

Allgemeine Grundlagen			
Formelzeichen und Einheiten			
Größe	Zeichen	Einheit	Hinweis
Strecke	s, l	m Meter	$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm}$ $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ $1'' = 25,4 \text{ mm}$ Auch die Bezeichnung <i>Länge</i> ist möglich.
Stromstärke, elektrische	I	A Ampere	$1 \text{ A} = 1 \frac{\text{V}}{\Omega}$
Trägheitsmoment	J	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$	Bezeichnung <i>Massenträgheitsmoment</i> 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)
Wärme- übertragung			
Thermo- dynamische Temperatur	T, θ	K Kelvin	$-273,15 \text{ }^\circ\text{C} \approx 0 \text{ K}$ $T(\text{K}) = t + 273,15 \text{ K}$
Celsius- Temperatur	t, ϑ	$^\circ\text{C}$ Grad Celcius	$273,15 \text{ K} \approx 0 \text{ }^\circ\text{C}$ $t \text{ (}^\circ\text{C)} = T - 273,15 \text{ K}$
Wärmemenge	Q	J Joule	$1 \text{ J} = 1 \cdot \text{N m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ $3600000 \text{ J} \approx 1 \text{ kW} \cdot \text{h}$
Spezifische Wärmekapazität	c	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}, \quad 1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Spezifischer Heizwert	H_i, H_u	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	$1000000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$
Wärmedurch- gangskoeffizient	U	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \approx 1,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$
Wärme- leitfähigkeit	λ	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} \approx 1,2 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
Widerstand, elektrischer	R	Ω Ohm	$1 \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}$
Winkel, ebener	α, β, γ	rad ° ' '' Radiant Grad Minute Sekunde	$1 \text{ rad} = \frac{180^\circ}{\pi} = 57,296^\circ$ $1^\circ = 60' = 3600''$ $1' = 60''$

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 <i>direkt proportional</i>.	<i>Beispiel 1: Die Größen nehmen zu</i> 12 Spiralbohrer kosten 60 Euro. Was kosten dann 30 Bohrer? BS 12 Bohrer kosten 60 Euro FS 1 Bohrer kostet $\frac{60 \text{ Euro}}{12}$ SS 30 Bohrer kosten $\frac{60 \text{ Euro} \cdot 30}{12} = \underline{150 \text{ Euro}}$ <i>Beispiel 2: Die Größen nehmen ab</i> 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? BS 25 cm $\triangleq$ 5 l FS 1 cm $\triangleq \frac{5 \text{ l}}{25 \text{ cm}}$ 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 <i>indirekt (umgekehrt) proportional</i>.	<i>Beispiel 1: Die erste Größe nimmt zu</i> 5 Monteure benötigen für eine Arbeit 70 Stunden. Wie viele Stunden würden dann 7 Monteure benötigen? BS 5 Monteure benötigen 70 h FS 1 Monteur benötigt 70 h $\cdot$ 5 SS 7 Monteure benötigen $\frac{70 \text{ h} \cdot 5}{7} = \underline{50 \text{ h}}$ <i>Beispiel 2: Die erste Größe nimmt ab</i> 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? BS 10 Monteure benötigen 12 Tage FS 1 Monteur benötigt 12 Tage $\cdot$ 10 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 Schlussätze erforderlich.	<i>Beispiel:</i> Ein 4,0-m²-Blech von 1,6 mm Dicke wiegt 18 kg. Wie viel kg wiegt ein 1,5-m²-Blech von 1,2 mm Dicke? BS 4,0 m²; 1,6 mm wiegen 18 kg FS 1 1,0 m²; 1,6 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg}}{4}$ FS 2 1,0 m²; 1,0 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg}}{4 \cdot 1,6}$ SS 1 1,0 m²; 1,2 mm wiegen $\frac{18 \text{ kg} \cdot 1,2}{4 \cdot 1,6}$ SS 2 1,5 m²; 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

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

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

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

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

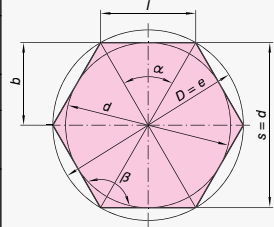
$$d = \sqrt{D^2 - l^2} \quad D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n}$$

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

$$U = l \cdot n$$

A	Flächeninhalt	m ²
d	Innendurchmesser	m
D	Außendurchmesser	m
l	Seitenlänge	m
n	Anzahl der Ecken	
α	Mittelpunkts- winkel	Grad
β	Eckenwinkel	Grad



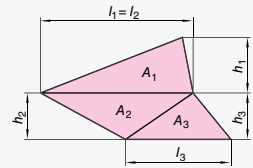
Vieleck, unregelmäßig

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

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

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

A	Flächeninhalt	m ²
l	Seitenlänge	m
h	Höhe	m



Verschnitt

Abschlagberechnung

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

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

$$A_V \% = \frac{A_{\text{Ges}} - A_F}{A_{\text{Ges}}} \cdot 100 \%$$

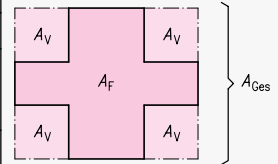
Zuschlag

$$A_F = 100 \%$$

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

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

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



Zusammengesetzte Fläche

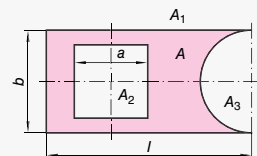
$$A = A_1 - A_2 - A_3$$

$$A_1 = l \cdot b$$

$$A_2 = a^2$$

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

s. Zeichnung



Volumen, Oberflächen

Kugelabschnitt (Kalotte)

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

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

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

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

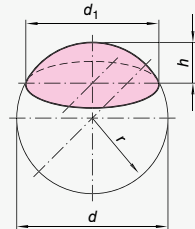
$$A_O = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot d - h)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

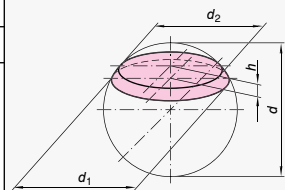
$$d = \left(\frac{4 \cdot A_O}{\pi} - d_1^2 - d_2^2 \right) \cdot \frac{1}{4 \cdot h}$$

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

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

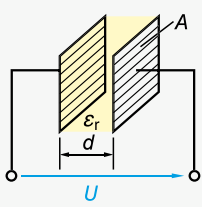
$$h = \left(\frac{A_O}{\pi} - \frac{d_1^2}{4} - \frac{d_2^2}{4} \right) \cdot \frac{1}{d}$$

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

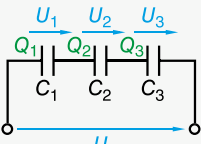


Elektrisches Feld

Kondensatorkapazität

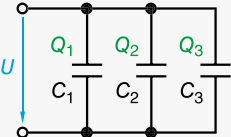
$C = \frac{Q}{U}$	C	Kondensator- kapazität	F	
$Q = C \cdot U$	Q	elektrische Ladung	C, As	
$U = \frac{Q}{C}$	U	Spannung	V	
$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{d}$	ε_0	Dielektrizitäts- konstante	$\frac{\text{As}}{\text{Vm}}$	
$A = \frac{C \cdot d}{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r}$	ε_r	Dielektrizitätszahl		
$d = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot A}{C}$	A	Plattenfläche (einer Platte)	m ²	
	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

$Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots = Q_n$	Q	elektrische Ladung	As, C	
$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$	U	elektrische Spannung	V	
$\frac{1}{C_g} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$	C_g	Gesamtkapazität	F	
$C_g = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	C	Einzelkapazitäten	F	
$C_g = \frac{C}{n}$	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

$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$	U	elektrische Spannung	V
$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$	Q	elektrische Ladung	As, C
$C_g = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$	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

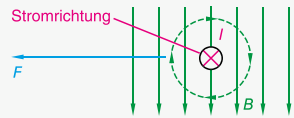
Kraftwirkung auf stromdurchflossenen Leiter

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

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

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

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		



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

Kraftwirkung zwischen stromdurchflossenen Leitern

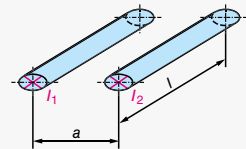
$$F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot a \cdot l}$$

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

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

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

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

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

Parallelschaltung

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

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

L_g	Gesamt-induktivität	H
L	Einzel-induktivitäten	H
L_E	Ersatz-induktivität	H
H: Henry		

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

Spule, Ein- und Ausschaltvorgang

Zeitkonstante

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

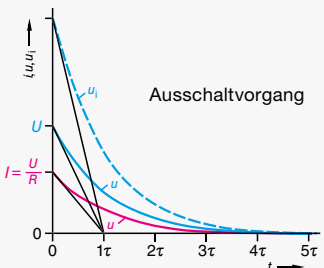
$$R = \frac{L}{\tau}$$

$$L = \tau \cdot R$$

Einschaltzeit

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

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)

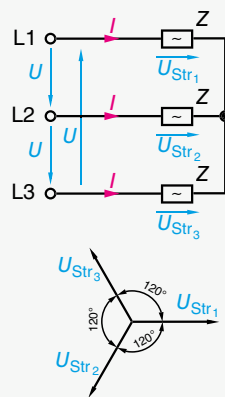
Sternschaltung, symmetrische Belastung

$$I = I_{\text{Str}}$$

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

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

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



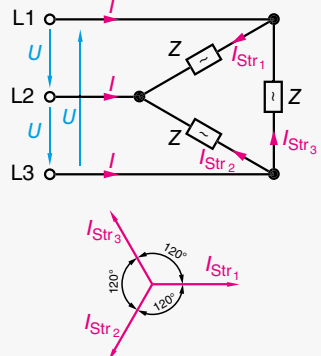
Dreieckschaltung, symmetrische Belastung

$$U = U_{\text{Str}}$$

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

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

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



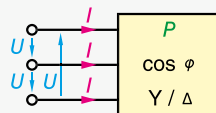
Leistung bei symmetrischer Stern- und Dreieckschaltung

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

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

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

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 $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 3$.