

| Größen und Einheiten | | | | | |
|---|--|--|--|------------------------------------|--|
| Größe, Formelzeichen | SI-Einheit (sonst. Einh.) | Einheitenzeichen, Einheitengleichung | Größe, Formelzeichen | SI-Einheit (sonst. Einh.) | Einheitenzeichen, Einheitengleichung |
| Länge, Fläche, Volumen, Winkel | | | | Elektrizität | |
| Länge l | Meter (Zoll, Inch) Seemeile Landmeile Quadratmeter (Ar) (Hektar) | m $1'' = 25,4 \text{ m}$ $1 \text{ sm} = 1852 \text{ m}$ $1 \text{ mi} = 1609,344 \text{ m}$ m^2 $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$ m^3 $1 \text{ l} = (1/1000) \text{ m}^3$ | elektr. Ladung Q , elektr. Fluss Ψ Flächenladungs- dichte σ , elektrische Flussdichte D Raumladungsdichte ρ | Coulomb Coulomb je Quadratmeter | $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$ $= 1 \text{ As}$ C/m^2 C/m^3 $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ |
| Fläche A | Quadratmeter (Ar) (Hektar) | $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 100 \text{ a}$ | elektr. Spannung U , elektr. Potenzial φ , V elektr. Feldstärke E elektr. Kapazität C | Coulomb je Kubikmeter Volt | $1 \text{ V/m} = 1 \text{ N/C}$ $1 \text{ F} = 1 \text{ As/V}$ $= 1 \text{ C/V}$ $1 \text{ A} = 1 \text{ C/s}$ |
| Volumen V | Kubikmeter (Liter) | m^3 $1 \text{ l} = (1/1000) \text{ m}^3$ | elektr. Stromstärke I elektr. Strombelag A | Ampere Ampere je Meter | 1 A/m |
| Winkel (ebener) | Radian (Grad) | rad $1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$ | Permittivität, Dielektrizitäts- konstante ϵ | Farad je Meter | $1 \text{ F/m} = 1 \text{ C/Vm}$ |
| Raumwinkel Ω | Steradian | sr | elektr. Stromdichte J elektr. Widerstand, Wirkwiderstand R , Blindwiderstand X , Scheinwiderstand Z el. Wirkleitwert G , Blindleitwert B , Scheinleitwert Y spezifischer elektr. Widerstand ρ Induktivität L elektrische Leitfähigkeit γ Leistung P Blindleistung Q Scheinleistung S Arbeit W , Energie E | – Ohm | A/m^2 $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ $1 \text{ S} = 1/\Omega$ $1 \Omega \text{m} = 100 \Omega \text{cm}$ $1 \Omega \text{mm}^2/\text{m} = 1 \mu\Omega \text{m}$ $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs/A}$ $1 \text{ Sm/mm}^2 = 1 \text{ MS/m}$ $1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$ $1 \text{ var} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$ $1 \text{ VA} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$ $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ $1 \text{ Wh} = 3,6 \text{ kNm}$ $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$ |
| Zeit, Frequenz, Geschwindigkeit, Beschleunigung | | | | | |
| Zeit t | Sekunde (Minute) (Stunde, h von hour) | s ; $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$ | – | – | |
| Frequenz f | (Tag, d von day) | $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$ | | | |
| Drehzahl, Umdrehungsfrequenz n | Hertz | $1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$ | | | |
| Kreisfrequenz ω | je Sekunde (je Minute) | $1/\text{s}$ (1/min) | | | |
| Geschwindigkeit v | je Sekunde | m/s | | | |
| Winkelgeschwindigkeit ω | Meter je Sekunde | $1 \text{ km/h} = 1/3,6 \text{ m/s}$ | | | |
| Beschleunigung a | Radian je Sekunde | rad/s | | | |
| Ruck j | – | $1 \text{ rad/s} = 180^\circ/\pi \text{s}$ | | | |
| Mechanik | | | | | |
| Masse m | Kilogramm (Tonne) | kg $1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$ | | | |
| Dichte ρ | – | kg/dm^3 | | | |
| Widerstandsmoment J | – | m^3, cm^3 | | | |
| Trägheitsmoment J | – | $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ | | | |
| Kraft F | Newton | $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$ | | | |
| Kraftmoment, Drehmoment M | Newtonmeter | Nm | | | |
| Impuls p | Newtonsekunde | $1 \text{ Ns} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ | | | |
| Druck p | Pascal (Bar) | $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$ | | | |
| Flächenpressung p , Festigkeit R_p, R_e | – | N/mm^2 | | | |
| Elastizitätsmodul E | Joule | N/mm^2 | | | |
| Arbeit W , Energie E | – | $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$ | | | |
| Leistung P | (Elektronvolt) | $1 \text{ eV} = 0,1602 \text{ aJ}$ | | | |
| | Watt | $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ VA}$ | | | |
| Wärme | | | | | |
| Temperatur ϑ | Grad Celsius | $^\circ\text{C}$ | | | |
| thermodynamische Temperatur T | Kelvin | K | | | |
| Temperaturdifferenz ΔT | Kelvin | K | | | |
| Wärme Q | Joule | $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$ | | | |
| Wärmestrom Φ | Watt | $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ | | | |
| Wärmewiderstand R_{th} | Kelvin je Watt | K/W | | | |
| Wärmeleitfähigkeit λ | – | $\text{W/(K} \cdot \text{m)}$ | | | |
| Wärmeübergangskoeffizient h | – | $\text{W/(K} \cdot \text{m}^2)$ | | | |
| Wärmekapazität C | Joule je Kelvin | J/K | | | |
| Entropie S | – | $\text{J/(kg} \cdot \text{K)}$ | | | |
| spezifische Wärme- kapazität c | – | | | | |
| Ionisierende Strahlung | | | | | |
| radioaktive Aktivität A | Becquerel | $1 \text{ Bq} = 1/\text{s}$ | | | |
| Energiedosis D | Gray | $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ | | | |
| Elektrizität | | | | | |
| elektr. Ladung Q | Coulomb | | | | |
| elektr. Fluss Ψ | Coulomb je Quadratmeter | | | | |
| Flächenladungsdichte σ , elektrische Flussdichte D | Coulomb je Kubikmeter | | | | |
| Raumladungsdichte ρ | Volt | | | | |
| elektr. Spannung U , elektr. Potenzial φ, V | Volt je Meter | | | | |
| elektr. Feldstärke E | Farad | | | | |
| elektr. Kapazität C | Ampere | | | | |
| elektr. Stromstärke I | Ampere je Meter | | | | |
| elektr. Strombelag A | – | | | | |
| Magnetismus | | | | | |
| mg. Durchflutung Θ | Ampere | | | | |
| magn. Feldstärke H | Ampere je Meter | | | | |
| magn. Fluss Φ | Weber | | | | |
| magn. Flussdichte B | Tesla | | | | |
| Induktivität L | Henry | | | | |
| Permeabilität μ | Henry je Meter | | | | |
| magn. Widerstand R_m | – | | | | |
| magn. Leitwert Λ | Henry | | | | |
| Akustik | | | | | |
| Schalldruck p | Pascal | | | | |
| Schalldruckpegel L_p | Dezibel | | | | |
| Lautstärkepegel L_s | Phon $\approx \text{db (A)}$ | | | | |
| Schallgeschwindigkeit c_s | Meter je Sekunde | | | | |
| Elektromagnetische Strahlung (außer Licht) | | | | | |
| Strahlungsenergie Q_e | Joule | | | | |
| Strahlungsleistung Φ_e | Watt | | | | |
| Strahlstärke I | Watt je Steradian | | | | |
| Strahldichte L | – | | | | |
| Bestrahlungsstärke E | – | | | | |
| | | $\text{W/(sr} \cdot \text{m}^2)$ | | | |
| | | W/m^2 | | | |
| Licht, Optik | | | | | |
| Lichtstärke I_v | Candela | | | | |
| Leuchtdichte L_v | Candela je m^2 | | | | |
| Lichtstrom Φ_v | Lumen | | | | |
| Lichtausbeute η_v | Lumen je Watt | | | | |
| Beleuchtungsstärke E_v | Lux | | | | |
| | | $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$ | | | |



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Mechatronik

Formeln für Mechatroniker

**nach den Büchern „Tabellenbuch Mechatronik“, „Fachkunde
Mechatronik“, „Rechnen und Projektieren Mechatronik“**

6. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Autoren von „Formeln für Mechatroniker:“

| | | |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Gregor Häberle | Dr.-Ing. | Tettnang |
| Konstantin Häberle | BSc ETH | Zürich |
| Verena Häberle | MSc ETH | Zürich |
| Bernd Schiemann | Dipl.-Ing. | Durbach |
| Siegfried Schmitt | staatl. geprüfter Techniker | Bad Bergzabern |
| Matthias Schultheiß | Dipl.-Gewerbelehrer, Dipl.-Ing. | Ummendorf, Biberach a. d. Riss |

Leitung des Arbeitskreises: Dr.-Ing. Gregor Häberle

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Vorwort

Diese Formelsammlung dient zum Lösen von fachmathematischen Aufgaben in der beruflichen Praxis oder in der Aus- und Weiterbildung, z.B. bei Prüfungen oder Klausuren. Sie enthält komprimiert die dafür erforderlichen Formeln aus den Teilbereichen der Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Informationstechnik.

Dabei sind berücksichtigt alle wesentlichen Formeln z.B. der Themengebiete Mathematik, technische Physik, Produktion, Messen, Steuern, Regeln, elektrische Antriebe, Leitungsberechnungen, Schutzeinrichtungen, Digitaltechnik, Datentechnik, statistische Berechnungen, betriebswirtschaftliche Kalkulationen.

Die Formeln sind auf den Seiten nummeriert, sodass bei Gruppenarbeit oder im Unterricht eine Verständigung vereinfacht ist. Die Formelzeichenklärungen sind auf jeder Seite ganz oder gruppenweise zusammengefasst. Die zu verwendenden Einheiten sind durch Einheitengleichungen angegeben.

In der **6. Auflage** wurden insbesondere weitere **Formelumstellungen** nach anderen Größen vorgenommen. Somit ist einerseits ein leichteres Anwenden der Formeln möglich, andererseits kann der Benutzer der Formelsammlung selbst umgestellte Formeln anhand der in der Formelsammlung bereitgestellten Rechenregeln für das Formelumstellen überprüfen.

Über Verbesserungsvorschläge von Benutzern freuen wir uns. Diese können auch per E-Mail gerichtet sein an lektorat@europa-lehrmittel.de.

Frühjahr 2021

Die Autoren

Europa-Nr.: 45515
ISBN 978-3-8085-4559-1

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

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, Düsselberger Straße 23, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt
Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald
Umschlagfoto: Siemens-Pressebilder www.siemens.com/presse
Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Mathematik

| | |
|---|----|
| Größen und Einheiten | U2 |
| Rechenregeln | 3 |
| Rechnen mit Excel | 6 |
| Zahlensysteme, Rechenregeln bei Dualzahlen, Umrechnungen | 7 |
| Prozentrechnung, Dreisatzrechnung, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit | 8 |
| Vorsätze, Zehnerpotenzen, Logarithmen | 9 |
| Rechnen mit Größen | 10 |
| Rechtwinkliges Dreieck, Winkelfunktionen, Steigung | 11 |
| Beziehungen zwischen den Winkelfunktionen | 12 |
| Rechnen mit komplexen Zahlen | 13 |
| Längen | 14 |
| Flächen | 15 |
| Volumen, Oberflächen, Massen | 17 |

Technische Physik

| | |
|---|----|
| Kräfte, Hebel, Drehmoment | 18 |
| Drehmoment, Fliehkraft, Rollen, Keile, Schrauben | 19 |
| Winden, Bewegungslehre | 20 |
| Wärmetechnik | 21 |
| Mechanische Arbeit, mechanische Leistung, Energie | 22 |
| Ladung, Spannung, Stromstärke, Widerstand, elektrische Arbeit | 23 |
| Elektrische Leistung, elektrisches Feld | 24 |
| Magnetisches Feld, Spule, Strom im Magnetfeld, Induktion | 25 |
| Grundschaltungen, Kirchhoff'sche Regeln, Spannungsteiler | 26 |
| Grundschaltungen von Induktivitäten L und Kapazitäten C | 27 |
| Reihenschaltung von R, L, C | 28 |
| Parallelschaltung von R, L, C | 29 |
| Sinuswechselspannung, Impuls | 30 |
| Schalten von Kondensatoren und Spulen | 31 |
| Drehstrom, Kompensation der Blindleistung | 32 |
| Transformator, Temperaturkoeffizient | 33 |
| Zahnradberechnungen, Übersetzungen | 34 |
| Druck, Reibung | 35 |
| Zug, Druck, Flächenpressung, Abscherung | 36 |
| Knickung, Biegung, Torsion | 37 |
| Berechnungen zur Pneumatik | 38 |
| Berechnungen zur Hydraulik | 39 |
| Licht und Optik | 40 |

Werkstoffe, Fertigung

| | |
|---|----|
| Werkstoffprüfung | 41 |
| Drehzahlnomogramm | 42 |
| Kräfte und Leistungen beim Zerspanen | 43 |
| Schnittgeschwindigkeiten beim Zerspanen | 44 |

Hinweise für die Benutzer

Die oben aufgeführten Seitenüberschriften enthalten nicht die einzelnen, auf den Seiten vorkommenden Begriffe. Finden Sie also hier nicht das Gesuchte, so schauen Sie bitte im Sachwortverzeichnis nach.

Bauelemente, Messen, Steuern, Regeln

| | |
|--|----|
| Widerstände, Kondensatoren, Kennzeichnung | 46 |
| Transistoren als Schalter | 47 |
| Operationsverstärker | 48 |
| Regelungstechnik | 49 |
| Schaltungen zur Widerstandsbestimmung, Messbereichserweiterung | 50 |
| Messen mit Oszilloskop und PC | 51 |
| Gleichrichter, Wechselwegschaltung | 52 |

Elektrische Antriebe und Anlagen

| | |
|---|----|
| Prüfen elektrischer Maschinen, Schrittmotoren | 53 |
| Antriebstechnik | 54 |
| Gleichstromantriebe | 55 |
| Schutz von Leitungen, Mindest-Leiterquerschnitte | 56 |
| Überstrom-Schutzeinrichtungen | 57 |
| Feinsicherungen, Strombelastbarkeit von wärmefesten oder flexiblen Leitungen | 58 |
| Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für 70°C bei $\vartheta_U = 30^\circ\text{C}$ | 59 |
| Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für 90°C bei $\vartheta_U = 30^\circ\text{C}$ | 60 |
| Umrechnungsfaktoren für die Strombelastbarkeit | 61 |
| Leistungsberechnung | 62 |
| Fehlerschutz gegen elektrischen Schlag | 64 |
| Messungen zur Prüfung der Schutzaufnahmen gegen elektrischen Schlag | 65 |

Digitaltechnik, Informationstechnik

| | |
|---|----|
| Binäre Verknüpfungen, Schaltalgebra | 66 |
| Wertetabelle und KV-Diagramme | 67 |
| Sequenzielle Schaltungen, DA-Umsetzer und AD-Umsetzer | 68 |
| Datenübertragung | 69 |
| Koordinaten und Arbeitsbewegungen bei CNC-Maschinen | 70 |

Verbindungstechnik

| | |
|--|----|
| Gewinde | 71 |
| ISO-System für Grenzmaße und Passungen .. | 72 |
| Statistische Berechnungen und Prozesslenkung | 73 |

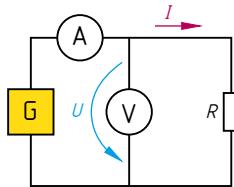
Betriebliche Berechnungen

| | |
|---|----|
| Kosten, Preise, Kennzahlen | 74 |
| Betriebswirtschaftliche Kalkulation | 75 |
| Kennzahlen der Produktion | 76 |
| Hauptnutzungszeiten | 77 |
| Arbeitsvorbereitung | 78 |
| Rechenregeln anwenden beim Formeln Umstellen | U3 |

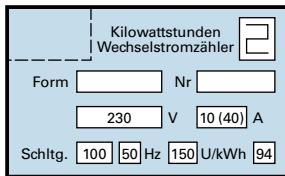
Rechenregeln

| Vorzeichenregeln | (Fortsetzung Regeln der Bruchrechnung) | (Fortsetzung Regeln d. Klammerrechnung) |
|--|--|---|
| Positives Produkt $a \cdot b = a \cdot b = b \cdot a = ab = ba$ $(-a) \cdot (-b) = a \cdot b = ab = ba$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(+ · +) = (+)</div> 1 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(- · -) = (+)</div> 2 | Addition, Subtraktion ungleichnamiger Brüche $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = \frac{xb + ya}{ab}$ Hauptnenner: ab Der Hauptnenner muss gebildet werden. Durch Erweitern der Brüche werden diese auf den Hauptnenner gebracht. Anschließend kann addiert bzw. subtrahiert werden. | Multiplizieren von Klammerausdrücken $(a + b) \cdot (c - d) = ac - ad + bc - bd$ $(a + b) \cdot (a - b) = a^2 - ab + ab - b^2$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(a + b) · (a - b) = a² - b²</div> 8 |
| Negatives Produkt $a \cdot (-b) = -a \cdot b = -ab$ $(-a) \cdot b = -a \cdot b = -ab$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(+ · -) = (-)</div> 3 | Multiplikation von Brüchen $\frac{x}{a} \cdot \frac{y}{b} = \frac{xy}{ab}$ 7 | Quadrieren von Klammerausdrücken $(a + b)^2 = (a + b) \cdot (a + b)$ $= a^2 + ab + ab + b^2$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(a + b)² = a² + 2 ab + b²</div> 9 |
| Positiver Quotient $\frac{-a}{-b} = \frac{a}{b}$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(+): (+) = (+)</div> 4 <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(-): (-) = (+)</div> 5 | Division von Brüchen $\frac{x}{a} : \frac{y}{b} = \frac{x/a}{y/b} = \frac{x \cdot b}{a \cdot y}$ Der Dividend $\frac{x}{a}$ wird mit dem Kehrwert des Divisors $\frac{y}{b}$ multipliziert. | Beim Quadrieren von Klammerausdrücken ist auf die richtige Berechnung der Zeichen Plus und Minus zu achten (siehe Vorzeichenregeln). |
| Negativer Quotient $\frac{-a}{b} = -\frac{a}{b} \quad \frac{a}{-b} = -\frac{a}{b}$ <div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">(+): (-) = (-)</div> 6 | Kürzen, Erweitern von Brüchen $\frac{a}{b} = \frac{a \cdot d}{b \cdot d}$ $\frac{a \cdot c}{b \cdot c} = \frac{a}{b}$ Der Wert eines Bruches bleibt unverändert, wenn Zähler und Nenner mit derselben Zahl multipliziert oder dividiert werden. | Dividieren eines Klammerausdrückes $(a + b) : c = \frac{a + b}{c} = \frac{a}{c} + \frac{b}{c}$ $\frac{a - b}{a} = \frac{a}{a} - \frac{b}{a} = 1 - \frac{b}{a}$ Jedes Glied der Klammer wird durch den Divisor dividiert. |
| Punktrechnungen, Strichrechnungen $2 \cdot a - b \cdot 4 \cdot c \cdot 2 \cdot d = 2 ab - 8 cd$ Punktrechnungen (· und :) müssen vor Strichrechnungen (+ und -) ausgeführt werden. | Regeln der Klammerrechnung Pluszeichen vor Klammer $a + (b - c) = a + b - c$ Ein Pluszeichen vor einer Klammer erlaubt das Weglassen der Klammer. | Klammerauflösung, Punktrechnung, Strichrechnung $a \cdot (2x - x) + b \cdot (5y + 2y)$ $= ax + b \cdot 7y = ax + 7by$ Die Klammerauflösung ist vor der Punktrechnung, diese wiederum vor der Strichrechnung auszuführen. |
| Regeln der Bruchrechnung Addition, Subtraktion gleichnamiger Brüche $\frac{x}{a} + \frac{y}{a} - \frac{z}{a} = \frac{x + y - z}{a}$ Bei gleichnamigen Brüchen werden die Zähler addiert bzw. subtrahiert. | Multiplikation eines Faktors mit einem Klammerausdruck $a \cdot (b + c) = ab + ac$ Jedes Glied der Klammer wird mit dem Faktor multipliziert. | Regeln beim Potenzieren Multiplizieren von Potenzen gleicher Basis $a^2 \cdot a^3 = a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^5$ $a^2 \cdot a^3 = a^{(2+3)} = a^5$ Die Exponenten werden addiert. |
| Siehe auch Umschlagseite am Buchende | | Dividieren von Potenzen gleicher Basis $a^4 : a^2 = \frac{a \cdot a \cdot a \cdot a}{a \cdot a} = a^2$ $a^4 : a^2 = \frac{a^4}{a^2} = a^{(4-2)} = a^2$ Die Exponenten werden subtrahiert. |
| | | (Fortsetzung nächste Seite) |

Elektrische Leistung



Ermitteln der Leistung mit Strommesser und Spannungsmesser



Leistungsschild eines Zählers

$$P = U \cdot I$$

$$[P] = V \cdot A = AV = W = J/s$$

$$[n] = 1/h$$

$$[C_z] = 1/kWh$$

elektrische Leistung

$$P = I^2 \cdot R$$

$$P = \frac{U^2}{R}$$

elektr. Leistung bei gleichem Lastwiderstand

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2}$$

Indizes 1 und 2 gelten für verschiedene Betriebsfälle.

Leistungsmessung mit Zähler

$$[t] = h$$

$$P = \frac{\text{Zahl der Umdrehungen}}{t \cdot C_z}$$

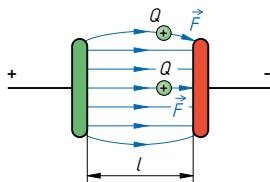
elektrische Leistung

$$P = \frac{n}{C_z}$$

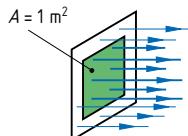
 C_z Zählerkonstante in Umdr./kWh P Leistung U Spannung I Stromstärke R Lastwiderstand n Umdrehungsfrequenz, Drehzahl t Zeit

Die Bedeutung weiterer Formelzeichen ist aus den Bildern erkennbar.

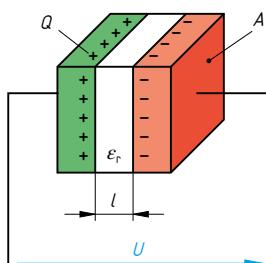
Elektrisches Feld



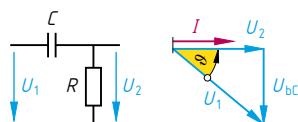
Elektrische Feldstärke



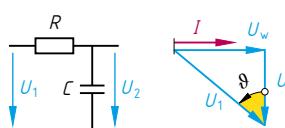
Elektrische Flussdichte



Kapazität



Hochpass



Tiefpass

Die elektrische **Feldstärke** E gibt die Kraft an, die auf die Ladung $Q = 1 \text{ As}$ im elektrischen Feld wirkt.

Anziehungskraft Plattenkondensator

$$F = \frac{1}{2} \cdot E \cdot Q$$

Die elektrische **Flussdichte** D gibt an, wie groß die Ladung je Quadratmeter ist.

elektrische Flussdichte

$$D = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E$$

$$[F] = N$$

$$D = \frac{Q}{A} \quad [D] = \frac{As}{m^2}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot \frac{pAs}{Vm} = 8,85 \text{ pF/m}$$

$$[C] = \frac{As}{V} = F \text{ (Farad)}$$

$$[Q] = V \cdot A = \text{var}$$

var = Volt-Ampere-reaktiv (reakтив = rückwirkend)

$$w = \frac{W}{V}$$

$$[W] = \frac{As}{V} \cdot V^2 = Ws = J \quad (\text{Joule})$$

$$[w] = \frac{J}{m^3}$$

$$[R] = \Omega = V/A$$

$$[f_c] = \text{Hz} = 1/s = \frac{1}{V/A \cdot As/V}$$

elektrische Feldstärke

$$E = \frac{F}{Q}$$

$$F = E \cdot Q$$

beim homogenen Feld

$$E = \frac{U}{l}$$

Kapazität

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{l}$$

$$A = C \cdot l \cdot \epsilon$$

$$l = \epsilon \cdot A / C$$

Ladung

$$Q = I \cdot t$$

$$\Delta Q = i \cdot \Delta t$$

Energiedichte

$$w = \frac{1}{2} \cdot D \cdot E$$

Hochpass und Tiefpass

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{\sqrt{1 + (f_c/l)^2}}$$

Energie

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Impedanz

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

Grenzfrequenz

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

A Plattenfläche gleicher Ladung

Q Ladung
t Zeit ϵ_0 elektrische Feldkonstante
 ϵ_r Permittivitätszahl

C Kapazität

U, u Spannung

Indices:

D elektrische Flussdichte

V Volumen

1 Eingang

E elektrische Feldstärke

w Energiedichte

2 Ausgang

f Frequenz

W Arbeit, Energie

b Blind-

F Kraft

X Blindwiderstand

A kapazitiv

f_c Grenzfrequenz (c von cut)

Δ Differenz (Delta)

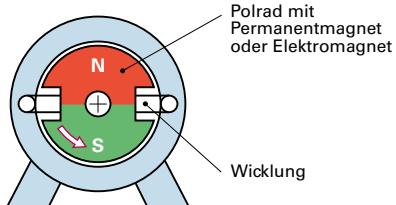
w Wirk-

I, i Stromstärke

ε Permittivität

Die Bedeutung weiterer Formelzeichen ist aus den Bildern und Formelüberschriften erkennbar.

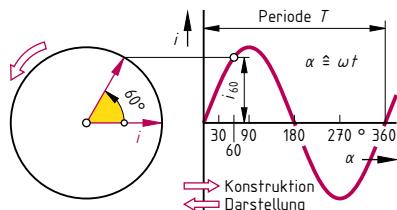
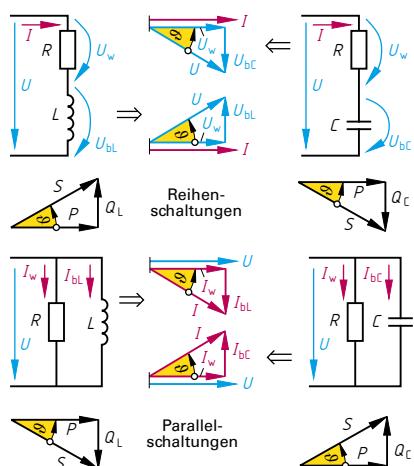
Sinuswechselspannung, Impuls



$$[f] = 1/s = \text{Hz}$$

$$[n] = 1/s$$

Innenpolmaschine mit einem Polpaar

Konstruktion und Darstellung einer Sinuslinie durch einen Zeiger bei $\varphi_0 = 0^\circ$ 

Schaltungen und Zeigerbilder

Kreisfrequenz

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

$$f = \frac{1}{T} \quad 1$$

Frequenz

$$f = p \cdot n \quad 2$$

Effektivwert bei Sinusform

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \quad 4$$

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} \quad 5$$

$$\hat{u} = \sqrt{2} \cdot U$$

$$\hat{i} = \sqrt{2} \cdot I$$

Augenblickswerte

$$u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad 6$$

$$i = \hat{i} \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad 7$$

$$U = S/I$$

$$I = S/U$$

Scheinleistung

$$S = U \cdot I \quad 8$$

$$[\omega] = \text{rad} = \frac{1}{s}$$

$$[t] = \text{s}$$

$$[\varphi_0] = \text{rad}$$

$$[u] = [\hat{u}] = \text{V}$$

φ_0 ist Winkel bei $u = 0$ oder $i = 0$ vor 1. Null-durchgang

$$[U] = \text{V}, [I] = \text{A}$$

$$[P] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{W}$$

$$[\varphi] = \text{rad} \text{ oder } {}^\circ$$

$$[Q] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{var}$$

$$[S] = \text{V} \cdot \text{A} = \text{VA}$$

$$U = S/I$$

$$I = S/U$$

Wirkleistung

$$P = U_w \cdot I_w \quad 9$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad 10$$

$$I_w = P/U_w$$

$$\cos \varphi = P/(U \cdot I)$$

Blindleistung

$$Q = U_b \cdot I_b \quad 11$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad 12$$

Scheinleistung

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad 13$$

Hinweis:
Den Wirkungsfaktor $\cos \varphi$ darf man nicht mit dem Wirkungsgrad η verwechseln (Seite 22, Formel 16).

$$[U_b] = \text{V}$$

$$[I_b] = \text{A}$$

$$[Z] = [R] = [X] = \Omega$$

$$[L] = \text{As/V} = \text{H} (\text{Henry})$$

$$[C] = \text{Vs/A} = \text{F} (\text{Farad})$$

Wirkfaktor

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad 14$$

Blindfaktor

$$\sin \varphi = \frac{Q}{S} \quad 15$$

$$P = S \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

Impedanz (Scheinwiderstand)

$$Z = \frac{U}{I} \quad 16$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad 17$$

Wirkwiderstände (Resistansen)

$$R = Z \cdot \cos \varphi \quad 18$$

$$R = \frac{U_w}{I_w} \quad 19$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X^2} \quad 20$$

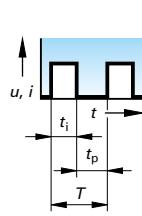
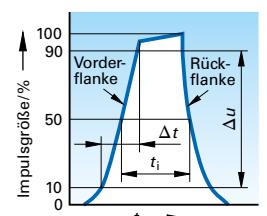
Blindwiderstände (Reaktanzen)

$$X_L = \omega \cdot L \quad 21$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad 22$$

$$X = Z \cdot \sin \varphi \quad 23$$

Impuls



$$[S_\Delta] = \frac{\text{V}}{\text{s}} \text{ oder } \frac{\text{A}}{\text{s}}$$

Steilheit

$$S_\Delta = \frac{\Delta u}{\Delta t} \quad 24$$

$$S_\Delta = \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad 25$$

Periodendauer

$$T = t_i + t_p \quad 26$$

$$T = \frac{\Delta u}{S_\Delta} \quad 24$$

Frequenz

$$f = \frac{1}{T} \quad 27$$

Tastgrad

$$g = \frac{t_i}{T} \quad 28$$

$$[T] = [t_i] = [t_p] = \text{s};$$

$$[f] = \frac{1}{\text{s}} = \text{Hz}; [g] = \frac{\text{s}}{\text{s}} = 1$$

$$T = t_i/g$$

Kenngrößen beim Impuls

- i Augenblickswert des Stromes
- I Effektivwert des Stromes
- n Umdrehungsfrequenz des Polrades
- T Periodendauer
- U Effektivwert der Spannung
- p Polpaarzahl, halbe Polzahl

- S_Δ Steilheit
- φ_0 Nullphasenwinkel (Winkel ωt vor dem 1. Nulldurchgang von u bzw. i)
- ω Kreisfrequenz (Omega)
- $\hat{\cdot}$ Scheitelwert, z.B. \hat{i} Stromscheitelwert

- b Blind-
- C kapazitiv
- L induktiv
- i Impuls
- p Pause
- w Wirk-
- Δ Differenz (Delta), z.B. Δt Zeitdauer

Die Bedeutung weiterer Formelzeichen ist aus den Bildern und Formelüberschriften erkennbar.

Kräfte und Leistungen beim Zerspanen

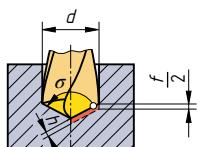
Spezifische Schnittkraft für Hartmetallwerkzeuge

| Werkstoff | Spezifische Schnittkraft k_c in N/mm ² bei h in mm | | | | | | | | | m_c |
|-------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|-------|
| | 0,08 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,50 | 0,80 | $k_{c1,1}$ | 1,50 | |
| 235JR | 2735 | 2633 | 2458 | 2340 | 2184 | 2003 | 1850 | 1780 | 1661 | 0,17 |
| E295 | 3838 | 3621 | 3258 | 3024 | 2721 | 2383 | 2108 | 1990 | 1791 | 0,26 |
| C35 | 2998 | 2823 | 2531 | 2341 | 2098 | 1828 | 1612 | 1516 | 1359 | 0,27 |
| C60 | 3356 | 3224 | 2996 | 2846 | 2645 | 2413 | 2215 | 2130 | 1980 | 0,18 |
| 11SMnPb30 | 1891 | 1816 | 1688 | 1603 | 1490 | 1359 | 1250 | 1200 | 1116 | 0,18 |
| 16MnCr5 | 4050 | 3821 | 3438 | 3191 | 2872 | 2515 | 2227 | 2100 | 1890 | 0,26 |
| 20MnCr5 | 3949 | 3734 | 3373 | 3140 | 2838 | 2497 | 2219 | 2100 | 1898 | 0,25 |
| 18CrMo4 | 3518 | 3387 | 3162 | 3011 | 2810 | 2576 | 2381 | 2290 | 2137 | 0,17 |
| 42CrMo4 | 4821 | 4549 | 4092 | 3799 | 3419 | 2994 | 2650 | 2500 | 2250 | 0,26 |
| 50CrV4 | 4281 | 4040 | 3635 | 3374 | 3036 | 2658 | 2354 | 2220 | 1998 | 0,26 |
| X210CrW12 | 3510 | 3312 | 2981 | 2766 | 2489 | 2179 | 1931 | 1820 | 1638 | 0,26 |
| X5CrNi18-10 | 3994 | 3811 | 3500 | 3295 | 3026 | 2718 | 2462 | 2350 | 2158 | 0,21 |
| X30Cr13 | 3510 | 3312 | 2981 | 2766 | 2489 | 2179 | 1931 | 1820 | 1638 | 0,26 |
| GJL-200 | 1918 | 1814 | 1638 | 1525 | 1378 | 1213 | 1081 | 1020 | 922 | 0,25 |
| GJL-400 | 2835 | 2675 | 2408 | 2234 | 2010 | 1760 | 1558 | 1470 | 1323 | 0,26 |
| GJS-600 | 2274 | 2189 | 2042 | 1946 | 1816 | 1665 | 1538 | 1480 | 1381 | 0,17 |
| GJS-800 | 3439 | 3118 | 2608 | 2298 | 1923 | 1536 | 1250 | 1132 | 947 | 0,44 |
| AlCuMg1 | 1484 | 1410 | 1285 | 1202 | 1095 | 973 | 873 | 830 | 756 | 0,23 |
| AlMg3 | 1394 | 1325 | 1208 | 1129 | 1029 | 915 | 819 | 780 | 711 | 0,23 |
| CuZn40Pb2 | 1229 | 1181 | 1096 | 1042 | 969 | 884 | 812 | 780 | 725 | 0,18 |

Das Abtrennen eines Spanes mit dem Querschnitt 1 mm² erfordert die **spezifische Schnittkraft k_c** .

Sie ist abhängig von **Werkstoff**, **Spanungsdicke h** und **Vorschub**. Eine Erhöhung der Spanungsdicke verringert k_c .
Folgerung: **Spanungsdicke und Vorschub so weit wie möglich erhöhen**.

Kräfte und Leistungen



Bohren Schnittleistung

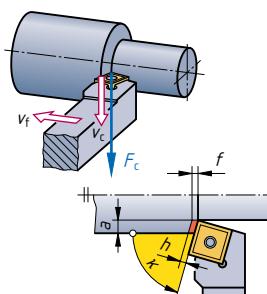
$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{2} = Q \cdot k_c \quad 2$$

Zeitspannungsvolumen

$$Q = \frac{A \cdot v_c}{2} \quad 3$$

Schnittkraft

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad 4$$



Drehen Schnittleistung

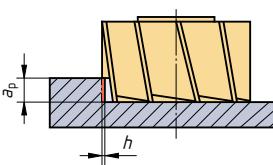
$$P_c = F_c \cdot v_c = Q \cdot k_c \quad 5$$

Zeitspannungsvolumen

$$Q = A \cdot v_c = a \cdot f \cdot v_c \quad 6$$

Schnittkraft

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad 7$$



Fräsen Schnittleistung

$$P_c = F_c \cdot v_c = Q \cdot k_c \quad 8$$

Zeitspannungsvolumen

$$Q = a_p \cdot a_e \cdot v_f \quad 9$$

Schnittkraft

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 \quad 10$$

Spanungsdicke

$$h \approx f_z \quad 11$$

Drehzahl

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} \quad 12$$

Vorschubgeschwindigkeit

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = f \cdot n \quad 13$$

Spanungsquerschnitt

$$A = a_p \cdot h \cdot z_e \quad 14$$

Schneidenzahl im Eingriff

$$z_e = z \cdot \frac{\varphi}{360^\circ} \quad 15$$

$[A] = \text{mm}^2$ $[h] = \text{mm}$

$[a] = \text{mm}$ $[k_c] = \text{N/mm}^2$

$[a_e] = \text{mm}$ $[n] = 1/\text{min}$

$[a_p] = \text{mm}$ $[P_c] = \text{W}$

$[d, D] = \text{m}$ $[Q] = \text{mm}^3/\text{min}$

$[f] = \text{mm}$ $[v_c] = \text{m/min}$

$[f_z] = \text{mm}$ $[v_f] = \text{mm/min}$

$[F_c] = \text{N}$

abweichend davon sind einzusetzen:

Formeln 2, 5, 8:

$[v_c] = \text{m/s}$

Formeln 3, 6:

$[v_c] = \text{mm/min}$

A Spanungsquerschnitt

a_e Arbeitseingriff (Fräsbreite)

a_p, a Schnitttiefe

d, D Durchmesser

f Vorschub/Umdrehung

f_z Vorschub/Schneide

F_c Schnittkraft

C_1 Korrekturfaktor Schneidstoff

C_2 Korrekturfaktor Schneidenverschleiß

h Spanungsdicke

h^{mc} Umrechnungsfaktor

k_c spezifische Schnittkraft

$k_{c1,1}$ Basiswert spez. Schnittkraft

m_c Werkstoffkonstante

n Drehzahl

P_c Schnittleistung

Q Zeitspannungsvolumen

v_c Schnittgeschwindigkeit

v_f Vorschubgeschwindigkeit

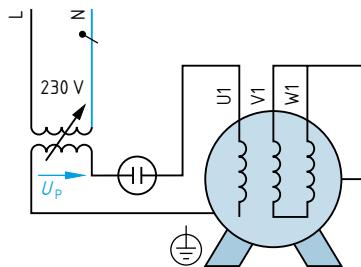
z_e Schneidenzahl im Eingriff

z Schneidenzahl

α Winkel zwischen Fräseereintritt und Fräseraustritt

φ Eingriffswinkel

Prüfen elektrischer Maschinen



Prüfschaltung

Prüfdauer nach Erreichen von U_P bzw. U_{PT}

- 1 min bei Stückprüfung
- 5 s oder 1 s bei Serienprüfung

Man beginnt mit $U_P/2$ bzw. $U_{PT}/2$ oder weniger und steigert dann innerhalb von $t \geq 10$ s allmählich auf die volle Prüfspannung.

Alle Wicklungen (außer den unten genannten):

für < 1 kW bzw. < 1 kVA, < 100 V

für < 10 MW bzw. 10 MVA

Prüfspannungen

$$U_P = 2 U_N + 500 \text{ V}$$

$$U_P = 2 U_N + 1000 \text{ V}$$

1

$$U_P = 4 U_{L0} + 1000 \text{ V}$$

$$U_P = 2 U_{L0} + 1000 \text{ V}$$

2

$$U_P = 10 U_e$$

3

$$U_P = 2 U_e + 1000 \text{ V}$$

4

$$U_{PT} = 0,75 U_P$$

5

$$U_P = 500 \text{ V}$$

$$U_P = 1,5 U_N$$

6

Schleifringläuferwicklung:

- mit Drehfeldumkehr
- ohne Drehfeldumkehr

Erregerwicklung von Synchronmaschinen:

1,5 kV, höchstens 3,5 kV

Fremderregte Gleichstrom-Erregerwicklung:

für 1,5 kV

Teilweise erneuerte Wicklungen:

alte Wicklungsteile reinigen und trocknen

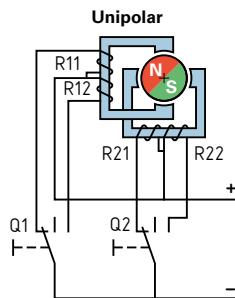
Wicklungen bei Maschinenrevision:

nach Reinigung und Trocknung $U_N < 100 \text{ V}$

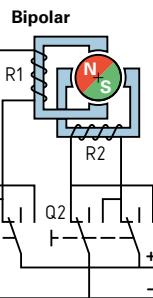
für mindestens 1 kV

$U_N \geq 100 \text{ V}$

Schrittmotoren



Zweistrang-Schrittmotoren



Die Schalter Q1 und Q2 sind z.B. Leistungstransistoren.

Halbschrittbetrieb

Schrittwinkel

$$\alpha = \frac{180^\circ}{2p \cdot m}$$

$$2p = 180^\circ / (\alpha \cdot m)$$

Schrittzahl

$$z_u = 2 \cdot 2p \cdot m$$

Drehzahl

$$n = \frac{f_{sch}}{2 \cdot 2p \cdot m}$$

$$2p = f_{sch} / (2 \cdot n \cdot m)$$

Vollschrittbetrieb

Schrittwinkel

$$\alpha = \frac{360^\circ}{2p \cdot m}$$

$$2p = 360^\circ / (\alpha \cdot m)$$

Schrittzahl

$$z_u = 2p \cdot m$$

Drehzahl

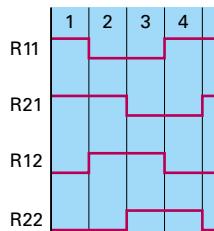
$$n = \frac{f_{sch}}{2p \cdot m}$$

$$2p = f_{sch} / (n \cdot m)$$

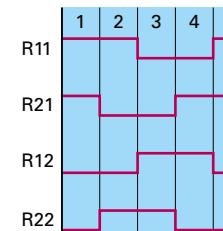
Taktfolge für einen Zweistrang-Schrittmotor

| Schritt-Nr., Reihenfolge | | Vollschrittbetrieb | |
|--------------------------|------------------------|--------------------|---------------|
| | | Halbschrittbetrieb | |
| Linkslauf | Rechtslauf | Schalter Q1 | Schalter Q2 |
| 4 \trianglelefteq 0 | 0 \trianglerighteq 4 | \leftarrow | \leftarrow |
| 3 $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | \leftarrow | Mitte |
| 3 | 1 | \leftarrow | \rightarrow |
| 2 $\frac{1}{2}$ | $1 \frac{1}{2}$ | Mitte | \rightarrow |
| 2 | 2 | \rightarrow | \rightarrow |
| 1 $\frac{1}{2}$ | $2 \frac{1}{2}$ | \rightarrow | Mitte |
| 1 | 3 | \rightarrow | \leftarrow |
| $\frac{1}{2}$ | $3 \frac{1}{2}$ | Mitte | \leftarrow |
| 0 | 4 | \leftarrow | \leftarrow |

Linkslauf



Rechtslauf



Zeitablaufdiagramm der Strangsiegel für Linkslauf und für Rechtslauf

$2p$ Polzahl

p Polpaarzahl

f_{sch} Schrittfrequenz

m Strangzahl, Phasenzahl

n Drehzahl (Umdrehungsfrequenz)

U_e Erregerspannung (Nenneregerspannung bzw. höchste Erregerspannung)

U_{L0} Läuferstillstandsspannung

U_N Bemessungsspannung, Nennspannung

U_P Prüfspannung

U_{PT} Prüfspannung bei teilweise erneuerter Wicklung

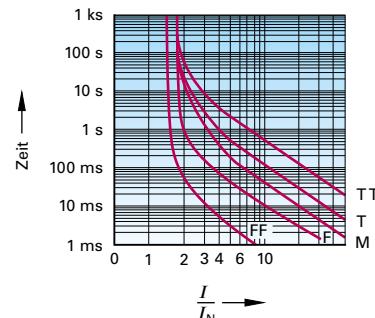
z_u Schrittzahl/Umdrehung

α Schrittwinkel

\trianglelefteq Schalterstellungen

Feinsicherungen, Strombelastbarkeit von wärmefesten oder flexiblen Leitungen

Feinsicherungen



Auslösekennlinien

| Größter Abschaltstrom von Feinsicherungen | | |
|---|---------------|---------------|
| Kennbuchstabe | DC 250 V in A | AC 250 V in A |
| B | 12,5 | 50 |
| C | 20 | 80 |
| D | 75 | 300 |
| E | 250 | 1000 |
| G | 750 | 1500 |

Abschaltung durch Feinsicherungen

| Benennung (Kennzeichen) | Abschaltung innerhalb 10 ms bei | Anwendungsbeispiel |
|-------------------------|---------------------------------|---|
| Superflink (FF) | $I_a \leq 3 I_N$ | Kurzschlusschutz von Halbleiterbauelementen |
| Flink (F) | $I_a \leq 10 I_N$ | Geräte ohne Einschaltstromstöße |
| Mittelträge (M) | $I_a \leq 20 I_N$ | bei kleiner Betriebsspannung |
| Träge (T) | $I_a \leq 30 I_N$ | bei hohen Einschaltströmen |
| Superträge (TT) | $I_a \leq 60 I_N$ | bei sehr hohen Einschaltströmen, z.B. Transformatoren |

sichere Auslöseströme

bei FF:

$$I_a = 3 \cdot I_N$$

$$I_a = 10 \cdot I_N$$

$$I_a = 20 \cdot I_N$$

$$I_a = 30 \cdot I_N$$

$$I_a = 60 \cdot I_N$$

Der Bemessungsstrom der Sicherung wird etwa so groß wie der Bemessungsstrom der Last gewählt, aber nicht kleiner. Das Einschaltverhalten der Last wird durch die Wahl des Abschaltverhaltens der Sicherung berücksichtigt.

Zu wählende Feinsicherung

$$I_N \geq I_n \text{ mit } I_N \approx I_n$$

Strombelastbarkeit wärmefester oder flexibler Leitungen

Umrechnungsfaktoren k wärmefester Leitungen

| Anzahl Strom führender Leiter Verlegeanordnung | ϑ_B in °C Isolierwerkstoff | Bauart-Kurzzeichen Beispiele | Umrechnungsfaktoren bei ϑ_u in °C | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|--|
| | | | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | |
| 1, 2 oder 3 V1, V2 | 90 Polyvinylchlorid | NYFAFW NYPLYW | 1,00 | 0,87 | 0,71 | 0,50 | — | — | — | |
| 1 V1 | 110 Ethylen-Vinylacetat-Copolymer | N4GA N4GAF | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,82 | 0,58 | — | |
| 1 V1 | 135 Ethylen-Tetrafluorethylen | N7YA N7YAF | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 0,79 | |

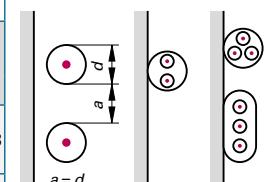
Übersteigt die Umgebungstemperatur die Bemessungstemperatur 50°C von wärmefesten Leitungen, so ist die Strombelastbarkeit geringer.

reduzierte Strombelastbarkeit

$$I_Z = k \cdot I_{50}$$

Tabellenwert zur Querschnittswahl

$$I_{50} \geq I_Z/k$$



Verlegeanordnungen V

Belastbarkeit flexibler Leitungen mit $U_N \leq 1000$ V bei Umgebungstemperatur $\vartheta_u = 30^\circ\text{C}$

| Anzahl Strom führender Leiter Verlegeanordnung | ϑ_B in °C Isolierwerkstoff | Bauart-Kurzzeichen Beispiele | Belastung I_Z in A bei einem Bemessungsquerschnitt A in mm² | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------------|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 50 | |
| 1 V1 | 70 Polyvinylchlorid | H05V-U H07V-U H07V-K | 15 | 19 | 24 | 32 | 42 | 54 | 73 | 98 | 129 | 158 | 198 |
| 2 oder (3) V2, V3 | 60 Gummi | H05RN-F H07RN-F NMHVÖU | 6 (6) | 10 (10) | 16 (16) | 25 (20) | 32 (25) | 40 (—) | 63 (—) | — (—) | — (—) | — (—) | — (—) |
| 3 ≤ 6 kV/10 kV V2 | 80 Ethylenpropylen-Kautschuk | NSSHÖU | 30 | 41 | 53 | 74 | 99 | 131 | 162 | 202 | 250 | 301 | 352 |
| 2 oder 3 V2, V3 | 70 Polyvinylchlorid | H05VVH6-F F07VVH6-F MYMH11YÖ | 12 | 15 | 18 | 26 | 34 | 44 | 61 | 82 | 108 | 135 | 168 |

a Leiterabstand

AC Wechselstrom, Wechselspannung (von alternating current)

d Leiterdurchmesser

DC Gleichstrom, Gleichspannung (von direct current)

 I_a Auslösestrom (Abschaltstrom) der Sicherung I_N Bemessungsstrom der Sicherung I_{50} Nennstrom der Last I_Z Belastbarkeit des Leiters I_{50} Bemessungsstromstärke der Leitung bei 50°C

k Umrechnungsfaktor

 ϑ_B Bemessungsbetriebstemperatur des Leiters (Theta) ϑ_u Umgebungstemperatur der Leitung (Theta) U_N Bemessungsspannung der Leitung

Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für 90°C bei $\vartheta_{\text{II}} = 30^\circ\text{C}$

vgl. DIN VDE 0298-4

| Nennquerschnitt A der Leiter in mm ² | Strombelastbarkeit I _r in A bei maximaler Betriebstemperatur am Leiter von $\vartheta_B = 90^\circ\text{C}$ und bei $\vartheta_U = 30^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|-------------------------------|-----|-----|----------|-----|------------------|-----|-------------|-----|-----------------------|-----|---------------------|-----|-----|---|
| | Bemessungsstrom I _N der Überstrom-Schutzeinrichtung in A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verlegeart, Anzahl der stromführenden Leiter | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | in wärmedämmter Wand A2 | | in Elektroinstallationsrohren | | | auf Wand | | in Erde mit Rohr | | mit Abstand | | in Luft mit Berührung | | in Luft mit Abstand | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | B1 | | B2 | | | C | | D | | E | | F | | G | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | |
| Kupferleitungen, Kupferkabel | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | 18,5 | 16,5 | 23 | 20 | 22 | 19,5 | 24 | 22 | 22 | 18 | 22 | 18,5 | — | — | — | — | — |
| | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 16 | 20 | 20 | 20 | 16 | 20 | 16 | | | | | |
| 2,5 | 25 | 22 | 31 | 28 | 30 | 26 | 33 | 30 | 29 | 24 | 30 | 25 | — | — | — | — | — |
| | 25 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 32 | 25 | 25 | 20 | 25 | 25 | | | | | |
| 4 | 33 | 30 | 42 | 37 | 40 | 35 | 45 | 40 | 37 | 30 | 40 | 34 | — | — | — | — | — |
| | 32 | 25 | 40 | 35 | 40 | 32 | 40 | 40 | 35 | 25 | 35 | 32 | | | | | |
| 6 | 42 | 38 | 54 | 48 | 51 | 44 | 58 | 52 | 46 | 38 | 51 | 43 | — | — | — | — | — |
| | 40 | 35 | 50 | 40 | 50 | 40 | 50 | 50 | 40 | 35 | 50 | 40 | | | | | |
| 10 | 57 | 51 | 75 | 66 | 69 | 60 | 80 | 71 | 78 | 64 | 94 | 80 | — | — | — | — | — |
| | 50 | 50 | 63 | 63 | 63 | 50 | 80 | 63 | 63 | 63 | 80 | 80 | | | | | |
| 16 | 76 | 68 | 100 | 88 | 91 | 80 | 107 | 96 | 78 | 64 | 94 | 80 | — | — | — | — | — |
| | 63 | 63 | 100 | 80 | 80 | 80 | 100 | 80 | 63 | 63 | 80 | 80 | | | | | |
| 25 | 99 | 89 | 133 | 117 | 119 | 105 | 138 | 119 | 99 | 82 | 119 | 101 | 131 | 114 | 146 | 130 | |
| | 80 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 125 | 100 | 80 | 80 | 100 | 100 | 125 | 100 | 125 | 125 | |
| 35 | 121 | 109 | 164 | 144 | 146 | 128 | 171 | 147 | 119 | 98 | 148 | 126 | 162 | 143 | 181 | 162 | |
| | 100 | 100 | 160 | 125 | 125 | 125 | 160 | 125 | 100 | 80 | 125 | 125 | 116 | 125 | 160 | 160 | |
| 50 | 145 | 130 | 198 | 175 | 175 | 154 | 209 | 179 | 140 | 116 | 180 | 153 | 196 | 174 | 219 | 197 | |
| | 125 | 125 | 160 | 160 | 160 | 125 | 200 | 160 | 125 | 100 | 160 | 125 | 160 | 160 | 200 | 160 | |
| 70 | 183 | 163 | 253 | 222 | 221 | 194 | 269 | 229 | 173 | 143 | 232 | 196 | 251 | 225 | 281 | 254 | |
| | 160 | 160 | 250 | 200 | 200 | 160 | 250 | 224 | 160 | 125 | 200 | 160 | 250 | 224 | 250 | 250 | |
| 95 | 220 | 197 | 306 | 269 | 265 | 233 | 328 | 278 | 159 | 132 | 210 | 183 | 235 | 212 | 265 | 241 | |
| | 200 | 160 | 250 | 250 | 250 | 224 | 315 | 250 | 125 | 125 | 200 | 160 | 224 | 200 | 250 | 224 | |
| 120 | 253 | 227 | 354 | 312 | 305 | 268 | 382 | 322 | 180 | 150 | 244 | 212 | 273 | 247 | 308 | 282 | |
| | 250 | 224 | 315 | 250 | 250 | 250 | 355 | 315 | 160 | 125 | 224 | 200 | 250 | 224 | 300 | 250 | |
| Aluminiumleitungen, Aluminiumkabel | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 58 | 53 | 79 | 70 | 71 | 62 | 83 | 73 | 77 | 64 | 89 | 78 | 98 | 87 | 112 | 99 | |
| | 50 | 50 | 63 | 63 | 63 | 50 | 80 | 63 | 63 | 63 | 80 | 63 | 80 | 80 | 100 | 80 | |
| 35 | 71 | 65 | 97 | 86 | 86 | 77 | 103 | 90 | 93 | 77 | 111 | 96 | 122 | 109 | 139 | 124 | |
| | 63 | 63 | 80 | 80 | 80 | 63 | 100 | 80 | 80 | 63 | 100 | 80 | 100 | 100 | 125 | 100 | |
| 50 | 86 | 78 | 118 | 104 | 104 | 92 | 125 | 110 | 109 | 91 | 135 | 117 | 149 | 133 | 169 | 152 | |
| | 80 | 63 | 100 | 100 | 100 | 80 | 125 | 100 | 100 | 80 | 125 | 100 | 125 | 125 | 160 | 125 | |

- Einteilung der Verlegung siehe auch vorhergehende Seite.
 - Für A1 können die Werte von A2 verwendet werden, da bei A1 die Belastbarkeit nur wenig größer ist als bei A2.
 - Bei E liegen z.B. mehradrige Kabel oder Mantelleitungen vor, deren Abstand von der Wand mindestens $0,3 \times D$ beträgt (D Kabeldurchmesser).
 - Bei F liegen z.B. einadrige Kabel oder Mantelleitungen mit gegenseitiger Berührung vor, bei denen der Wandabstand mindestens D beträgt (D Kabeldurchmesser).
 - Bei G liegen z.B. einadrige Kabel oder Mantelleitungen vor, bei denen der gegenseitige Abstand und der Wandabstand mindestens D beträgt (D Kabeldurchmesser).

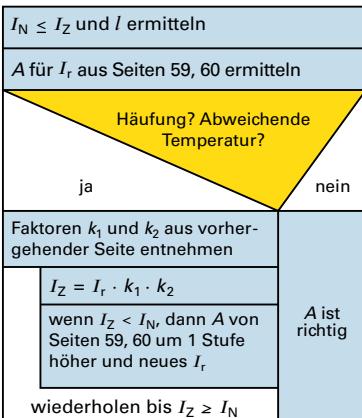
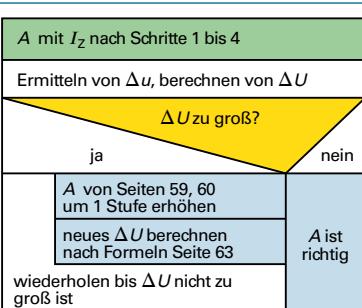
Strombelastbarkeit und Bemessungsströme der Überstrom-Schutzeinrichtungen höherer Querschnitte in DIN VDE 0298-4.

Ablauf der Leistungsberechnung

| Leitungslänge | Bedingung | Bemessungsgrundlage | Beispiel |
|-----------------|---|---|---|
| kurz | Leitungslänge ≤ 10 m, Bemessungsstrom der Last ≤ 6 A. | Bemessung nach mechanischer Festigkeit, Mindestquerschnitt nach Seite 56. Im Zweifelsfall wie bei normaler Leitungslänge verfahren. | Handgerät mit $I_N = 2$ A, Leitungslänge 2 m |
| normal | Bei AC und DC Leitungslänge etwa ≤ 50 m, bei 3AC etwa ≤ 80 m, Bemessungsstrom beliebig. | Bemessung nach zulässiger Erwärmung durch den Strom, Strombelastbarkeit nach Seite 59, 60. Im Zweifelsfall siehe Leitung normal bis lang. | Beleuchtungsanlage mit $I_N = 16$ A, Leitungslänge 30 m |
| normal bis lang | Leitungslänge zwischen normal und lang. | Bemessung nach Strombelastbarkeit wie bei normaler Leitungslänge, dann auf Spannungsfall prüfen, siehe unten und folgende Seite. | 3AC-Motor mit $I_N = 16$ A, Leitungslänge 80 m |
| lang | Bei AC und DC Leitungslänge > 50 m, bei 3AC Leitungslänge > 80 m. | Berechnung des zulässigen Spannungsfalls Δu . Bemessung nach dem Querschnitt beim zulässigen Spannungsfall, siehe unten und folgende Seite. | 3AC-Motor mit $I_N = 16$ A, Leitungslänge 150 m |

Jede Leitungsanlage muss bemessen sein nach den Mindestquerschnitten, der Strombelastbarkeit und dem Spannungsfall.

Leistungsberechnung bei normaler oder normaler bis großer Leitungslänge

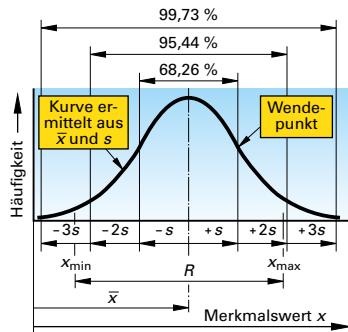
| Struktogramm | Schritte bei der Berechnung | Bemerkungen, Formeln |
|---|--|----------------------|
|  <p>Rechengang bei normaler Leitungslänge</p> <ol style="list-style-type: none"> Ermittlung des Bemessungsstromes I_N der Last, der Länge der Leitung und der Umgebungstemperatur ϑ_U (in Deutschland meist 25°C). Liegen Leitungshäufungen nicht vor, wird bei einer Umgebungstemperatur von 30°C der Leiterquerschnitt direkt aus den Tabellen der Seiten 59 bzw. 60 entnommen. Liegt eine von 30°C abweichende Umgebungstemperatur vor, so übernimmt man den Faktor k_1 für diese Umgebungstemperatur aus vorhergehender Seite und berechnet I_Z. Ist $I_N \leq I_Z$, so ist A richtig. Ist aber $I_Z \leq I_N$, so nimmt man den nächsthöheren Querschnitt A und prüft dessen Belastbarkeit I_Z mittels k_1. A ist richtig, wenn $I_N \leq I_Z$. Andernfalls erhöht man den Querschnitt nochmals und wiederholt den Vorgang. Beachte auch Seite 58. Bei Leitungshäufung entnimmt man den Faktor für Leitungshäufung von vorhergehender Seite. Man bildet daraus und aus k_1 das Produkt $k_1 \cdot k_2$ für die Belastbarkeit I_Z. Für 30°C ist $k_1 = 1$. Ist $I_Z \leq I_N$, so nimmt man den nächsthöheren Querschnitt und prüft dessen Belastbarkeit I_Z mittels $k_1 \cdot k_2$. Dabei muss sein $I_N \leq I_Z$. | <p>Bedingung für Leiterquerschnitt</p> $I_N \leq I_r$ <p>Strombelastbarkeit bei $\vartheta_U \neq 30^\circ\text{C}$</p> $I_Z = I_r \cdot k_1$ <p>Strombelastbarkeit bei $\vartheta_U \neq 30^\circ\text{C}$ und Leitungshäufung</p> $I_Z = I_r \cdot k_1 \cdot k_2$ <p>(statt k auch f)</p> | |
|  <p>Rechengang bei normaler bis großer Leitungslänge</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. bis 4. vorgehen wie bei normaler Leitungslänge. A und I_N festhalten. Bei AC und 3AC ist der $\cos \varphi$ zu ermitteln und zu klären, mit welcher Leitertemperatur gerechnet werden soll (folgende Seite, für überschlägige Berechnung ist das meist 20°C). Feststellen, wie groß Δu sein darf (folgende Seite) und daraus ΔU berechnen. Prüfen, ob ΔU beim ermittelten A zu groß ist. Wenn nicht zu groß, dann stimmt A. Wenn zu groß, dann nächstgrößeren Querschnitt von Seiten 59, 60 nehmen. Das neue ΔU berechnen und auf Zulässigkeit prüfen. Wenn ΔU nicht zu groß ist, dann stimmt A. Wenn ΔU zu groß ist, dann 8. wiederholen, bis A stimmt. | <p>Siehe Formeln 1 bis 3</p> <p>Spannungsfall in V</p> $\Delta U = \frac{\Delta u \cdot U_N}{100\%}$ <p>Δu siehe folgende Seite.</p> <p>Benötigte Seiten 58 bis 61.</p> | |

A Leiterquerschnitt
 k_1 Faktor wegen Temperaturabweichung
 k_2 Faktor wegen Leitungshäufung
 I Leitungslänge
 I_N Bemessungsstrom der Last

I_Z Strombelastbarkeit des Leiters
 I_r Tabellenwert der Strombelastbarkeit bei 30°C
 U_N Bemessungsspannung des Netzes (meist bei AC 230 V, bei 3AC 400 V)

ΔU Spannungsfall in V
 Δu Spannungsfall in % der Netz-Bemessungsspannung
 $\cos \varphi$ Leistungsfaktor der Last
 ϑ_U Umgebungstemperatur

Statistische Berechnungen und Prozesslenkung



Wahrscheinlichkeit: Verhältnis einer Anzahl z.B. fehlerhafter Teile zu einer Gesamtanzahl von Teilen.

Wahrscheinlichkeit

$$P = \frac{g}{m_T} \cdot 100\% \quad 1$$

$$g = \frac{P \cdot m_T}{100\%} \quad 2$$

Normalverteilung: Charakteristische Verteilung von Merkmalswerten, z.B. Messwerte, zugeordnet zu Klassen, z.B. Teiledurchmesser.

Arithmetischer Mittelwert: Summierte Einzelmesswerte einer Stichprobe dividiert durch die Anzahl der Messwerte.

Medianwert: Mittlerer Wert der nach der Größe geordneten Messwerte (\tilde{x}).

Absolute Häufigkeit: Anzahl der Stichprobenwerte einer Klasse.

Relative Häufigkeit: Absolute Häufigkeit im Verhältnis zur Anzahl von z.B. Messwerten.

Standardabweichung: 68,26% aller Messwerte liegen zwischen den Grenzen $+s$ und $-s$ (Streuung).

Spannweite: Differenz zwischen größtem Messwert und kleinstem Messwert.

Histogramm: Grafische Darstellung der Häufigkeit der Messwerte als absoluter Wert oder relativer Wert in Form eines Balkendiagramms.

Maschinenfähigkeit: Bewertung einer Maschine hinsichtlich ihrer Fähigkeit, innerhalb vorgegebener Grenzwerte fertigen zu können.

Maschinenfähigkeit bedeutet, dass 99,994% der Merkmalswerte (Messwerte) innerhalb der Grenzwerte liegen und der Mittelwert \bar{x} mindestens um die Größe $3s$ von den Toleranzgrenzen entfernt liegt.

Prozessfähigkeit: Bewertung des Fertigungsprozesses hinsichtlich des Erfüllens festgelegter Forderungen.

Natürlicher Prozessverlauf: 2/3 aller Messwerte liegen im Bereich $\pm s$, alle Werte liegen innerhalb der Eingriffsgrenzen.

Trend-Prozessverlauf: 7 oder mehr aufeinander folgende Werte zeigen eine steigende oder fallende Tendenz.

Arithmetischer Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad 3$$

Gesamtmittelwert

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_m}{m} \quad 4$$

Relative Häufigkeit

$$h_j = \frac{n_j}{n} \cdot 100\% \quad 5$$

Mittelwert der Standardabweichungen

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m} \quad 7$$

Spannweite

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad 8$$

Mittlere Spannweite

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad 9$$

Standardabweichung

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad 6$$

Maschinenfähigkeitsindizes

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} \quad 11$$

$$C_{mk} = \frac{\Delta \text{krit}}{3 \cdot s} \quad 12$$

Eine Maschinenfähigkeit gilt üblicherweise als nachgewiesen, wenn z.B.

- $C_m \geq 1,67$ und
- $C_{mk} \geq 1,67$.

Prozessfähigkeitsindizes

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{s}} \quad 13$$

$$C_{pk} = \frac{\Delta \text{krit}}{3 \cdot \hat{s}} \quad 14$$

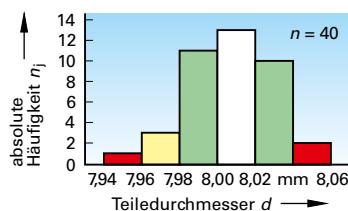
Eine Prozessfähigkeit gilt üblicherweise als nachgewiesen, wenn z.B.

- $C_p \geq 1,33$ und
- $C_{pk} \geq 1,33$.

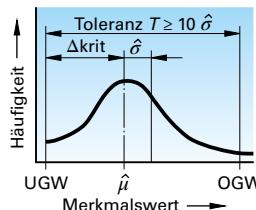
$$\hat{s} = \sqrt{(s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_m^2)/m}$$

$$\hat{x} = \bar{x}$$

Normalverteilung

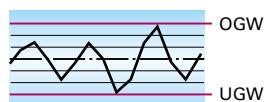


Histogrammdarstellung

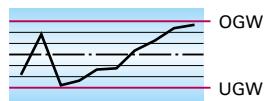


Verteilung bei Analyse der Prozessfähigkeit

(bei Maschinenfähigkeit:
 $\mu \rightarrow \bar{x}$, $\hat{s} \rightarrow s$)



Natürlicher Prozessverlauf



Trend-Prozessverlauf

| | |
|----------------------|--|
| Δkrit | kleinster Abstand zwischen Mittelwert und Toleranzgrenze |
| C_m, C_{mk} | Maschinenfähigkeitsindizes |
| C_p, C_{pk} | Prozessfähigkeitsindizes |
| g | Anzahl z.B. fehlerhafter Teile |
| h_j | relative Häufigkeit in % |
| m | Anzahl der Stichproben |
| m_T | Gesamtanzahl der Teile |
| n | Anzahl der Einzelwerte (Stichprobenumfang) |

| | | | |
|-----------|--|------------|---------------------------------------|
| n_j | absolute Häufigkeit | x_{\max} | größter Messwert |
| P | Wahrscheinlichkeit in % | x_{\min} | kleinster Messwert |
| R | Spannweite | \bar{x} | arithmetischer Mittelwert |
| \bar{R} | mittlere Spannweite | \bar{x} | Gesamtmittelwert |
| s | Standardabweichung | UGW | unterer Grenzwert |
| \bar{s} | Mittelwert der Standardabweichungen | OGW | oberer Grenzwert |
| T | Toleranz | \hat{s} | geschätzte Prozess-Standardabweichung |
| x_i | Wert des messbaren Merkmals, z.B. Einzelmesswert | \hat{x} | geschätzter Prozessmittelwert |

Die Bedeutung weiterer Formelzeichen ist aus den Bildern und Formelüberschriften erkennbar.

Kalkulation von Kosten und Preisen

| | | | |
|--|---|---|---|
| Fertigungs-Materialkosten <i>FMK</i> | Kosten für das Produktmaterial. | Materialkosten $MK = FMK + MGK$ | Herstellkosten $HK = MK + FL + FGK$ |
| Materialbedingte Gemeinkosten <i>MGK</i> | Kosten, die wegen des Materials anfallen, ohne Fertigungs-Materialkosten zu sein. | | |
| Fertigungslohnkosten <i>FL</i> | Lohnkosten für die Fertigung eines Produktes. | Selbstkosten $SeK = HK + VwGK + VtGK$ | Provisionsfreier Barverkaufspreis $BVP = SeK + G$ |
| Fertigungsbedingte Gemeinkosten <i>FGK</i> | Kosten, die wegen der Fertigung anfallen, ohne Fertigungslohn oder materialbedingte Gemeinkosten zu sein. | Skontozuschlag $S = \frac{SS \cdot BVP}{100\% - SS - PS}$ | Provisionszuschlag $P = \frac{PS \cdot BVP}{100\% - SS - PS}$ |
| Verwaltungsbedingte Gemeinkosten <i>VwGK</i> | Gemeinkosten (allgemeine Kosten), die wegen der Verwaltung des Betriebes anfallen. | Rabattfreier Rechnungspreis $RP = BVP + S + P$ | Rabattzuschlag $R = \frac{RS \cdot RP}{100\% - RS}$ |
| Vertriebsbedingte Gemeinkosten <i>VtGK</i> | Gemeinkosten (allgemeine Kosten), die wegen des Vertriebs entstehen. | Nettoverkaufspreis $NVP = RP + R$ | Bruttoverkaufspreis $BRVP = NVP + MwSt$ |
| Herstellkosten je Mengeneinheit <i>HKM</i> | Gesamte Herstellkosten bezogen auf die hergestellte Menge von Teilen. | Herstellkosten je Mengeneinheit $HKM = \frac{HK}{M}$ | |

Gemeinkostensätze und Kennzahlen

| | | | |
|---|---|--|--|
| Material-Gemeinkostensatz <i>MGKS</i> | materialbedingte Gemeinkosten je Fertigungs-Materialkosten. | Material-Gemeinkostensatz $MGKS = \frac{MGK \cdot 100\%}{FMK}$ | Fertigungs-Gemeinkostensatz $FGKS = \frac{FGK \cdot 100\%}{FL}$ |
| Fertigungs-Gemeinkostensatz <i>FGKS</i> | fertigungsbedingte Gemeinkosten je Fertigungslohnkosten. | | |
| Verwaltungs-Gemeinkostensatz <i>VwGKS</i> | verwaltungsbedingte Gemeinkosten je Herstellkosten. | Verwaltungs-Gemeinkostensatz $VwGKS = \frac{VwGK \cdot 100\%}{HK}$ | Vertriebs-Gemeinkostensatz $VtGKS = \frac{VtGK \cdot 100\%}{HK}$ |
| Vertriebs-Gemeinkostensatz <i>VtGKS</i> | vertriebsbedingte Gemeinkosten je Herstellkosten. | | |
| Rentabilität des Eigenkapitals <i>RdE</i> | Gesamtgewinn bezogen auf das eingesetzte Eigenkapital. | Rentabilität Eigenkapital $RdE = \frac{GG \cdot 100\%}{E}$ | Rentabilität Umsatz $RdU = \frac{GG \cdot 100\%}{U}$ |
| Rentabilität des Umsatzes <i>RdU</i> | Gesamtgewinn bezogen auf den erzielten Umsatz. | | |

| | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|----------------------------------|
| <i>BRVP</i> | Bruttoverkaufspreis | <i>MGK</i> | materialbedingte Gemeinkosten | <i>S</i> | Skonto |
| <i>BVP</i> | provisionsfreier Barverkaufspreis | <i>MGKS</i> | Material-Gemeinkostensatz | <i>SeK</i> | Selbstkosten |
| <i>E</i> | Eigenkapital | <i>MwSt</i> | Mehrwertsteuer | <i>SS</i> | Skontosatz (Skonto in %) |
| <i>FGK</i> | fertigungsbedingte Gemeinkosten | <i>NVP</i> | Nettoverkaufspreis | <i>U</i> | Umsatz |
| <i>FGKS</i> | Fertigungs-Gemeinkostensatz | <i>P</i> | Provision, z.B. des Vertreters | <i>VtGK</i> | vertriebsbedingte Gemeinkosten |
| <i>FL</i> | Fertigungslohnkosten | <i>PS</i> | Provisionsatz (Provision in %) | <i>VtGKS</i> | Vertriebs-Gemeinkostensatz |
| <i>FMK</i> | Fertigungs-Materialkosten | <i>R</i> | Rabatt | <i>VwGK</i> | verwaltungsbedingte Gemeinkosten |
| <i>G</i> | kalkulatorischer Gewinn | <i>RdE</i> | Rentabilität Eigenkapital | <i>VwGKS</i> | Verwaltungs-Gemeinkostensatz |
| <i>GG</i> | Gesamtgewinn | <i>RdU</i> | Rentabilität Umsatz | | |
| <i>HK</i> | Herstellkosten | <i>RP</i> | Rechnungspreis | | |
| <i>HKM</i> | mengenbezogene Herstellkosten | <i>RS</i> | Rabattsatz (Rabatt in %) | | |
| | | | | <i>%</i> | bedeutet „in Prozent“ |