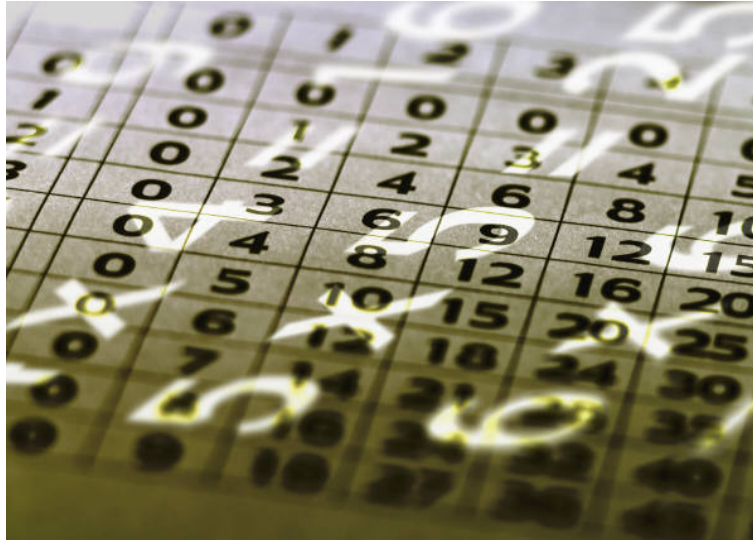










Elektrotechnische Formeln



Inhalt

1. Gleichstromtechnik
 - [1.1 Der Leitwert des Widerstandes](#)
 - [1.2 Ohmsche Gesetz](#)
 - [1.3 Der spezifische Widerstand](#)
 - [1.4 Die Leitfähigkeit](#)
 - [1.5 Widerstandsberechnung](#)
 - [1.6 Reihenschaltung von Widerständen](#)
 - [1.7 Parallelschaltung von Widerständen](#)
 - [1.8 Temperaturabhängigkeit von Widerständen](#)
 - [1.9 Spannungsabfall in Leitungen](#)
 - [1.10 Innenwiderstand von Spannungsquellen](#)
2. Wechselstromtechnik
 - 2.1 !in Ausarbeitung! 
3. Drehstrom
 - [3.1 Sternschaltung](#)
 - [3.2 Dreieckschaltung](#)
4. Arbeit und Leistung
 - 4.1 !in Ausarbeitung! 
5. Wirkungen der elektrischen Ladung
 - 5.1 !in Ausarbeitung! 
6. Magnetismus
 - 6.1 !in Ausarbeitung! 

1.1 Der Leitwert des Widerstandes

Der Widerstand gibt an, wie sehr ein elektrischer Stromfluss gehemmt wird. Der Leitwert gibt an, wie gut ein elektrischer Strom geleitet wird.

$$G = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{G}$$

G Leitwert in S
R Widerstand in Ω

1.2 Ohmsche Gesetz

Das ohmsche Gesetz gibt uns den Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand in einem Stromkreis an

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

$$R = \frac{U}{I}$$

I Strom in A
U Spannung in V
R Widerstand in Ω

1.3 Der spezifische Widerstand ρ (Roh)

Jeder Werkstoff setzt dem elektrischen Strom einen anderen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand hängt von der Atomdichte und der Anzahl freier Elektronen des Stoffes ab.

1.4 Die Leitfähigkeit γ (Gamma)

Je größer die Leitfähigkeit, desto besser leitet das Material den elektrischen Strom. Ob man den spezifischen Widerstand oder die Leitfähigkeit für ein Material angibt, ist gleichgültig. Die beiden Werte hängen über ihre Kehrwerte (Reziprokwert) zusammen.

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

Leiterwerkstoff	ρ	γ m/ Ω mm ²
Silber	0,016	62,5
Kupfer	0,018	56
Gold	0,023	44
Aluminium	0,029	35
Messing	0,071	14
Eisen	0,1	10
Blei	0,22	4,5
Chrom, Nickel	1	1

Spezifischer Widerstand und Leitwert verschiedener Materialien bei 20 °C

1.5 Widerstandsberechnung

Der Widerstand einer Leitung ist umso größer, je größer die Länge ist und je kleiner der Querschnitt ist.

$$R = \frac{l \cdot \rho}{A} \quad R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

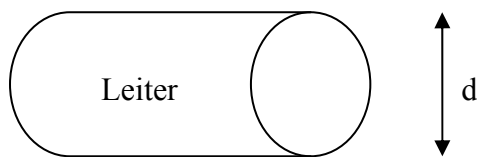
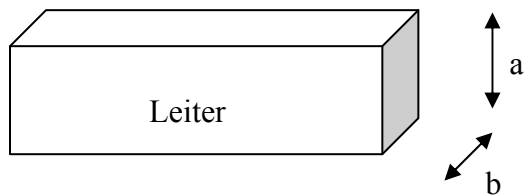
R Widerstand in Ω

A Leiterquerschnitt in mm^2

l Länge in m

ρ spezifischer Widerstand in $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

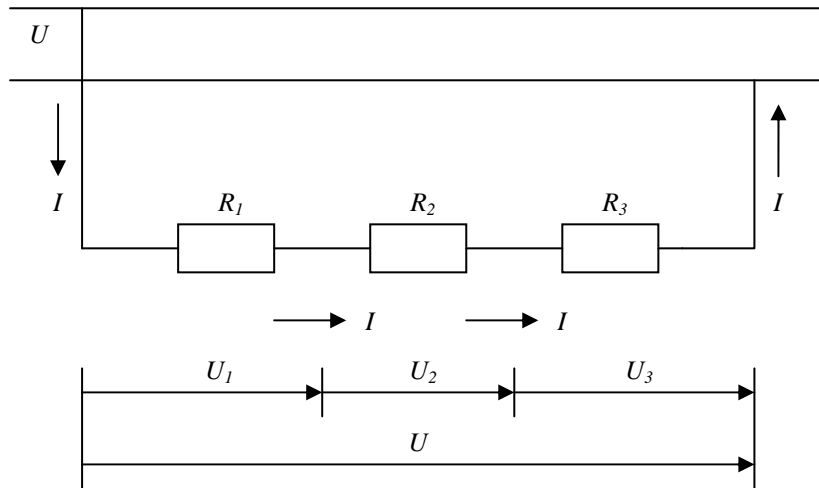
γ Leitfähigkeit in $\frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2}$



$$A = a \cdot b \quad A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

1.6 Reihenschaltung von Widerständen

Bei der Reihen- oder Serienschaltung von Widerständen sind zwei oder mehrere Widerstände hintereinander, also in Reihe geschaltet.



Reihenschaltung von drei Widerständen an der Spannung U

Folgende Regeln gelten für alle Reihenschaltungen:

1. Die Stromstärke ist überall in der Reihenschaltung gleich groß.
2. Die aufgedrückte Spannung U (Gesamtspannung) teilt sich auf die einzelnen Widerstände auf.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Das ohmsche Gesetz gilt für jeden Teilwiderstand:

$$U_1 = I \cdot R_1$$

$$U_2 = I \cdot R_2$$

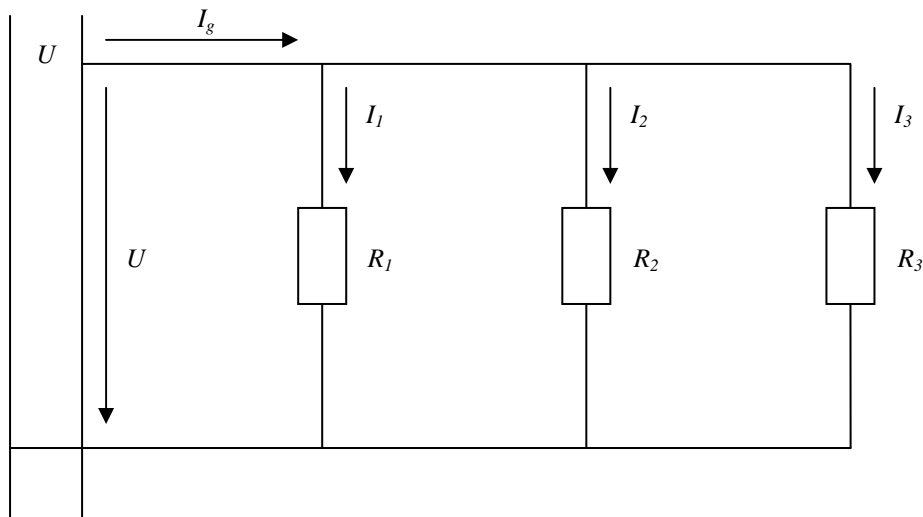
$$U_3 = I \cdot R_3$$

3. Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung ist gleich der Summe der Einzelwiderstände.

$$R_g = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

1.7 Parallelschaltung von Widerständen

Bei der Parallelschaltung sind zwei oder mehrere Widerstände nebeneinander, also parallel geschaltet.



Parallelschaltung von drei Widerständen an der Spannung U

Folgende Regeln gelten für alle Parallelschaltungen:

1. Die Spannung an allen parallel geschalteten Widerständen ist gleich groß.
2. Der Gesamtstrom ist gleich der Summe der Teilströme.

$$I_g = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Das ohmsche Gesetz gilt für jeden Teilwiderstand:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{U}{R_3}$$

3. Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung ist stets kleiner als jeder Teilwiderstand.

$$R_g = \frac{U}{I_g}$$

1.8 Temperaturabhängigkeit von Widerstände

Bei Änderung der Temperatur ist die Widerstandsänderung ΔR (sprich delta R) eines Leiters umso größer,

- je größer die Temperaturänderung Δt (delta t) ist und
- je größer der Ausgangswiderstand R_{20} bei 20°C ist.

$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Der Widerstand R_t bei der Temperatur t ist dann gleich der Summe aus R_{20} und der Widerstandsänderung ΔR , also:

$$R_t = R_{20} + \Delta R$$

ΔR Widerstandsänderung in Ω
 R_{20} Ausgangswiderstand bei 20°C
 α Temperaturkoeffizient
 Δt Temperaturänderung in $^\circ\text{C}$
 R_t Widerstand bei der Temperatur t

Material	α
Aluminium	0,00377
Kupfer	0,00393
Silber	0,0038
Blei	0,0042
Messing	0,0015
Wolfram	0.0041

Genauere Temperaturkoeffizienten verschiedener Materialien

1.9 Spannungsabfall in Leitungen

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$\Delta U = I \cdot R_l$$

Widerstand einer Leitungssader:

Gesamter Leitungswiderstand (2Adern):

$$R_1 = R_2 = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

$$R_l = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

Spannungsabfall in der Zuleitung zu einem Verbraucher:

$$\Delta U = I \cdot R_l = \frac{2 \cdot I \cdot l}{\gamma \cdot A}$$

ΔU Spannungsabfall in der Leitung in V
 U_1 Spannungsabfall am Leitungsanfang in V
 U_2 Spannungsabfall am Leitungsende in V
 I Leitungsstrom in A
 R_1 Leitungswiderstand in Ω
 R_1, R_2 Widerstand einer Leitungssader in Ω
 l Leitungslänge in m
 A Leitungsquerschnitt in mm^2
 γ Leitfähigkeit in $\frac{\text{m}}{\Omega\text{mm}^2}$

1.10 Innenwiderstand von Spannungsquellen

Je kleiner der Außenwiderstand ist, je größer also der Belastungsstrom ist, umso größer wird der Spannungsabfall am Innenwiderstand und desto kleiner wird die Klemmspannung.

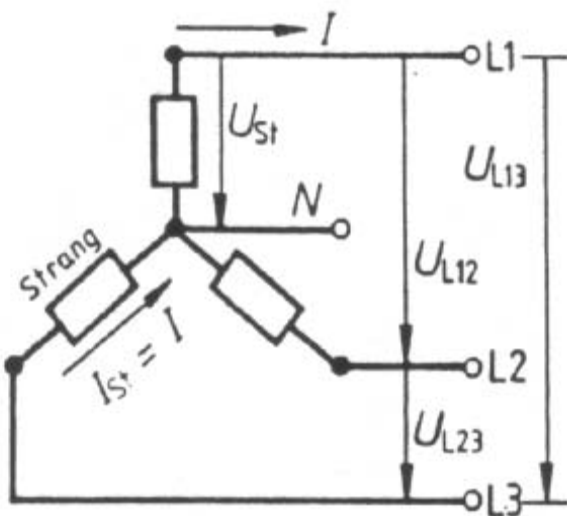
$$U_i = I \cdot R$$
$$U = U_0 - U_i$$

An allen Widerständen gilt das ohmsche Gesetz:

$$U_i = I \cdot R_i$$
$$U = I \cdot R_a$$
$$U_0 = I \cdot (R_i + R_a)$$

U_i	Innerer Spannungsabfall in V
I	Belastungsstrom in A
R_i	Innenwiderstand in Ω
U	Klemmspannung in V
U_0	Quellenspannung in V
R_a	Außenwiderstand in Ω

3.1 Sternschaltung



L_1, L_2, L_3	Polleiter
N	Neutralleiter
U_{ST}	Strangspannung
$U_{L12} - U_{L23}$	Leiterspannung
I	Leiterstrom
I_{Str}	Strangstrom

Die vier Leiter (L_1, L_2, L_3, N) bilden das Vierleitersystem.

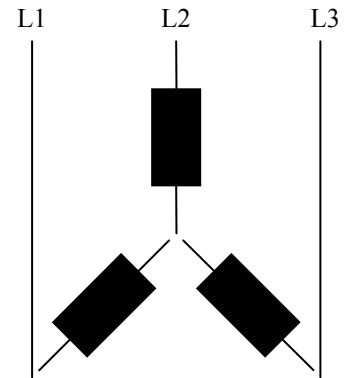
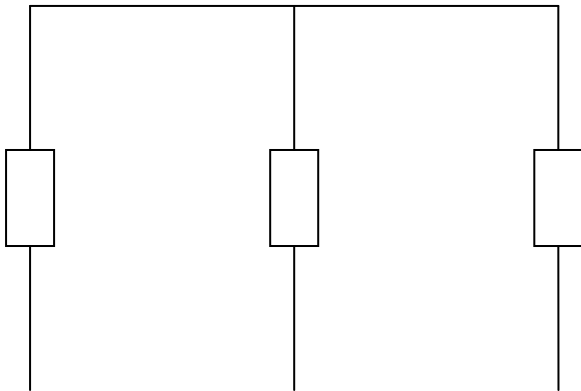
Strangstrom = Leiterstrom:

$$I_{str} = I$$

Strangspannung:

$$U_{Str} = \frac{U_{L12}}{\sqrt{3}}$$

Leistungen in der Sternschaltung:



Ohmsche Widerstände (Ofen, Heizkörper, o.ä.):

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

$$U = \frac{P}{I \cdot \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}}$$

Induktive Widerstände (DS- Motoren):

S = Scheinleistung in VA

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

P = Wirkleistung in W

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

$$P = S \cdot \cos \alpha$$

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

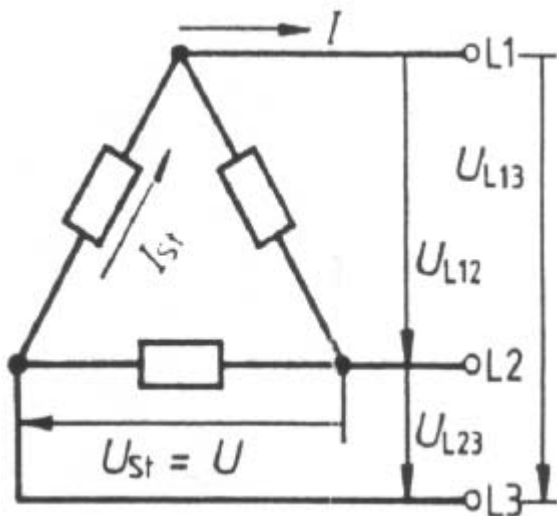
$$U = \frac{S}{I \cdot \sqrt{3}}$$

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

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

$$\cos \alpha = \frac{P}{S}$$

3.2 Dreieckschaltung



- L₁, L₂, L₃ Polleiter
 - N Neutraleiter
 - U_{St} Strangspannung
 - U_{L12} - U_{L23} Leiterspannung
 - I Leiterstrom
 - I_{Str} Strangstrom
- Die vier Leiter (L₁, L₂, L₃, N) bilden das Vierleitersystem.

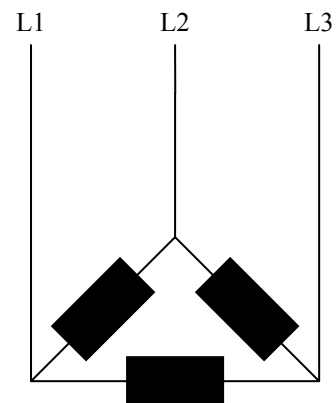
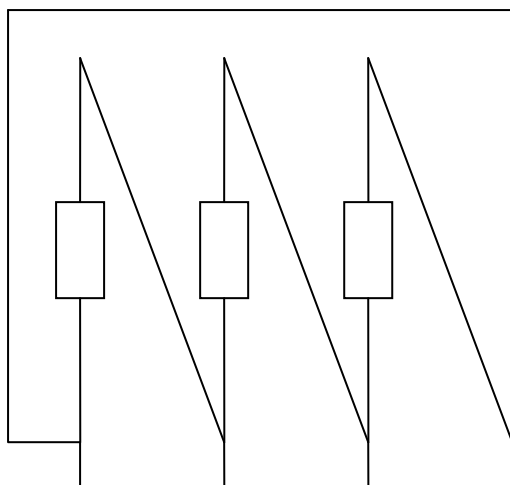
Strangspannung = Leiterspannung:

$$U_{Str} = U$$

Strangstrom:

$$I_{Str} = \frac{I_{L12}}{\sqrt{3}}$$

Leistungen in der Dreieckschaltung:



Ohmsche Widerstände (Ofen, Heizkörper, o.ä.):

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

$$U = \frac{P}{I \cdot \sqrt{3}}$$

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3}}$$

$$\text{Serie} = \frac{U}{3} = \frac{P}{9}$$

Induktive Widerstände (DS- Motoren):

S = Scheinleistung in VA

P = Wirkleistung in W

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

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

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

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

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

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

$$\cos \alpha = \frac{P}{S}$$