



Aller Anfang... muss nicht schwer sein!

Von Eric Bogers

Es gibt durchaus Hobbys, wo es kaum etwas zu berechnen gibt. Wer etwa mit Farbe und Pinsel operiert, muss nicht erst ausrechnen, wie grün das Gras ist (das übrigens beim Nachbarn immer grüner zu sein scheint ;-)). Anders in der Elektronik: Hier sind (genaue) Berechnungen ziemlich wichtig, um verkohlte Bauteile, durchgebrannte Sicherungen und Schlimmeres zu verhindern.

In der vorhergehenden Folge haben wir über Spannung und Strom gesprochen; nun geht es darum, was man damit alles anstellen kann.

Anleitung

Wir alle wissen, dass manche Materialien (z.B. Metalle) elektrischen Strom gut leiten – andere hingegen leiten Strom kaum bis gar nicht. Im ersten Fall spricht man von Leitern, im Letzteren von Isolatoren. Glas ist ein guter Isolator, und – das mag Sie überraschen – auch Wasser isoliert prima (es muss dann aber destilliert oder besser noch doppelt destilliert, nämlich *aqua bidest* sein).

In der Physik gibt es eine Größe, die diese Materialeigenschaft angibt: die *elektrische Leitfähigkeit*. Materialien haben einen messbaren *Leitwert* – bestimmte sogar einen *spezifischen Leitwert*.

Leitwert

Es besteht eine schön lineare Beziehung zwischen der Spannung an einem Leiter und dem Strom durch ihn, die sich als einfache Formel präsentiert:

$$G = I/U$$

Mit anderen Worten: Der Quotient aus Strom und Spannung ist der Leitwert. Daher gilt: Je mehr Strom (*I*) bei einer bestimmten Spannung (*U*) fließt, desto höher ist der Leitwert (*G*). Die Größe *G* hat die Einheit *Siemens* (*S*).

Widerstand

In der Praxis ist die Spannung meistens numerisch größer als der Strom, so dass der Leitwert fast immer (viel) kleiner als eins ausfällt. Elektroniker sind auch nur Menschen: Sie rechnen nicht gerne mit winzigen Werten. Deshalb verwenden sie eher den Kehrwert des Leitwerts: den *Widerstand*. Je besser ein Leiter bei gegebener Spannung (*U*) den elektrischen Strom (*I*) leitet, desto geringer ist sein Widerstand (*R*). Die Größe *R* hat die Einheit *Ohm* (Ω):

$$R = U/I$$

Endlich ist es da, das berühmte *ohmsche Gesetz*, von dem selbst absolute Elektronik-Laien irgendwie, irgendwo und irgendwann schon einmal gehört haben.

Intermezzo

Ein Widerstand von 1Ω ist ein recht kleiner Wert. In der praktischen Elektronik hat man es meistens mit größeren Werten wie etwa 8.200Ω etc. zu tun. Ein Farad (*F*) hingegen ist extrem groß (die Einheit *F* gehört zur Kapazität – davon in einer der nächsten Folgen mehr). Damit man nicht ständig viele Nullen vor oder nach dem Komma schreiben und aussprechen muss – *der Widerstand hat einen Wert von achttausendzweihundert Ohm* oder noch schlimmer: *der Kondensator hat einen Wert von zweiundzwanzig millionstel Farad* – verwendet man Dezimalpräfixe. Die Wichtigsten werden in der Tabelle vorgestellt.

Man spricht also von einem Widerstand von $8,2 \text{ k}\Omega$ und einem Kondensator von $22 \mu\text{F}$. Manchmal wird die Einheit einfach weggelassen und manchmal sogar lediglich das Dezimalpräfix

Vielfache		
Name	Präfix	Faktor
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
deka	d	10^1
Bruchteile		
Name	Präfix	Faktor
dezi	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}

anstelle eines Dezimalkommata geschrieben. Aber Vorsicht: Das tut man nur, wenn keine Missverständnisse drohen! Also etwa bei Stücklisten in Elektor, da ein Widerstand nur die Einheit Ω und ein Kondensator nur die Einheit F haben kann. Beispiele:

$$6.800 \Omega = 6,8 \text{ k}\Omega = 6\text{k}8$$
$$0,000.000.004.7 \text{ F} = 4,7 \text{ nF} = 4\text{n}7$$

Stromkreis

Nun fließt ein elektrischer Strom nicht einfach nur so vor sich hin. Er kommt irgendwo her und geht irgendwo hin. Im einfachsten Fall kommt der Strom von einer Batterie (Pluspol) und fließt zum Minuspol derselben Batterie: ein geschlossener Stromkreis. In einem „offenen“ Stromkreis kann kein Strom fließen!

Anmerkung: Technisch sieht man die Sache so, dass der Strom von Plus nach Minus fließt. Doch Elektronen bewegen sich genau in die entgegengesetzte Richtung. Die Konvention stammt aus einer Zeit, da man noch nicht wusste, dass Elektronen bei Stromfluss fließen.

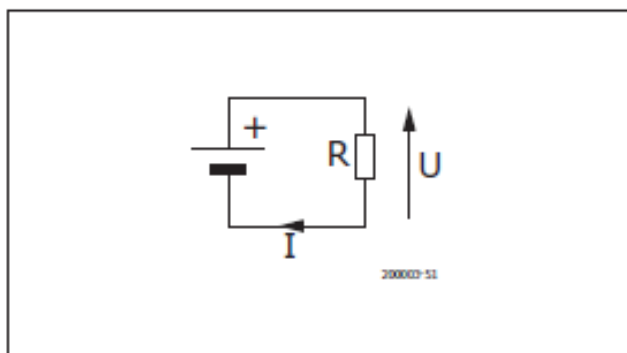


Bild 1. Der einfachste denkbare geschlossene Stromkreis.

Der elementarste, vorstellbare Stromkreis in **Bild 1** besteht aus einer Spannungsquelle wie einer Batterie (links) und einem Widerstand (rechts). Die Leitungen vom Pluspol der Batterie zum oberen Anschluss des Widerstands und vom unteren Anschluss des Widerstands zum Minuspol der Batterie werden als „ideal“ angenommen: Man tut so, als hätten sie keinen Widerstand. Das stimmt natürlich nicht, aber in den meisten Schaltungen ist diese Annahme unproblematisch. Über dem Widerstand liegt die Batteriespannung U , wie sie durch den Spannungspfeil angezeigt wird. In dieser Schaltung fließt ein Strom I , der ebenfalls durch einen Pfeil angezeigt wird (wie schon erwähnt fließt er von Plus nach Minus).

Jetzt (endlich!) darf man ein bisschen rechnen. Geht man von einer 9-V-Batterie (kleine Blockbatterie) und einem Widerstand von 2.200Ω ($2\text{k}2$) aus, stellt sich die Frage, welcher Strom in der Schaltung fließt.

$$R = U/I \text{ und umgestellt gilt: } I = U/R; \text{ daher rechnet man:}$$
$$I = 9 \text{ V} / 2.200 \Omega = 0,004.09 \text{ A} = 4,09 \text{ mA}$$

Diese „Schaltung“ macht natürlich nicht viel. Es fließt lediglich ein Strom durch einen Widerstand. Aber was macht das mit diesem Widerstand? Er heizt sich auf. So funktioniert ein

elektrischer Heizkörper. In der vorherigen Folge wurde gezeigt, wie man die Leistung berechnet, die im Widerstand in Wärme umgewandelt wird (Techniker sagen: „als Wärme abgeführt“): $P = U \cdot I$ und umgestellt gilt: $P = U^2/R$; daher rechnet man: $P = 81 \text{ V}^2 / 2.200 \Omega = 0,036.8 \text{ W} = 36,8 \text{ mW}$

Das ist nicht viel. Der Widerstand heizt nur recht bescheiden. Hätte man einen Widerstand von 220Ω verwendet ($1/10$), dann ergäbe sich die zehnfache Verlustleistung von 368 mW . Doch in vielen elektronischen Schaltungen verwendet man möglichst kleine (und billige) Widerstände mit einer maximalen Leistung von 250 mW (siehe auch die Stücklisten dieser Zeitschrift). Der Widerstand würde also mit mehr belastet als erlaubt. Er würde sehr heiß werden und nach einiger Zeit wohl durchbrennen. Mit Folgen...

Noch ein Beispiel zum Abschluss. Ein 1-kW-Theaterscheinwerfer soll über ein Verlängerungskabel an einer normalen Steckdose betrieben werden. Welchen Strom muss dieses Kabel dauerhaft verkraften, ohne dass es gefährlich wird?




$$P = U \cdot I \text{ und umgestellt gilt: } I = P/U; \text{ daher rechnet man:}$$
$$I = 1000 \text{ W} / 230 \text{ V} = 4,35 \text{ A}$$

Anmerkung: Dass der „Leiter“ bei einer Kabeltrommel doch einen nicht vernachlässigbaren Widerstand hat, merkt man, wenn man hier die Trommel nicht komplett abwickelt. Wegen mangelnder Wärmeabfuhr kann eine aufgewickelte Kabeltrommel innen mit der Zeit sehr heiß werden...

In der nächsten Folge gibt es dann kompliziertere Schaltungen mit Widerständen. **⌂**

(200003-04)

Die Artikelserie „Aller Anfang...“ basiert auf dem Buch „Basiskurs Elektronik“ von Michael Ebner, erschienen im Elektor-Verlag.



IM ELEKTOR-STORE

→ Basiskurs Elektronik (PDF)
www.elektor.de/basiskurs-elektronik-pdf