

1.3 Das Erdmagnetfeld

Eine Kompassnadel richtet sich entlang der Feldlinien aus. Wir können daraus schließen, wie sich das Magnetfeld der Erde verhält:

Kompass	ERDE	
	magn. Pol	geogr. Pol
Nord	Süd	Nordpol)
Süd	Nord	Süd(pal)

Bild mit Erde hier hinkleben

Der geographische Nordpol liegt also in der Nähe des magnetischen Südpols und umgekehrt!

Die Geophysik hat zudem erforscht, dass

- die magnet. und die geogr. Pole nicht zusammenfallen
- die Pole sich langsam verschieben

Bild Verschiebung der letzten Jahre

- die Verbindungsline der beiden magn. Pole damit nicht durch den Erdmittelpunkt geht
- der Winkel zwischen Rotationsachse und magn. Richtung zur Zeit $11,4^\circ$ beträgt
- Eine Kompassnadel nicht direkt nach Norden zeigt. Diese Abweichung heißt **Deklination** oder **Missweisung** und ist ortssabhängig.
Auf der Linie Hannover - Stuttgart beträgt sie zur Zeit 0° .

2 Ladung - Strom - Spannung

2.1 Elektrische Ladung

2.1.1 Ladungstrennung

2.1.1.1 Berührungselektrizität

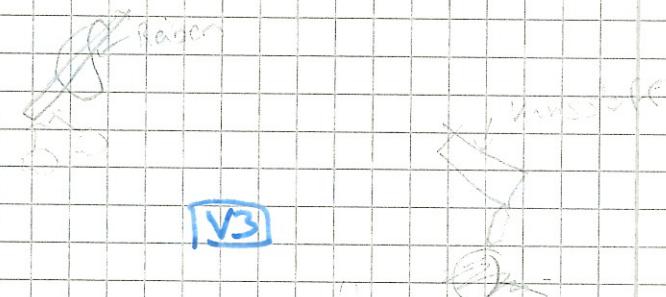
V1



V2



V3



Durch Reibung lassen sich Nichtleiter elektrisch laden („Reibungselektrizität“). Sogenannte elektrische Ladung kann beispielsweise durch ein Elektroskop oder eine Glühlampe nachgewiesen werden.

[V4]



[V5]

analog
Lampe

Die Pole einer elektrischen Quelle können elektr. Ladung abgeben.
Es gibt zwei Arten von elektr. Ladung:
negative Ladung
positive Ladung

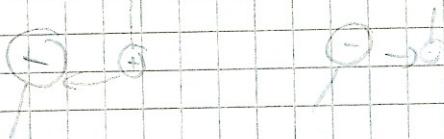
[V6] Nacheinander pos. + neg.

Positive und negative Ladungen heben sich auf. Man sagt die Ladungen neutralisieren sich.
Elektrische Ladung wird mit dem Formelzeichen $Q(q)$ beschrieben und der Einheit Coulomb (C)
Mathematisch kann Neutralisation beschrieben werden mit:

$$-Q + Q = 0$$

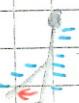
$$-3C + 3C = 0$$

[V7]



Gleichartig („gleichnamige“) geladene Körper stoßen sich ab.
Verschiedenartige („ungleichnamige“) geladene Körper ziehen sich an.

Elektroskop:

 \rightarrow Ladungsmenge messbar, aber nicht Vorzeichen

Elektrische Ladungen üben aufeinander Kräfte aus, ohne dass sie sich berühren. Diese nehmen mit der Entfernung ab: $F \propto \frac{1}{r^2}$.

 \rightarrow Abstand

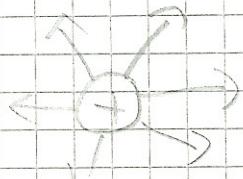
Den Wirkungsmaßstab nennt man elekt. Feld. Auch dieses Feld wird modehaft durch elekt. Feldlinien beschrieben.

|||||

+++++

geladene Platten, Ladungsspeicher: Kondensator
hier: homogener Feld.

Wie magn. Feld:
- Pfeile zeigen Richtung
- Liniedichte: Feldstärke



\rightarrow inhomogenes Feld
 \rightarrow radialsymmetrisches Feld

Im elektrischen Feld zeigen die Pfeilspitzen die Kraftwirkung auf eine positive Testladung!

Die Feldlinien müssen im el. Feld nicht geschlossen sein.
Es gibt also auch el. Monopole, d.h. el. Ladungen ohne entsprechende gegenüberliegende umgekehrte Ladung.

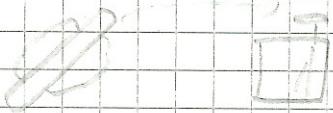
Die kleinste feststellbare Ladung (Elementarladung) ist die eines Elektrons. Sie beträgt:

$$Q_{\text{elektron}} = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

⇒ Jede el. Ladung die in der Natur vorkommt ist ein Vielfaches dieser Elementarladung

2.1.2 Elektrische Influenz

IV7



Wie V2 ohne berühren

Elektroskop schlägt nachdem auf

Durch Annähern einer elektr. Ladung an einen el. Leiter ~~elektrischen Leiter~~ findet Ladungstrennung im Leiter el. Leiter statt. Die Ladungen verschieben sich dazu im Leiter, ihre Gesamtzahl bleibt jedoch unverändert.
Um diese Verschiebung zu bewirken ist kein Kontakt zwischen den Ladungen und dem el. Leiter nötig. Man nennt dies (stab) (elektrostat.)

Ex: el. Influenz (lat. influere).

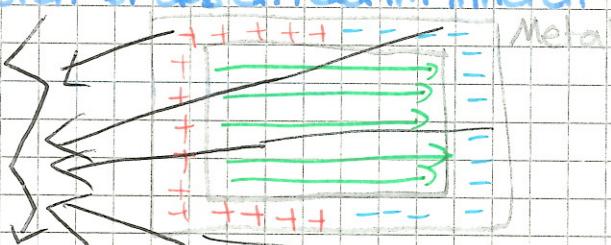
IV8



Durch Annähern werden Ladungen verschoben,
daher schlägt das Elektroskop

Faraday'scher Käfig

Die el. Influenz kann technisch genutzt werden, zum Beispiel beim Schutz vor Blitzen. Durch große Ladungsverschiebungen (Ströme), bildet sich im Inneren eines Faraday'schen Käfigs ein el. Feld aus. Dieses Feld ist genau entgegengesetzt zum el. Feld des Blitzes. Dadurch ist das el. Feld im Inneren 0.



Beispiele: Autokarosserie, Blitzableiter

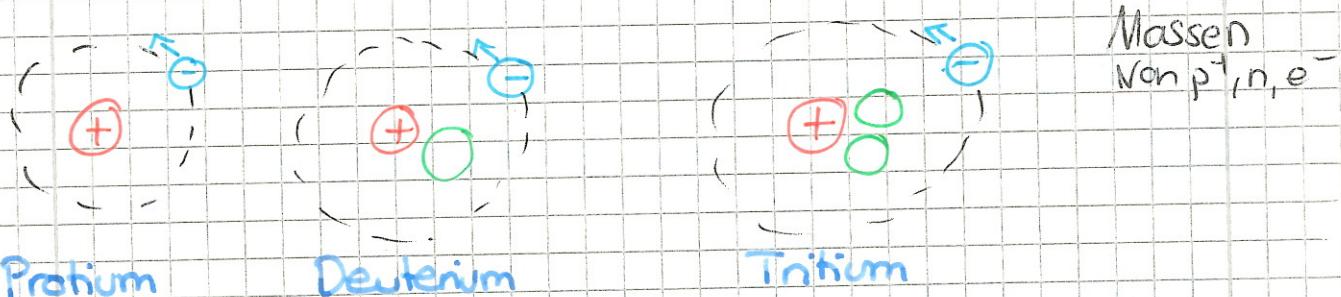
2.1.3 Atomare Vorstellung von Elektrizität

a) Kern und Elektronenhülle

dass
Die Forschung zeigt, Atome (Gr.: a-tomas = un-teilbar)
aus einem ~~positiv~~ geladenen Kern (Protonen, Neutronen)
und negativ geladenen Elektronen bestehen.

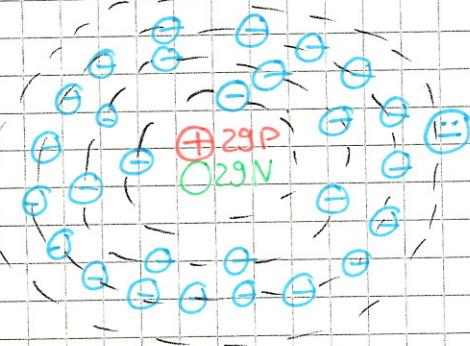
Die Elektronen laufen auf verschiedenen Bahnen um den
Kern und bilden damit die Elektronenhülle.

In einem Atom heben sich die Ladungen genau auf.
Es besitzt also genauso viele Protonen wie Elektronen.*
Wenn die Ladungen sich nicht wegheben wird das
Teilchen Ion genannt. $\oplus \text{H}^+ \rightarrow 1 e^-$ weniger



Ein Atom kann verschiedene viele Neutronen im
Kern haben. Die verschiedenen Atome heißen dann
Isotope. Isotope.

Beispiel: Kupfer (Ordnungszahl 29)
metallischer Leiter



$$\left. \begin{array}{l} n=1 \rightarrow 2e^- \\ n=2 \rightarrow 8e^- \\ n=3 \rightarrow 18e^- \\ n=4 \rightarrow 32e^- \end{array} \right\} 2n^2$$

n -te Bahn fasst $2n^2$ Elektronen:

Veränderung
 $e \rightarrow$ Ionenbildung

Atom (definierte Protonenzahl)

Veränderung
Neutronen Isotopenänderung

*Die Anzahl der Protonen bestimmt das jeweilige chem. Element

b) Frei bewegliche Elektronen

In vielen chem. Elementen gibt es schwach gebundene Elektronen, zum Beispiel Kupfer. Diese Elektronen können dann als freie Elektronen bzw. Elektronengas unabhängig von ihren Atomnäpfen zirkulieren. Stoffe, deren Atome diese Eigenschaft besitzen, werden Metalle genannt.

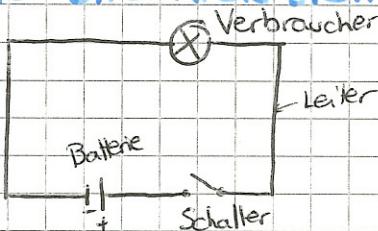
Bild(er) Metallgitter

Erst wenn von außen ein el. Feld angelegt wird (z.B. durch eine Batterie) bewegen sich das freien Elektronengas entgegen der Feldrichtung, es fließt el. Strom.

2.2 Der elektrische Strom

V1 Wann leuchtet die Lampe?

Wenn el. Ladung sich bewegt, unter dem Einfluss eines el. Feldes nennt man dies el. Strom. Dieser Strom möchte die Ladungen der verbundenen geladenen Pole die Ursache des el. Feldes ausgleichen, d.h. die geladenen Pole der Quelle neutralisieren (z.B. Pole der Batterie). Ein einfacher Stromkreis sieht dann so aus:



Achtung Kurzschluss!: Stromkreis nie ohne Verbraucher betreiben!

Ohne Verbraucher wird der Elektronenfluss nicht ausgebremst \rightarrow Wärmeabgabe an Leiter \rightarrow Überhitzen und Zerstören des Leiters

Definition:

Die el. Stromstärke beschreibt den Zusammenhang zwischen Ladung und el. Strom.

Die el. Stromstärke gibt die Anzahl der Ladungen Q an, die in einer Zeit t, durch einen bestimmten Punkt der Leitung fließen.

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

$$[I] = [Q] \cdot \frac{1}{[t]} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ s}} = 1 \text{ A} \text{ (Ampere)}$$

Das Ampere ist die SI-Einheit für die Stromstärke!

Bild Stromstärke:

Umgekehrt gilt:

Die Ladung Q , die in einer Zeit t , eine Stelle des Leiters durchquert, kann berechnet werden mit:

$$Q = I \cdot t$$

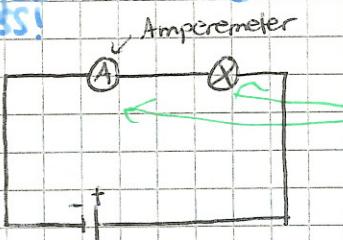
$$[Q] = [I] \cdot [t] = 1 \text{ As} = 1 \text{ C}$$

SI-Einheiten

Jede Einheit kann auch mithilfe der \uparrow SI-Einheiten ausgedrückt werden. Da nur Elektronen fließen ist die Ladungsmenge immer ein ganzzahliges Vielfaches der Elementarladung e .

Strommessung

Die el. Stromstärke kann mithilfe eines Ampermeters gemessen werden. Dieses wird in Reihe zu einem Verbraucher geschalten. Es darf nie alleine im Stromkreis sein!
KURZSCHLUSS!



In Reihe: Strom muss sowohl durch \textcircled{A} Ampermeter als auch \textcircled{X}

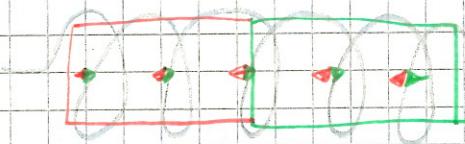
2.3 Strom und Magnetismus

V1 Øersted-Versuch



Magnetfeld in der Nähe des Leiters größer

In der Umgebung eines stromdurchflossenen Leiters bildet sich ein Magnetfeld aus.



Wickelt man den stromdurchflossenen Leiter zu einer Spule, so verstärken sich die Magnetfelder am Leiter zu einem Elektromagneten.

Dieses Prinzip wird im Elektromotor genutzt, um aus el. Energie mech. Energie zu erhalten:

Bild Flachrührmotor

Mögl. Anwendung: Flugzeugpropeller, Schiffsschraube

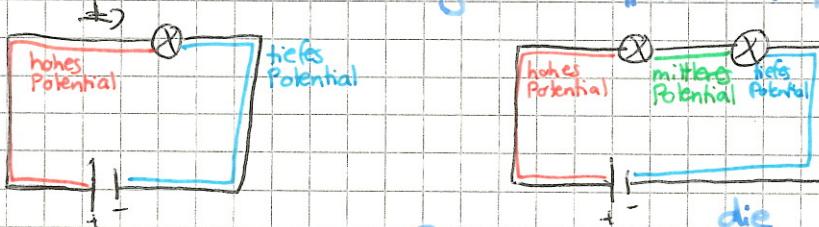
Ausblick: Dieses Prinzip kann auch umgekehrt werden:

mech. Energie $\xrightarrow{\text{Generator}}$ el. Energie
Bsp. Dynamo am Fahrrad

2.4 Potential und Spannung

Eine el. Quelle übt einen „Druck“ auf die Ladungsträger aus, die den Stromfluss bewirkt. Dieser „Druck“ wird hinter dem Verbraucher niedriger. Dieser „Druck“ heißt el. Potential.

(oh) Spannung



vgl. Wassermodell / Mensch / Menge

1 Man kann sich das Potential φ als Energie eines Elektrons vorstellen. Am Anfang hat es viel Energie, doch die Verbraucher kosten es Energie.

Zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Quelle besteht also ein Potentialunterschied - eine Potentialdifferenz:

$$U = \varphi_+ - \varphi_-$$

Man nennt diesen Unterschied U Spannung. Die Spannung ist also die Ursache des Stromflusses.

$$[U] = [\varphi] = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ C}} = 1 \frac{\text{ J}}{\text{ C}} = 1 \text{ V}$$

↑ Energie
↓ pro Elektron

Je höher die Spannung, desto mehr Energie kann abgegeben werden.

Je höher die Spannung, desto höher die Stromstärke:

$$U \sim I$$

Beispiele: Haushaltsbatterie $\rightarrow 1,5 \text{ V}$; Handy $\rightarrow 3,7 \text{ V}$

Autobatterie $\rightarrow 12 \text{ V}$

Lebensgefahr $\rightarrow > 50 \text{ V}$

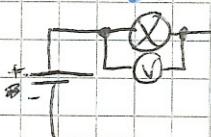
Netzspannung (Haus) $\rightarrow 230 \text{ V}$

zug $\rightarrow 15\,000 \text{ V} = 15 \text{ kV}$

Überlandleitung $\rightarrow 110 \text{ kV}, 220 \text{ kV}, 380 \text{ kV}$

Spannungsmessung

Die Spannung kann mithilfe eines Voltmeters gemessen werden. Dieses wird parallel zum Verbraucher geschaltet.



$$\varphi_- = 0 \text{ V} \rightarrow \text{Erdung}$$

2.4.1 Schaltungen von Spannungsquellen

Alle Quellen in einem Stromkreis bauen also eine Spannung auf. Wir nennen sie daher von nun an Spannungsquellen.

Bild Schaltungen



A: Reihenschaltung von Spannungsquellen:

Die Gesamtspannung ist die Summe der Einzelspannungen

$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Bsp.: Taschenlampe: $1,5V + 1,5V + 1,5V = 4,5V$

B: Parallelschaltung von Spannungsquellen:

Die Gesamtspannung ändert sich nicht!

$$U_{\text{ges}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Es gibt nur mehr Ladungsträger im Stromkreis.

C: Gegeninanderschaltung

Sonderfall der Reihenschaltung. Spannungsquellen, die entgegengesetzt liegen werden subtrahiert.

$$U_{\text{ges}} = U_1 - U_2 + \dots + U_n$$

Spannungsquelle
entgegengesetzt

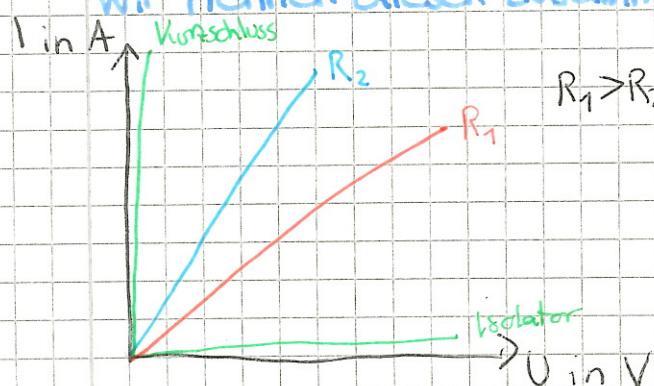
2.5 Der elektrische Widerstand

Wir haben bereits festgestellt, dass $U \sim I$. Wir nennen den Proportionalitätsfaktor dabei den el. Widerstand R : $U = R \cdot I$. Der el. Widerstand berechnet sich also aus dem Verhältnis:

$$R = \frac{U}{I} \quad CRJ = \frac{U/I}{C/I} = \frac{1V}{1A} = 1 \frac{V}{A} = 1 \Omega \quad (\text{Ohm})$$

gr. omega, gr. Buchstabe

Wir nennen diesen Zusammenhang Ohm'sches Gesetz.



$$R_1 > R_2$$

Je größer der Widerstand, desto flacher die Gerade.

Kirchhoff: a) Knotensatz
b) Maschenringgesetz

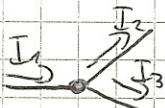
\Rightarrow Widerstandsbeziehungen

2.6 Die Kirchhoff'schen Gesetze

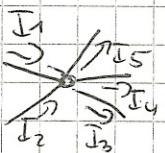
2.6.1 1. Kirchhoff'sches Gesetz / Knotenregel

*1

Der Strom, der in einen Knoten hineinfliest ist derselbe wie derjenige der herausfließt. Die Stromstärken addieren sich also zu 0.



$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$



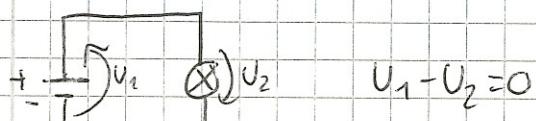
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

Allgemein kann man schreiben: $\sum_i I_i = 0$

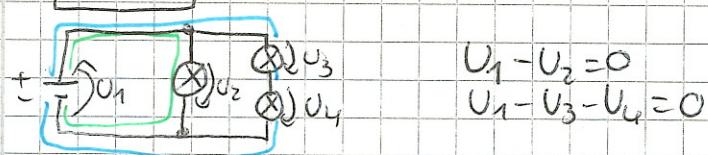
2.6.2 2. Kirchhoff'sches Gesetz / Maschenregel

*2

Die Summe der Spannungen in einer Masche hebt sich auf, ist also 0! Spannungsquellen haben dabei positives Vorzeichen, Verbraucherspannungen negatives.



$$U_1 - U_2 = 0$$



$$U_1 - U_2 = 0$$

$$U_1 - U_3 - U_4 = 0$$

Achtung!: An Knoten bleibt die Spannung gleich egal wo ich messe, da kein Verbraucher vorhanden ist.

Gibt es nur eine Masche, so ist der Strom überall gleich hoch!

*1 Ein Knoten ist der Punkt, an dem sich mehrere ~~Kabel~~ zu einem verbinden oder eines sich in mehrere verzweigt oder beides.

Kabel

*2 Eine Masche ist ein möglicher Weg, den der Strom (immer ausgehend von ~~oder~~ einer Spannungsquelle) nehmen kann. Gibt es mehrere mögliche Wege, so hat der Strom mehrere Maschen.

25, 23*, 34*, 38, 47, 48, 49, 50

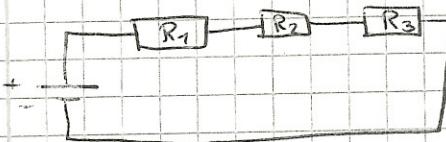
=> S7: Regeln Potential?

2.7 Der Ersatzwiderstand

Mithilfe der Kirchhoff'schen Gesetze können wir Spannungen und Stromstärken in jedem beliebigen Stromkreis an allen Stellen berechnen.

Man möchte nun wissen, wie hoch der Gesamtwiderstand in einem Stromkreis ist.

Beispiel 1: Reihenschaltung von Widerständen

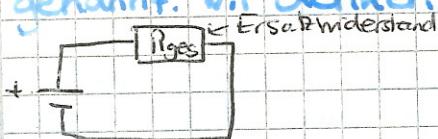


Beispiel 2: Parallelschaltung von Widerständen



gemeinsam

Man denkt sich alle Widerstände nun als den Gesamtwiderstand. Dieser Widerstand wird dann Ersatzwiderstand genannt. Wir denken uns:



Die Berechnung des Ersatzwiderstands leitet sich aus den Kirchhoff'schen und dem Ohm'schen Gesetz ab.

Für Beispiel 1:

Wir haben keine Knoten

Knotenr.: kein Knotenpunkt $\rightarrow I$ konstant

Maschenr.: 1 Masche $\rightarrow U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3 = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I + R_3 \cdot I = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Für Beispiel 2:

Knotenr.: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$

Maschenr.: Ugesktions $\rightarrow R_{\text{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

2.8 Die elektrische Leistung

Frage: Wie berechnet man die Leistung?

Um einen Stromkreis passend zu konstruieren, müssen wir wissen, was für eine Leistung ein Verbraucher hat.

Sie berechnet sich mit:

$$P = I \cdot U \quad [P] = [I] \cdot [U] = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ V} = 1 \text{ VA} = 1 \text{ W}$$

Beispiele:

der Einheit

Ausdruck: Stromkosten werden im kWh berechnet.

Es wird also gesehaut, wie lange man eine gewisse Leistung nutzt.