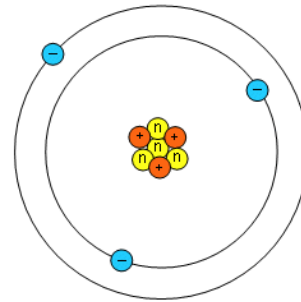


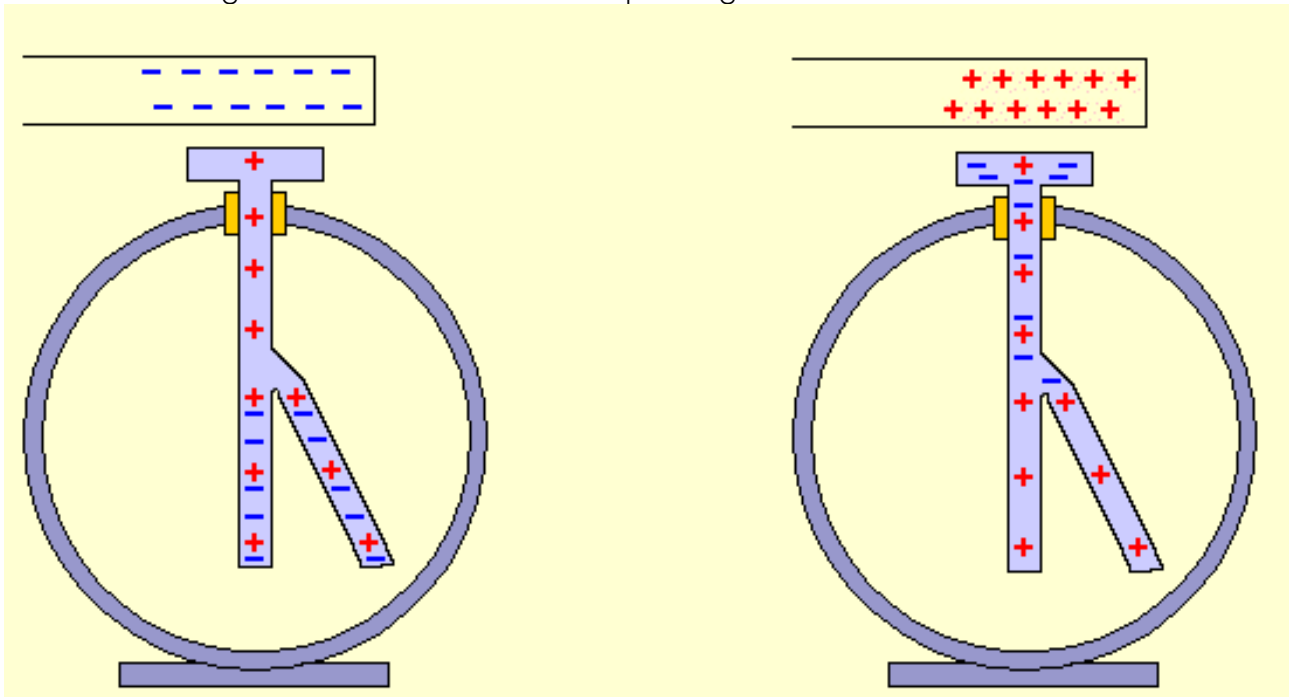
Aufbau eines Atoms

Name	Ort	Ladung
Proton	Kern	positiv +
Neutron	Kern	neutral n
Elektron	Hülle	negativ -



Elektroskop

Elektrische Ladungen können mit dem Elektroskop nachgewiesen werden.



Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab.

Ungleichnamige Ladungen ziehen sich an.

Elektrostatik

Viele Stoffe zeigen nach der Reibung mit anderen Materialien leichte Anziehungskräfte. Schon die alten Griechen kannten die Erscheinung, dass geriebener Bernstein eine geringe Anziehungskraft ausübt. Bernstein, ein fossiles Harz, heisst auf griechisch „Elektron“. Davon kommt der Name für Elektrizität. Elektrostatik heisst „stehende Elektrizität“. (im Gegensatz zur „fließenden Elektrizität“ = Elektrodynamik)

Leiter und Isolatoren

In vielen Stoffen gibt es freie Elektronen, die nicht oder nur schwach an den Atomkern gebunden sind. Solche Stoffe, in denen Elektronen leicht beweglich sind, heissen elektrische Leiter.

Gute Leiter sind z. B. Metalle, Kohle, Säuren, Laugen, Salzlösungen.

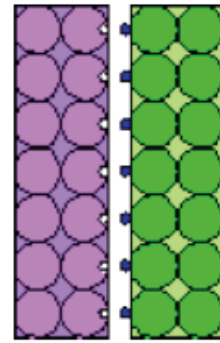
Schlechte Leiter (gute Isolatoren) sind z. B. Kunststoffe, Glas, Luft, Öle.

Reibung

Bei der Reibung werden dem einen Stoff Elektronen entrissen und dem andern Stoff angelagert.

Elektronenüberschuss = negative Ladung

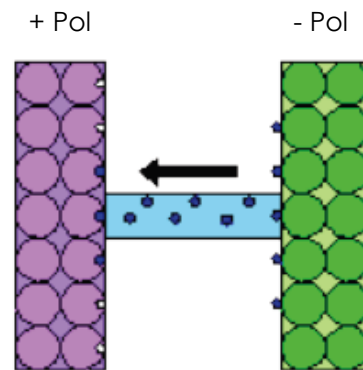
Elektronenmangel (Protonenüberschuss) = positive Ladung



Spannung

Zwischen zwei unterschiedlich geladenen Körpern herrscht eine Spannung (= Elektronenunterschied).

Verbindet man die beiden Körper mit einem Leiter, so gleichen die Elektronen die Spannung aus. Sie fließen vom Körper mit Elektronenüberschuss (Minuspol) zum Körper mit Elektronenmangel (Pluspol).



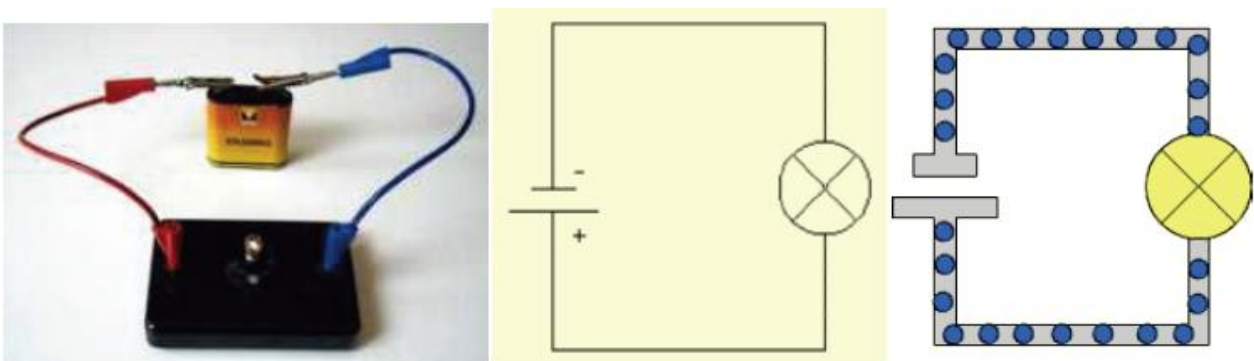
Strom

Von elektrischem Strom spricht man, wenn Elektronen sich in eine bestimmte Richtung bewegen.

Elektronen fließen vom Minuspol zum Pluspol.

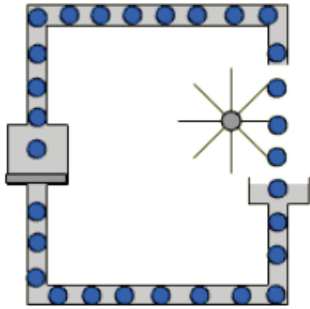
Die Stromrichtung wird vom Pluspol zum Minuspol angegeben.

Stromkreis

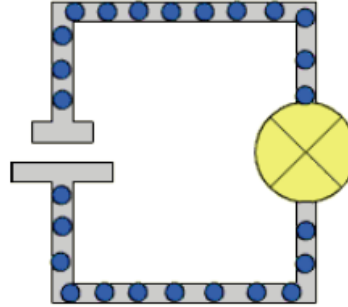


Elektronen fließen vom Minuspol zum Pluspol.

Wasserstrom und elektrischer Stromkreis



Die Pumpe erzeugt Druck.
Der Druck wird in bar gemessen.
In der Leitung fließen Wassermoleküle.
Der Wasserstrom wird in Liter/min gemessen.



Die Batterie erzeugt Spannung.
Die Spannung wird in Volt (V) gemessen.
In der Leitung fließen Elektronen.
Die elektrische Stromstärke wird in Ampere (A) gemessen.

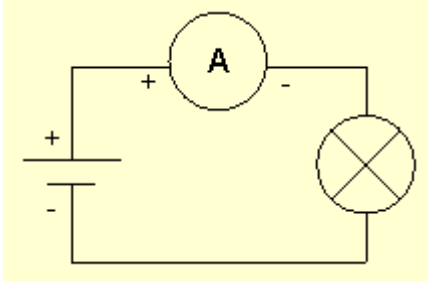
Stromstärke

Die elektrische Stromstärke I wird in Ampere (A) gemessen.

1 A entspricht einem Elektronenfluss von $6 \cdot 10^{18}$ Elektronen pro Sekunde.

1 A = 1000 mA; 1 mA = 1000 μ A

Die Stromstärke wird im Leiter gemessen.
Beachte die Polung des Amperemeters.



Beispiele für Stromstärken

Glimmlampe	0.1 mA - 3 mA
tödlicher Herzstrom	20 mA - 50 mA
Glühlampe Taschenlampe	0.07 A - 0.6 A
Glühlampe Haushalt	0.1 A - 0.6 A
Glühlampe Haushalt	0.1 A - 0.6 A
Bügeleisen	2A-5A
Elektroofen, Kochplatte	5 A - 10 A
Autoanlasser	100 A - 200 A
Lokomotive	bis 1000 A
Blitz	bis 1 Mio. A

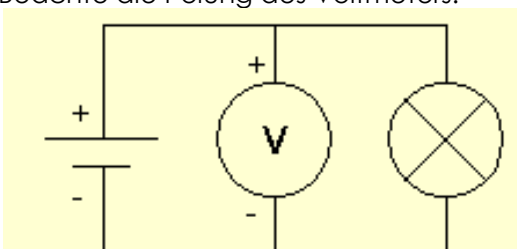
Spannung

Die elektrische Spannung U wird in Volt (V) gemessen.

1 V = 1000 mV

1 kV = 1000 V

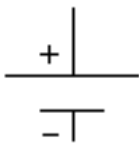
Die Spannung wird zwischen zwei verschiedenen geladenen Punkten des Stromkreises gemessen.
Beachte die Polung des Voltmeters.



Beispiele für Spannungen

Monozelle	1.2 V - 1.5 V
Flachbatterie	4.5 V
Autoakku	12 V
Lichtnetz	230 V
Elektroofen	380 V
Trolleybus	600 V
Zitteraal bis	800 V
Strassenbahn	1000 V
Bahnnetz	16 000 V = 16 kV
Hochspannungsleitung	bis 380 kV

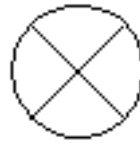
Schaltsymbole



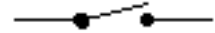
Batterie



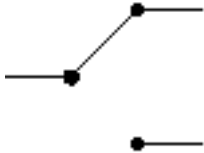
Strom- oder Spannungsquelle



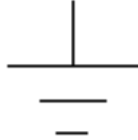
Glühlampe Verbraucher



Schalter



Wechselschalter Umschalter



Erde Erdung



Spannungsmessgerät Voltmeter



Strommessgerät Amperemeter



Widerstand

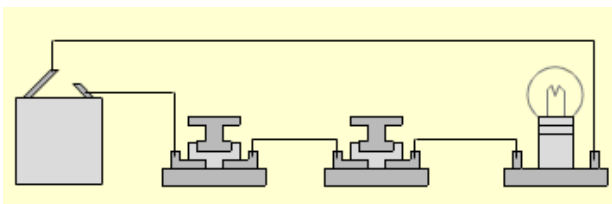
=

Gleichstrom Gleichspannung

≈, ~

Wechselstrom Wechselspannung

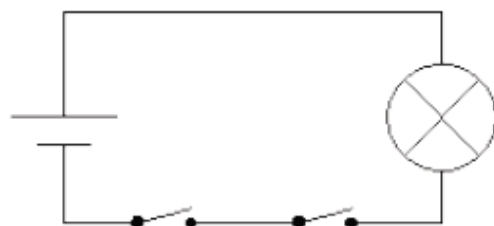
Serieschaltung



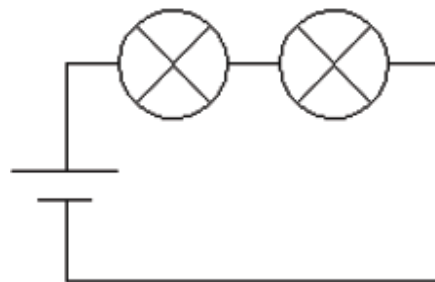
Der Stromkreis ist geschlossen, wenn beide Schalter geschlossen sind.

Bei der Serienschaltung fließt der Strom der Reihe nach durch alle Schaltelemente.

Leitet ein Schaltelement den Strom nicht, so ist der Stromkreis unterbrochen und es fließt kein Strom.



Zwei Schalter in Serie geschaltet.



Zwei Lampen in Serie geschaltet.

Serieschaltung von Widerständen

Beispiel

Zwei Widerstände $R_1 = 3 \Omega$ und $R_2 = 5 \Omega$ werden in Serie geschaltet.

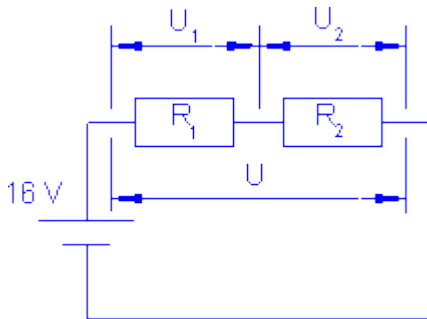
a) Berechne den Gesamtwiderstand R .

Lösung:

$$R = R_1 + R_2 = 3 \Omega + 5 \Omega = 8 \Omega$$

b) Berechne die Spannungen an beiden Widerständen, wenn die angelegte Spannung $U = 16 \text{ V}$ misst.

Lösung:

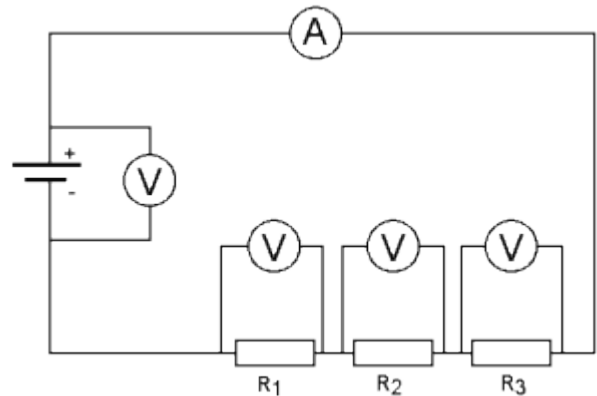


$$I = \frac{16 \text{ V}}{8 \Omega} = 2 \text{ A}$$

$$U_1 = R_1 \cdot I = 3 \Omega \cdot 2 \text{ A} = 6 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot I = 5 \Omega \cdot 2 \text{ A} = 10 \text{ V}$$

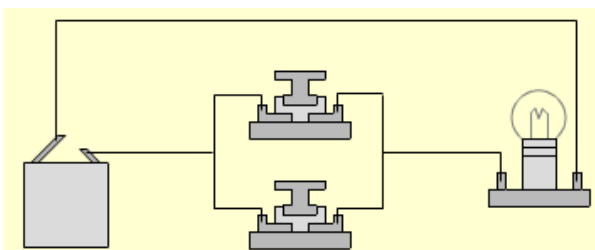
Kontrolle: $U = 16 \text{ V}$



$$R_{\text{total}} = \frac{U_{\text{total}}}{I} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I}$$

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

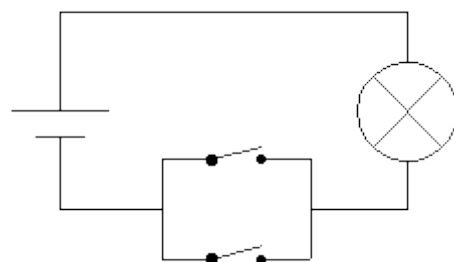
Parallelschaltung



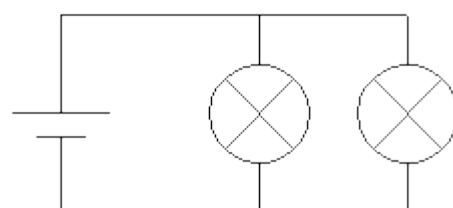
Der Stromkreis ist geschlossen, wenn einer der beiden Schalter (oder beide Schalter) geschlossen sind.

Zwei Schalter parallel geschaltet Bei der Parallelschaltung verzweigt sich der Stromkreis.

Leitet ein Schaltelement den Strom nicht, so fließt der Strom durch das parallel geschaltete Schaltelement, sofern dieses den Strom leitet.



Zwei Schalter parallel geschaltet.



Zwei Lampen parallel geschaltet.

Parallelschaltung von Widerständen

Beispiel (schwierig)

Zwei Widerstände $R_1 = 3 \Omega$ und $R_2 = 5 \Omega$ werden parallel geschaltet.

a) Berechne den Gesamtwiderstand R .

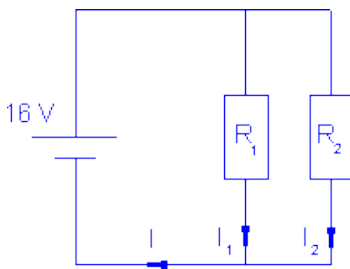
Lösung:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{5}} \Omega = \frac{1}{\frac{8}{15}} \Omega = 1\frac{7}{8} \Omega = 1.875 \Omega$$

b) Berechne die Stromstärken I_1 und I_2 , die durch die beiden Widerstände R_1 und R_2 fließen, wenn die angelegte Spannung $U = 16 \text{ V}$ misst.

Lösung:

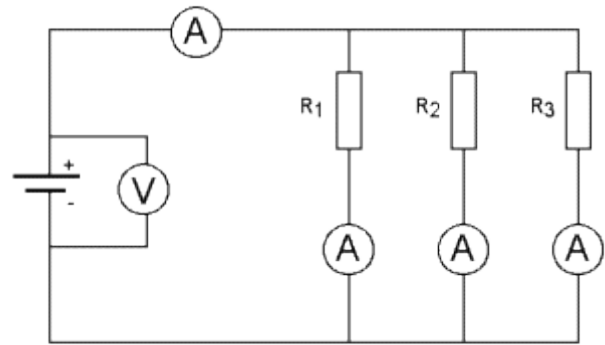


$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{16 \text{ V}}{3 \Omega} = 5\frac{1}{3} \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{16 \text{ V}}{5 \Omega} = 3\frac{1}{5} \text{ A}$$

Kontrolle:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{16 \text{ V}}{1\frac{7}{8} \text{ A}} = I_1 + I_2 = 8\frac{8}{15} \text{ A}$$

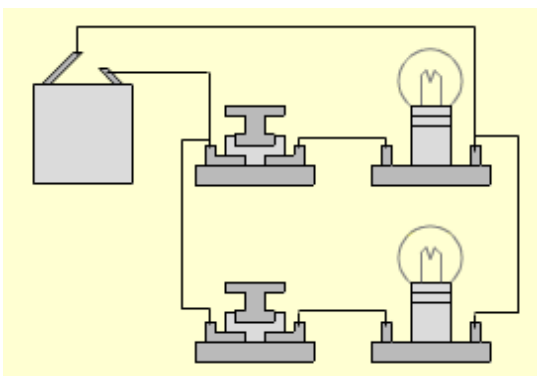


$$R_{\text{total}} = \frac{U}{I_{\text{total}}} = \frac{U}{I_1 + I_2 + I_3}$$

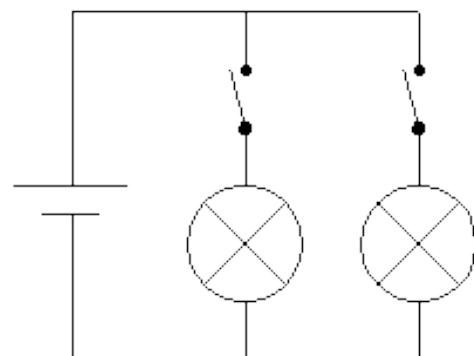
$$\frac{I_{\text{total}}}{U} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{U} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \frac{I_3}{U}$$

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Schaltschema



Zwei Lampen mit Schalter parallel geschaltet.



Spannungsquellen



Batterien



Akkumulator / Akku



Dynamo



Generator

Gleichspannung und Wechselspannung

Gleichspannung



Symbol: = oder DC (engl. direct current)

Die Elektronen fließen immer in gleicher Richtung.

Beispiele/Anwendungen

Batterien, Akku, elektronische Geräte

Bei elektronischen Geräten muss auf die richtige Polung geachtet werden.

Wechselspannung



Symbol: ≈ , ~ oder AC (engl. alternating current)

Die Elektronen wechseln die Richtung z. B. 50-mal pro Sekunde = 50 Hertz = 50 Hz.

Beispiele/Anwendungen

Netzstrom Europa 50 Hz, USA 60 Hz, Bahn 16.7 Hz

Steckdose (Schweiz 230 V / 50 Hz)
links: Nullleiter, Neutralleiter (nicht unter Spannung)
Mitte: Erde, Schutzerdung
rechts: Phase, Aussenleiter (unter Spannung)

Widerstand

Die Eigenschaft eines Leiters, den Elektronenfluss mehr oder weniger „bremsen“ zu können, nennt man elektrischen Widerstand.

Der Widerstand R wird in Ohm (Ω) gemessen. Der Widerstand beträgt 1 Ohm (1Ω), wenn bei einer Spannung von 1 V ein Strom von 1 A fließt.

$1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$

Der ohmsche Widerstand hängt von folgenden Eigenschaften und Größen des Leiters ab:

- Material
- Länge
- Querschnittsfläche
- Temperatur

Silber	0.016
Kupfer	0.017
Gold	0.022
Aluminium	0.027
Messing	0.04
Eisen (rein)	0.105
Eisen (legiert)	bis 0.3
Platin	0.11
Konstantan	0.5
Quecksilber	0.96
Beton	bis 5
Kohle	60
Silizium	1200
Schwefelsäure (20%)	1530
Meerwasser	ca. 200 000
Erde	ca. 1000 000 000
Destilliertes Wasser	30 000 000 000

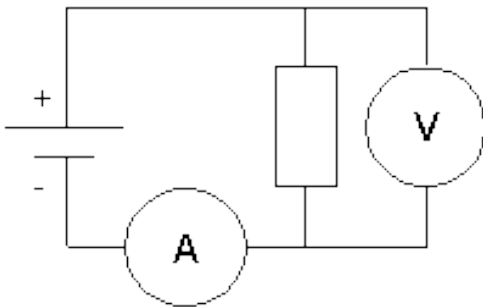
Ohmsches Gesetz

Spannung = Widerstand · Stromstärke

$$U = R \cdot I$$

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

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



Die Spannung wächst proportional (verhältnismäßig) zur Stromstärke.

Dieses grundlegende Gesetz der Elektrizitätslehre wurde 1826 vom deutschen Physiker Georg Simon Ohm gefunden.

Beispiele

Durch einen Widerstand fließt bei 4 V Spannung ein Strom von 0.25 A. Berechne den Widerstand.

Geg.: $U = 4 \text{ V}$, $I = 0.25 \text{ A}$

Ges.: R

Lösung:

$$U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{4 \text{ V}}{0.25 \text{ A}} = 16 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 16 \Omega$$

Wie groß ist der Strom, der bei 12 V Spannung durch einen Widerstand von 2 k Ω fließt?

Geg.: $U = 12 \text{ V}$, $R = 2000 \Omega$

Ges.: I

Lösung:

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{12 \text{ V}}{2000 \Omega} = 0.006 \frac{\text{V}}{\Omega} = 0.006 \text{ A} = 6 \text{ mA}$$