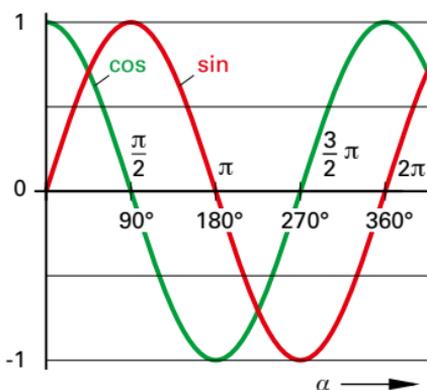
 $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R} \subset \mathbb{C}$

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 | $\sqrt{3} = 1,7320508 \dots$ |
| Erdbeschleunigung | $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$ | Primzahlen | 2; 3; 5; 7; 11; 13 ... |
| 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 | $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ |

Sinus-, Kosinus- und Tangensfunktion (Auswahl)



Bezeichnungen

- sin α Sinusfunktion
- cos α Kosinusfunktion
- α Winkel ($^\circ$)
- α_r Winkel (rad)
- rad Radiant, Winkel im Bogenmaß

Umrechnung: Grad und Radiant

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

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

| α | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° | 120° | 135° | 150° | 180° |
|---|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| α_r | 0 | $\frac{\pi}{6}$ | $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{\pi}{3}$ | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{2\pi}{3}$ | $\frac{3\pi}{4}$ | $\frac{5\pi}{6}$ | π |
| sin α | 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 α | 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 $180^\circ < \alpha \leq 360^\circ$

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

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

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

Beispiel: $\alpha = 210^\circ$: $\sin 210^\circ = -\sin(210^\circ - 180^\circ) = -\sin(30^\circ) = -0,5$

Grundlagen

Griechisches Alphabet mit Anwendungsbeispielen

| Griechischer Buchstabe | | Gesprochen | z. B. verwendet für ... |
|------------------------|-----------------|------------|---|
| A | α | Alpha | Freiwinkel, Winkel, Längenausdehnungskoeffizient |
| B | β | Beta | Keilwinkel, Winkel |
| Γ | γ | Gamma | Spanwinkel, Winkel, spezifischer Widerstand |
| Δ | δ | Delta | Differenz, Winkel |
| E | ε | Epsilon | Dehnung, Eckenwinkel (Wendeschneidplatte) |
| Z | ζ | Zeta | Verlustbeiwert von Armaturen |
| H | η | Eta | Wirkungsgrad |
| Θ | θ | Theta | Thermodynamische Temperatur (K), Temperatur (°C) |
| I | ι | Iota | höhere Mathematik |
| K | κ | Kappa | Einstellwinkel (Drehen), elektrische Leitfähigkeit |
| Λ | λ | Lambda | Wellenlänge, Wärmeleitfähigkeit, Neigungswinkel (Wendeschneidplatte) |
| M | μ | My | Reibungskoeffizient, Prozessmittelwert |
| N | ν | Ny | Sicherheitszahl |
| Ξ | ξ | Xi | höhere Mathematik |
| O | \omicron | Omikron | höhere Mathematik |
| Π | π | Pi | Produktzeichen, Kreiszahl 3,1415 ... |
| P | ϱ, ρ | Rho | Dichte, Winkel, Leiterwiderstand |
| Σ | σ | Sigma | Summenzeichen, Normalspannung, Prozessstandardabweichung |
| T | τ | Tau | Schubspannung, Torsionsspannung |
| Υ | υ | Ypsilon | Achsenbezeichnung |
| Φ | φ | Phi | Wärmestrom (Q), Goldener Schnitt, Winkel, Phasenverschiebung, Stoßfaktor |
| X | χ | Chi | Statistisches Merkmal |
| Ψ | ψ | Psi | Wärmedurchgangskoeffizient |
| Ω | ω | Omega | Zeichen für Ohm, Winkelgeschwindigkeit |

Grundlagen

Grundrechenarten

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

Vorzeichenregeln

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Vorzeichenregeln | Addition $+(+a) = +a$ $+(-a) = -a$ | Subtraktion $-(+a) = -a$ $-(-a) = +a$ |
| | Multiplikation $++ = +$ $+- = -$ $-+ = -$ $-- = +$ | Division $+:+ = +$ $+: - = -$ $-: + = -$ $-: - = +$ |

Rechengesetze

| | |
|------------------------------|--|
| „Punkt vor Strich“ | $a + b \cdot c = a + (b \cdot c)$ |
| Kommutativgesetz ... | ... der Addition: $a + b = b + a$... der Multiplikation: $a \cdot b = b \cdot a$ |
| Assoziativgesetz ... | ... der Addition: $(a + b) + c = a + (b + c)$... der Multiplikation: $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$ |
| Distributivgesetz ... | $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$ |

Klammern

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

Grundlagen

Grundoperationen mit Brüchen

| | | |
|---------------------------------------|--|---|
| Multiplikation mit ganzer Zahl | a Zähler b Nenner k ganze Zahl | $\frac{a}{b} \cdot k = \frac{a \cdot k}{b}$ |
| Multiplikation von Brüchen | a, c Zähler b, d Nenner | $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$ |
| Erweitern | a Zähler b Nenner k Zahl, mit der erweitert wird | $\frac{a}{b} \cdot \frac{k}{k} = \frac{a \cdot k}{b \cdot k}$ Der Wert des Bruches bleibt gleich. |
| Division durch ganze Zahl | a Zähler b Nenner k ganze Zahl | $\frac{a}{b} \div k = \frac{a}{b \cdot k}$ |
| Division | a, c Zähler b, d Nenner | $\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$ <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-top: 10px;"> Multiplikation mit Kehrwert: $\frac{c}{d} \xrightarrow{\text{Kehrwert}} \frac{d}{c}$ </div> |
| Kürzen | a Zähler b Nenner k Zahl, durch die gekürzt wird | $\frac{a \div k}{b \div k}$ Der Wert des Bruches bleibt gleich. |
| Addition und Subtraktion | a, c Zähler b, d Nenner | $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} + \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} + \frac{a \cdot d + c \cdot b}{b \cdot d}$ $\frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{d} - \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{b} + \frac{a \cdot d - c \cdot b}{b \cdot d}$ |

Grundlagen

Potenzterm

$$a^n = x$$

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

n 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

$$\sqrt[n]{a} = x$$

$$a = \underbrace{\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{a} \cdot \dots \cdot \sqrt[n]{a}}_{n \text{ Wurzeln}}$$

Bezeichnungen

| | |
|--------|----------------|
| n, m | Wurzelexponent |
| a | Radikant |
| x | Wurzelwert |

Rechenoperationen mit Wurzeln

Addition und Subtraktion

... bei gleichem Wurzelexponenten in allen Termen

$$g \cdot \sqrt[n]{a} - j \cdot \sqrt[n]{a} + h \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{a} (g - j + h)$$

Multiplikation

bei gleichem Radikant

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

bei gleichem Wurzelexponent

$$\sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{a \cdot b}$$

Division

bei gleichem Radikant

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

bei gleichem Wurzelexponent

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$$

Potenzieren

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

Radizieren (Wurzelziehen)

$$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[m \cdot n]{a} = \sqrt[n]{\sqrt[m]{a}}$$

Hinweise zur Quadratwurzel

Der Wurzelexponent entfällt:

$$x = \pm \sqrt[2]{a} \rightarrow x = \pm \sqrt{a}$$

Es gibt zwei Werte für x :

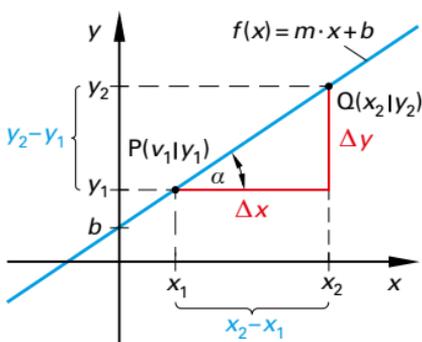
$$x_1 = +\sqrt{a}; x_2 = -\sqrt{a}$$

Umwandeln von Wurzeln in Potenzen

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

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 |
| Δx | Abstand von P nach Q in x -Richtung |
| Δy | Abstand von P nach Q in y -Richtung |
| m | Steigung, Differenzenquotient |
| b | Schnittpunkt mit y -Achse |
| α | 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 α

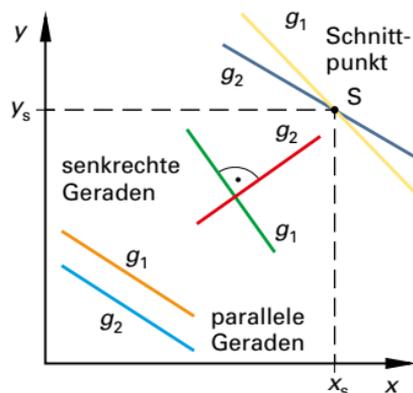
m ist gegeben

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

$$m_1 = m_2 \quad b_1 \neq b_2$$

Senkrechte Geraden

$$m_1 = -\frac{1}{m_2} \quad b_1, b_2 \text{ beliebig}$$

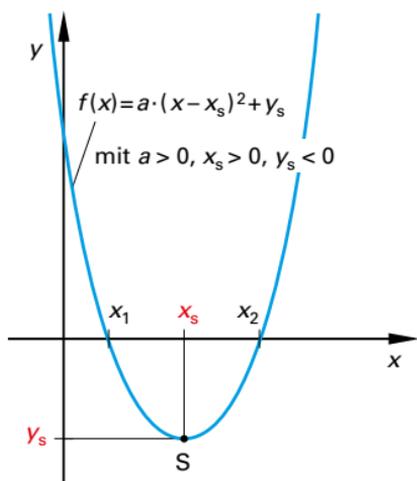
Schnittpunkt $S(x_s; y_s)$

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

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

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 |

Parabelgleichung – Scheitelform

$$y = f(x) = a \cdot (x - x_s)^2 + y_s$$

Nullstellen

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

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

Scheitelform aus Polynomform

$$a = A$$

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

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

Parabelgleichung – Polynomform

$$y = f(x) = A \cdot x^2 + B \cdot x + C$$

Nullstellen

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

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

Polynomform aus Scheitelform

$$A = a$$

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

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

Grundlagen

Binomische Formeln

1. binomische Formel

a 1. Glied
 b 2. Glied

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

2. binomische Formel

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

3. binomische Formel

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

Quadratische Gleichung (Normalform) lösen

pq-Formel

x Variable
 p Faktor beim x
 q konstantes Glied
 $x_{1/2}$ Lösungen der Normalform (Nullstellen)
 D Diskriminante (Wert unter Wurzel)

Normalform

$$x^2 + p \cdot x + q = 0$$

Diskriminante

$$D = p^2 - 4 \cdot q$$

Fälle:

 $D > 0$ es gibt 2 reelle Lösungen $D = 0$ es gibt eine doppelte reelle Lösung $D < 0$ keine reelle Lösung

Lösungen

$$x_{1/2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

Quadratische Gleichung (allgemeine Form) lösen

abc-Formel
(„Mitternachtsformel“)

x Variable
 a Faktor beim x^2
 b Faktor beim x
 c konstantes Glied
 $x_{1/2}$ Lösungen der Gleichung
 D Diskriminante (Wert unter Wurzel)

Allgemeine Form

$$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$$

Diskriminante

$$D = b^2 - 4 \cdot a \cdot c$$

Fälle:

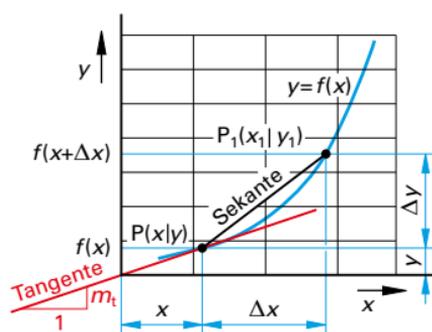
 $D > 0$ es gibt 2 reelle Lösungen $D = 0$ es gibt eine doppelte reelle Lösung $D < 0$ keine reelle Lösung

Lösungen

$$x_{1/2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Differentialrechnung

Differenzenquotient, Ableitung, Ableitungsregeln



Bezeichnungen

| | |
|----------------------|--|
| $f'(x)$ | Ableitung der Funktion |
| P, P_1 | Punkte auf der Funktion |
| x, x_1 | X-Koordinaten der Punkte |
| y, y_1 | Y-Koordinaten der Punkte |
| $\Delta x, \Delta y$ | Abstand von P nach P_1 in x- bzw. y-Richtung |
| m | Steigung der Sekante, |
| m_t | Steigung der Tangente, Differentialquotient |
| dx, dy | Differential in X/Y-Richtung |
| k | konstanter Faktor |

Differenzenquotient

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Ableitung, Steigung der Tangente

$$m_t = f'(x) = \frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

Elementare Funktion (Auswahl)

1. Ableitung

| | | |
|-----------------------|----------------------|---|
| Potenzfunktion | $f(x) = k \cdot x^n$ | $f'(x) = k \cdot n \cdot x^{n-1}$ |
| Sinusfunktion | $f(x) = \sin x$ | $f'(x) = \cos x$ |
| Kosinusfunktion | $f(x) = \cos x$ | $f'(x) = -\sin x$ |
| Tangensfunktion | $f(x) = \tan x$ | $f'(x) = \frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$ |
| Exponentialfunktionen | $f(x) = e^x$ | $f'(x) = e^x$ |
| | $f(x) = a^x$ | $f'(x) = a^x \cdot \ln a$ |
| Logarithmusfunktionen | $f(x) = \ln x$ | $f'(x) = \frac{1}{x}$ |
| | $f(x) = \log_a x$ | $f'(x) = \frac{1}{x \cdot \ln a}$ |

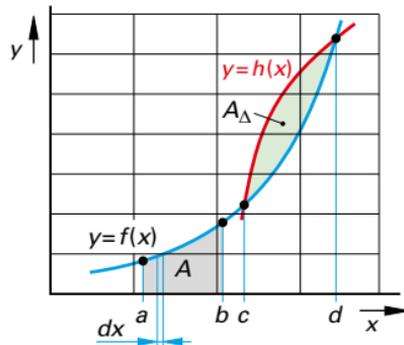
Ableitungsregel, Bezeichnungen

Regelumsetzung

| | | | |
|-----------------|---|----------------------|---|
| Faktorregel | u, v Teilfunktionen | $f(x) = k \cdot v$ | $f'(x) = k \cdot v'$ |
| Summenregel | u', v' Ableitungen der Teilfunktionen | $f(x) = u + v$ | $f'(x) = u' + v'$ |
| | | $f(x) = u \cdot v$ | $f'(x) = u' \cdot v + u \cdot v'$ |
| Produktregel | $g(u)$ Äußere Funktion | $f(x) = \frac{u}{v}$ | $f'(x) = \frac{u' \cdot v + u \cdot v'}{v^2}$ |
| | $u(x)$ Innere Funktion | $f(x) = g[u(x)]$ | $f'(x) = g'(u) \cdot u'(x)$ |
| Quotientenregel | $g'(u)$ Ableitung äußere Funktion | | |
| | $u'(x)$ Ableitung innere Funktion | | |
| Kettenregel | | | |

Integralrechnung

Integrale, Integration, Integrationsregeln, Flächen



Bezeichnungen

| | |
|--------------|--|
| a, b | Integrationsgrenzen |
| c, d | Integrationsgrenzen, Schnittpunkte von $f(x)$ und $h(x)$ |
| A | Fläche unter $f(x)$ |
| A_{Δ} | Fläche zwischen $h(x)$ und $f(x)$ |
| $F(x)$ | Flächen-, Stammfunktion |
| dx | Differential in X-Richtung |
| k | konstanter Faktor |
| C | Konstante bei unbestimmten Integralen |

Flächenberechnung über bestimmtes Integral

$$A = \int_a^b f(x) dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$$

Unbestimmtes Integral

$$\int f(x) dx = F(x) + C$$

Integrale $\int f(x) dx$ (Auswahl)Stammfunktion $F(x) + C$

| | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| Potenzfunktion | $\int k \cdot x^n dx$ | $k \cdot \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$ |
| | $\int x^{-1} dx$ | $\ln x + C$ |
| Sinusfunktion | $\int \sin x dx$ | $-\cos x + C$ |
| Kosinusfunktion | $\int \cos x dx$ | $\sin x + C$ |
| Exponentialfunktionen | $\int e^x dx$ | $e^x + C$ |
| | $\int a^x dx$ | $\frac{a^x}{\ln a} + C$ |

Integrationsregeln

| | |
|-------------|---|
| Faktorregel | $\int k \cdot f(x) dx = k \cdot \int f(x) dx$ |
| Summenregel | $\int [f(x) \pm h(x)] dx = \int f(x) dx \pm \int h(x) dx$ |

Fläche zwischen Funktionen (Bild 1)

$$A_{\Delta} = \int_c^d [h(x) - f(x)] dx$$

Gleichungssysteme

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 | Rechte Seite der Gleichungen |

Einsetzungsverfahren

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

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

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

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

- (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:

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

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

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

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

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

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

- 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:

$$a_1 \cdot b_2 \cdot x + b_1 \cdot b_2 \cdot y = L_1 \cdot b_2$$

$$+ -a_2 \cdot b_1 \cdot x - b_1 \cdot b_2 \cdot y = -L_2 \cdot b_1$$

$$(a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1) \cdot x = L_1 \cdot b_2 - L_2 \cdot b_1$$

- Das Ergebnis nach x auflösen und x berechnen.
- Das berechnete x in die Gleichung für y einsetzen und y berechnen.

Gleichungssysteme

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 | Rechte Seite 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 | Rechte Seite 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

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

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

x, y und z berechnen:

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

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonalen

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

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonalen

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

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonalen

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

Rechenweg: Haupt- minus Nebendiagonalen

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

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 | $10^{-6} = 0,000001$ |
| 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 | $1 \text{ inch} = 25,4 \text{ mm}; 1 \text{ mm} = \frac{1}{25,4} \text{ inch}$ |

Anwendungen

Größen und Einheiten

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

1 inch = 1 Zoll = 25,4 mm

Fläche

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

1 a = 100 m^2 ; 1 ha = 100 a = 10000 m^2 ; 100 ha = 1 km^2

Volumen

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

Anwendungen

Größen und Einheiten

| Größe | Formelzeichen | Einheit | | Beziehung |
|---|-----------------------------|--|-----------------------------------|--|
| | | Name | Zeichen | |
| Mechanik | | | | |
| Masse | m | Kilogramm Gramm Megagramm Tonne Karat | kg g Mg t | 1 kg = 1000 g 1 g = 1000 mg 1 t = 1000 kg = 1 Mg 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 ² | 1 kg/m ² = 0,1 g/cm ² |
| Dichte | ϱ, ρ | Kilogramm pro Meter hoch drei | kg/m ³ | 1000 kg/m ³ = 1 t/m ³ = 1 kg/dm ³ = 1 g/cm ³ = 1 g/ml = 1 mg/mm ³ |
| Kraft Gewichtskraft | F F_G, G | Newton | N | 1 N = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ = 1 $\frac{\text{J}}{\text{m}}$ 1 MN = 10 ³ kN = 1 000 000 N |
| Drehmoment Biegemoment Torsionsmoment | M M_b M_{Tr}, T | Newton mal Meter | N · m | 1 N · m = 1 $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$ |
| Druck mechanische Spannung | p σ, τ | Pascal Newton pro Millimeter hoch zwei | Pa N/mm ² | 1 Pa = 1 N/m ² = 0,01 mbar 1 bar = 100 000 N/m ² = 10 N/cm ² = 10 ⁵ Pa 1 mbar = 1 hPa 1 N/mm ² = 10 bar = 1 MN/m ² = 1 MPa 1 daN/cm ² = 0,1 N/mm ² |
| Flächen- moment 2. Grades | I | Meter hoch vier Zentimeter hoch vier | m ⁴ cm ⁴ | 1 m ⁴ = 100 000 000 cm ⁴ |
| Energie, Arbeit, Wärmemenge | E, W Q | Joule | J | 1 J = 1 N · m = 1 W · s = 1 kg · m ² /s ² |
| Leistung, Wärmestrom | P Φ | Watt | W | 1 W = 1 J/s = 1 N · m/s = 1 V · A = 1 m ² · kg/s ³ 1 PS = 0,7355 kW |