

Grundwissen zur Elektrizität

Stromkreise und Schaltbilder:

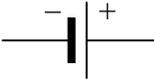
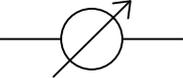
Elektrischen Strom kann man nicht direkt sehen, er wird nur durch seine Wirkungen erkennbar, z. B.

- aufheizen eines Drahtes / einer Elektroheizung; das kann so weit gehen, dass der Draht glüht
- zusammenziehen der Nerven im Körper („elektrischer Schlag“)

Es gibt Materialien, durch die elektrischer Strom (gut) fließen kann, man sagt, sie leiten den Strom und nennt sie Leiter. Materialien, durch die elektrischer Strom (fast) nicht fließen kann, heißen entsprechend Nichtleiter (außerdem gibt es auch noch „Halbleiter“...)

Damit elektrischer Strom fließt, braucht man eine „Stromquelle“ (Batterie, Generator, Transformator, ...). Diese hat (wenn es eine Gleichstromquelle ist...) zwei verschiedene Anschlüsse, genannt Pluspol und Minuspol. Werden die beiden Pole durch Leiter verbunden, so fließt Strom durch diesen „geschlossenen Stromkreis“.

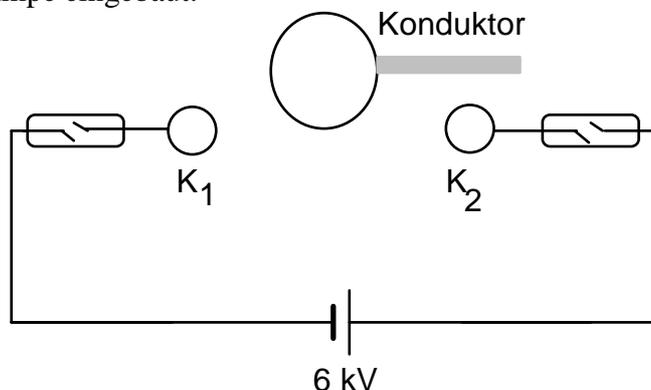
Stromkreise werden meist kurz durch sogenannte „Schaltbilder“ dargestellt, die einzelnen Bestandteile durch „Schaltsymbole“:

- Draht/Kabel: 
- (Gleich-)Stromquelle:  oder 
- Schalter: 
- Glühlampe: 
- Messgerät: 

Eigentlich fließt der elektrische Strom vom Minus- zum Pluspol; da man dies aber erst später feststellte, wurde ursprünglich als Stromrichtung vom Plus- zum Minuspol festgelegt. In der Technik ist dies auch heute noch üblich; man spricht deshalb von der technischen Stromrichtung.

Elektrische Ladung Q:

Versuch: Wir bauen einen nicht geschlossenen Stromkreis auf. Vor der Unterbrechung ist jeweils eine Glimmlampe eingebaut.



Wir bewegen eine leitende Kugel (Konduktor) zwischen den Kontaktstellen K_1 und K_2 hin und her.

Beobachtung: Bei Berührung leuchtet die Glimmlampe auf.

Erklärung: Bei Berührung mit K_1 fließen jeweils (elektrische) Ladungen auf den Konduktor. Berührt man mit dem geladenen Konduktor K_2 , so fließen die Ladungen wieder ab.

Zusammenfassung der wichtigsten Grundkenntnisse über elektrische Ladungen:

- Es gibt zwei Arten von Ladungen: positive und negative.
- Ladungen üben Kräfte aufeinander aus. Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab, ungleichnamige Ladungen ziehen sich an.
- Berühren sich zwei Körper, so gehen i. A. Ladungsträger (Elektronen) vom einen zum anderen über; dies kann durch Reiben noch verstärkt werden. Man spricht von Kontakt- bzw. Reibungselektrizität.
- Das Größensymbol für die elektrische Ladung ist Q (von „Quantität“); die Einheit ist $[Q] = 1 \text{ C(oulomb)}$ (nach Charles Augustin de Coulomb, 1736-1806)
genaue Definition der Einheit: später!
- Die kleinste Ladung, die in der Natur frei vorkommt, heißt Elementarladung:
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ (Ladung eines Protons: e , Ladung des Elektrons: $-e$)
- In metallischen Leitern sind stets freie Ladungsträger vorhanden: Im Schnitt gibt jedes Metallatom ca. ein Elektron ab. Diese Elektronen können sich frei zwischen den Metallatomen hindurch bewegen („Elektronengas“).
- Da Elektronen negativ geladen sind, bewegen sie sich außerhalb der Stromquelle vom Minuspol zum Pluspol, also entgegen der technischen Stromrichtung.

Elektrische Stromstärke I:

Die (mittlere) Stromstärke \bar{I} (von „Intensität“) gibt an, wie viele Ladungen pro Zeitspanne Δt durch einen Draht etc. fließen bzw. um welche Menge ΔQ wie sich die Ladung auf einem Körper in dieser Zeitspanne ändert:

$$\bar{I} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{bzw. vereinfacht} \quad I = \frac{Q}{t} \quad \rightarrow \quad \Delta Q = \bar{I} \cdot \Delta t \quad \text{bzw.} \quad Q = I \cdot t$$

$$[I] = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}} = 1 \text{ A(mpère)} \quad (\text{nach André Marie Ampère, 1775 – 1836})$$

- Die momentane Stromstärke $I(t)$ ist also gleich der Ableitung der Ladung Q auf einem Körper nach t :

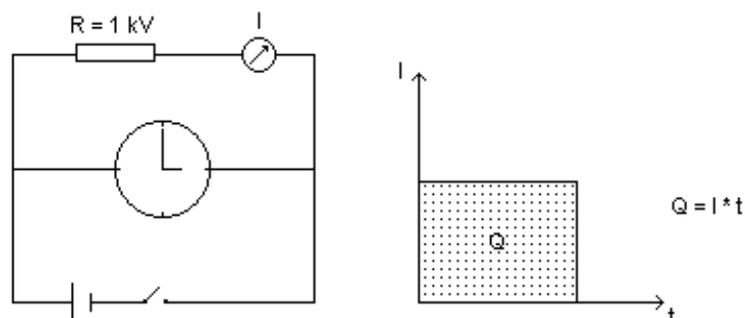
$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} = \dot{Q},$$

und die Ladung Q auf einem Körper ist gleich dem zeitlichen Integral über die Stärke des Stroms, der zu diesem Körper hin fließt:

$$Q = \int I dt$$

(dieses lässt sich durch die Fläche unter der Kurve von $I(t)$ veranschaulichen, s.u.)

Messung von Ladungen



Ist die Dauer Δt des Stromflusses groß gegen die Schwingungsdauer des Drehspulinstruments, so erhält man $\Delta Q = I \cdot \Delta t$.

Auch wenn die Dauer des Stromflusses klein gegen die Schwingungsdauer des Drehspulinstruments ist, lässt sich das Drehspulinstrument als Ladungsmessgerät verwenden. Man beobachtet in diesem Fall einen Stoßausschlag, dessen Maximalwert proportional zur geflossenen Ladung ist. Das Drehspulinstrument muss für die Verwendung als Ladungsmessgerät aber geeicht werden.

Weitere Ladungsmessgeräte:

- Elektroskop
- Messverstärker zur Ladungsmessung "berechnen" das zeitliche Integral über die Stromstärke

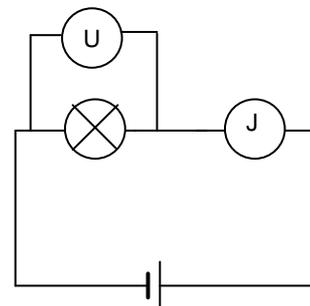
Stromstärke I und Spannung U

Ein Stromkreis(lauf) lässt sich mit einem Wasserkreislauf vergleichen. Die Stromquelle entspricht einer Pumpe, der Wasserdruck der Spannung U (von lateinisch *urgere*: drängen, treiben), die Menge an Wasser, die durch ein Rohr fließt, der Stromstärke I . Spannung misst also die Stärke der Ursache für den Stromfluss, die Stromstärke misst die Wirkung.

Die Einheit der Spannung heißt 1 Volt (1V). *(nach Alessandro Volta, 1745 – 1825)*

genaue Definitionen der Einheit: später!

Strommessgeräte werden in den Stromkreis geschaltet (man misst die Stärke des Stroms *durch* den Leiter), Spannungsmessgeräte parallel (man misst die Größe der Spannung *zwischen* zwei Punkten bzw. *an* einem Gerät).



Der (elektrische) Widerstand R (von engl. resistance) gibt an, welche Spannung U nötig ist, um eine gegebene Stromstärke I (in einem Draht, einem Gerät, ...) zu erreichen, er ist also definiert als

$$R = \frac{U}{I} \quad [R] = \frac{[U]}{[I]} = 1 \frac{V}{A} = 1 \Omega = 1 \text{ Ohm} \quad (\text{nach Georg Simon Ohm, 1789 - 1854})$$

Für metallische Leiter gilt (bei konstanter Temperatur!) das Ohmsche Gesetz:

$$U \sim I, \text{ d. h. } R = \text{konst.}$$

Vorsicht: Das Wort „Widerstand“ wird außerdem auch noch für Bauteile benutzt, die einen elektrischen Widerstand besitzen!

Schaltsymbol:

spezifischer Widerstand:

Bei einem homogenen Draht (der also durchgängig aus demselben Material besteht) ist der Widerstand proportional zur Länge ℓ und indirekt proportional zur Querschnittsfläche A ; die Proportionalitätskonstante heißt der „spezifische Widerstand“ ρ des Materials:

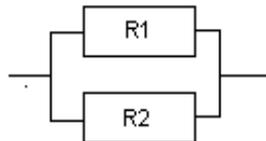
$$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A}$$

Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen

Bei Reihenschaltung von Widerständen gilt: $R = R_1 + R_2$



Bei Parallelschaltung von Widerständen gilt: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (die sogenannten *Leitwerte* addieren sich zum gesamten Leitwert)



Kirchhoffsche Regeln: Verzweigt sich ein Stromkreis, so

1. ist die Summe der Stromstärken I_1 und I_2 in den beiden Zweigen gleich der gesamten Stromstärke: $I = I_1 + I_2$. (Verzweigungsregel; Spezialfall der „Knotenregel“)
2. ist die Spannung, die an beiden Zweigen anliegt, gleich groß: $U_1 = U_2$ (Spezialfall der „Maschenregel“)