Allgemeine Grundlagen

Formelzeichen und Einheiten

Größe	Zeichen	Einheit		Hinweis
Strecke	s, l	m	Meter	1 m = 10 dm = 100 cm = 1000 mm 1 km = 1000 m 1'' = 25,4 mm Auch die Bezeichnung *Länge* ist möglich.
Stromstärke, elektrische	I	A	Ampere	$1\ \text{A} = 1\ \frac{\text{V}}{\Omega}$
Trägheitsmoment	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$		Bezeichnung *Massenträgheitsmoment* ist nicht mehr üblich.
Volumen	V	m^3, l		$1\ \text{m}^3 = 1000\ \text{dm}^3 = 10^3\ \text{dm}^3 = 1000\ \text{l} = 10\ \text{hl}$ $1\ \text{m}^3 = 10^6\ \text{cm}^3$ $1\ \text{l} = 1000\ \text{cm}^3 = 1\ \text{dm}^3 = 0{,}001\ \text{m}^3$ $1\ \text{ml} = 1\ \text{cm}^3 = 1000\ \text{mm}^3$ *Volumenangabe:* • Körper: m^3 • Flüssigkeiten l (Liter)
Wärmeübertragung Thermodynamische Temperatur	T, Θ	K	Kelvin	$-273{,}15\ °\text{C} \approx 0\ \text{K}$ $T(\text{K}) = t + 273{,}15\ \text{K}$
Celsius-Temperatur	t, ϑ	°C	Grad Celcius	$273{,}15\ \text{K} \approx 0\ °\text{C}$ $t\ (°\text{C}) = T - 273{,}15\ \text{K}$
Wärmemenge	Q	J	Joule	$1\ \text{J} = 1 \cdot \text{N m} = 1\ \text{W} \cdot \text{s}$ $3\,600\,000\ \text{J} \approx 1\ \text{kW} \cdot \text{h}$
Spezifische Wärmekapazität	c	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$		$1\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot °\text{C}}$, $1\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Spezifischer Heizwert	H_i, H_u	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$		$1\,000\,000\ \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1\ \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$
Wärmedurchgangskoeffizient	U	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$		$1\ \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot °\text{C}} \approx 1{,}2\ \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
Wärmeleitfähigkeit	λ	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$		$1\ \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot °\text{C}} \approx 1{,}2\ \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
Widerstand, elektrischer	R	Ω	Ohm	$1\ \Omega = 1\ \frac{\text{V}}{\text{A}}$
Winkel, ebener	α, β, γ	rad ° ′ ″	Radiant Grad Minute Sekunde	$1\ \text{rad} = \frac{180°}{\pi} = 57{,}296°$ $1° = 60' = 3600''$ $1' = 60''$

Allgemeine Grundlagen	
Dreisatzrechnung	
Einfacher, direkter Dreisatz Nimmt eine Größe zu, dann wächst auch die andere Größe. Nimmt eine Größe ab, dann wird auch die andere Größe kleiner. Die Größen sind *direkt proportional*.	*Beispiel 1: Die Größen nehmen zu* 12 Spiralbohrer kosten 60 Euro. Was kosten dann 30 Bohrer? 1. **BS** 12 Bohrer kosten 60 Euro 2. **FS** 1 Bohrer kostet $\frac{60\text{ Euro}}{12}$ 3. **SS** 30 Bohrer kosten $\frac{60\text{ Euro} \cdot 30}{12} = \underline{150\text{ Euro}}$ *Beispiel 2: Die Größen nehmen ab* Eine Lackdose enthält bei einer Füllhöhe von 25 cm 5 l Lack. Nach Arbeitsende ist sie noch 15 cm hoch gefüllt. Wie viel Liter Lack wurden für die Arbeit verbraucht? 1. **BS** 25 cm $\triangleq$ 5 l 2. **FS** 1 cm $\triangleq \frac{5\text{ l}}{25\text{ cm}}$ 3. **SS** 15 cm $\triangleq \frac{5\text{ l} \cdot 10\text{ cm}}{25\text{ cm}} = \underline{2\text{ l}}$
Einfacher, indirekter Dreisatz Nimmt eine Größe zu, dann nimmt die andere Größe ab. Wird eine Größe kleiner, dann nimmt die andere Größe zu. Die Größen sind *indirekt* (umgekehrt) *proportional*.	*Beispiel 1: Die erste Größe nimmt zu* 5 Monteure benötigen für eine Arbeit 70 Stunden. Wie viele Stunden würden dann 7 Monteure benötigen? 1. **BS** 5 Monteure benötigen 70 h 2. **FS** 1 Monteur benötigt 70 h · 5 3. **SS** 7 Monteure benötigen $\frac{70\text{ h} \cdot 5}{7} = \underline{50\text{ h}}$ *Beispiel 2: Die erste Größe nimmt ab* Für eine Baustelle, die in 12 Tagen eingerichtet und in Betrieb genommen werden soll, sind 10 Monteure vorgesehen. Um wie viele Tage würde sich die Inbetriebnahme verzögern, wenn nur 6 Monteure zur Verfügung stehen? 1. **BS** 10 Monteure benötigen 12 Tage 2. **FS** 1 Monteur benötigt 12 Tage · 10 3. **SS** 6 Monteure benötigen $\frac{12\text{ Tage} \cdot 10}{6} = \underline{20\text{ Tage}}$
Zusammengesetzter Dreisatz Es sind mehr als drei Größen gegeben. Deshalb sind mehrere Folge- und Schlusssätze erforderlich.	*Beispiel:* Ein 4,0-m^2-Blech von 1,6 mm Dicke wiegt 18 kg. Wie viel kg wiegt ein 1,5-m^2-Blech von 1,2 mm Dicke? 1. **BS** 4,0 m^2; 1,6 mm wiegen 18 kg 2. **FS 1** 1,0 m^2; 1,6 mm wiegen $\frac{18\text{ kg}}{4}$ 3. **FS 2** 1,0 m^2; 1,0 mm wiegen $\frac{18\text{ kg}}{4 \cdot 1{,}6}$ 4. **SS 1** 1,0 m^2; 1,2 mm wiegen $\frac{18\text{ kg} \cdot 1{,}2}{4 \cdot 1{,}6}$ 5. **SS 2** 1,5 m^2; 1,2 mm wiegen $\frac{18\text{ kg} \cdot 1{,}2 \cdot 1{,}5}{4{,}0 \cdot 1{,}6} = \underline{5{,}1\text{ kg}}$

Flächenberechnung

Vieleck, regelmäßig

$$A = \frac{d \cdot l \cdot n}{4}$$

$$d = \frac{4 \cdot A}{l \cdot n} \quad l = \frac{4 \cdot A}{d \cdot n}$$

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180°}{n}\right)$$

$$A = \frac{l \cdot b}{2} \cdot n$$

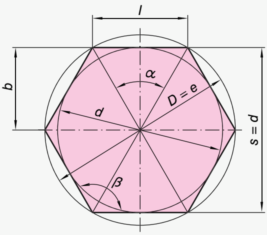
$$d = \sqrt{D^2 - l^2} \qquad D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

$$\alpha = \frac{360°}{n}$$

$$\beta = 180° - \alpha = \frac{(n-2) \cdot 180°}{n}$$

$$U = l \cdot n$$

A	Flächeninhalt	m^2
d	Innen-durchmesser	m
D	Außen-durchmesser	m
l	Seitenlänge	m
n	Anzahl der Ecken	
α	Mittelpunkts-winkel	Grad
β	Eckenwinkel	Grad



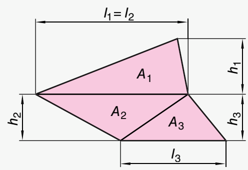
Vieleck, unregelmäßig

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots + A_n$$

$$A = \frac{l_1 \cdot h_1}{2} + \frac{l_2 \cdot h_2}{2} + \frac{l_3 \cdot h_3}{2} + \ldots$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot (l_1 \cdot h_1 + l_2 \cdot h_2 + l_3 \cdot h_3 + \ldots)$$

A	Flächeninhalt	m^2
l	Seitenlänge	m
h	Höhe	m



Verschnitt

Abschlagberechnung

$$A_{Ges} = 100\ \%$$

$$A_V = A_{Ges} - A_F$$

$$A_{V\,\%} = \frac{A_{Ges} - A_F}{A_{Ges}} \cdot 100\ \%$$

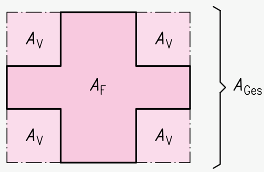
Zuschlag

$$A_F = 100\ \%$$

$$A_{Ges} = A_F + A_{V\,Ges}$$

$$A_{V\,\%} = \frac{A_F + A_{V\,Ges}}{A_F} \cdot 100\ \%$$

A_S	Blechbedarf	m^2
A_F	Werkstück-fläche (Fertigteil)	m^2
A_V	Verschnitt	m^2
$A_{V\,Ges}$	Summe der Verschnitt-teilflächen	m^2
$A_{V\,\%}$	Verschnitt	%



Zusammengesetzte Fläche

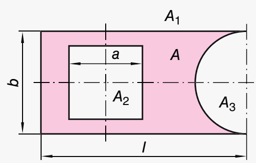
$$A = A_1 - A_2 - A_3$$

$$A_1 = l \cdot b$$

$$A_2 = a^2$$

$$A_3 = \frac{\pi \cdot b^2}{8}$$

s. Zeichnung



Volumen, Oberflächen

Kugelabschnitt (Kalotte)

$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3}\right)$$

$$d = 2 \cdot \left(\frac{V}{\pi \cdot h^2} + \frac{h}{3}\right)$$

$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$d = \frac{A_M}{\pi \cdot h} \qquad h = \frac{A_M}{\pi \cdot d}$$

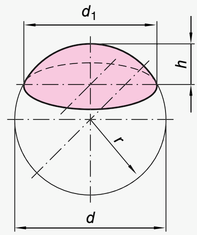
$$A_O = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)$$

$$d = \frac{A_O}{2 \cdot \pi \cdot h} + \frac{h}{2} = h + \frac{d_1^2}{4 \cdot h}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (d - h)}$$

V	Volumen	m^3
h	Höhe	m
d	Kugel-durchmesser	m
A_M	Mantelfläche	m^2
A_O	Oberfläche	m^2
d_1	Kugelabschnitts-durchmesser	m
A	Grundfläche	m^2



Kugelzone, Kugelschicht

$$V = \frac{\pi}{24} \cdot h \cdot (3 \cdot d_1^2 + 3 \cdot d_2^2 + 4 \cdot h^2)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot V}{\pi \cdot h} - d_2^2 - \frac{4}{3} \cdot h^2}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{8 \cdot V}{\pi \cdot h} - d_1^2 - \frac{4}{3} \cdot h^2}$$

$$A_M = \pi \cdot d \cdot h$$

$$d = \frac{A_M}{\pi \cdot h} \qquad h = \frac{A_M}{\pi \cdot d}$$

$$A_O = \frac{\pi}{4} \cdot (4 \cdot d \cdot h + d_1^2 + d_2^2)$$

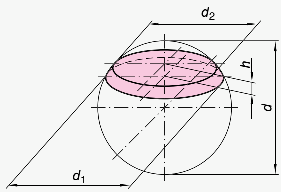
$$d = \left(\frac{4 \cdot A_O}{\pi} - d_1^2 - d_2^2\right) \cdot \frac{1}{4 \cdot h}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_O}{\pi} - 4 \cdot d \cdot h - d_2^2}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot A_O}{\pi} - 4 \cdot d \cdot h - d_1^2}$$

$$h = \left(\frac{A_O}{\pi} - \frac{d_1^2}{4} - \frac{d_2^2}{4}\right) \cdot \frac{1}{d}$$

V	Volumen	m^3
d	Kugel-durchmesser	m
d_1	großer Durchmesser	m
d_2	kleiner Durchmesser	m
h	Höhe	m
A_M	Mantelfläche	m^2
A_O	Oberfläche	m^2



Elektrisches Feld

Kondensatorkapazität

$$C = \frac{Q}{U}$$

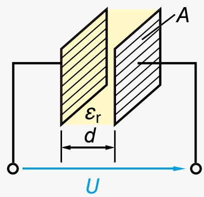
$Q = C \cdot U$ $\qquad$ $U = \frac{Q}{C}$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d}$$

$A = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$ $\qquad$ $d = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{C}$

C	Kondensator-kapazität	F
Q	elektrische Ladung	C, As
U	Spannung	V
ε_0	Dielektrizitäts-konstante	$\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$
ε_r	Dielektrizitätszahl	
A	Plattenfläche (einer Platte)	m²
d	Plattenabstand	m

F: Farad, As: Amperesekunde, C: Coulomb



$\varepsilon_0 = 8{,}86 \cdot 10^{-12}\ \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

$1\ \text{F} = 1\ \frac{\text{As}}{\text{V}}$

Reihenschaltung von Kondensatoren

$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \ldots = Q_n$

$U = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n$

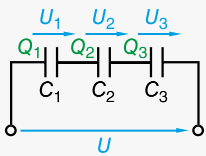
$$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots + \frac{1}{C_n}$$

$C_g = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$

$C_g = \frac{C}{n}$

Q	elektrische Ladung	As, C
U	elektrische Spannung	V
C_g	Gesamtkapazität	F
C	Einzelkapazitäten	F

F: Farad, As: Amperesekunde, C: Coulomb



$1\ \text{F} = 1\ \frac{\text{As}}{\text{V}}$

$1\ \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$

$1\ \text{nF} = 1 \cdot 10^{-9}\ \text{F}$

$1\ \text{pF} = 1 \cdot 10^{-12}\ \text{F}$

Parallelschaltung von Kondensatoren

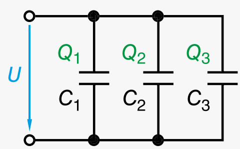
$U_1 = U_2 = U_3 = \ldots = U_n$

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots + Q_n$

$$C_g = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots + C_n$$

U	elektrische Spannung	V
Q	elektrische Ladung	As, C
C_g	Gesamtkapazität	F
C	Einzelkapazitäten	F

F: Farad, As: Amperesekunde, C: Coulomb



$1\ \text{F} = 1\ \frac{\text{As}}{\text{V}}$

$1\ \mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$

$1\ \text{nF} = 1 \cdot 10^{-9}\ \text{F}$

$1\ \text{pF} = 1 \cdot 10^{-12}\ \text{F}$

Magnetisches Feld

Kraftwirkung auf stromdurchflossenen Leiter

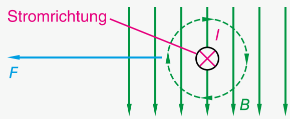
$$F = B \cdot I \cdot l \cdot z$$

$$B = \frac{F}{I \cdot l \cdot z} \qquad I = \frac{F}{B \cdot l \cdot z}$$

$$l = \frac{F}{B \cdot I \cdot z} \qquad z = \frac{F}{B \cdot I \cdot l}$$

F	Kraft auf den Leiter	N
B	magnetische Flussdichte	$\frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$, T
I	Stromstärke	A
l	Leiterlänge im Magnetfeld	m
z	Anzahl der Leiter	

N: Newton, T: Tesla



$1\ \text{T} = 1\ \frac{\text{Ks}}{\text{m}^2}$

Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern

$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot a \cdot l}$$

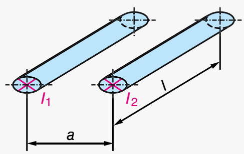
$$I_1 = \frac{F \cdot 2\pi \cdot a \cdot l}{\mu_0 \cdot I_2}$$

$$I_2 = \frac{F \cdot 2\pi \cdot a \cdot l}{\mu_0 \cdot I_1}$$

$$a = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot F \cdot l} \qquad l = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot F \cdot a}$$

F	Kraft	N
I_1, I_2	Stromstärke	A
l	Leiterlänge	m
μ_0	magnetische Feldkonstante	$\frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$
a	Leiterabstand	m

N: Newton



Schaltung von Spulen

Reihenschaltung

$$L_g = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots + L_n$$

Parallelschaltung

$$\frac{1}{L_E} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots + \frac{1}{L_n}$$

$$L_E = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

L_g	Gesamtinduktivität	H
L	Einzelinduktivitäten	H
L_E	Ersatzinduktivität	H

H: Henry

$1\ \text{H} = 1\ \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$

Spule, Ein- und Ausschaltvorgang

Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L}{R}$$

$$R = \frac{L}{\tau} \qquad L = \tau \cdot R$$

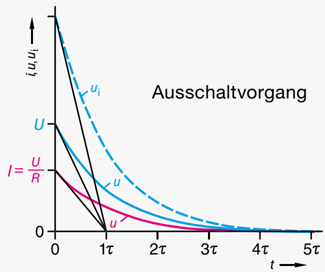
Einschaltzeit

$$t_{ein} = 5 \cdot \tau$$

τ	Zeitkonstante	s
L	Induktivität	H
R	Widerstand	Ω
t_{ein}	Einschaltzeit	s

H: Henry, Ω: Ohm

$1\ \text{H} = 1\ \frac{\text{Vs}}{\text{A}}$



Fortsetzung nächste Seite

Drehstromtechnik (Dreiphasen-Wechselspannung)

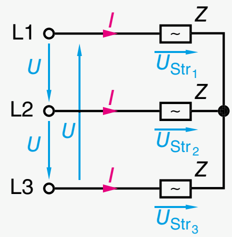
Sternschaltung, symmetrische Belastung

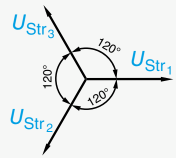
$I = I_{Str}$

$U = \sqrt{3} \cdot U_{Str}$

$U_{Str} = \frac{U}{\sqrt{3}}$

I	Außenleiterstrom	A
I_{Str}	Strangstrom	A
U	Außenleiterspannung	V
U_{Str}	Strangspannung	V





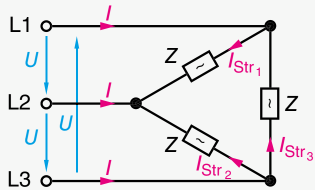
Dreieckschaltung, symmetrische Belastung

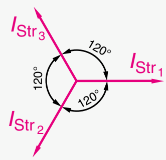
$U = U_{Str}$

$I = \sqrt{3} \cdot I_{Str}$

$I_{Str} = \frac{I}{\sqrt{3}}$

U	Außenleiterspannung	V
U_{Str}	Strangspannung	V
I	Außenleiterstrom	A
I_{Str}	Strangstrom	A





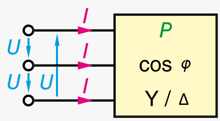
Leistung bei symmetrischer Stern- und Dreieckschaltung

$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$

$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$

U	Außenleiterspannung	V
I	Außenleiterstrom	A
S	Scheinleistung	VA
Q	Blindleistung	var
P	Wirkleistung	W



Umschaltung Stern-Dreieck

$P_{\Delta} = 3 \cdot P_{Y}$

$P_{Y} = \frac{P_{\Delta}}{3}$

P_{Δ}	Leistung bei Dreieckschaltung	W
P_{Y}	Leistung bei Sternschaltung	W

Spannung ändert sich um den Faktor $\sqrt{3}$. Stromstärke ändert sich dann auch um den Faktor $\sqrt{3}$.

Leistung ändert sich um den Faktor $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 3$.