

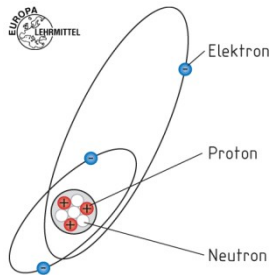
## 1 GRUNDLAGEN UND GLEICHSTROMKREIS

### 1.1 Reibungselektrizität, Elektrische Ladung

Werden 2 Stoffe miteinander gerieben, laden sie sich elektrisch auf.

Erklärung:

Jeder Stoff besteht aus Atomen:



Ein Atom besteht aus

- Protonen und Neutronen bilden den Atomkern
- Elektronen bewegen sich auf verschiedenen „Bahnen“ (Energieniveaus) und bilden die Atomhülle

Protonen sind positive Ladungsträger

Elektronen sind negative Ladungsträger

Neutronen sind elektrisch neutral.

Bei der Reibung gehen negativ geladene Elektronen von den Atomen des einen Stoffes auf den anderen über.

Dadurch hat der eine einen Überschuss an Elektronen (negative Ladung) und der andere einen Mangel an Elektronen (positive Ladung).

Die Ladung  $Q$  wird in Coulomb (C) gemessen.

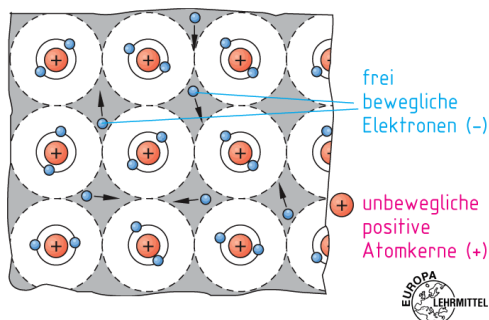
Ein Elektron hat eine winzig kleine Ladung:  $Q = -1,6 \cdot 10^{-19} C$

#### **Elektrische Kräfte:**

- + + Abstossung
- - Abstossung
- + - Anziehung

### 1.2 Elektrischer Strom und elektrische Spannung

In Metallen entsteht ein „Gas“ von freien Elektronen.



Die Atome ordnen sich zu kristallinen Gitterstrukturen und geben Elektronen der letzten Elektronenbahn in die Zwischenräume des Kristallgitters ab

Im Normalfall bewegen sich die freien Elektronen in einem Metall in unterschiedliche Richtungen.

Durch äußere Einwirkung kann man erreichen, dass sich die freien Elektronen alle in dieselbe Richtung bewegen

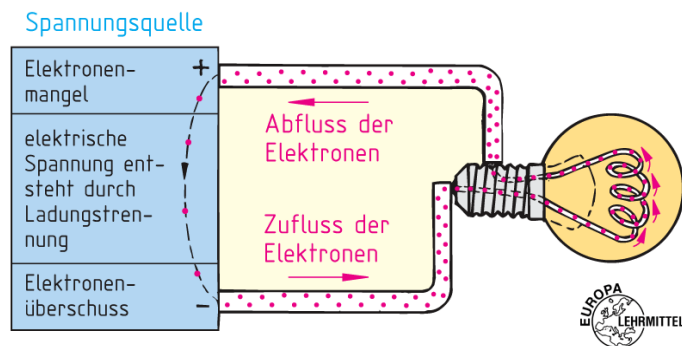
Diese gerichtete Elektronenbewegung ist der **elektrische Strom**.

Da Elektronen sich nicht von selbst geordnet in eine Richtung bewegen, muss von außen eine Art „Druck“ erfolgen.

Dieser „Druck“ wird als **elektrische Spannung** bezeichnet.

Die **Spannungsquelle** erzeugt den „Druck“ durch das **Trennen der positiven und negativen Ladungen**.

+	Pol	Elektronenmangel
-	Pol	Elektronenüberschuss



Werden die zwei Pole der Spannungsquelle durch einen leitenden Stromkreis verbunden (Beispiel Kupferleiter und Glühlampe) fließen die Elektronen vom negativen Pol zum positiven Pol durch den leitenden Stromkreis.

Analogie zu Wasserleitungen:

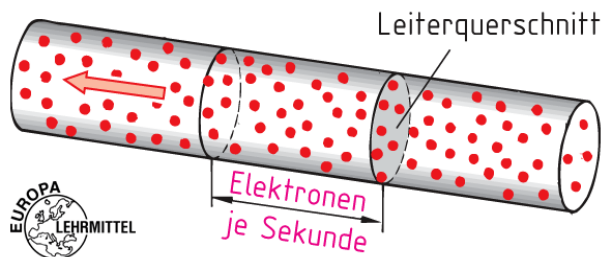
- Elektrischer Strom : Wasserdurchfluss
- Elektrische Spannung : Wasserdruck
- Elektrische Spannungsquelle : Pumpe

Zum Trennen der Ladungen in der Spannungsquelle ist Energie nötig z.B. gespeicherte chemische Energie bei der Batterie

### 1.3 Stromstärke I

Die elektrische Stromstärke  $I$  ist die durch einen Leiterquerschnitt bewegte Ladung  $Q$  pro Zeiteinheit:

$$I = \frac{Q}{t} \quad [I] = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} = 1\text{A} = 1\text{Ampère}$$



**Stromrichtung:** die technische Stromrichtung geht außerhalb der Spannungsquelle vom Pluspol zum Minuspol. Sie wurde vor der Entdeckung der Elektronen festgelegt und leidet gegen deren reale Bewegungsrichtung.

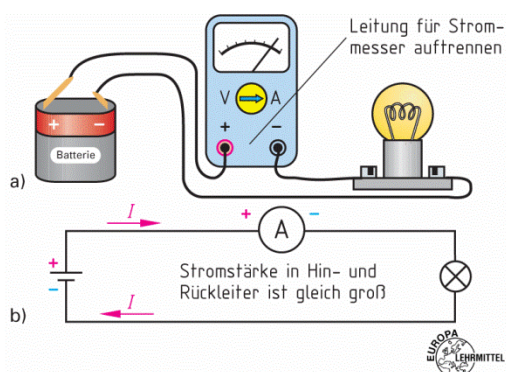
**Darstellung:** roter Pfeil auf einem Leiter

**Messung:** Strommesser (Amperemeter)

Um den Strom  $I$  zu messen muss der Stromkreis an einer beliebigen Stelle aufgetrennt und das Ampèremeter dort eingefügt werden.

**Achtung:**

- Bei unbekanntem Wert mit dem größten Messbereich beginnen
- auf die Polarität achten!



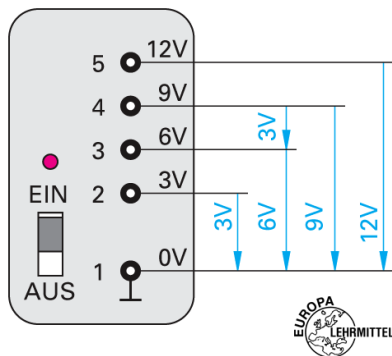
### 1.4 Elektrische Spannung $U$ , Potentialdifferenz

Elektrische Spannung  $U$  entsteht durch Ladungstrennung. Hierzu ist Energie (Arbeit) nötig.

Eine Spannung wird immer zwischen 2 Punkten gemessen:

Spannung = „Potentialdifferenz“.

**Darstellung:** Blauer Pfeil zwischen den 2 Punkten (vom Punkt mit höchstem Potenzial zum Punkt mit niedrigstem Potenzial (für Gleichspannungen)) !

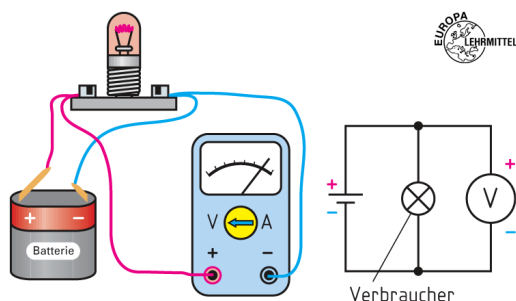


**Messung:** Spannungsmesser (Voltmeter)

Das Voltmeter wird parallel angeschlossen, d.h. zwischen die 2 Punkte zwischen denen die Spannung gemessen werden soll.

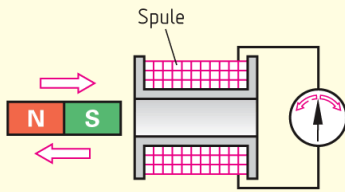
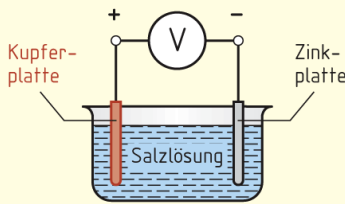
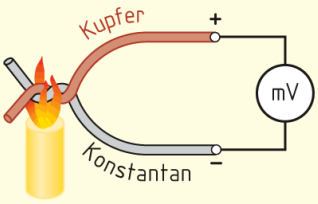
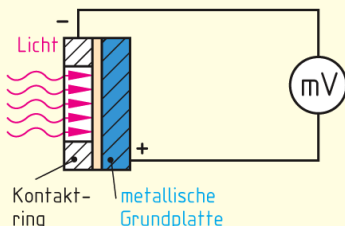
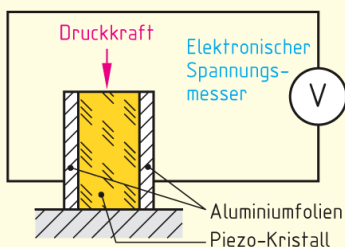

**Achtung:**

- Bei unbekanntem Wert mit dem größten Messbereich beginnen
- auf die Polarität achten!

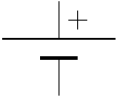
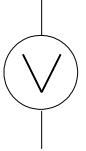



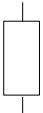
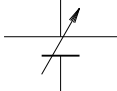


Unsere tägliche Spannungsversorgung erfolgt aus 2 Hauptquellen:

- Versorgungsnetz: 230 V Wechselspannung.  
Diese Spannung ändert 50 mal pro Sekunde ihre Polarität.
- Batterien oder Akkus: z.B.: 1.5V 3V oder 9V.  
Gleichspannung (die Polarität bleibt immer gleich)  
Die Ladungen werden durch chemische Prozesse getrennt.

Tabelle: Arten der Spannungserzeugung	
Erzeugen der Spannung durch	Verwendung
<p><b>Induktion</b></p> 	<p><b>Generatoren:</b>  Fahrraddynamos,  Kfz-Lichtmaschinen,  Kraftwerks-  generatoren,  dynamische  Mikrofone</p>
<p><b>chemische Wirkung</b></p> 	<p><b>Elektrochemische Spannungserzeuger:</b>  Batterien, Mono-  zellen (galvanische  Elemente),  Akkumulatoren</p>
<p><b>Wärme</b></p> 	<p><b>Thermoelemente</b>  zur Temperatur-  messung  und Temperatur-  Fern-Messung,  z.B. an schwer  zugänglichen Stellen</p>
<p><b>Licht</b></p> 	<p><b>Fotoelemente</b>  zur Ausnutzung  der Sonnenenergie,  als Stromquellen,  z.B. für Satelliten,  Taschenrechner,  Uhren</p>
<p><b>Kristallverformung</b></p> 	<p><b>Piezo-Kristalle</b>  in Kristall-  Tonabnehmern,  z.B. Plattenspielern,  Kristallmikrofonen,  Drucksensoren,  Gaszünder</p> 
<p><b>Reibung</b></p> <p>Hohe Spannungen entstehen beim Reiben von Isolierstoffen, auch bei fließenden, nicht leitenden Flüssigkeiten, z.B. Öl.</p>	<p><b>Elektrostatische Aufladung</b>, meist ungewollt bei Kunststofffolien, Fahrzeugen</p>

**1.5 Schaltzeichen**

	Batterie, Spannungsquelle
	Voltmeter
	Ampèremeter
	Lämpchen
	Kontakt, Schalter
	Widerstand
	Einstellbare Spannungsquelle

**Aufgabe 1**

Zeichne den Schaltplan einer einfachen Taschenlampe mit Batterie, Schalter und Glühlämpchen. Das Lämpchen hat die Bezeichnung 12V/0.1A.

Zeichne die Spannung an der Batterie  $U_B$ , die Spannung am Lämpchen  $U_L$  und den Strom  $I$  im Schaltplan ein.

Welche Werte ergeben sich für  $U_B$ ,  $U_L$  und  $I$  bei offenem und bei geschlossenem Schalter? (Tabelle).

## LABO 1

Es soll untersucht werden, wie die Stromstärke eines Lämpchens von der angelegten Spannung abhängt.

- Zeichne den Schaltplan mit einstellbarer Spannungsquelle, Lämpchen und Messgeräten für Spannung und Strom.
- Lese die Nennwerte für Spannung und Strom am verwendeten Lämpchen ab.
- Nimm die Schaltung in Betrieb und miss  $U$  und  $I$ , wobei  $U$  in vernünftigen Schritten von null bis zur Nennspannung eingestellt wird (Tabelle!)
- Zeichne ein Diagramm des Stromes als Funktion der Spannung  
(Horizontal: Ursache = Spannung, vertikal wirkung = Strom)
- Ziehe eine Schlussfolgerung aus den Messungen und dem Diagramm.

*Tip: Baue zunächst den Stromkreis auf und füge dann erst das Voltmeter ein.*

### 1.6 Elektrischer Widerstand

Die freien Elektronen eines stromdurchflossenen leitenden Materials „stoßen“ bei ihrer gerichteten Bewegung an das Atomgitter und werden dadurch gebremst, der Stromfluss wird behindert.

Die Stoßenergie überträgt sich auf die Atome, dies führt dies zu einer Erwärmung des Materials.

**Elektrischer Widerstand R = strombegrenzende Wirkung des Leiters.**

[R]: Ω (Ohm)

(R: engl. Resistor; Ohm: Deutscher Physiker; Ω = Buchstabe Omega auf Griechisch)

#### Leiterwiderstand:

Der Widerstand eines Drahtes ist umso größer

- je länger der Draht ist
- je kleiner der Drahtquerschnitt ist
- je schlechter das Drahtmaterial den Strom leitet

Tabelle 2: Leiterwiderstand		
Material	Leiterlänge	Leiterquerschnitt
<p>Kupfer viele freie Elektronen</p> <p>Konstantan wenig freie Elektronen</p>	<p>doppelte Leiterlänge ⇒ doppelter Widerstand</p>	<p>großer Querschnitt ⇒ kleiner Widerstand</p> <p>kleiner Querschnitt ⇒ großer Widerstand</p>
Der Leiterwiderstand ist umso größer, je größer der spezifische Widerstand ρ ist. $R \sim \rho$	Der Leiterwiderstand ist umso größer, je länger die Leiterlänge l ist. $R \sim l$	Der Leiterwiderstand ist umso größer, je kleiner der Leiterquerschnitt A ist. $R \sim \frac{1}{A}$
$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$		
Leiterwiderstand $[R] = \frac{\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \text{m}}{\text{mm}^2} = \Omega$		R Leiterwiderstand ρ spezifischer Widerstand γ elektrische Leitfähigkeit l Leiterlänge A Leiterquerschnitt

Tabelle 1: Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit (Beispiele bei 20 °C)		
Material	Spezifischer Widerstand ρ in $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Leitfähigkeit γ in $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$
Aluminium (Al)	0,0278	36,0
Kupfer (Cu)	0,0178	56,0
Silber (Ag)	0,0167	60,0
Gold (Au)	0,022	45,7





### **Elektrischer Widerstand einer Leitung**

Der Widerstand einer Leitung soll möglichst klein sein, um den Stromfluss nicht zu behindern.

#### **Aufgabe 1.6.1**

- Welches Material eignet sich am besten um Drähte herzustellen (siehe Tabelle)?
- Welche Leitung ist günstiger? Eine mit  $1.5\text{mm}^2$  oder eine mit  $0.75\text{mm}^2$  Drahtquerschnitt?
- Was ist günstiger? Eine möglichst lange oder eine möglichst kurze Leitung?

### ***Praktische Aufgabe***

*Kontrolliere ein Verlängerungskabel mit dem Ohmmeter*

### **Elektrischer Widerstand als elektrische Heizung**

Da im Widerstand elektrische Energie in Wärmeenergie umgeandelt wird, kann man Widerstände als Heizgeräte verwenden. Dieses Prinzip wird auch bei Kochplatten, Tauchsiedern, Toastern usw. angewendet.

Zusätzlich enthalten die Heizgeräte normalerweise einen Lüfter (Ventilator) um die warme Luft in den Raum zu blasen, und einen Thermostaten, um abzuschalten wenn eine bestimmte Temperatur erreicht ist.

Der Widerstand stellt den einfachsten elektrischen "Verbraucher" dar.

(Die Bezeichnung "Verbraucher" ist nicht ganz korrekt, denn die Energie wird nicht verbraucht, sondern umgewandelt)

### **Elektrischer Widerstand als Bauteil in der Elektronik**

In vielen Schaltungen muss eine Spannung aufgeteilt werden.

Dazu werden Widerstände benutzt.

Der Wertebereich geht von ca.  $1\Omega$  bis über  $10\text{M}\Omega = 10000000\Omega$ .

## 1.7 Ohmsches Gesetz

Wie hängt der Strom durch einen Verbraucher von der angelegten Spannung ab?

### LABO 2

Es soll untersucht werden, wie der Strom durch einen Widerstand von der angelegten Spannung abhängt. Es werden zwei verschiedene Widerstände mit den Werten  $R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  und  $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  benutzt.

- Zeichne den Schaltplan mit einstellbarer Spannungsquelle, Widerstand und Messgeräten für Spannung und Strom.
- Nimm die Schaltung in Betrieb und miss  $U$  und  $I$ , wobei  $U$  in vernünftigen Schritten von null bis 10V eingestellt wird (Tabelle!)
- Zeichne ein Diagramm  $I = f(U)$  für beide Widerstände.
- Ziehe eine Schlussfolgerung aus den Messungen und dem Diagramm.  
Wie ändert sich der Strom, wenn die Spannung verdoppelt, verdreifacht ... wird?  
Wie ändert sich der Strom, wenn der Widerstand grösser oder kleiner wird?
- Welchen Unterschied gibt es zu den Messungen mit Lämpchen?  
Woran könnte das liegen?

#### Ohmsches Gesetz:

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

Strom = Spannung geteilt durch Widerstand

Man kann die Formel umstellen nach der Spannung

$$U = R \cdot I$$

oder dem Widerstand

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

#### Aufgabe 1.7.1

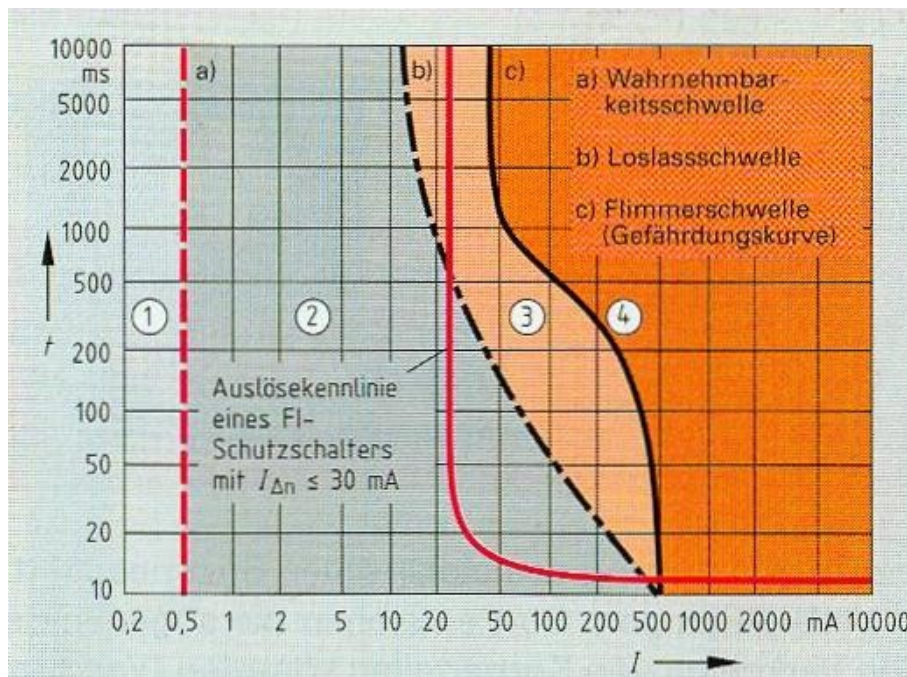
Ein Heizwiderstand mit  $100\Omega$  Widerstand wird an einer Steckdose mit 230V betrieben. Hält die 10A-Sicherung?

**Aufgabe 1.7.2**

Welchen Widerstand hat ein Lämpchen mit der Beschriftung 12V/0.1A, wenn es einige Zeit eingeschaltet ist? (Im kalten Zustand ist der Widerstand kleiner)

**Aufgabe 1.7.3**

Der Körperwiderstand eines Menschen ist sehr variabel (Teste mit dem Ohmmeter!). Im ungünstigsten Fall (bei nassen / verschwitzten Händen) kann er bis auf ca.  $1\text{k}\Omega$  absinken. Welcher Strom fließt dann bei Netzspannung? Ist dies gefährlich? Siehe Bild und Tabelle!

**Bereich****Körperreaktion**

- |   |   |
|---|---|
| 1 | keine Reaktion des Körpers  |
| 2 | keine gefährliche Wirkung auf den Körper                          |
| 3 | Muskelverkrampfung, Gefahr des Herzkammerflimmerns                |
| 4 | Herzkammerflimmern möglich (tödliche Stromwirkung wahrscheinlich) |

## 1.8 Elektrische Energie und elektrische Leistung

### Elektrische Energie

Formelzeichen:  $W$  (work = Arbeit)

Einheit: Joule = J oder kWh

1kWh = 3600J

Im Kraftwerk wird elektrische Energie aus anderen Energieformen "erzeugt" (eigentlich müsste es eher heissen: umgewandelt denn die Energie bleibt immer erhalten). Diese wird dann über Leitungen zum "Verbraucher" geführt und dort benutzt um Arbeit zu verrichten (Maschinen) oder in eine andere Energieform umgewandelt zu werden (z.B. Licht oder Wärme).

Ein Elektrizitätszähler misst in jedem Haushalt die "verbrauchte" elektrische Energie die verrechnet wird.

### Elektrische Leistung

Formelzeichen:  $P$  (power, puissance)

Einheit: Watt = W *(nach James Watt, dem Erfinder der Dampfmaschine)*

Leistung = Energie pro Zeit

Energie = Leistung mal Zeit

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = P \cdot t$$

Die elektrische Leistung lässt sich aus Spannung und Strom berechnen:

$$P = U \cdot I \quad (\text{bei Gleichstrom und Widerständen an Wechselspannung})$$

## LABO 3

Untersuche mit einem Energiemonitor den Energieverbrauch verschiedener elektrischer Geräte.

Bestimme die elektrische Leistung, den Strom, den Energieverbrauch und die Kosten für einen Monat mit typischer Betriebszeit.

Preis bei eida.lu : 14,3 c€/ kWh

**Aufgabe 1.8.1**

Ein 12V-Halogenstrahler nimmt einen Strom von 1.67A auf.  
Welche Leistung hat er?

**Aufgabe 1.8.2**

Welchen Strom nimmt eine 60W-Glühlampe auf?

**Aufgabe 1.8.3**

Kann ein Grillgerät mit einer Leistung von 2kW an einer mit 10A gesicherten Steckdose betrieben werden?