

LS 1.1



Untersuchen einer Fahrradbeleuchtung und deren Instandsetzung

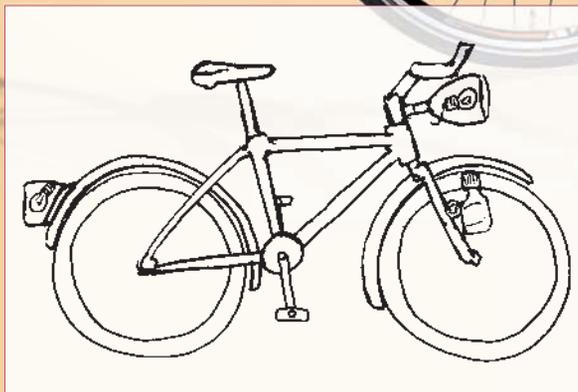
„Es werde Licht!“

Am Wochenende hat Thomas vor, mit seinen Freunden eine Fahrradtour zu unternehmen. Da sie auch spätabends unterwegs sein werden, überprüft er sicherheitshalber die Beleuchtungsanlage und stellt fest, dass sie defekt ist: Sowohl Vorder- als auch Rücklicht funktionieren nicht.

Aber wo könnte der Fehler liegen? Thomas wendet sich an Sie und bittet um Ihre Hilfe.



Hier sehen Sie das Fahrrad, von dem Thomas träumt. Solche Fahrräder werden bei Bedarf oft mit Batterie- bzw. Akku-betriebenen Front- und Rückleuchten ausgestattet. Thomas fertigt eine Zeichnung seines Fahrrades an, an dem eine konventionelle Beleuchtungsanlage montiert ist.



Lernjobs

1.

Untersuchen Sie, wo der Fehler liegen könnte. Notieren Sie sich stichpunktartig mögliche Fehlerquellen und diskutieren Sie in Ihrer Klasse, welche/r am wahrscheinlichsten ist.

2.

Die Zeichnung, die Thomas von seinem Fahrrad angefertigt hat, lässt die elektrischen Betriebsmittel (Bauteile) erahnen. Sie als Fachmann arbeiten mit genormten Stromlaufplänen. Diese sind übersichtlich dargestellt und lassen die Funktion gut erkennen, sind also ein gutes Hilfsmittel zur Fehlersuche.

Zeichnen Sie mit Hilfe Ihrer Unterlagen einen normgerechten Stromlaufplan der Lichtanlage des Fahrrads. Erklären Sie anschließend Ihrem Sitznachbarn anhand des Schaltplans die Funktionsweise der Lichtanlage.

4.

Damit die Glühlampen in der Fahrradbeleuchtung leuchten, muss elektrischer Strom fließen. Führen Sie ein Rollenspiel durch, in welchem Sie Thomas erklären, was elektrischer Strom ist und wie er die Glühlampe zum Leuchten bringt.

3.

Ohne Spannung funktioniert kein elektrisches Gerät. Der Dynamo ist die Spannungsquelle der Fahrradbeleuchtung. Erarbeiten Sie ein Handout, in dem folgende Fragen beantwortet werden:

- Was ist elektrische Spannung?
- Welche Arten der Spannungserzeugung gibt es und wie funktionieren sie?
- Welche Spannungsarten gibt es?
- Ab wann wird Spannung für den menschlichen Körper gefährlich?

5.

Sie wollen nun die Beleuchtungsanlage von Thomas' Fahrrad messtechnisch überprüfen. Zeichnen Sie dazu vorab entsprechende Messschaltungen, die die Vorgehensweise deutlich machen.

1.1.1 Grundlegendes zur Elektrizität

Elektrizität selbst ist unsichtbar und nur an ihrer Wirkung zu erkennen. Solche Wirkungen sind z.B.:

- magnetische Wirkung
- Lichtwirkung
- Wärmewirkung



Abb. 1 Ohne Elektrizität kein Licht



Abb. 2 Wärmewirkung am Beispiel eines Kochfeldes



Abb. 3 Die magnetische Wirkung der Elektrizität lässt die Magnetschwebbahn schweben.

Gefahren der Elektrizität

Elektrizität hat auch Auswirkungen auf den Körper von Mensch und Tier. Sie kann Leben und Gesundheit gefährden oder auch zerstören. Je nach Dosis der Energie kribbelt ein elektrischer Schlag nur unangenehm oder führt zu einem Schock bzw. einer Verkrampfung der Muskulatur. Wichtige Körpersteuerungen wie der Herzrhythmus können gestört werden: Das Herz kommt aus dem Takt, setzt aus oder bleibt stehen. Herzstillstand ist eine besonders häufige Folge von Elek-

troufällen. Wenn nicht schnellstens Wiederbelebungsversuche durchgeführt werden, ist das Unfallopfer nicht mehr zu retten.

An den betroffenen Körperteilen sind Verbrennungen unterschiedlichen Grades möglich (Strommarken) und Muskelgebiete können so erhitzt werden, dass sie verkochen.

Gefährliche Körperströme

Gefährliche Körperströme sind Ströme, die den Körper eines Menschen oder Tieres durchfließen und einen schädigenden Effekt haben (s. Abb. 4).

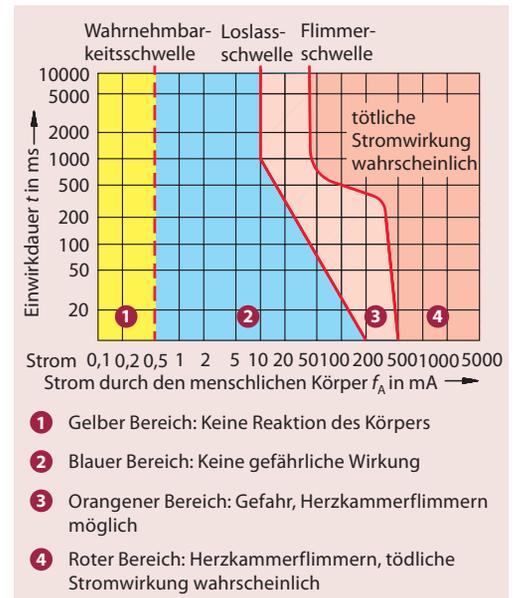


Abb. 4 Gefährdung durch elektrischen Strom

Beim Herzkammerflimmern stellt das Herz seine Pumpfähigkeit ein. Ohne ärztliche Hilfe sterben die Gehirnzellen nach wenigen Minuten an Sauerstoffmangel.

MERKE

Mit gefährlichen Körperströmen ist zu rechnen, wenn die Wechselspannung 50 V bzw. bei Tieren 25 V übersteigt (bei Gleichspannung 120 V bzw. 60 V).

Sollten Sie einmal, trotz aller Vorsicht, einen elektrischen Schlag bekommen, so ist immer ein Arzt aufzusuchen. Nur er kann feststellen, ob Körperschäden entstanden sind.

Abb. 5

Dieses Schild warnt vor gefährlicher elektrischer Spannung.



Regeln für den Umgang mit Elektrizität

MERKE

Achtung! Um elektrische Unfälle zu vermeiden, ist Folgendes zu beachten:

1. Hände weg von unbekanntem elektrischen Einrichtungen und Geräten, die möglicherweise Verbindung zum Energieversorgungsnetz (Steckdose) haben.
2. Elektrogeräte nur der Bedienungsanleitung entsprechend benutzen.
3. Bei Geräten mit erkennbaren Defekten sofort den Netzstecker ziehen oder ausschalten.
4. Niemals Geräte öffnen oder untersuchen, die mit dem Netz verbunden sind.
5. Auch bei abgeschalteten und vom Netz getrennten Geräten nicht in das Gerät hineinfassen oder mit ungeeigneten Werkzeugen hantieren. Denn es gibt Bauteile, die elektrische Energie speichern können.

1.1.2 Die elektrische Spannung

Ein neuer DVD-Recorder funktioniert nach Anschluss an die Steckdose und Einschalten nicht. Auch eine Stehlampe, die an derselben Steckdose angeschlossen wird, leuchtet nicht. Die Elektrofachkraft stellt fest, dass die Steckdose keine Spannung hat.

Wenn der MP3-Player nicht mehr spielt oder sich das Handy nicht mehr einschalten lässt, sagt man: „Die Batterie/der Akku ist leer.“ Ohne Spannung funktioniert offenbar kein elektrisches Gerät.

Was ist nun Spannung, genauer gesagt elektrische Spannung?

Spannungsquellen besitzen immer zwei Pole mit unterschiedlicher Ladung. An dem einen Pol, dem Pluspol, herrscht *Elektronenmangel*, an dem anderen Pol, dem Minuspol, *Elektronenüberschuss*. Der Unterschied der Elektronenmenge zwischen Plus- und Minuspol nennt man elektrische Spannung. Eine elektrische Spannung kann demnach nur zwischen zwei Polen entstehen.

Werden die zwei Pole miteinander verbunden, gleichen sich die Ladungen aus, und es fließt elektrischer Strom (s. Abschn. 1.1.3).

Spannung kann mit Hilfe eines Spannungserzeugers oder Generators erzeugt werden. Dabei „saugt“ der Generator die Elektronen vom Pluspol ab und transportiert sie zum Minuspol; dieser Vorgang wird auch als Ladungstrennung bezeichnet. Der Generator sorgt dafür, dass zwischen beiden Polen ein Ladungsunterschied bestehen bleibt.

Der blaue Pfeil gibt die Spannung zwischen zwei Polen an. Er wird vom Pluspol zum Minuspol gezeichnet.

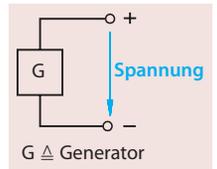


Abb. 6 Eine elektrische Spannung kann nur zwischen zwei Polen bestehen. Der blaue Pfeil für die Spannung wird vom Plus zum Minuspol gezeichnet.

Arten der Spannungserzeugung

Die Spannungserzeugung kann mit unterschiedlichen Generatoren erfolgen. Hier einige Beispiele im Überblick:

Galvanische Elemente (Batterien, Akkus)

Ladungstrennung durch chemische Reaktion



Abb. 7 Batterien

Verwendungsbeispiele:

- Taschenlampen
- Uhren
- elektrische Zahnbürste
- MP3-Player

Thermoelemente

Ladungstrennung durch Wärmewirkung

Verwendungsbeispiele:

- Temperaturmessung (Sensorik)
- Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie (Thermovoltatik)



Abb. 8 Thermoelemente

Fotoelemente (Fotovoltaik)

Ladungstrennung durch Lichteinwirkung

Verwendungsbeispiele:

- Energieversorgung von Uhren
- Energieversorgung von Taschenrechnern
- als Solar-Paneel zur Energieerzeugung auf Hausdächern



Abb. 9 Polykristalline Silizium-Solarzelle

(a)



Induktionsgenerator

Ladungstrennung durch magnetische Felder

Verwendungsbeispiele:

- Fahrradbeleuchtung (Dynamo)
- Energieerzeugung in Kraftwerken
- Lichtmaschine in Kraftfahrzeugen
- Notstromgenerator

(b)



Abb. 10

Aufbau eines Kraftfahrzeug-Kompakt-Generators (a) und eines Nabendynamos (b). Anschlussseitig sind Nut- und Distanzring bereits am Stator montiert.

Als Schaltzeichen für Generatoren werden nach DIN EN 60617 verschiedene Symbole verwendet:

-  gilt vorwiegend für umlaufende Generatoren
-  für Generatoren allgemein
-  ist eines der Schaltzeichen für Stromversorgungsgeräte
-  ist ein Schaltzeichen für ein galvanisches Element

Abb. 11 Schaltzeichen für Generatoren

Die Einheit der Spannung

Die Einheit der Spannung ist Volt (V). Sie wurde nach dem italienischen Physiker Alessandro Volta (1745–1827) benannt. Die Abb. 12 zeigt Alessandro Volta.



Abb. 12 Alessandro Volta

Spannungen existieren in unterschiedlicher Größe; deshalb gibt es von der Einheit Volt verschiedene dezimale Teile und Vielfache:

$$1 \mu\text{V (Mikrovolt)} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V} = 10^{-6}\text{V}$$

$$1 \text{ mV (Millivolt)} = \frac{1}{1\,000} \text{ V} = 10^{-3}\text{V}$$

$$1 \text{ V (Volt)}$$

$$1 \text{ kV (Kilovolt)} = 1\,000 \text{ V} = 10^3\text{V}$$

$$1 \text{ MV (Megavolt)} = 1\,000\,000 \text{ V} = 10^6\text{V}$$

Für das Wort „Spannung“ verwendet man als international gültige Abkürzung den Buchstaben *U*.

Elektrische Spannung	Formelzeichen	Einheit
	<i>U</i>	V

Die Spannung, die notwendig ist, diesen iPod zu betreiben, beträgt:

$$U = 3,7 \text{ V}$$

Abb. 13 iPod touch



Wie kann man die Spannung messen?



Abb. 14 Spannungsmessung

Spannungen werden immer parallel zum Verbraucher bzw. zur Spannungsquelle gemessen. Die prinzipielle Vorgehensweise beim Messen der Spannung ist hier in Form eines Programmablaufplans dargestellt:

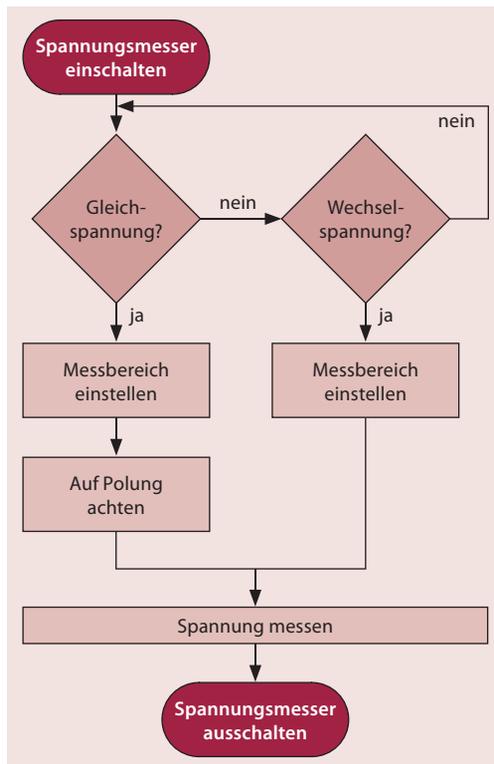


Abb. 15 Vorgehensweise beim Messen der Spannung

Manche Multimeter stellen automatisch den richtigen Messbereich ein. Ist dies nicht der Fall, ist darauf zu achten, dass der Messbereich des Spannungsmessers ausreichend groß gewählt wird. Wählt man den Messbereich beim Messen einer unbekanntem Spannung zu klein, so kann das Messgerät überlastet und beschädigt werden.

Messschaltung zur Spannungsmessung

In Stromlaufplänen werden Spannungsmesser mit folgendem Schaltzeichen dargestellt:

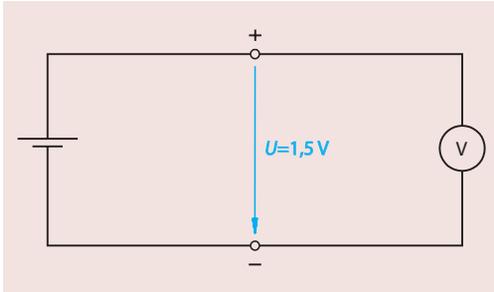
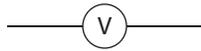


Abb. 16 Spannungsmessung ohne Verbraucher

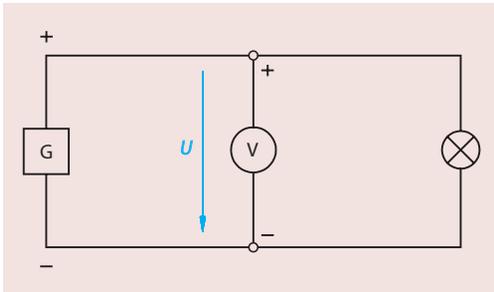


Abb. 17 Spannungsmessung mit Verbraucher (Leuchtmelder mit Glühlampe)

Spannungsarten

Im Programmablaufplan (Abb. 15) wird zwischen Gleich- und Wechselspannung unterschieden. Spannungen, die in einer bestimmten Zeitspanne die gleiche Größe und Polarität haben, nennt man Gleichspannung. Solche Gleichspannungsquellen sind z.B. Batterien und Akkus.

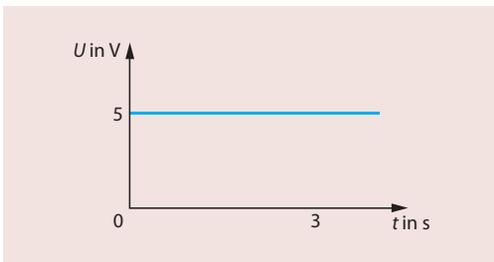


Abb. 18 Zeitlicher Verlauf einer Gleichspannung

Spannungen, die ihre Größe und Polarität in einem betrachteten Zeitraum regelmäßig wiederkehrend (periodisch) ändern, nennt man Wechselspannung. Solche Wechselspannungsquellen sind z.B. der Fahrraddynamo und die Spannung aus der Steckdose.

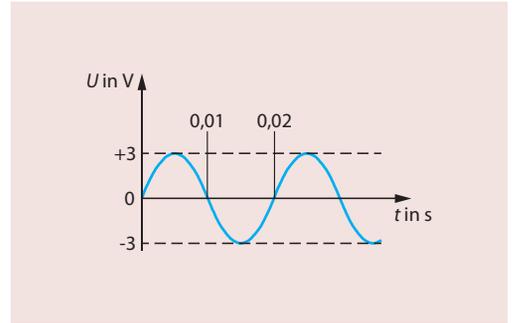


Abb. 19 Zeitlicher Verlauf einer Wechselspannung

1.1.3 Der elektrische Strom

Legt man den einen Anschluss einer Glühlampe an den Pluspol und den anderen an den Minuspol einer Batterie, so fließen Elektronen vom Minuspol über den Lampendraht zum Pluspol: Die Glühlampe leuchtet.

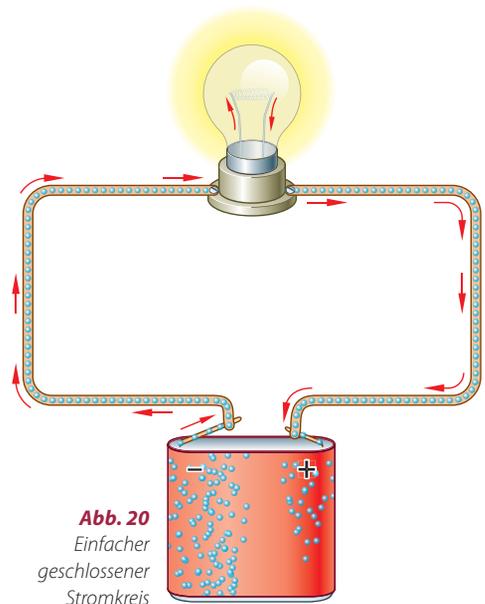


Abb. 20 Einfacher geschlossener Stromkreis

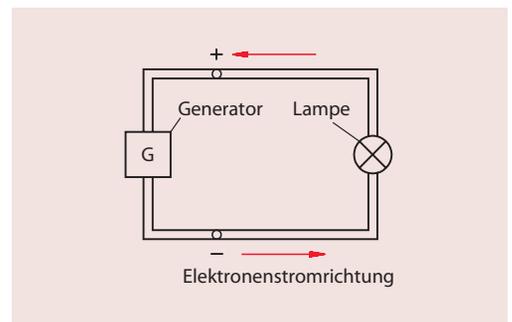


Abb. 21 Elektronen strömen vom Minuspol des Generators über den Lampendraht zum Pluspol.

Wir haben einen einfachen *geschlossenen Stromkreis* mit einer Spannungsquelle und einem Verbraucher (s. Abb. 21). Ist eine elektrische Spannung vorhanden, fließt elektrischer Strom aufgrund des Ausgleichsbestrebens der Ladungsträger. Somit ist die Spannung Ursache für den elektrischen Strom.

Die Einheit des elektrischen Stromstärke

Die Einheit der elektrischen Stromstärke ist das Ampere (A). Sie wurde nach dem französischen Physiker André-Marie Ampère (1775–1836) benannt.



Abb. 22

André-Marie Ampère

Auch elektrische Ströme existieren in unterschiedlicher Größe; daher gibt es von der Einheit Ampere verschiedene dezimale Teile und Vielfache:

$$1 \text{ nA (Nanoampere)} = \frac{1}{1\,000\,000\,000} \text{ A} = 10^{-9} \text{ A}$$

$$1 \text{ }\mu\text{A (Mikroampere)} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

$$1 \text{ mA (Milliampere)} = \frac{1}{1\,000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ A (Ampere)}$$

$$1 \text{ kA (Kiloampere)} = 1\,000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ MA (Megaampere)} = 1\,000\,000 \text{ A} = 10^6 \text{ A}$$

Für das Wort „Strom“ verwendet man als international gültige Abkürzung den Buchstaben *I*.

Elektrischer Strom	Formelzeichen	Einheit
	<i>I</i>	A

Fließt durch einen betrachteten Drahtquerschnitt in 1 Sekunde $6,24 \cdot 10^{18}$ Elektronen, so hat der Strom die Stärke: $I = 1 \text{ A}$.

Jedes Elektron trägt eine winzig kleine Elementarladung. Man kann also sagen:

Die Stromstärke beträgt 1 A, wenn in jeder Sekunde $6,24 \cdot 10^{18}$ Elementarladungen durch den Leiterquerschnitt fließen.

Strom fließt ...

Um zu verstehen, was im geschlossenen Stromkreis passiert, vergleichen wir das Modell einer Heizungsanlage mit einem Stromkreis.

Tabelle 1 Vergleich der Bauteile

	Heizungsanlage	Stromkreis
Generator	Heizkessel	Batterie
Leitungen	Rohre	Hin- und Rückleiter
Bauteil zum Öffnen und Schließen	Ventil	Schalter
Verbraucher	Heizkörper	Glühlampe
Energieträger	Wassermoleküle	Elektronen

So wie die Wassermoleküle im geschlossenen Heizungskreislauf wieder in den Kessel zurückkehren, kehren auch die Elektronen in die Batterie zurück. Sie werden demnach nicht verbraucht; insofern ist der Begriff des „Stromverbrauchs“ missverständlich. Vielmehr zahlen wir die *Arbeit*, die nötig

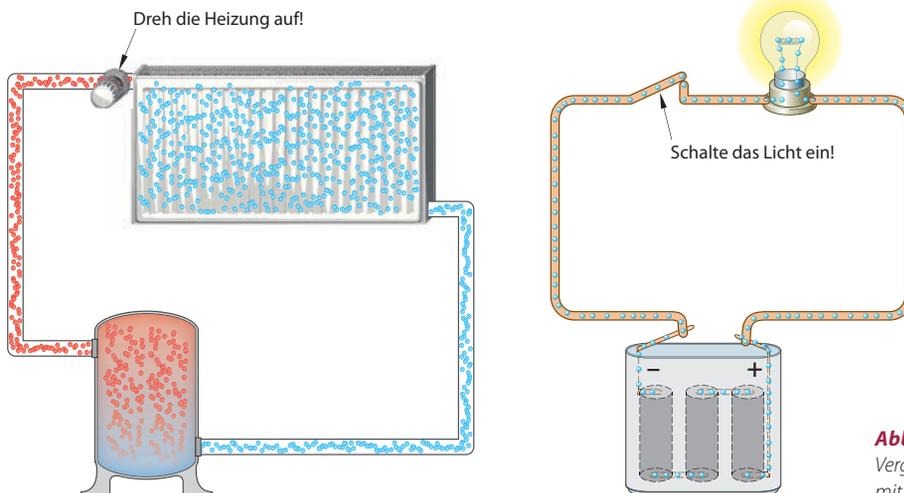


Abb. 23

Vergleich einer Heizungsanlage mit einem Stromkreis

ist, um die Ladungstrennung im Generator zu vollziehen (s. Abschn. 1.1.2), ebenso wie der Brennstoff zum Erhitzen des Wassers im Heizungskessel Geld kostet.

Stromrichtung von „Plus nach Minus“ oder umgekehrt?

Im 19. Jahrhundert wurde ganz allgemein festgelegt, dass der elektrische Strom vom Pluspol zum Minuspol fließt. Damals kannte man die Zusammenhänge noch nicht genau, und auch das Elektron als Ladungsträger war noch unbekannt. Diese sogenannte *technische Stromrichtung* hat bis heute ihre Gültigkeit behalten, auch wenn die Elektronen tatsächlich andersherum fließen.

MERKE

Für uns gilt die technische Stromrichtung „vom Pluspol zum Minuspol“.

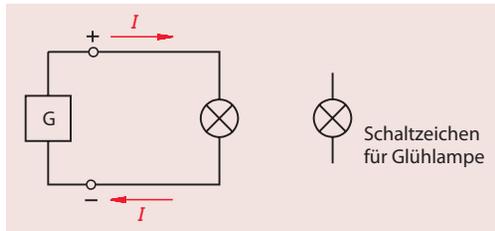


Abb. 24 Angabe der positiven konventionellen Stromrichtung (technische Stromrichtung)

Wie lässt sich Strom messen?

Will man elektrischen Strom messen, so muss man die Ladungsträger durch ein Strommessgerät (Amperemeter) hindurchfließen lassen. Dazu ist eine

Abb. 25 Strommessung



Auftrennung der Leitung erforderlich. Mit anderen Worten: Wir messen den Strom in Reihe zum Verbraucher.

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Strommessung ist hier in Form eines Programmablaufplans dargestellt:

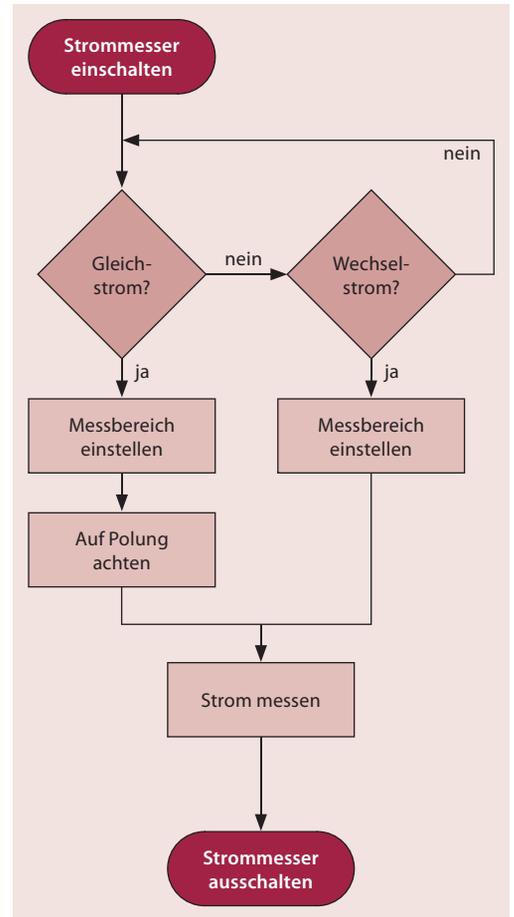


Abb. 26 Vorgehensweise bei der Strommessung

Messschaltung zur Strommessung

In Stromlaufplänen werden Amperemeter mit folgendem Schaltzeichen dargestellt:

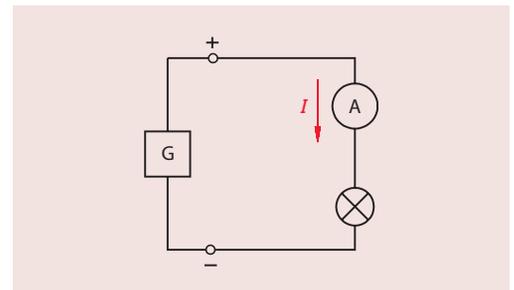
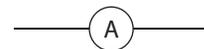


Abb. 27 Anschluss eines Strommessgerätes

MERKE

Das Amperemeter niemals parallel an eine Spannungsquelle anschließen. Sonst erzeugen Sie einen Kurzschluss!

Stromarten

Wir unterscheiden – wie bei der Spannung – zwischen Gleich- und Wechselstrom. Fließen die Ladungsträger stets mit gleicher Stromstärke in gleicher Richtung so nennt man das Gleichstrom. Ändern die Ladungsträger ihre Richtung und ihre Stromstärke periodisch in betrachteten Zeiteinheiten, so spricht man von Wechselstrom (s. Abschn. 1.1.2 Spannungsarten).

Anhand folgender Beispiele zeigt sich, dass die Stromart von der Spannungsart abhängig ist:

Tabelle 2 Beispiele Spannungs- und Stromart

Generator	Spannungsart	Stromart
	Gleichspannung	Gleichstrom
	Wechselspannung	Wechselstrom
	Gleichspannung	Gleichstrom
	Wechselspannung	Wechselstrom

1.1.4 Der elektrische Widerstand

In einem Leitungsdraht strömen die Elektronen zwischen Metallatomen hindurch. Ein ungehindertes Strömen ist somit nicht möglich. Die Elektronen werden von den Rumpfen der Metallatome in ihrer Bewegung behindert, das heißt, der Werkstoff setzt der Elektronenströmung einen Widerstand entgegen. Dieser Widerstand begrenzt die Stromstärke.

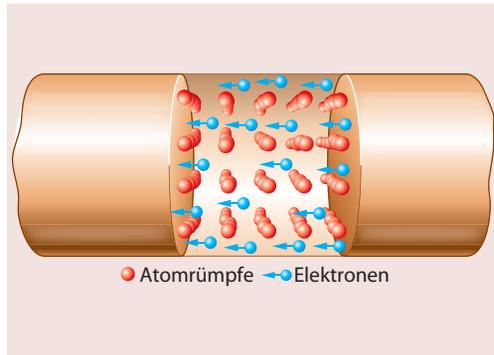


Abb. 28 Widerstandswirkung durch Strömungsbehinderung (Modell)

Daher muss *Arbeit* aufgewendet werden, um die Strömung trotz des Widerstands aufrechtzuerhalten. Diese Arbeit wird in Wärme umgewandelt. Bei einer Glühlampe ist die dabei auftretende Wärme beispielsweise so groß, dass der Glühfaden zu glühen beginnt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass elektrische Ladungsträger in ihrer Strömung gehemmt werden. Sie müssen gegen Widerstandswirkungen anarbeiten. Diese Widerstandswirkungen nennt man den *elektrischen Wirkwiderstand*. Wir wollen ihn in Zukunft kurz *elektrischen Widerstand* nennen.

Die Einheit des elektrischen Widerstands

Die Einheit des elektrischen Widerstands ist das Ohm (Ω), benannt nach dem deutschen Physiker Georg Simon Ohm (1789–1854).



Abb. 29
Georg Simon Ohm

Der Buchstabe Ω stammt aus dem griechischen Alphabet und heißt Omega. Es handelt sich hierbei um den Großbuchstaben. Folgende dezimale Teile und Vielfache der Einheit Ohm sind üblich:

$$1 \mu\Omega \text{ (Mikroohm)} = \frac{1}{1\,000\,000} \Omega = 10^{-6}\Omega$$

$$1 \text{ m}\Omega \text{ (Milliohm)} = \frac{1}{1\,000} \Omega = 10^{-3}\Omega$$

$$1 \Omega \text{ (Ohm)}$$

$$1 \text{ k}\Omega \text{ (Kiloohm)} = 1\,000 \Omega = 10^3\Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega \text{ (Megaohm)} = 1\,000\,000 \Omega = 10^6\Omega$$

$$1 \text{ G}\Omega \text{ (Gigaohm)} = 1\,000\,000\,000 \Omega = 10^9\Omega$$

Für das Wort „Widerstand“ verwendet man als internationale Abkürzung den Buchstaben R .

Elektrischer Widerstand	Formelzeichen	Einheit
	R	Ω



Der Widerstand R dieser Fahrrad-Glühlampe beträgt etwa 15Ω .

Abb. 30
Glühlampe

Wie kann man den Widerstand messen?

Wer den Widerstandswert eines Verbrauchers, z. B. einer Glühlampe oder eines elektrischen Bauteils messen möchte, muss darauf achten, dass immer spannungsfrei gemessen wird.

MERKE

Widerstandsmessungen dürfen nur im spannungsfreien Zustand erfolgen.

Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Widerstandsmessung ist hier in Form eines Programtablaufplans dargestellt:

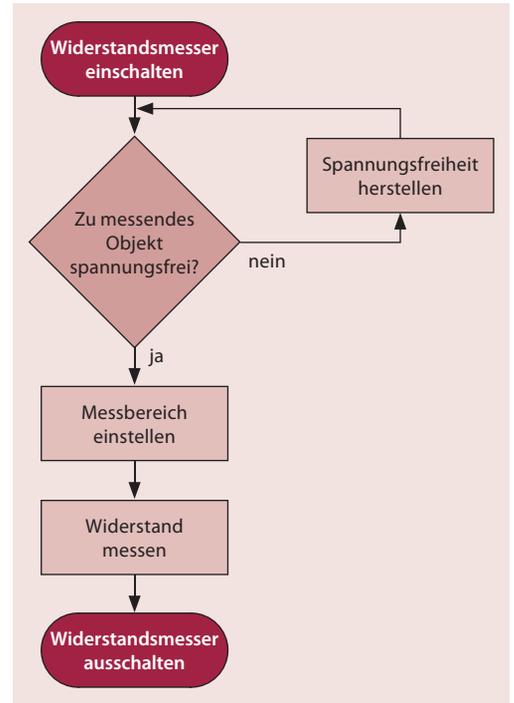


Abb. 32 Vorgehensweise bei der Widerstandsmessung



Abb. 31
Widerstandsmessung

Messschaltung zur Widerstandsmessung

In Stromlaufplänen werden Widerstandsmesser mit folgendem Schaltzeichen dargestellt:

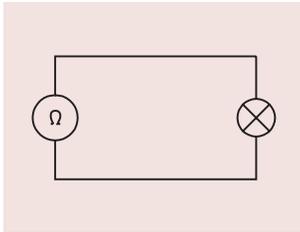
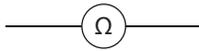


Abb. 33
Widerstandsmessung an einer Glühlampe

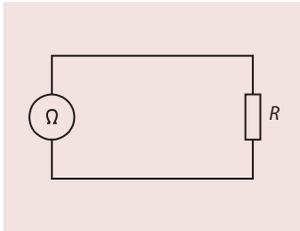


Abb. 34
Widerstandsmessung an einem elektrischen Bauteil

1.1.5 Elektrischer Leitwert

Der elektrische Widerstand gibt an, wie stark ein elektrischer Strom gehemmt wird. Das heißt: Je größer der Widerstandswert, desto stärker wird der Strom gehemmt. Man kann aber auch angeben, wie gut ein Strom geleitet wird. Der elektrische Leitwert gibt an, wie gut ein elektrischer Strom geleitet wird:

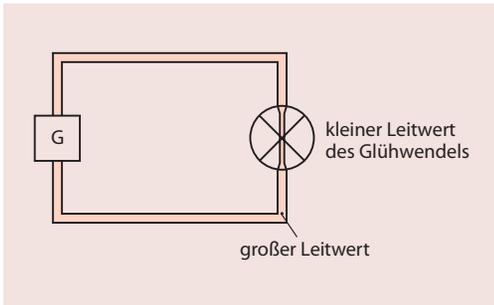


Abb. 35 Leitwertdarstellung eines Stromweges

MERKE

Der Querschnitt des Stromweges ist um so breiter, je größer der Leitwert ist.

großer Widerstandswert → kleiner Leitwert
 kleiner Widerstandswert → großer Leitwert

Der elektrische Leitwert ist folglich der Kehrwert des elektrischen Widerstandswerts.

Die Einheit des elektrischen Leitwerts ist $1/\Omega$. Diese Einheit wird Siemens genannt, nach dem deutschen Ingenieur Ernst Werner von Siemens (1816–1892), und mit S abgekürzt. Für das Wort „Leitwert“ verwendet man den Buchstaben G.



Abb. 36
Ernst Werner von Siemens

Elektrischer Leitwert	Formelzeichen	Einheit
	G	S

MERKE

Es gilt: $G = \frac{1}{R}$ $R = \frac{1}{G}$

Der elektrische Leitwert wird in Schaltplänen mit dem für Widerstände üblichen Schaltzeichen dargestellt, da der Leitwert der Kehrwert des Widerstandes ist.

Beispiel:

Ein elektrischer Leiter hat einen Widerstandswert von 5Ω . Wie groß ist sein Leitwert?

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{5 \Omega} = 0,2 \text{ S}$$

Der Leitwert hat die Größe 0,2 Siemens.