

1. Aufgabe:

Was zeichnet elektrische Leiter gegenüber Nichtleitern aus?

Lösung:

In elektrischen Leitern sind die Ladungen leicht beweglich, in Isolatoren können sie nur lokal (im Atom) verschoben werden. Dies führt dazu, dass in elektrischen Leitern nennenswerte Ströme fließen, in Isolatoren nicht.

In einem elektrischen Leiter ist außerdem das elektrische Potential überall gleich, zwei Körper, die durch einen Leiter (bspw. ein Metalldraht) verbunden sind, haben auch das gleiche Potential.

2. Aufgabe:

Wie groß muss ein Widerstand gewählt werden, damit bei einem Strom von 16 A eine Leistung von 1024 W umgesetzt wird? Welche Spannung muss in diesem Fall an den Widerstand gelegt werden ?

Lösung:

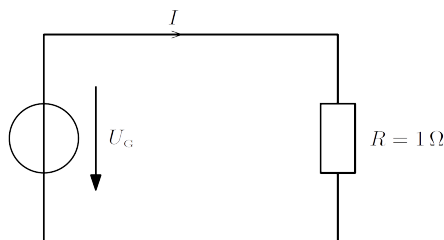
Größen und Einheiten:

Größe	Formelzeichen	Einheit
Strom	I	A
Spannung	U	V
Widerstand	R	$\Omega = VA^{-1}$
Leistung	P	$W=VA$

Vorgehen zur Berechnung elektrischer Netzwerke:

Um die Berechnung elektrischer Netzwerke zu vereinfachen und das Problem zu veranschaulichen, wird zunächst ein Ersatzschaltbild (ESB) aufgestellt.

Beim Aufstellen elektrischer Ersatzschaltbilder gelten folgende Vereinbarungen:



- Die Verbindungen zwischen den Schaltsymbolen werden als widerstandslos ($R = 0$) angenommen.
- Die elektrischen Eigenschaften von Bauelementen werden konzentriert in Schaltsymbolen angenommen.
- Alle Elemente sind, wenn nicht ausdrücklich anders angegeben, linear und zeitlich konstant.

Verbraucherzählfeilsystem:

Zur Berechnung von Strömen und Spannungen in elektrischen Netzwerken werden Zählpfeile verwendet. Diese geben die Richtung von Spannungsabfällen und Strömen für die Rechnung an.

Es wird die technische Stromrichtung (Bewegung von positiven Ladungsträgern) von + nach - verwendet.

Wenn nichts vorgegeben ist, kann die Richtung des Spannungsabfalls an der Quelle frei gewählt werden. Alle anderen Spannungsabfälle und Ströme müssen dann nach den nachfolgenden Regeln gelegt werden.

- an der Spannungsquelle sind Strom und Spannung entgegengerichtet
- am Verbraucher (Widerstand) sind Strom und Spannung gleichgerichtet

Zur Beschreibung zwischen den vier im Ersatzschaltbild auftretenden Größen (Strom I , Spannung U , Widerstand R und Leistung P) stehen zwei Gleichungen zur Verfügung:

Ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$ für $R = \text{const.}$

Berechnung der el. (Wirk-)Leistung $P = U \cdot I$

Sind zwei der Größen in einer Gleichung bekannt, kann die dritte daraus berechnet werden. Gesucht ist der Widerstand R und die anliegende Spannung U .

a) Möglichkeit 1:

$$\begin{aligned} P = U \cdot I & \Rightarrow U = \frac{P}{I} = \frac{1024\text{W}}{16\text{A}} = 64\text{V} \\ U = R \cdot I & \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{64\text{V}}{16\text{A}} = 4\Omega \end{aligned}$$

b) Möglichkeit 2: Das ohmsche Gesetz (umgestellt nach $U = R \cdot I$) wird in die Formel für die Berechnung der Leistung eingesetzt:

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I = R \cdot I \cdot I = R \cdot I^2 \\ P = I^2 \cdot R & \Rightarrow R = \frac{P}{I^2} = \frac{1024\text{W}}{(16\text{A})^2} = 4\Omega \\ U = R \cdot I & \Rightarrow R = 4\Omega \cdot 16\text{A} = 64\text{V} \end{aligned}$$

c) Möglichkeit 3: Das ohmsche Gesetz (umgestellt nach $I = \frac{U}{R}$) wird in die Formel für die Berechnung der Leistung eingesetzt:

$$\begin{aligned} P &= U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \\ P = U \cdot I & \Rightarrow U = \frac{P}{I} = \frac{1024\text{W}}{16\text{A}} = 64\text{V} \\ P = \frac{U^2}{R} & \Rightarrow R = \frac{U^2}{P} = \frac{(64\text{V})^2}{1024\text{W}} = 4\Omega \end{aligned}$$

3. Aufgabe:

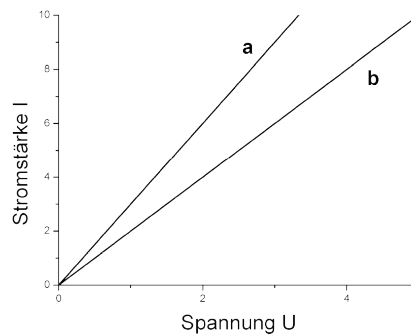
Ein Elektron erreicht im Vakuum bei anlegen eines elektrischen Feldes nach kurzer Distanz eine hohe Geschwindigkeit. In Metallen hingegen erreichen die Elektronen nur geringe Geschwindigkeiten (0.3 m/h, siehe Skript). Erklären Sie dieses Verhalten.

Lösung:

In Metallen tragen vor Allem die nur schwach lokalisierten Elektronen zum Ladungstransport bei. Dabei wechselwirken sie mit dem Metallgitter, stoßen also schon nach kurzer Zeit gegen ein Atom. Dabei verlieren sie einen Teil ihrer Bewegungsenergie und/oder ändern ihre Richtung. Auf diese Weise erreichen die Elektronen keine hohen Geschwindigkeiten, sondern werden immer wieder abgebremst und bewegen sich mit einer niedrigen mittleren Geschwindigkeit.

4. Aufgabe:

Welche der gezeigten Strom-Spannungskennlinie gehört zum größeren Widerstand? Begründen Sie kurz ihre Aussage.



Lösung:

Kennlinie b gehört zum größeren Widerstand. Betrachte die gemessenen Stromstärken an Widerstand a (I_a) und b (I_b) bei gleicher angelegter Spannung U .

Offenbar ist $I_a > I_b$. Aus dem Ohmschen Gesetz ($U = R \cdot I$) folgt, dass $R_a < R_b$ sein muss.

5. Aufgabe:

Berechnen Sie den Widerstand pro Längeneinheit eines Silberdrahtes (spezifischer Widerstand $\rho = 1.6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$) mit Radius $r = 1 \text{mm}$.

Lösung:

Es gelten $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$ und $A = \pi \cdot r^2$ (mit Ohmschem Widerstand R , spezifischem Widerstand ρ und Querschnittsfläche des Drahtes A). Der Widerstand pro Längeneinheit berechnet sich zu:

$$\frac{R}{l} = \frac{\rho}{\pi r^2} = \frac{1.6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}}{\pi \cdot (0.001 \text{m})^2} = 5 \cdot 10^{-3} \Omega/\text{m}$$

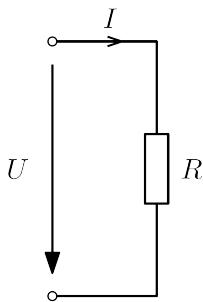
6. Aufgabe:

Ein elektrischer Widerstand nimmt bei einer Temperatur von 20°C an einer Gleichspannung von 160 V eine Leistung von 256 W auf. Bei einer Umgebungstemperatur von 270°C sinkt die Leistungsaufnahme auf die Hälfte.

- Welchen Strom nimmt der Verbraucher jeweils auf?
- Wie groß ist der elektrische Widerstand bei 20°C ?
- Welchen mittleren Temperaturkoeffizienten weist das Widerstandsmaterial im Bereich zwischen 20°C und 270°C auf?
- Wie groß ist der elektrische Widerstand bei 320°C (gleicher Temperaturkoeffizient vorausgesetzt)?
- Welchen spezifischen Widerstand hat der Widerstandsdraht bei 20°C , wenn der Draht 200 cm lang ist und eine Stromdichte von $1,6\text{ A/mm}^2$ herrscht?
- Auf welchen Wert müßte die Speisespannung gesteigert werden, damit bei 270°C die ursprüngliche Leistung bei 20°C aufgenommen wird?

Lösung:

Ersatzschaltbild: **gegebene Größen:**



$$\begin{aligned} P_1 &= 256\text{ W} & T_1 &= 20^{\circ}\text{C} \\ P_2 &= \frac{P_1}{2} = 128\text{ W} & T_2 &= 270^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

a) Stromaufnahme:

Die Stromaufnahme des Widerstandes bei den beiden betrachteten Temperaturen wird bei konstanter Spannung aus der Formel für die Leistung $P = U \cdot I$ berechnet.

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{P_1}{U} = \frac{256\text{ W}}{160\text{ V}} = 1.6\text{ A} \\ I_2 &= \frac{P_2}{U} = \frac{128\text{ W}}{160\text{ V}} = 0.8\text{ A} \end{aligned}$$

b) Elektrischer Widerstand bei 20°C und 270°C :

Der elektrische Widerstand bei den beiden betrachteten Temperaturen wird mit den bekannten Strömen aus dem *ohmschen Gesetz* $U = R \cdot I$ berechnet.

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{160\text{ V}}{1.6\text{ A}} = 100\Omega$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{160\text{V}}{0.8\text{A}} = 200\Omega$$

c) Mittlerer Temperaturkoeffizient:

Die Abhängigkeit des Widerstands von der Temperatur wird als linear angenommen. Damit ist der Temperaturkoeffizient α im betrachteten Temperaturbereich konstant.

$$\begin{aligned} R &= R_0 [1 + \alpha \cdot (\vartheta - \vartheta_0)] \\ R_{270} &= R_{20} [1 + \alpha \cdot (270^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] \\ 200\Omega &= 100\Omega [1 + \alpha \cdot 250\text{K}] \\ \alpha &= \frac{\frac{200\Omega}{100\Omega} - 1}{250\text{K}} = \frac{1}{250\text{K}} = 0.004 \frac{1}{\text{K}} \end{aligned}$$

d) Elektrischer Widerstand bei 320°C:

Mit dem nun bekannten Temperaturkoeffizient wird der Widerstand bei einer Temperatur von 320°C berechnet.

$$R_{320} = R_{20} [1 + \alpha \cdot (320^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})] = 100\Omega [1 + 0.004 \frac{1}{\text{K}} \cdot 300\text{K}] = 200\Omega$$

e) Spezifischer Widerstand des Leitermaterials:

Aus der angegebenen Stromdichte wird der Querschnitt des Leiters berechnet.

$$J = \frac{I}{A} \quad \Rightarrow \quad A = \frac{I}{J} = \frac{1.6\text{A}}{1.6 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 1\text{mm}^2$$

Mit dem bekannten Widerstand $R_1 = 100\Omega$ sowie der Länge ($l = 2\text{m}$) und dem Querschnitt ($A = 1\text{mm}^2$) des Leiters kann die spezifische Leitfähigkeit berechnet werden.

$$R_{20} = \rho_{20} \cdot \frac{l}{A} \quad \Rightarrow \quad \rho_{20} = R_{20} \cdot \frac{A}{l} = 100\Omega \cdot \frac{1\text{mm}^2}{2\text{m}} = 50 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}} = 50\mu\Omega\text{m}$$

f) Steigerung der Speisespannung:

Es soll gelten: $P'_0 = P_1 = 256\text{W}$.

$$P = \frac{U^2}{R} \quad \Rightarrow \quad U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{256\text{W} \cdot 200\Omega} = 226.3\text{V}$$

7. Aufgabe:

Glühlampen haben eine begrenzte Lebensdauer, weil der aus Wolfram bestehende Glühfaden im Laufe der Zeit ungleichmäßig dünner wird.

Warum brennt der Glühfaden am Ende der Lebensdauer der Lampe in der Regel beim Einschaltvorgang durch?

Lösung:

Wolfram hat - wie alle Metalle - einen positiven Temperatur-Koeffizienten. Der Widerstand des kalten Glühfadens ist daher wesentlich kleiner, als der des heißen. Daher gibt es beim Einschalten eine besonders hohe Stromspitze. An der dünnsten Stelle des Glühfadens entsteht dann eine besonders große Stromdichte, die den Glühfaden dann dort schmelzen lässt, weil der Rest des Glühfadens sich nicht so schnell aufheizt.

8. Aufgabe:

Ein Mignon-Akku mit einer Nennspannung von 1.2 V enthält eine Ladung von 1500 mAh. Wie groß ist die in ihm gespeicherte Energie?

Lösung:

$$\begin{aligned}U &= \frac{W}{Q} \\W &= U \cdot Q \\&= 1.2\text{V} \cdot 1500\text{mAh} \\&= 1.2\text{V} \cdot 1.5\text{Ah} \\&= 1.2\text{V} \cdot 1.5\text{A} \cdot 3600\text{s} \\W &= 6480\text{J}\end{aligned}$$

9. Aufgabe:

Ein Akku mit einer Ladung von 600 mAh wird mit einem Strom von 20 mA belastet. Nach welcher Zeit ist der Akku leer?

Lösung:

$$\begin{aligned}Q &= I \cdot t \\t &= \frac{Q}{I} \\t &= \frac{600\text{mAh}}{20\text{mA}} \\t &= 30\text{h}\end{aligned}$$

10. Aufgabe:

Was versteht man unter Supraleitung?

Lösung:

Bestimmte Werkstoffe - beispielsweise viele Metalle - verlieren beim Unterschreiten einer sehr niedrigen Temperatur plötzlich ihren Widerstand.