

Elektrische Ladung Q: Die Einheit der **elektrischen Ladung** ist das Coulomb (C). Das kleinste geladene Teilchen ist das Elektron. Seine Ladung ist die kleinste existierende Ladung und beträgt

$$Q_e = -1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Die des Protons beträgt

$$Q_{p^+} =$$

Der Zahlenwert (ohne Vorzeichen), wird **Elementarladung** (e) bezeichnet. Alle existierende Ladungen sind ganzzahlige Vielfache dieser Elementarladung!

1. Berechnen Sie die Ladung von 1 mol Elementarladungen (**molare Ladung, FARADAY-Konstante F**). Gleichen Sie mit dem Tabellenbuch ab!

2. Welche Stoffmenge (in mol) an Elektronen besitzt zusammen gerade die Ladung $Q = -1 \text{ C}$?
3. Welche Ladung in Elementarladungen (e) und in Coulomb (C) ausgedrückt wird benötigt, um 0,25 mol Aluminiumionen (Al^{3+}) als neutrales Al abzuscheiden?

Unter "**Strom**" wird die **gerichtete Bewegung von Ladungsträgern (Elektronen oder Ionen)** verstanden.

Stromleitung in metallischen oder metallähnlichen Leitern (z.B. Graphit)

Fließen Elektronen in einem **metallischen Leiter**, beispielsweise aus Eisen, so liegt ein Elektronenstrom vor. Es tritt dabei keine stoffliche Veränderung. Ein solcher Werkstoff, heißt **Leiter 1. Ordnung**:

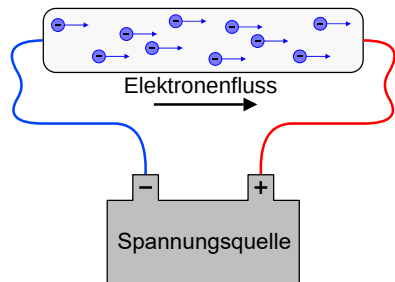


Abb. 1: Elektronenstrom
(Quelle: wikimedia.org. Autor: ARTE, Steen919, verändert)

Der Stromfluss ist deshalb möglich, weil in dem Material **delokalisierte** (d.h. örtlich ungebundene und frei bewegliche) **Ladungsträger**, in diesem Fall Elektronen, vorhanden sind.

Stromleitung in Elektrolyten

Auch durch ionenhaltige Flüssigkeiten kann der elektrische Strom fließen, weil auch hier **delokalisierte** (d.h. örtlich ungebundene oder relativ frei bewegliche) **Ladungsträger** vorliegen. In diesem Fall sind das die Ionen.

Der Ionenstrom besteht in der gerichteten Bewegung der

Ionen in der **Flüssigkeit**, also nicht auf ungerichteten Diffusionsbewegungen. Hierbei ist der Ladungstransport an einen Stofftransport gebunden. Der Elektrolyt verändert sich dabei, man spricht von einem **Leiter 2. Ordnung**:

Ordnung:

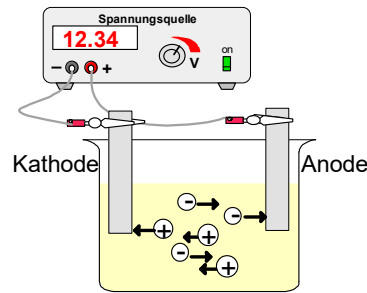


Abb. 2: Ionenstrom
(Quelle: eigenes Werk)

Stromleitung in Halbleitern

Halbleiter, wie Silicium oder Germanium unterscheiden sich von metallischen Leitern dadurch, dass mit steigender Temperatur die Leitfähigkeit zunimmt. Dies lässt sich mit der besonderen Bindungsstruktur erklären. Bei tiefen Temperaturen sind die Valenzelektronen alle in Bindungen **lokalisiert**. Die Ladungsdichte ist großteils zwischen zwei benachbarten Atomkernen örtlich gebunden. Mit steigender Temperatur werden diese Bindungen zunehmend aufgebrochen, und die ehemals lokalisierten Elektronen gehen in einen **delokalisierten** Zustand über. In diesem Zustand sind sie im Halbleiter-Material beweglich.

Schematische Darstellung (stark vereinfacht):

4. Gehören Halbmehalle bzw. Halbleiter wie Si oder Ge zu den Leitern 1. oder 2. Ordnung? Begründen Sie!

.....

.....

.....

Grundlegende Formeln

Elektrischer Stromkreis: Ein elektrischer Strom kann nur in einem geschlossenen Stromkreis fließen. Ein einfacher Stromkreis besteht aus der Spannungsquelle, dem Verbraucher sowie der Hin- und Rückleitung. Der Elektronenstrom fließt vom Minuspol der Spannungsquelle über den Verbraucher zum Pluspol. In der Spannungsquelle transportiert eine Elektronen-bewegende Kraft die Elektronen wieder zum Minuspol.

1. Elektrische Stromstärke: Die Stromstärke I gibt an, welche Ladungsmenge Q pro Zeiteinheit t durch einen Leiterquerschnitt fließt. Die Einheit ist das Ampere (A). Bei einer Stromstärke von $I = 1 \text{ A}$ fließt durch den Leiterquerschnitt pro Sekunde eine Elektrizitätsmenge von 1 C . Zusammenhang zwischen Stromstärke und Ladungsmenge:

2. Elektr. Spannung: Zu einer Spannungserzeugung müssen Ladungen getrennt werden. Dabei wird die Arbeit W (Arbeit = Kraft · Weg; $W = F \cdot s$) gegen die Anziehungskräfte zwischen positiven und negativen Ladungen verrichtet. Die pro Ladungsmenge Q aufgebrauchte Trennarbeit W heißt Spannung U . Die Einheit ist das Volt. Zusammenhang zwischen Spannung und Ladung:

3. Elektrische Leistung: Die Elektrische Leistung (P) ist die Elektrische Arbeit die pro Zeiteinheit geleistet wird. Die SI-Einheit ist das Watt.

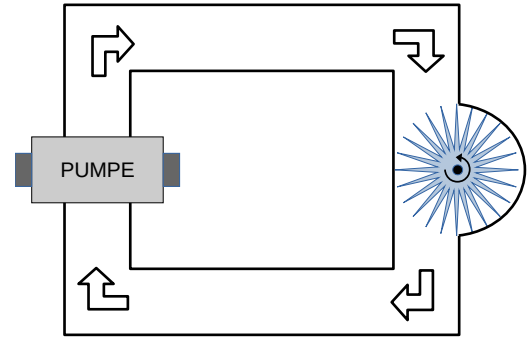
Aus den vorangegangenen Formeln kann man einen wichtige Beziehung zwischen Leistung, Spannung und Stromstärke herleiten:

4. Wirkungsgrad: Jedes Gerät nimmt mehr elektrische Leistung oder mehr elektrische Arbeit auf, als es in der Lage ist an Arbeit zu verrichten oder zu leisten. Der reale Wirkungsgrad η (sprich: „eta“) ist deshalb immer kleiner als $\eta = 1$.

5. elektrischer Widerstand: Die gerichtete Bewegung der Elektronen im Leiter wird durch ständige Zusammenstöße mit den Atomrümpfen der Metallatome gehemmt, ein Phänomen was **elektrischer Widerstand R** , heißt. Je größer der Widerstand bei gegebener Spannung (U), desto geringer ist die gemessene Stromstärke (**Ohmsches Gesetz**). Beträgt bei $U = 1 \text{ V}$ die Stromstärke $I = 1 \text{ A}$, so liegt der Widerstand $1 \text{ Ohm } (\Omega)$ vor

Analogie zu einem Wasserkreislauf

Ein geschlossener Wasserkreislauf und ein Stromkreislauf zeigen einige interessante Analogien:



- Druckunterschied zwischen zwei Orten $\hat{=}$
- Durchflussmenge pro Zeit $\hat{=}$
- Wasserrad entspricht $\hat{=}$
- Enge der Wasserleitungen $\hat{=}$

5. Wie hängen Enge der Wasserleitungen, Fließgeschwindigkeit und Druckunterschied zusammen?

Weitere Formeln

6. spezifischer Widerstand ρ : Der elektrische Widerstand ist proportional zur Wegstrecke des Leiters (l , in m) und umgekehrt proportional zur Querschnittsfläche des Leiters (A , in mm^2). Die Proportionalitätskonstante heißt **spezifischer Widerstand ρ** (sprich: „rho“)

7. Leitwert: Der Leitwert G ist der Kehrwert des elektrischen Widerstands. Er ist ein Maß dafür, wie gut der elektrische Strom geleitet wird. Die Einheit für den Leitwert ist das **Siemens**, Einheitenzeichen **S**. Zusammenhang zwischen Widerstand und Leitwert:

8. Der Kehrwert des spezifischen Widerstands heißt **Leitfähigkeit** oder **spezifische Leitfähigkeit κ** (sprich „kappa“)

9. Thermische Änderung des Widerstandes und Warmwiderstand: Die Widerstandserhöhung ΔR ist proportional zur Temperaturerhöhung $\delta\vartheta$ und zum Kaltwiderstand R_k . Der Proportionalitätsfaktor heißt **Temperaturkoeffizient α** , und ist über nicht allzu große Temperaturspannen $\delta\vartheta$ näherungsweise konstant:

Musterlösung

Formel 1:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Formel 2:

$$U = \frac{W}{Q}$$

Formel 3:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{und weiter} \quad P = U \cdot I$$

Formel 4:

$$\eta = \frac{W_{\text{Aufnahme}}}{W_{\text{Abgabe}}} \quad \text{oder} \quad \eta = \frac{P_{\text{Aufnahme}}}{P_{\text{Abgabe}}}$$

Formel 5

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

Formel 6:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \Rightarrow \rho = R \cdot \frac{A}{l}$$

Formel 7

$$G = \frac{1}{R}$$

Formel 8

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R \cdot \frac{A}{l}} = G \cdot \frac{l}{A}$$

Formel 9

$$\Delta R = \alpha \cdot \delta \vartheta \cdot R_K$$