
3 Schaltungen bauen

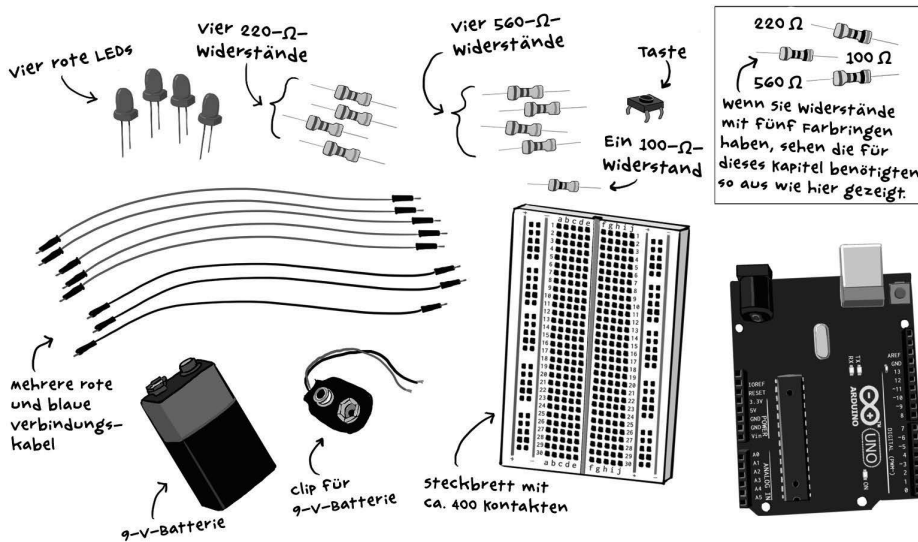
Inhalt dieses Kapitels

- Das Ohmsche Gesetz zur Berechnung von Spannung, Stromstärke und Widerständen in einer Schaltung
- Einfache Schaltungen auf einem Steckbrett erstellen
- Der Unterschied zwischen Parallel- und Reihenschaltung
- Verwendung von LEDs in verschiedenen praktischen Aufbauten
- Die richtigen Widerstände für verschiedene Schaltungen und Komponenten auswählen und erkennen
- Den Widerstand in Reihen- und Parallelschaltungen berechnen



Für dieses Kapitel benötigen Sie:

- 1 Arduino Uno
 - 4 Standard-LEDs, rot
 - 4 220- Ω -Widerstände
 - 4 560- Ω -Widerstände
 - 1 100- Ω -Widerstand
 - 1 Taste
 - 1 9-V-Batterie
 - 1 Clip für eine 9-V-Batterie
 - 5 rote und 2 schwarze Verbindungskabel
 - 1 Steckbrett mit ca. 400 Kontakten
-



Schaltungen zu entwerfen und zu bauen, ist für Sie möglicherweise etwas völlig Neues und kann zunächst einmal entmutigend wirken. Allerdings gibt es nur eine Handvoll Grundprinzipien, die Sie verinnerlichen müssen. Wenn Sie erst einmal das Verhältnis von Spannung, Stromstärke und Widerstand verstanden haben – das durch das Ohmsche Gesetz bestimmt wird –, dann sind Sie schon auf dem besten Wege, um die Grundlagen des Schaltungsaufbaus zu beherrschen.

Es gibt einige übliche Vergleiche, die dazu herangezogen werden, Spannung, Stromstärke und Widerstand zu veranschaulichen. Am weitesten verbreitet ist die Analogie eines Hydrauliksystems mit Tanks und Rohren. Das ist zwar eine passende, aber auch keine besonders einprägsame Illustration. Sehen wir uns stattdessen etwas anderes an.

3.1 Spannung, Stromstärke und Widerstand

Hoch in den Bergen und tief in den Wäldern eines Orts, den es nicht gibt, ist ein Volk von Zwergen auf unerklärliche Weise in den Besitz eines unerschöpflichen Vorrats von Quallen gekommen. Mürrisch und schadenfroh, wie die Zwerge nun einmal sind, haben sie nach einer amüsanten Verwendung für diese ansonsten zu nichts zu gebrauchenden Gesellen gesucht. Dabei haben sie festgestellt, dass es ihnen großen Spaß macht, die Quallen von einer Klippe in einen See zu werfen und dabei zuzusehen, wie sie ins Wasser klatschen oder auf den Dächern des Dorfs im Tal landen.

Die Dorfbewohner waren von dem Treiben zuerst genervt, aber dann fanden sie heraus, dass die herabstürzenden Wirbellosen Energie transportierten und sich als kostenlose Energiequelle für die örtlichen Keksfabriken nutzen ließen – aber nur dann, wenn man diesen Ansturm von Quallen in geregelte Bahnen lenken konnte. Durch Beobachtung entwickelten die Dorfbewohner Verständnis der wich-

tigsten Faktoren elektrischer Schaltungen: Spannung, Stromstärke und Widerstand.

So hatten sie beispielsweise schon schnell bemerkt, dass die Quallen beim Auftreffen auf den See im Tal umso mehr Energie lieferten, je höher die Klippe war, von der sie heruntergeworfen wurden. Ein Sturz aus geringerer Höhe bot nicht genügend Energie, um beim Auftreffen auf dem Wasser für großen Radau zu sorgen (siehe Abb. 3–1).

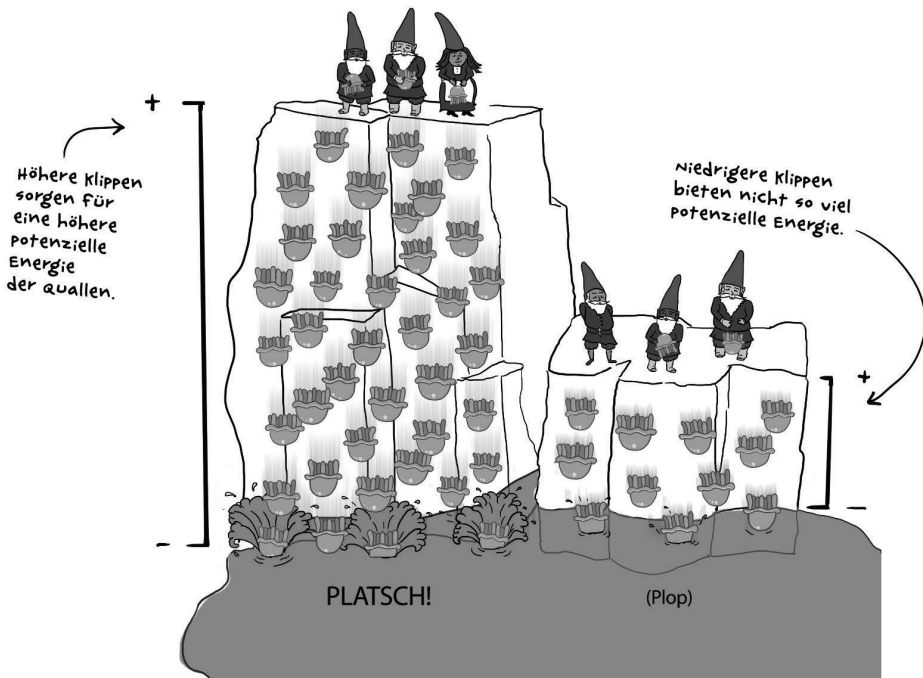


Abb. 3–1 Höhere Klippen bieten eine höhere »Spannung«, also ein höheres elektrisches Potenzial. Die Spannung ist eine Art elektrischen »Drucks«, durch den die Ladungen (Quallen) von einem Ort mit hoher potenzieller Energie zu einem Ort mit geringerem Potenzial befördert werden.

Die *Spannung* (gemessen in *Volt*) ist ein Maß für den Unterschied der potenziellen Energie an zwei Punkten. Sie entspricht einem Druck, einer mechanischen Spannung oder der Schwerkraft, da auch die Elektrizität immer versucht, sich von einer höheren zu einer niedrigeren Spannung zu bewegen. Bei der Spannung (gemessen in *Volt*) handelt es sich um *potenzielle* Energie. Für sich allein, also ohne geladene Elektronen (die Quallen), kann sie jedoch nichts ausrichten (siehe Abb. 3–2).



Abb. 3-2 Spannung ist potenzielle Energie.

Damit irgendetwas Interessantes passiert, müssen die Quallen über die Felsenkante gestoßen werden. Diese Aufgabe übernehmen die Zwerge nur zu gern.

Die Dorfbewohner lernten auch, den Strom der Quallen zu messen, indem Sie eine Stelle an der Klippe markierten und dann zählten, wie viele Quallen in einem bestimmten Zeitraum diesen Punkt passierten (siehe Abb. 3-3). Die *Stromstärke*, der Fluss der elektrischen Ladungen, wird in *Ampere* gemessen.

Allerdings brauchten die Dorfbewohner auch eine Möglichkeit, um den Strom der Quallen einzuschränken, sodass er ihre empfindlichen Kekspressen und -öfen nicht überlastete. Das ist der Knackpunkt bei der Steuerung von Quallenstromkreisen: der *Widerstand*. Er gibt an, wie stark ein Material den elektrischen Strom behindert, und wird in *Ohm* gemessen.

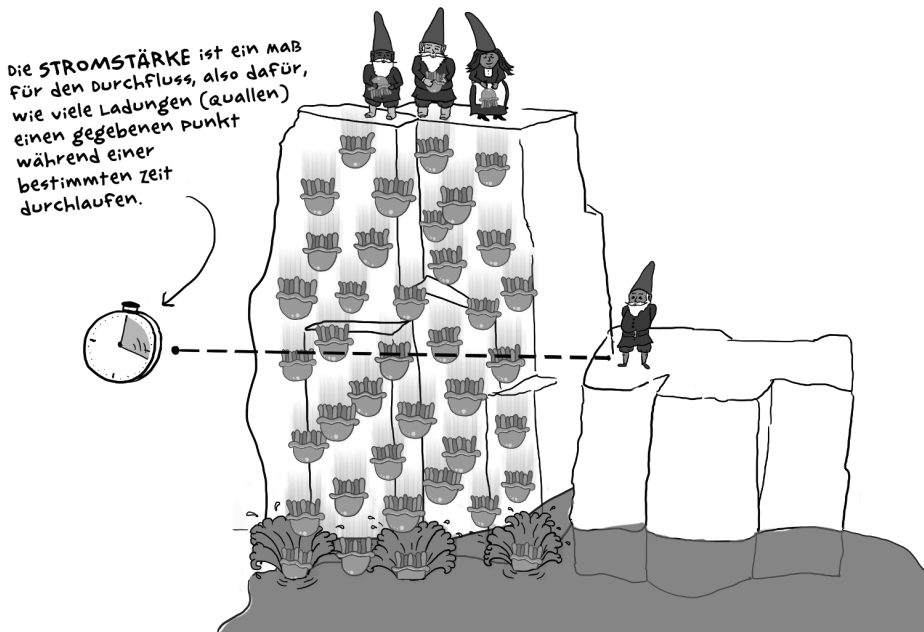


Abb. 3-3 Die Stärke des elektrischen Stroms wird dadurch bestimmt, wie viele Ladungen (Quallen) eine bestimmte Stelle der Klippe in einer festgelegten Zeiteinheit passieren.

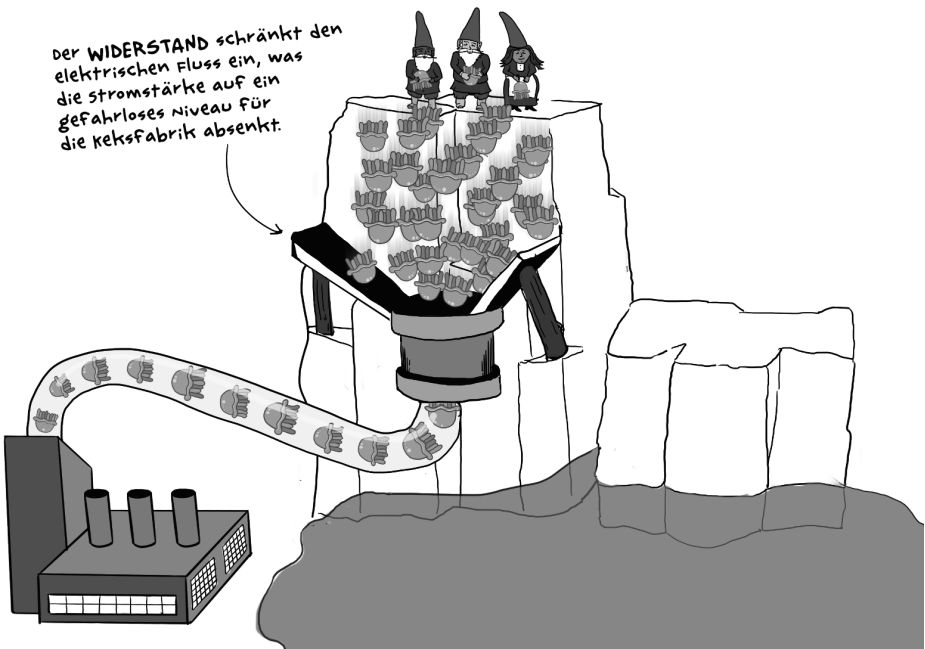


Abb. 3–4 Die Dorfbewohner fügen einen Widerstand hinzu, indem sie die niederstürzenden Quallen durch eine Folge von Trichtern kanalisieren. Die Erhöhung des Widerstands senkt die Stromstärke.

Daher haben die Dorfbewohner ein System zur Kanalisierung der Quallen in die Klippenwände eingebaut (siehe Abb. 3–4), um den Quallenstrom auf ein besser handhabbares Maß zu drücken. An hohen Klippen (höhere Spannung) müssen diese Systeme stabiler gebaut sein, da sie einem höheren Druck durch die herabfallenden Quallen ausgesetzt sind.

Tabelle 3–1 gibt einen Überblick über die Erkenntnisse der Dorfbewohner.

Faktor	Bedeutung	Abkürzung	Maßeinheit
Spannung	Der Unterschied zwischen dem elektrischen Potenzial zweier Punkte, vergleichbar mit einem elektrischen »Druck«. Dies ist es, was die elektrischen Ladungen durch einen Stromkreis bewegt.	U	Volt (V)
Stromstärke	Die Anzahl der elektrischen Ladungen, die in einem festgelegten Zeitraum einen einzelnen Punkt passieren.	I	Ampere (A)
Widerstand	Ein Maß für die Fähigkeit eines Materials, dem elektrischen Strom Widerstand entgegenzusetzen.	R	Ohm (Ω)

Tab. 3–1 Spannung, Stromstärke und Widerstand

Mit der Zeit hatten die Dorfbewohner ihren Stromkreis perfektioniert und konnten mithilfe der Quallen die besten Kekse der Gegend backen.

Als Energiequelle diente ihnen ein Trupp Zwerge, der die Quallen über die Klippe warf. Der Stromkreis wurde mit umso mehr *Spannung* (potenzieller Energie) versorgt, je höher der Felsen war. Der *Strom* der Quallen verlief in Richtung der Fabrikmaschinen.

Um den Ansturm der Quallen auf ein handhabbares Maß zu drücken, sorgten Kanalisierungssysteme und Röhren für *Widerstand*.

Nachdem die Quallen ihre Energie an die Keksherstellungsmaschinen abgegeben hatten, erreichten sie den Punkt des niedrigsten Potenzials im ganzen Kreislauf. Zwerge mit Raketenrucksäcken trugen die ermatteten Quallen wieder zurück auf die Klippe, wo sie erneut herabgeworfen werden konnten, wieder und wieder und wieder ... (siehe Abb. 3–5).

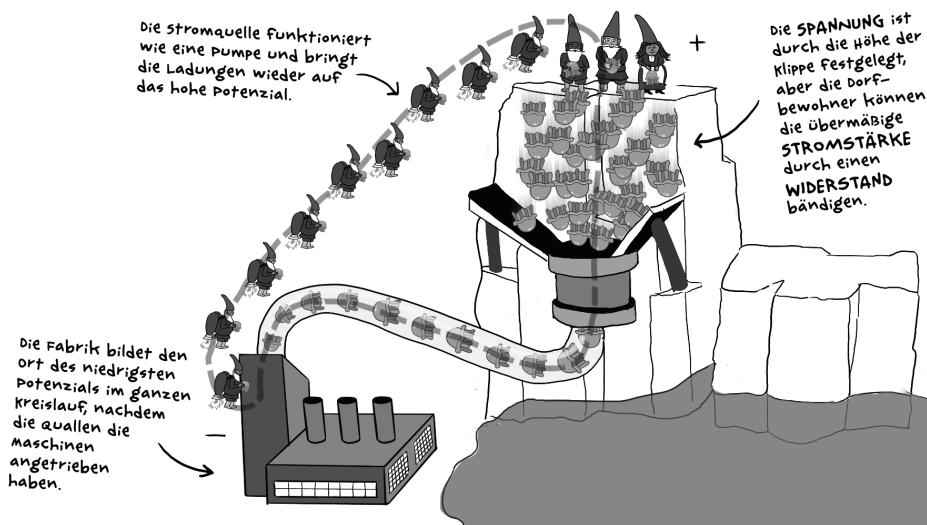


Abb. 3–5 Ein vollständiger Zwerge-und-Quallen-»Stromkreis«

Spannung, Stromstärke und Widerstand sind wichtige Grundbegriffe für elektrische Schaltungen. Im nächsten Abschnitt sehen wir uns an, wie diese Faktoren miteinander in Beziehung stehen und welche Bedeutung sie für reale Stromkreise haben.

Das Ohmsche Gesetz

Spannung, Stromstärke und Widerstand stehen in einem festen Verhältnis zueinander. Jeder dieser drei Faktoren kann als Stellhebel verwendet werden: Wenn Sie einen davon ändern, wirkt sich das auf die beiden anderen aus. Dieser Zusammenhang war für die Dorfbewohner von so zentraler Bedeutung, dass sie schließlich Kekse produzierten, auf denen diese Beziehung dargestellt wurde (siehe Abb. 3–6).

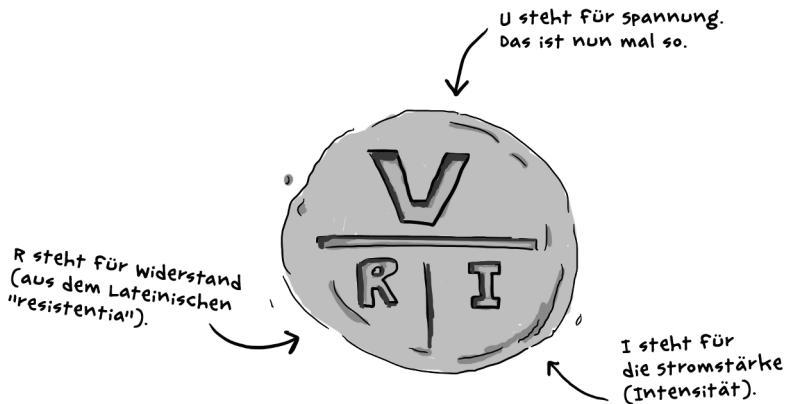


Abb. 3-6 Die neuen Markenkekse der Dorfbewohner stellen die Beziehung zwischen Spannung (U), Stromstärke (I) und Widerstand (R) auf.

Um einen der drei Faktoren zu berechnen, muss man nur die entsprechende Ecke des Kekses abbeißen. Der Rest des Kekses zeigt dann, wie dieser Faktor aus den beiden anderen abgeleitet werden kann (siehe Abb. 3–7).

Georg Ohm hat die Beziehung zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand schon lange vor den klugen Dorfbewohnern herausgefunden, nämlich in den 1820er-Jahren, weshalb das *Ohmsche Gesetz* nach ihm benannt wurde. Nicht in Kekseform, sondern mathematisch ausgedrückt, lauten die Gleichungen wie folgt:

$$U = RI \text{ (Spannung ist Widerstand mal Stromstärke)}$$

$$I = U/R \text{ (Stromstärke ist Spannung durch Widerstand)}$$

$$R = U/I \text{ (Widerstand ist Spannung durch Stromstärke)}$$

So weit, so gut. Aber wie wenden Sie dies auf echte Stromkreise an?

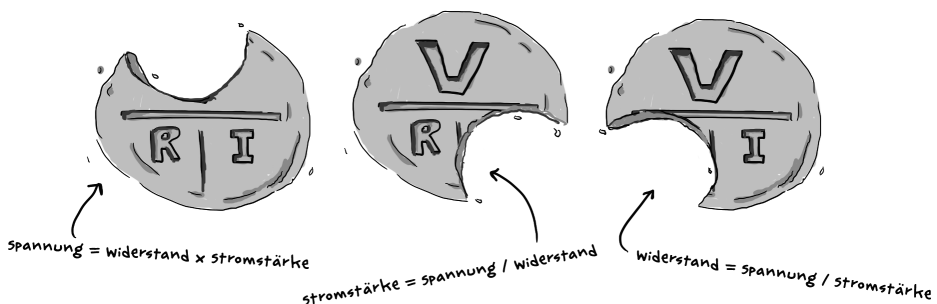


Abb. 3-7 Wenn Sie die Ecke des Kekses mit dem Faktor abbeißen, den Sie ermitteln wollen, können Sie auf dem Rest die Formel zu seiner Berechnung ablesen. Um beispielsweise den Widerstand zu bestimmen, beißen Sie die Ecke mit dem R ab. Dann sehen Sie, dass Sie den Widerstand durch Division der Spannung durch die Stromstärke (U/I) erhalten.

Anwendung des Ohmschen Gesetzes in der Praxis

Um Schaltungen zu entwerfen und zu bauen, müssen Sie als Erstes die drei Grundfaktoren Spannung, Stromstärke und Widerstand ausbalancieren.

Tabelle 3–2 gibt einige gebräuchliche Beispiele dafür, wie Sie Spannung, Stromstärke und Widerstand in einfachen Schaltungen anpassen können. Diese Liste ist nicht vollständig (so gibt es beispielsweise noch weitere Möglichkeiten, um die Spannung in einem Stromkreis anzupassen), sondern zeigt Vorgehensweisen auf, mit denen wir unsere Stromkreise in kurzer Zeit zum Funktionieren bringen können.

Faktor	Beziehung	Gängige Möglichkeit zur Erhöhung	Gängige Möglichkeit zur Verringerung
Spannung	$U = RI$	Verwenden Sie eine Stromquelle mit höherer Spannung.	Verwenden Sie eine Stromquelle mit geringerer Spannung.
Stromstärke	$I = U/R$	Verringern Sie den Widerstand, indem Sie Widerstände ausbauen oder Widerstände mit geringerem Wert verwenden. Zur Erhöhung der Stromstärke können Sie auch die Spannung der Stromquelle erhöhen.	Fügen Sie Widerstände hinzu oder verwenden Sie Widerstände mit einem höheren Wert. Zur Verringerung der Stromstärke können Sie auch die Spannung der Stromquelle senken.
Widerstand	$R = U/I$	Fügen Sie Widerstände hinzu oder verwenden Sie Widerstände mit einem höheren Wert.	Entfernen Sie Widerstände oder verwenden Sie Widerstände mit einem niedrigeren Wert.

Tab. 3–2 Spannung, Stromstärke und Widerstand in Hobby-Elektronikprojekten anpassen

Eine der am häufigsten erforderlichen Rechenaufgaben bei Elektronikprojekten lautet: »Welchen *Widerstand* muss ich verwenden, damit meine Komponente bei gegebener Versorgungsspannung die gewünschte *Stromstärke* erhält?« (siehe Abb. 3–8.)

Die Spannung ist oft durch die Stromquelle des Projekts vorgegeben, also die Batterien, die USB-Verbindung oder einen Gleichstromadapter. Außerdem wissen Sie, welche Stromstärke Sie für eine Komponente in der Schaltung bereitstellen müssen. Damit liegen Spannung und Stromstärke fest, sodass Sie die Gleichung nach R auflösen müssen, um den Widerstand zu bestimmen.

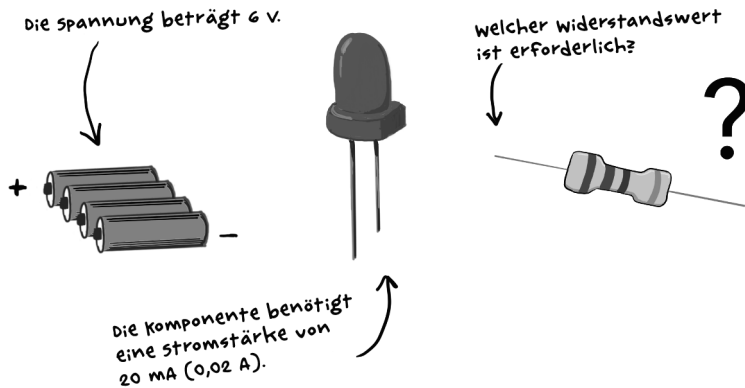


Abb. 3–8 Eine praktische Anwendung des Ohmschen Gesetzes: Welchen Widerstandswert benötigen Sie, um einer LED in einem Stromkreis mit einer Versorgungsspannung von 6 V eine Stromstärke von 20 mA zur Verfügung zu stellen?

Nehmen wir an, die Versorgungsspannung beträgt 6 V und Ihre Komponente benötigt 20 mA (oder 0,02 A, also 20 Tausendstel Ampere). Um den Widerstand R (in Ohm) zu berechnen, müssen Sie die Spannung U (in Volt) durch die Stromstärke I (in Ampere) dividieren, da $R = U/I$ gilt:

$$R = 6 \text{ V} / 0,02 \text{ A}$$

also:

$$R = 300 \text{ } \Omega$$

Achten Sie auf die Einheiten!

Bei der Anwendung der Ohmschen Gesetze müssen Sie darauf achten, dass Sie die Werte in zueinander passenden Einheiten angeben. Die Stromstärke muss immer in Ampere (A) angegeben sein, die Spannung in Volt (V) und der Widerstand in Ohm (Ω). Spannung und Widerstand liegen meistens in dieser Einheit vor, aber im Bereich der Hobbyelektronik werden die Stromstärken oft in Milliampere angegeben, weshalb Sie nicht vergessen dürfen, sie in Ampere umzurechnen, da Sie sonst ein falsches Ergebnis erhalten:

$$300 \text{ } (\Omega) = 6 \text{ (V)} / 0,02 \text{ (A)}$$

aber:

$$300 \text{ } (\Omega) \neq 6 \text{ (V)} / 20 \text{ (mA)}$$

Bevor wir daran gehen, unsere neuen Kenntnisse anzuwenden, um Schaltungen zusammenzubauen, wollen wir uns, wie es sich für Erwachsene geziemt, noch mit den möglichen Problemen und Gefahren beschäftigen, um dagegen gewappnet zu sein.