

Ohmsches Gesetz

URI

Jedes Material hat einen elektrischen Widerstand, auch Nichtleiter wie z.B. Isolier-Materialien. Bei Nichtleitern ist der Widerstand allerdings extrem groß (gegen Unendlich) und kann mit "hobby-üblichen" Multimetern nicht so ohne weiteres exakt bestimmt werden.

Spannung an einem Widerstand hat **immer** einen Stromfluß zur Folge.

An **jedem** Widerstand, der von Strom durchflossen wird, fällt eine elektrische Spannung ab.

Dabei spielt es keine Rolle, ob ein Widerstand sehr klein ist (Draht, Kabel), groß (Erde, Mensch) oder durch Halbleiter gebildet wird.

Der Physiker Georg Simon Ohm hat den Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Widerstand festgestellt und nachgewiesen. Nach ihm wurde das Ohmsche Gesetz benannt.

Mit diesem Gesetz lassen sich die drei Grundgrößen eines Stromkreises berechnen, wenn mindestens zwei bekannt sind.

Spannung = Widerstand * Strom	$U = R \cdot I$	Spannung U in Volt [V]	
Widerstand = Spannung / Strom	$R = \frac{U}{I}$	Widerstand R in Ohm [Ω]	
Strom = Spannung / Widerstand	$I = \frac{U}{R}$	Strom I in Ampere [A]	
Die drei Buchstaben U R I gut merken. Was gesucht wird "wegdenken", übrig bleibt die Berechnung.			

PUI

Überall wo Spannung anliegt und Strom durchfließt entsteht Leistung.

Die Leistung tritt in Form von Wärme (Elektro-Heizung), Licht (Lampen, LED's), mechanischer Energie (Elektro-Motoren), magnetischer Energie (Relais) oder chemischer Energie (Elektrolyse-Bad) auf.

Unerwünscht ist Wärme in elektr. Geräten und Anlagen, die nicht zum Heizen bestimmt ist; eine unbeliebte Verlustleistung.

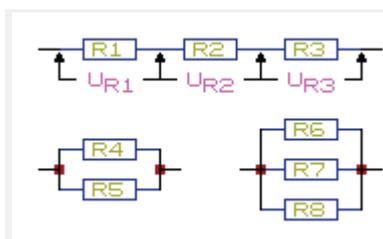
Spannung sucht und findet (fast) immer einen Weg von Plus nach Minus. Sie nimmt dabei die Strecke des geringsten Widerstandes; alle anderen Widerstände bekommen aber auch etwas ab.

Leistung = Spannung * Strom	$P = U \cdot I$	Leistung P in Watt [W]	
Spannung = Leistung / Strom	$U = \frac{P}{I}$	Spannung U in Volt [V]	
Strom = Leistung / Spannung	$I = \frac{P}{U}$	Strom I in Ampere [A]	
Die drei Buchstaben P U I gut merken. Was gesucht wird "wegdenken", übrig bleibt die Berechnung.			

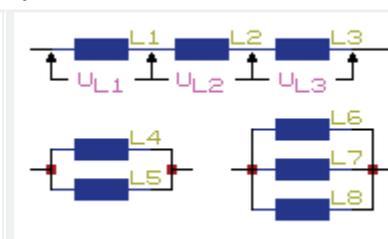
Leistungs-Umrechnung	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$ $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ PS}$	$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W} / 1 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$ $1 \text{ PS} = 736 \text{ Watt}$
Elektrische Arbeit = Leistung * Zeit	$W = U \cdot I \cdot t \text{ [s]}$ $W = U \cdot I \cdot t \text{ [h]} / 1.000$	Arbeit W in WattSekunden [Ws] Arbeit W in KilowattStunden [kWh]
Elektrische Arbeit = Elektrizitätsmenge * Spannung	$W = Q \cdot U$	Arbeit W in Ws oder kWh
Elektrizitätsmenge = Strom * Zeit	$Q = I \cdot t$	Menge Q in AmpereStunden [Ah]
Arbeits-Umrechnung	$1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$	1 WattSekunde = 1 Joule

FORMELN FÜR R - L - C = WIDERSTÄNDE - INDUKTIVITÄTEN - KAPAZITÄTEN

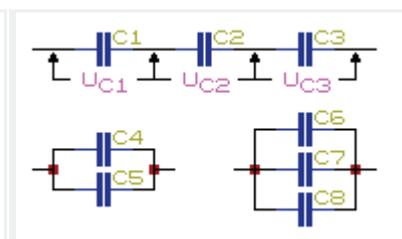
Widerstände



Spulen



Kondensatoren



Reihen- und Parallel-Schaltung von Widerständen

Bei der **Reihen-Schaltung** werden zur Berechnung des Gesamt-Widerstands die Werte aller Widerstände addiert:

$$R_{\text{Ges}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Der Gesamt-Widerstand muß größer sein, als der größte Einzel-Widerstand !

Bei der **Parallel-Schaltung** gibt es 3 Möglichkeiten zur Berechnung des Gesamt-Widerstands:

Der Gesamt-Widerstand muß kleiner sein, als der kleinste Einzel-Widerstand !

1. alle Widerstände mit gleichem Wert:	$R_{\text{Ges}} = \frac{R}{\text{Anzahl Widerstände}}$	$= \frac{100 \Omega}{4 \text{ Widerstände}} = 25 \Omega$
2. bei 2 Widerständen:	$R_{\text{Ges}} = \frac{R4 \cdot R5}{R4 + R5}$	$= \frac{40 \Omega \cdot 50 \Omega}{40 \Omega + 50 \Omega} = 22,2 \Omega$
3. ab 3 Widerständen:	$R_{\text{Ges}} = \frac{1}{\frac{1}{R6} + \frac{1}{R7} + \frac{1}{R8}}$	$= \frac{1}{\frac{1}{60 \Omega} + \frac{1}{70 \Omega} + \frac{1}{80 \Omega}} = 23 \Omega$

Reihen- und Parallel-Schaltung von Induktivitäten

Bei der **Reihen-Schaltung** werden zur Berechnung der Gesamt-Induktivität die Werte aller Induktivitäten addiert:

$$L_{\text{Ges}} = L1 + L2 + L3$$

Die Gesamt-Induktivität muß größer sein, als die größte Einzel-Induktivität !

Bei der **Parallel-Schaltung** gibt es 3 Möglichkeiten zur Berechnung der Gesamt-Induktivität:

Die Gesamt-Induktivität muß kleiner sein, als die kleinste Einzel-Induktivität !

1. alle Induktivitäten mit gleichem Wert:	$L_{\text{Ges}} = \frac{L}{\text{Anzahl Induktivitäten}}$	$= \frac{100 \text{ mH}}{4 \text{ Induktivitäten}} = 25 \text{ mH}$
2. bei 2 Induktivitäten:	$L_{\text{Ges}} = \frac{L4 \cdot L5}{L4 + L5}$	$= \frac{40 \text{ mH} \cdot 50 \text{ mH}}{40 \text{ mH} + 50 \text{ mH}} = 22,2 \text{ mH}$
3. ab 3 Induktivitäten:	$L_{\text{Ges}} = \frac{1}{\frac{1}{L6} + \frac{1}{L7} + \frac{1}{L8}}$	$= \frac{1}{\frac{1}{60 \text{ mH}} + \frac{1}{70 \text{ mH}} + \frac{1}{80 \text{ mH}}} = 23 \text{ mH}$

Reihen- und Parallel-Schaltung von Kapazitäten

Bei der **Reihen-Schaltung** gibt es 3 Möglichkeiten zur Berechnung der Gesamt-Kapazität:

(umgekehrt wie bei Widerständen und Induktivitäten !)

Die Gesamt-Kapazität muß kleiner sein, als die kleinste Einzel-Kapazität !

1. alle Kondensatoren mit gleichem Wert:	$C_{\text{Ges}} = \frac{C}{\text{Anzahl Kapazitäten}}$	$= \frac{100 \text{ nF}}{4 \text{ Kapazitäten}} = 25 \text{ nF}$
2. bei 2 Kondensatoren:	$C_{\text{Ges}} = \frac{C4 \cdot C5}{C4 + C5}$	$= \frac{40 \text{ nF} \cdot 50 \text{ nF}}{40 \text{ nF} + 50 \text{ nF}} = 22,2 \text{ nF}$
3. ab 3 Kondensatoren:	$C_{\text{Ges}} = \frac{1}{\frac{1}{C6} + \frac{1}{C7} + \frac{1}{C8}}$	$= \frac{1}{\frac{1}{60 \text{ nF}} + \frac{1}{70 \text{ nF}} + \frac{1}{80 \text{ nF}}} = 23 \text{ nF}$

Bei der **Parallel-Schaltung** werden zur Berechnung der Gesamt-Kapazität die Werte aller Kondensatoren addiert:

$$C_{\text{Ges}} = C1 + C2 + C3$$

(umgekehrt wie bei Widerständen und Induktivitäten !)

Die Gesamt-Kapazität muß größer sein, als die größte Einzel-Kapazität !

Kapazitiver Blindwiderstand

Jeder Kondensator hat bei Wechselspannung einen kapazitiven Widerstand.

Da der Widerstand nur scheinbar da ist, nennt man ihn auch Schein- oder Blindwiderstand.

Kapazitiver Blindwiderstand X_C in KiloOhm [kΩ]

Frequenz f in Hertz [Hz]

Kapazität C in MikroFarad [μF]

Der Blindwiderstand errechnet sich:	$X_C = \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	$= \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,1 \mu\text{F}} = 31,831 \text{ k}\Omega$
Die Kapazität errechnet sich:	$C = \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$	$= \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 33 \text{ k}\Omega} = 0,097 \mu\text{F}$
Die Frequenz errechnet sich:	$f = \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot X_C}$	$= \frac{1.000}{2 \cdot \pi \cdot 0,1 \mu\text{F} \cdot 33 \text{ k}\Omega} = 48,23 \text{ Hz}$

Induktiver Blindwiderstand

Jede Induktivität hat bei Gleichspannung einen Ohmschen Widerstand und bei Wechselspannung einen induktiven Widerstand, den sogenannten Schein- oder Blindwiderstand.

Induktiver Blindwiderstand X_L in KiloOhm [kΩ]

Frequenz f in Hertz [Hz]

Induktivität L in MilliHenry [mH]

Der Blindwiderstand errechnet sich: $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,22 \text{ mH} = 69,115 \text{ k}\Omega$$

Die Induktivität errechnet sich: $L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$

$$= \frac{68 \text{ k}\Omega}{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 0,216 \text{ mH}$$

Die Frequenz errechnet sich: $f = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot L}$

$$= \frac{68 \text{ k}\Omega}{2 \cdot \pi \cdot 0,22 \text{ mH}} = 49,19 \text{ Hz}$$

Leitungs-Widerstand

Jede elektrische Leitung hat einen Widerstand. Nachfolgend wird der Widerstand einer 100 m Rolle NYM-J 3 x 1,5 qmm berechnet.

Länge l in Meter [m] (mal 2, da der Strom hin und zurück muß !)

Querschnitt q in Quadrat-Millimeter [qmm]

Leitwert des Drahtes [Kappa] Kappa bei Kupfer = 56...58

Der Leitungs-Widerstand errechnet sich:

$$R_{\text{Draht}} = \frac{2 \cdot l}{\kappa \cdot q}$$

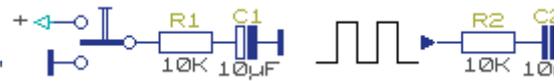
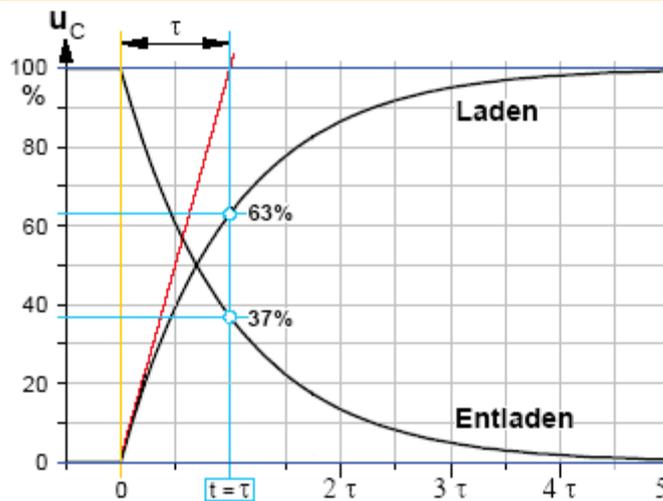
$$= \frac{2 \cdot 100 \text{ m}}{56 \cdot 1,5 \text{ qmm}} = 2,3 \Omega$$

Bei 10 A Strom ist der Spannungsabfall:

$$U_{\text{Draht}} = R_{\text{Draht}} \cdot I$$

$$= 2,3 \Omega \cdot 10 \text{ A} = 23 \text{ V}$$

Kondensator-Ladung / -Entladung



Die Lade- / Entlade-Zeit eines Kondensators ergibt sich aus:

Zeitdauer Tau = Widerstand * Kapazität $\text{Tau} = R \cdot C$

Widerstand R in MegaOhm [MΩ]

Kapazität C in MikroFarad [µF]

Bei 1 Tau ist ein Kondensator zu 63% geladen / auf 37% entladen.

Nach 5 Tau gilt ein Kondensator als geladen / entladen.