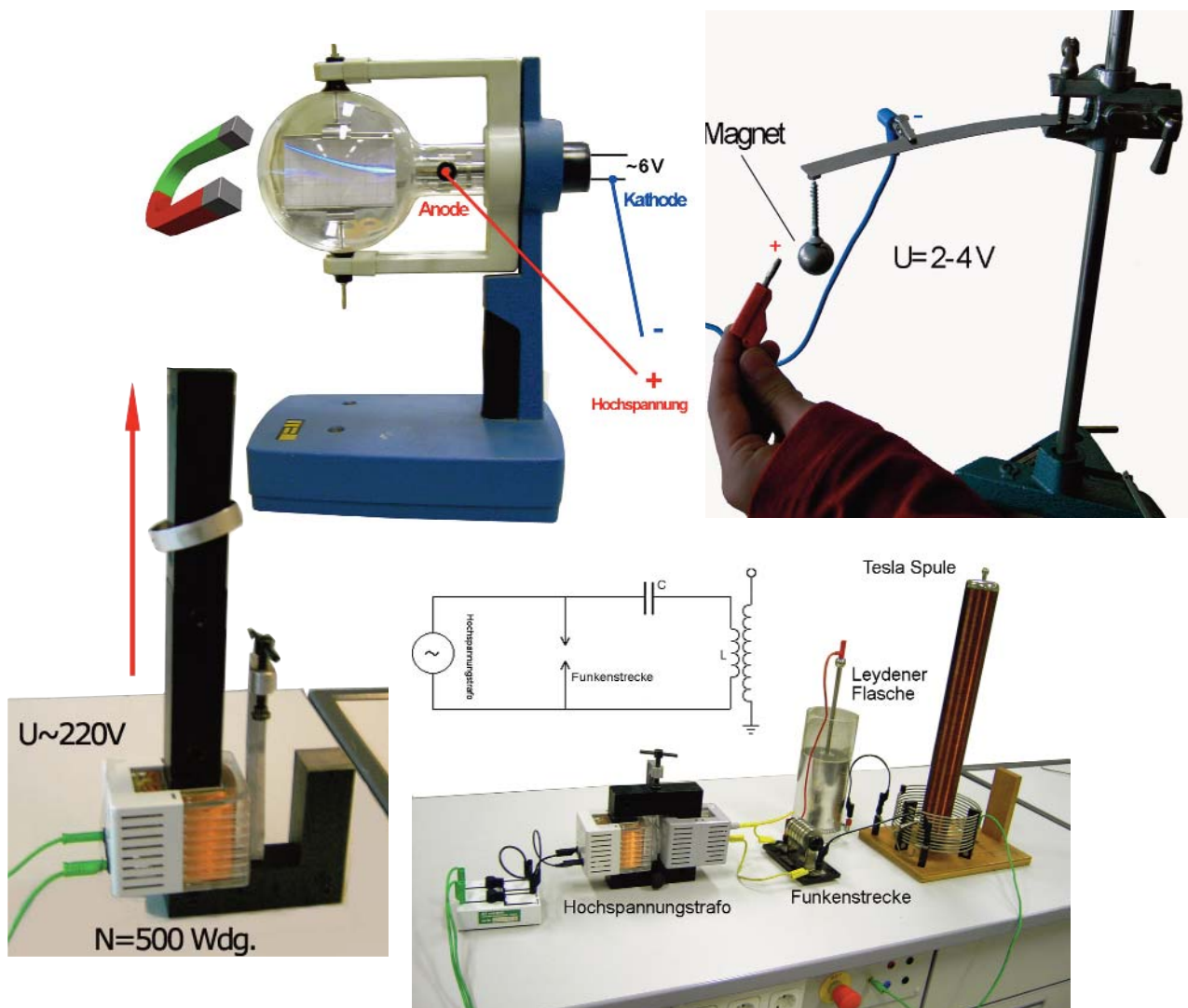


Experimentelle Physik im Unterricht

Seminar 24.10.2007

ELEKTRIZITÄT



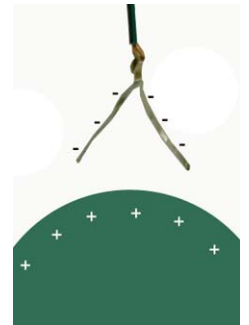
Mag. Otto Dolinsek

Versuche zur Elektrostatik

Durchführung grundlegender elektrostatischer Versuche:

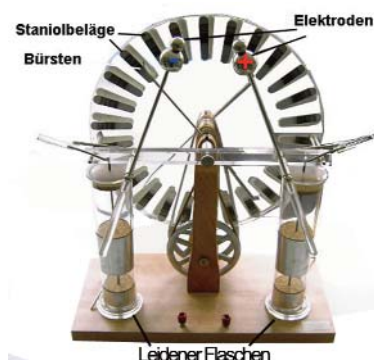
Materialliste: Glasstäbe, Hartgummistäbe, Trinkhalme, Luftballone, Elektroskope, Geodreiecke, Overheadfolien, Papierschnipsel, CD-Hüllen, alte Schallplatten, Styropor-Kügelchen, Metalldraht, Alu-Folien, Büroklammer, Alu-Dose

- Papierschnipsel werden auf den Tisch gestreut. Die Overheadfolie wird auf die Papierschnipsel gelegt und mit einem Tuch gerieben, danach hebt man die Overheadfolie.
- Lege eine Overheadfolie auf den Tisch und glätte sie mit einem Tuch. Streue Papierschnipsel (Grießkörner) darauf. Hebe die Folie waagrecht hoch.
- Fülle eine leere CD-Hülle mit Styroporkügelchen und reibe die obere Fläche mit einem Tuch!
- Reibe zwei Luftballone aneinander! Ziehen sich die geladene Ballone an?
Reibe Luftballone mit einem Wollpullover! Ziehen sich die geladene Ballone an?
Haften aufgeladene Ballone an der Wand?
- Versuche mit geladenen Folien, Luftballonen, Plastikkämmen bzw. Geodreiecken einen feinen Wasserstrahl abzulenken.
- Mische Salz und Pfeffer!
Reibe einen Luftballon und halte die geriebene Seite knapp über die Mischung.
- Lege eine ungeladene Alu-Dose in die Nähe eines geladenen Luftballons bzw. einer Overheadfolie.
- Baue ein einfaches Elektroskop! (Isolierdraht mit einem feinen Alu-Streifen)
Fixiere das Elektroskop mit dem Stativmaterial!
Reibe Glasstäbe, Hartgummistäbe, Geodreiecke, Overheadfolien usw. und überprüfe die Funktionsweise des Elektroskops!



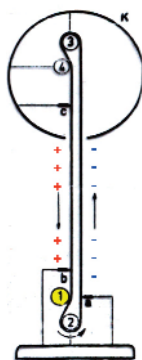
Versuche mit der Influenzmaschine bzw. Bandgenerator!

Materialliste: Bandgenerator, Influenzmaschine, Glimmlampe, Holunderkugeln, elektrostatisches Windrad, Glockenspiel, Kugellauf, Wattebausch, Büschelelektroskop, elektrostatisches Windrad, Blitztafel



Influenzmaschine:

Man lässt zwei Glas- oder Plexiglasscheiben, früher auch Scheiben aus Hartgummi, in gegenläufiger Richtung rotieren. Auf den Plexiglasscheiben sind Metallstreifen aufgeklebt. Metallbürsten verbinden gegenüberliegende Metallstreifen der Plexiglasscheiben. Ist zufällig ein Belag auf einer Seite negativ geladen (die Ladung wird nicht wie oft vermutet durch Reibung erzeugt), werden auf der gegenüberliegenden Seite durch elektrische Influenz zwangsläufig entgegengesetzte Ladungen bewirkt. Diese Ladungen werden bei der weiteren Drehung der Scheibe von Kontakten (Metallbürsten) aufgenommen und zu einem Kondensator, der für hohe Spannungen geeignet ist (z.B. sog. Leidener Flasche), geleitet. Ab einer gewissen Spannung kommt es an den angeschlossenen Funkenstrecken zu wiederholten Blitzentladungen. (<http://de.wikipedia.org/wiki/Influenzmaschine>)



Bandgenerator:

Der Bandgenerator ist ein von Van De Graaf entwickelter elektrostatischer Hochspannungsgenerator. Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Selbstanregung und liefert im Leerlauf eine Gleichspannung von 120000 bis 140000 Volt. Die Ladungen sind mit etwa 10^{-4} Coulomb so gering, dass der Generator ohne Gefahr berührt werden kann. Bei Kurzschluss liefert er einen Strom von ca. $10\mu\text{A}$.

Funktionsweise:

Das Herzstück des Generators ist ein endloses Band, welches über drei Schneiden (a), (b) und (c) gezogen wird. Die Kunststoffrolle (1) wird beim Anlauf durch Reibung positiv geladen. Würde das Gummiband nur durch die Berührung mit der Kunststoffrolle geladen, so könnte nicht mehr Ladung auf die Kugel transportiert werden, als eben auf dieser Walze sitzen. Deshalb wird dieser Walze eine Metallschneide (a) gegenübergestellt, an der so genannte Spitzenwirkung auftritt. Durch Influenz werden aus der Erde Elektronen nahe zur Kunststoffrolle, also zur Spitze der Metallschneide gesaugt. Durch die extrem

hohe Feldliniendichte an der Spitze können Elektronen auch aus der kalten Schneide gerissen werden. Sie können die Luft ionisieren, was zur Bildung weiterer freier Elektronen führt. So wird das Band ständig mit einer großen Menge an Elektronen besprüht, die nun alle auf die Kugel befördert werden können. Da das Band zwischen Kugel und Antrieb dicht geführt wird, kommt es zu einer Kondensatorwirkung, welche die Leistungsfähigkeit des Generators um ein Vielfaches erhöht. An den Rollen (4), (5) und der Schneide (c) werden negative Ladungen auf die Kugel übertragen. Die Schneide (b) führt die am Band verbliebene Überschussladung ab, bevor das Band die positive Walze passiert und an der Klinge (a) abermals mit Elektronen aufgeladen (besprüht) wird.

Verwende den Bandgenerator bzw. die Influenzmaschine!

Qualitativer Nachweis der Ladungsart

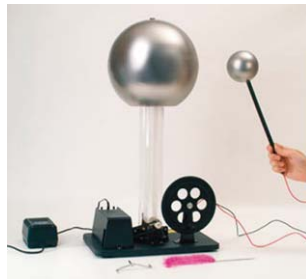
mit der Glimmlampe.

Es leuchtet immer der negative Pol! Warum?



Zeige die **Blitzentladungen** zu einer geerdeten Kugel!

<http://www.ntl.at/>



Eine in der Nähe befindliche Leuchtstoffröhre leuchtet auf.



Büschelelektroskop:

Der Versuch zeigt, dass sich gleichnamige Ladungen abstoßen.

Elektrostatisches Glockenspiel:

Die metallischen Pendelkörper transportieren Ladungen.

Dabei werden sie angezogen (entladen und aufgeladen) und abgestoßen.



Tanz der Holunderkugeln:

Die auf der Grundplatte liegenden Holundermarkkugeln laden sich gleichnamig auf und werden von der Platte abgestoßen. In der Nähe des Gegenpols geben sie diese Ladung wieder ab und laden sich umgekehrt auf. Dadurch fallen sie auf die Grundplatte zurück und der Vorgang beginnt erneut.



Elektrischer Kugellauf:

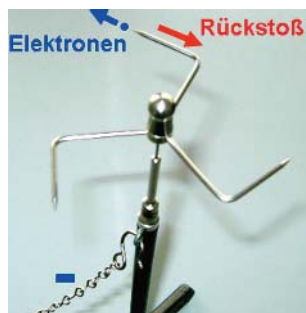
Die Kugel läuft im Kreis. Durch die Anordnung zwischen den beiden Elektroden wird die Kugel unterschiedlich aufgeladen. Dies führt zu einer Laufbewegung mit ständiger Auf- und Entladung.



Spitzenentladung:

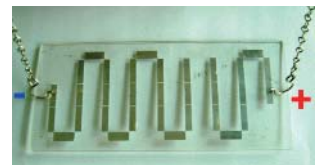
Die Spitzen geben bei negativer Aufladung Elektronen ab. Der Rückstoß der Spitzen führt zu einer Drehung im Uhrzeigersinn.

Was passiert bei positiver Aufladung der Spitzen?



Blitztafel:

Es treten zwischen den Alufolien Blitzentladungen auf.



Elektrostatische Rauchgasreinigung:

Die Spitzenelektrode sprüht Elektronen in die Rauchpartikel. Diese werden dadurch negativ aufgeladen, stoßen sich ab und schlagen sich auf der positiv geladenen Grundplatte nieder.



Lade- und Entladeerscheinung:

Die Watte pendelt zwischen der Hand und der geladenen Elektrode der Influenzmaschine hin und her.



Lade- und Entladeerscheinung:

Ein Wattebausch pendelt zwischen der geladenen Bandgeneratorerkugel und einer geerdeten Kugel hin und her.



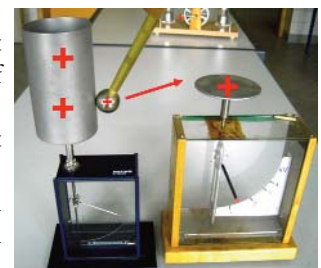
Kerzenwind:

Aus der negativ aufgeladenen Spitze treten Elektronen aus, die die Luftteilchen negativ aufladen. Es entsteht ein Luftstrom, der auch „elektrischer Wind“ bezeichnet wird.



Faraday-Effekt:

Die Ladungen befinden sich außen. Mit der Metallkugel können Ladungen auf das rechte Elektroskop übertragen werden. Beim linken Elektroskop nimmt der Ausschlag ab, beim rechten zu. Nach mehreren Ladungsübertragungen zeigen beide Elektroskope den gleichen Ausschlag.



Faraday-Effekt:

Man versucht Ladungen innen abzunehmen und auf das rechte Elektroskop zu übertragen. Das rechte Elektroskop zeigt keinen Ausschlag. Das Innere eines Faraday Bechers ist stets ladungsfrei.



Faraday-Effekt:

Das linke Elektroskop im Farady-Käfig zeigt keinen Ausschlag. Das rechte Elektroskop ist mit der Oberfläche des Faraday-Käfigs verbunden und zeigt die Oberflächenladung an.

Das Innere eines Faraday-Käfigs ist ladungs- und feldfrei!



Elektrosmog!

Lege ein Handy in einen Faraday-Käfig.
(Oder: Umwickle es mit einer Aluminiumfolie)
Kann eine Verbindung zum Handy aufgebaut werden?



Kondensatorexperimente:

Wie verändert sich die Spannung am Kondensator, wenn man den Plattenabstand vergrößert bzw. verkleinert?

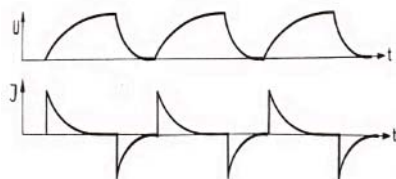
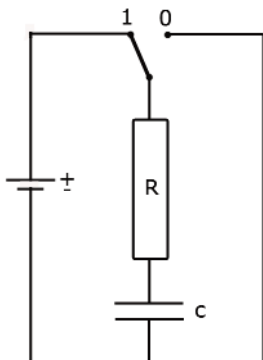
$$U = E \cdot s$$

Wie verändert sich die Spannung am Kondensator, wenn man in den Kondensatorraum ein Dielektrikum einschiebt?

$$Q = UC = \text{const}$$



Lade- und Entladekurve eines Kondensators:



Aufnahme der Lade- bzw. Entladekurven mit dem Oszilloskop oder mit Dilab.

Wovon hängt die Lade- bzw. Entladezeit ab?

$$\text{Ladezeit } t = 5RC$$

$$\text{Ladefunktion des Kondensators: } U(t) = U_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

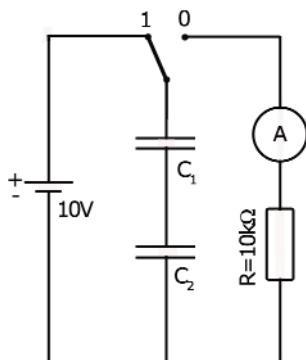
$$\text{Entladefunktion des Kondensators: } U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\text{Für } t = R \cdot C \Rightarrow U(t) = (1 - \frac{1}{e}) \cdot U_0 = 0,63 \cdot U_0.$$

Schülerexperiment:

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_kondensator.pdf

Serienschaltung von Kondensatoren



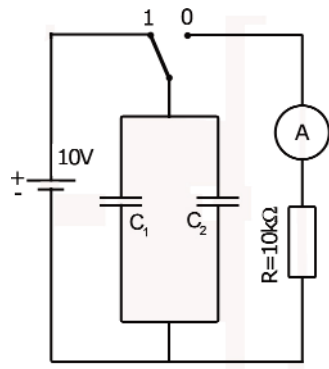
$$C_1 = 2\mu\text{F}, C_2 = 2\mu\text{F}$$

- Kondensatoren aufladen
- Kondensatoren entladen und den Entladestrom messen
- Versuch mit $C = 1\mu\text{F}$ wiederholen

Ergebnis:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Parallelschaltung von Kondensatoren



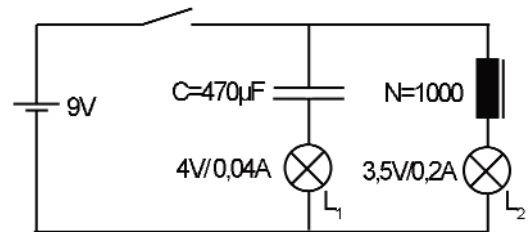
$$C_1 = 2\mu\text{F}, C_2 = 2\mu\text{F}$$

- Kondensatoren aufladen
- Kondensatoren entladen und den Entladestrom messen
- Versuch mit $C = 4\mu\text{F}$ wiederholen

Ergebnis:

$$C = C_1 + C_2$$

Vergleich von Kondensator und Drosselspule im Gleichstromkreis



Einschalten:

L_1 leuchtet sofort auf, L_2 leuchtet erst bei Verlöschen von L_1 auf!

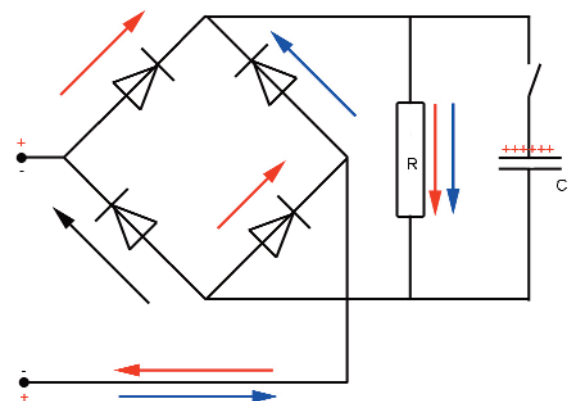
Ausschalten:

Der Kondensator entlädt sich über die Glühlampen und die Spule. L_1 leuchtet auf, L_2 kann nicht aufleuchten, weil der Entladestrom zu klein ist!

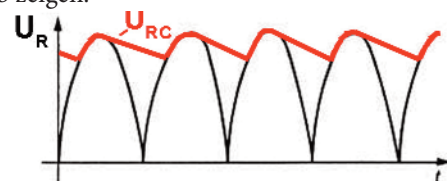
Eigenschaften des Kondensators:

- wirkt im Einschalt Augenblick wie ein Kurzschluss.
- kann elektrische Ladung speichern.
- sperrt den Gleichstrom.
- lädt und entlädt sich nach e-Funktionen.

Der Kondensator glättet den pulsierenden Gleichstrom:



Spannungskurven am Widerstand R mit dem Oszilloskop oder mit Dilab zeigen.



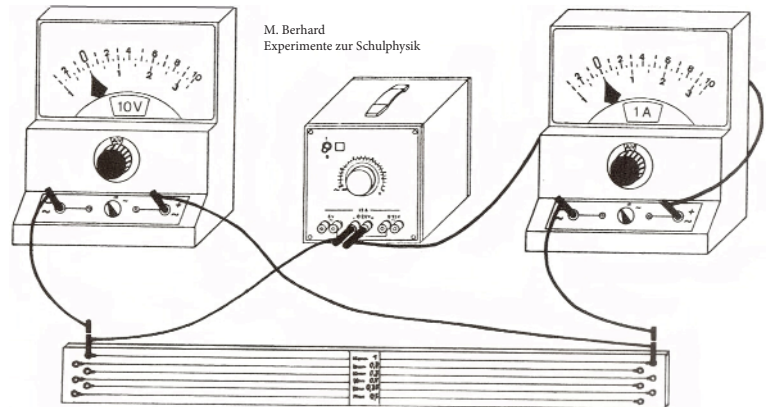
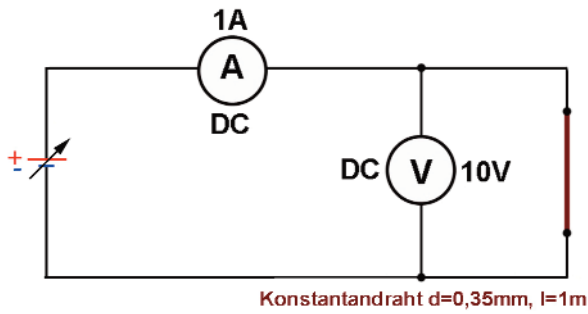
Schülerexperiment:

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_gleichrichterschaltung.pdf

Der Gleichstrom

Das Ohmsche Gesetz:

In einem Stromkreis mit konstantem Widerstand R wird bei variabler Spannung U und die Stromstärke I gemessen.



Konstantan ist eine Legierung, die aus 55% Kupfer und 44% Nickel und 1% Mangan besteht. Sie zeichnet sich durch einen über weite Temperaturbereiche annähernd konstanten spezifischen elektrischen Widerstand aus.

Versuchsdurchführung:

- Spannung in 0,5 V-Schritten von 0 V bis 4 V erhöhen und die zugehörigen Stromstärken notieren.

U	0,5V	1V	1,5V	2V	2,5V	3V	3,5V	4V
I								
U/I=R								

- Durchschnitt der Widerstandswerte bilden!
- Drahtlänge l messen!
- Drahtdurchmesser d messen (Schiebelehre mit Noniusskala verwenden)
- Drahtquerschnitt A berechnen

$$\bar{R} =$$

$$l =$$

$$d =$$

$$A = r^2 \pi =$$

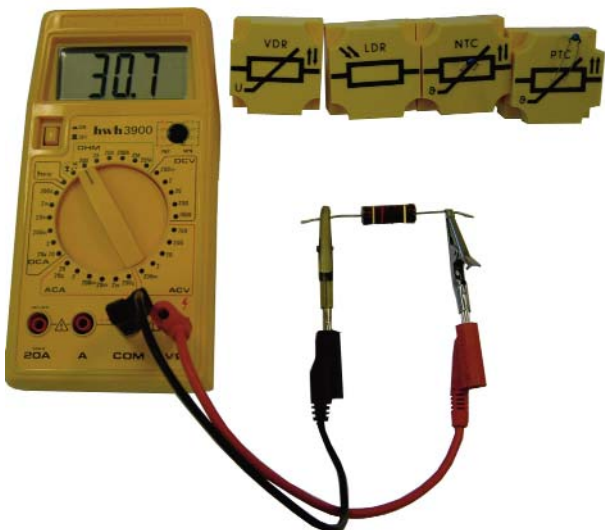
ρ spezifischer elektrischer Widerstand

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

Schülerexperiment: Bestimme den spezifischen elektrischen Widerstand ρ der Drähte!

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_spezifischer_widerstand.pdf

Widerstandsmessungen mit dem Multimeter:

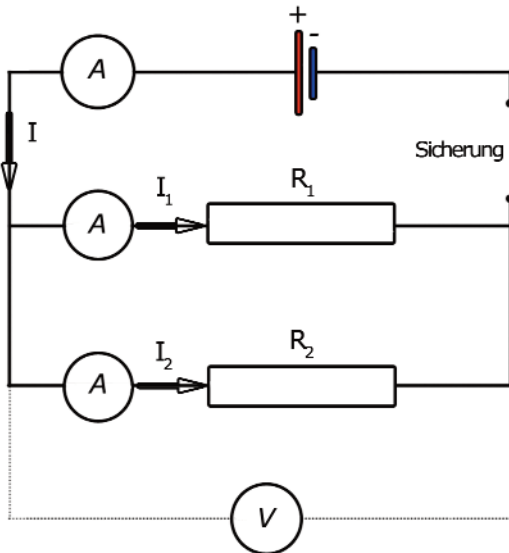


Bestimme den Ohmschen Widerstand der STB-Widerstände LDR, VDR, PTC und NTC!
Prüfe die Abhängigkeiten!

	LDR	VTR	PTC	NTC
R				
R_{belastet}	R nimmt mit Be- strahlung	R nimmt rasch ab, wenn die Grenzspannung überschritten wird (Varistor).	R nimmt bei Er- wärmung	R nimmt bei Er- wärmung

Führe Kurzschlussmessungen durch!

Parallelschaltung von Widerständen:



1) Zeige die Gültigkeit des 1. Kirchhoff'schen Gesetzes!

$$I = I_1 + I_2$$

2) Zeige, dass die Spannung an den Widerständen gleich bleibt!

3) Der Gesamtwiderstand R_g berechnet sich nach der Formel

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

4) Wie kann es zu einer Überlastung kommen?

Haushalt: $I \leq 13A$ (Sicherung)

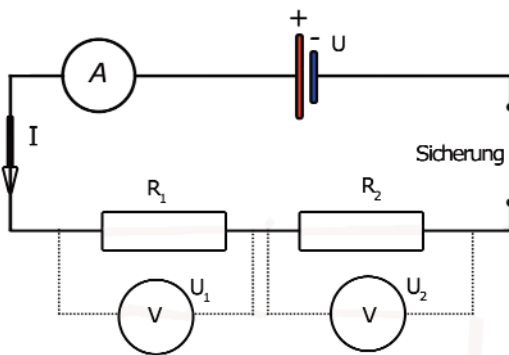
$$P \leq U \cdot I = 13 \cdot 220W = 2860W$$

5) Was versteht man unter einem Kurzschluss?

Schülerversuch:

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_parallelschaltung.pdf

Serienschaltung von Widerständen:



1) Zeige die Gültigkeit des 2. Kirchhoff'schen Gesetzes!

$$U = U_1 + U_2$$

2) Der Gesamtwiderstand R_g berechnet sich nach der Beziehung

$$R_g = R_1 + R_2$$

3) Zeige, dass kein Strom verbraucht wird!

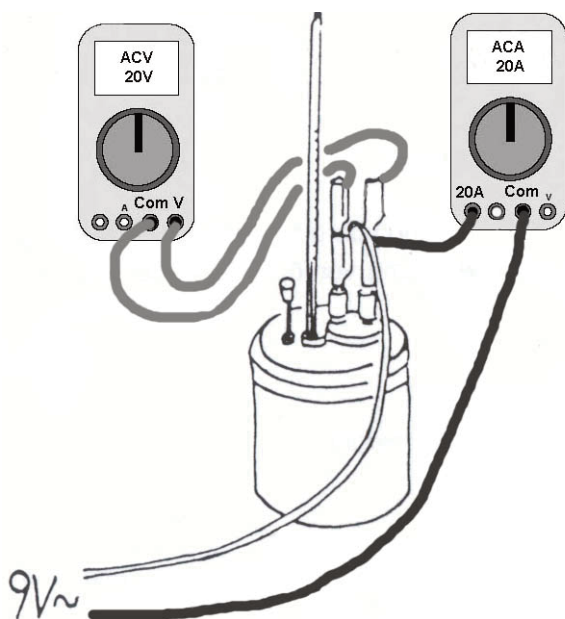
4) Welche Serienschaltungen gibt es im Haushalt?

Schülerexperiment:

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_serienschaltung.pdf

Elektrisches Wärmeäquivalent:

Welche Energie ist erforderlich, um 1 kg Wasser um $1^\circ C$ zu erwärmen.



Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Thermometer, 1 Kalorimeter, 1 Tauchheizer, 1 Messzylinder, 2 Multimeter

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Kalorimeter mit $m=0,1kg$ Wasser füllen.
- Temperatur des Wassers messen. $T_A = \dots^\circ C$
- Spannung des Netzgerätes auf $U \approx 9V$ (Voltmeter) einstellen
- Schaltung fertig stellen und Netzgerät $t=200s$ einschalten. U und I ablesen.

$$U = \dots V, \quad I = \dots A, \quad t = 200s$$

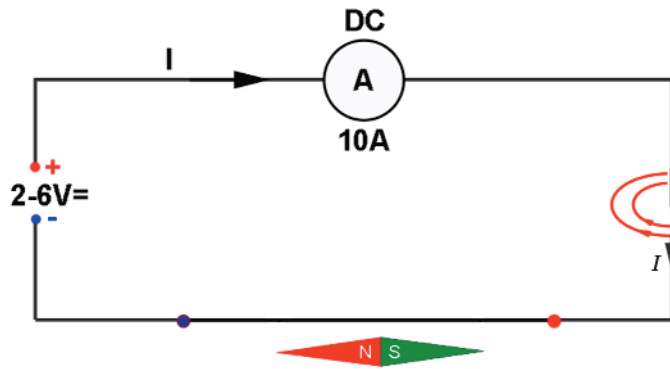
- Wasser umrühren und Wassertemperatur ablesen.

$$T_E = \dots^\circ C$$

- Spezifische Wärme c des Wassers berechnen!

$$U \cdot I \cdot t = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot (T_E - T_A) \Rightarrow c_{H_2O} = \frac{U \cdot I \cdot t}{m_{H_2O} \cdot (T_E - T_A)} = \dots = \frac{J}{kg^\circ C}$$

Versuch von Oersted:



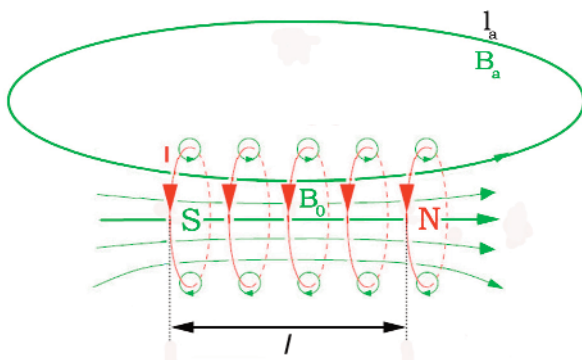
Man betrachtet das Verhalten einer Magnetnadel in der Nähe eines geradlinigen stromdurchflossenen Leiters. Die Ablenkung der Magnetnadel erfolgt nach der „Amperschen Rechte-Hand-Regel“.

Jeder stromdurchflossene Leiter ist von einem ringförmigen Magnetfeld umgeben.

$$\text{magnetische Umlaufspannung } 2r\pi \cdot B = \mu_0 \cdot I \Rightarrow$$

$$\text{Magnetische Flussdichte } B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2r\pi}$$

Das Magnetfeld einer Spule:



Wickelt man den Leiter zu einer Spule, so entsteht ein Magnetfeld ähnlich wie bei einem Stabmagneten. Eine solche Spule besitzt dann auch einen Nord- und Südpol, der von der Stromrichtung bestimmt wird.

$$B_a \approx 0$$

$$\text{Magnetische Umlaufspannung } B_a \cdot l_a + B_0 \cdot l = \mu_0 \cdot NI \Rightarrow$$

$$\text{Magnetische Flussdichte der Spule } B_0 = \frac{\mu_0 \cdot NI}{l}$$

N	Windungszahl der Spule	μ_0	Permeabilität des Vakuums
l	Länge der Spule	μ	Permeabilität des Mediums
I	Stromstärke	B	Magnetfeld mit Eisenkern

Aufgabenstellung: Zeige die Abhängigkeiten des Magnetfeldes mit Hilfe der Magnetfeldsonde!

Warum wird das Magnetfeld der Spule mit Eisenkern stärker?

Bestimme die Permeabilität μ des Mediums durch Magnetfeldmessungen! ($B_0 = \text{ T}$ $B = \text{ T}$ $\mu = B/B_0 = \text{ }$)

Die Lorentzkraft: Jeder stromdurchflossene Leiter erfährt im Magnetfeld einen Bewegungsantrieb.

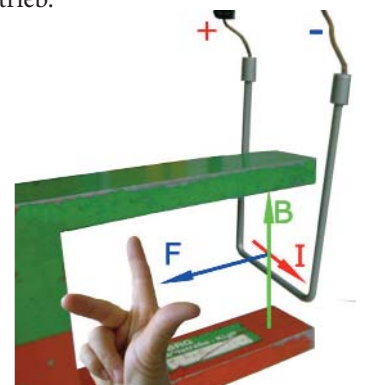
Versuchsdurchführung:

- ▶ Spannung auf ca. 3V einstellen.
- ▶ Netzgerät kurz einschalten (Kurzschlussstrom tritt auf) und die Kraftwirkung auf den Leiter beobachten.
- ▶ Versuche mit der Rechten-Hand-Regel die Kraftrichtung vorherzusagen!

$$\vec{F} = I \vec{s} \times \vec{B} = I \cdot s \cdot B \cdot \sin(\varphi)$$

$$\varphi = 0^\circ \Rightarrow \sin(0) = 0 \Rightarrow F = 0$$

$$\varphi = 90^\circ \Rightarrow \sin(90) = 1 \Rightarrow F = I \cdot s \cdot B$$



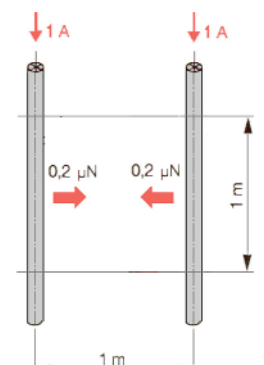
Schülerexperiment: http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_kurzschluss_lorentz.pdf

Amperedefinition:

Die Einheit 1 Ampere ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stromes, der durch zwei im Vakuum parallel im Abstand 1 Meter voneinander angeordnete, geradlinige unendlich lange Leiter von vernachlässigbar kleinem Querschnitt fließend, zwischen diesen Leitern je ein Meter Leiterlänge die Kraft 2×10^{-7} Newton hervorrufen würde.

$$F = I_2 \cdot s \cdot B_1 = I_2 \cdot s \cdot \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1} \Rightarrow F = 2 \cdot 10^{-7} \text{ N}, s = r_1 = 1 \text{ m}, I_1 = I_2 = 1 \text{ A} \Rightarrow \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{N}}{\text{A}^2}$$

Abbildung: http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph07_g8/geschichte/ampere/ampere.htm



Der einfache Gleichstrommotor:

Materialliste:

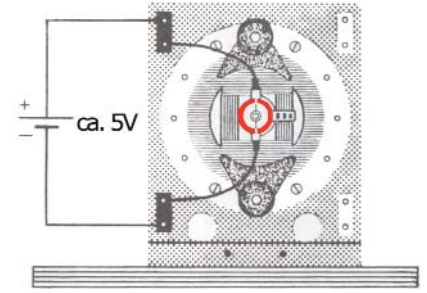
1 Paar Scheibenmagnete, 2 Polschuhe, 1 Zweipolrotor, 2 Kohlebürsten, 1 Netzgerät

Versuchsdurchführung:

Bürsten am Kommutator anschließen.

Netzgerät einschalten und Rotor mit der Hand anwerfen.

Bürstenhalterung so einstellen, dass das Bürstenfeuer minimal wird.



Der selbst anlaufende Gleichstrommotor:

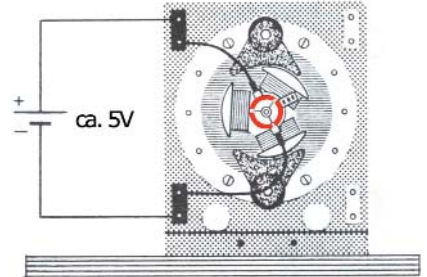
Materialliste: 1 Paar Scheibenmagnete, 2 Polschuhe, 1 Dreipolrotor, 2 Kohlebürsten, 1 Netzgerät

Versuchsdurchführung:

Bürsten am Kommutator anschließen.

Netzgerät einschalten und günstige Bürstenstellung ermitteln.

Trommelanker einbauen und mit höherer Spannung $U=12V$ arbeiten.



Gleich- und Wechselstrommotor (Hauptschlussschaltung):

Materialliste: 2 Polschuhe, 2 Spulen 250Wdg. 1 Trommelanker, 2 Kohlebürsten, 1 Bürstenhalter, 1 Widerstand $11\ \Omega$, 1 Amperemeter, 1 Netzgerät

Versuchsdurchführung:

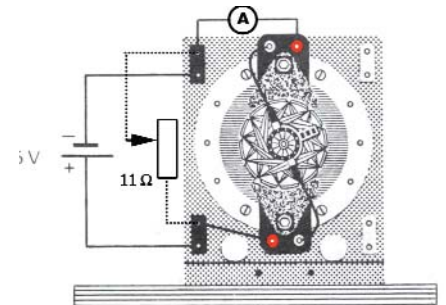
Rotor- und Polfeldspulen seriell schalten, Bürsten am Kommutator anschließen.

Netzgerät einschalten und günstige Bürstenstellung ermitteln.

Spannungsquelle umpolen. Ändert sich die Drehrichtung?

Motor mit Wechselspannung betreiben. Wie kann man die Drehrichtung ändern?

Was bewirkt der $11\ \Omega$ Widerstand parallel zur Statorwicklung?



Nebenschlussmotor:

Materialliste: 2 Polschuhe, 2 Spulen 250Wdg. 1 Trommelanker, 2 Kohlebürsten, 1 Bürstenhalter, 1 Widerstand $11\ \Omega$, 1 Amperemeter, 1 Netzgerät

Versuchsdurchführung:

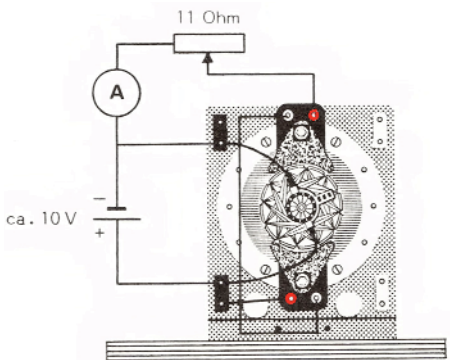
Rotor- und Polfeldspulen (ohne $11\ \Omega$) parallel schalten, Bürsten am Kommutator anschließen.

Netzgerät einschalten und günstige Bürstenstellung ermitteln.

Spannungsquelle umpolen. Ändert sich die Drehrichtung?

Wie kann man die Drehrichtung ändern?

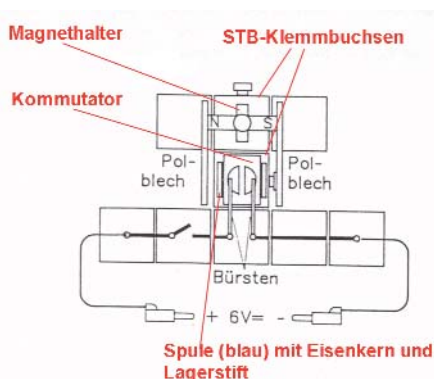
Was bewirkt der $11\ \Omega$ Widerstand in der Statorwicklung?



Schülerübungen:

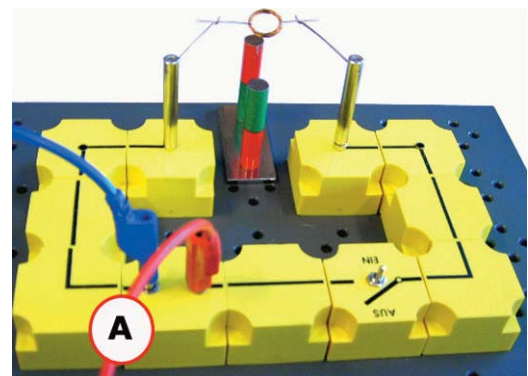
NTL Motor

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_motor_ntl.pdf



Selbstbaumotor

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_motor_draht.pdf



Der einfachste Elektromotor der Welt

Hängt man einen Kugelmagnet und eine Schraube an den Pol einer Batterie und verbindet den anderen Pol leitend mit dem Magneten, so gerät dieser in schnelle Rotation. Weitere Anleitungen findet man unter <http://www.supermagnete.de/elektromotor.php>

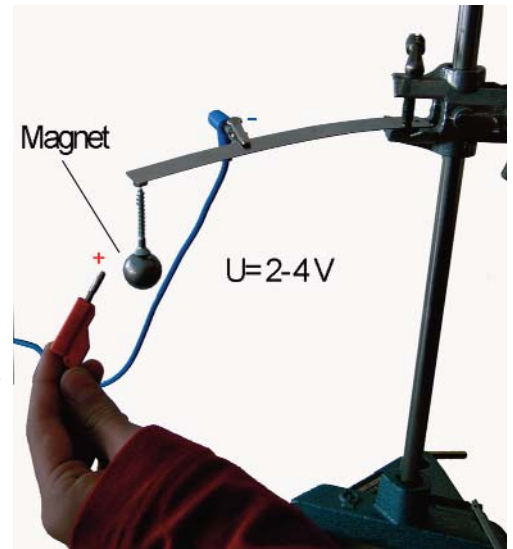
Materialliste: Netzgerät, 1 Metallstab, 1 Krokoklemme, 1 Kugelmagnet, Stativmaterial

Warnung: NdFeB sind viel stärker als „gewöhnliche“ Magnete. Halte daher einen guten Sicherheitsabstand zu allen Geräten und Gegenständen ein, die durch das Magnetfeld beschädigt werden können. Dazu gehören unter anderem Fernseher und Computer-Monitore, Kreditkarten und EC-Karten, Computer, Disketten, Video-Tapes, mechanische Uhren, Hörgeräte und Lautsprecher. Auch Herzschrittmacher können durch einen größeren Magneten gestört werden.

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung.

Durchführung:

- Man kann zwischen Spitze der Schraube und Stab einen kleinen Magneten geben. (Erhöhung der Haftkraft)
- Keine zu großen Kurzschlussströme fließen lassen, bei $U=2-4V$ beginnt sich der Magnet rasch zu drehen. „Besonders eindrucksvoll und auch im Unterricht aus den hinteren Reihen sichtbar ist die Rotation, wenn ein Papierwindrad mit einem kleinen Magneten unter den Magneten geheftet wird. Fertig ist der Ventilator!“



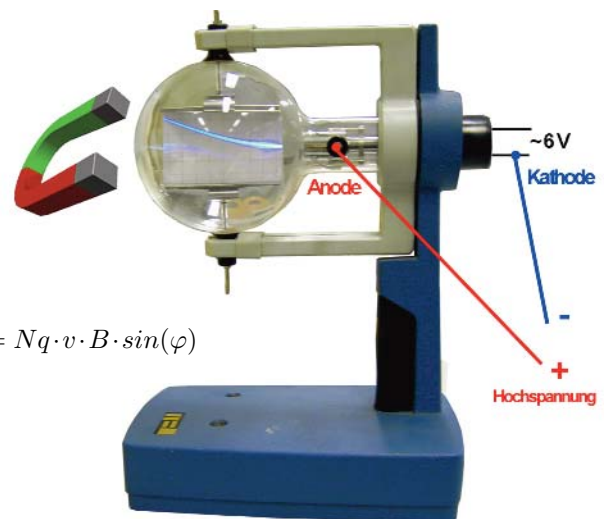
weitere Experimente: Der Selbstbaumotor (http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_motor_magnet.pdf)

Elektrolehrmaschinen (http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_motor_lehrmaschinen.pdf)

Lorentzkraft auf bewegte Ladungen:

In der Braunschen Röhre sind die elektrisch geladenen Teilchen Elektronen. Diese werden durch den glühelektrischen Effekt aus einem Glühdraht herausgelöst. Dieser Glühdraht dient gleichzeitig als Kathode. Legt man zwischen dieser und einer Anode eine Beschleunigungsspannung an, können die Elektronen beschleunigt werden und treffen als Elektronenstrahl den Leuchtschirm.

Die Elektronen können mit einem Magnetfeld abgelenkt werden.



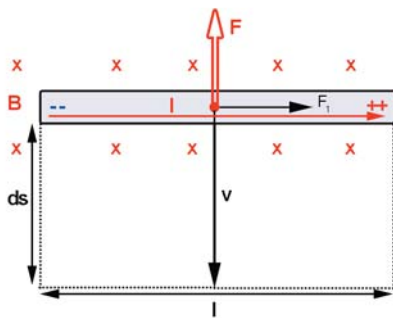
$$\vec{F} = I \vec{s} \times \vec{B} = I \cdot s \cdot B \cdot \sin(\varphi) = \frac{Nq}{t} \cdot s \cdot B \cdot \sin(\varphi) = Nq \cdot \frac{s}{t} \cdot B \cdot \sin(\varphi) = Nq \cdot v \cdot B \cdot \sin(\varphi)$$

$$\text{Kraft auf eine Ladung: } \vec{F} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin(\varphi) = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Spezialfälle:	$\varphi=0^\circ$	$\rightarrow$	$\sin(0)=0$	$\rightarrow$	$F=0$
	$\varphi=90^\circ$	$\rightarrow$	$\sin(90)=1$	$\rightarrow$	$F=qvB$
	$0<\varphi<90^\circ$	$\rightarrow$	Spiralbahn		

Anwendungen und Beispiele: Zyklotron, Massenspektrograph, Magnetfeld der Erde

Induktion:

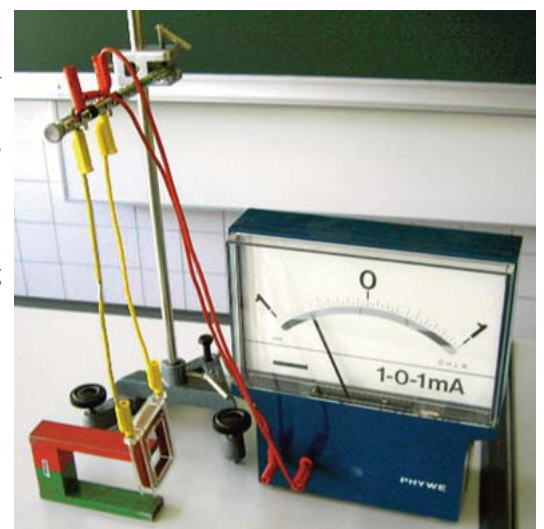


Ein geradliniger Leiter der Länge l bewegt sich mit der Geschwindigkeit v senkrecht zum Magnetfeld B . Die Lorentzkraft F_1 erzeugt ein elektrisches Feld E und damit eine Spannung U_i . Der fließende Induktionsstrom I erfährt im Magnetfeld eine Kraftwirkung F , die der Bewegungsrichtung entgegengesetzt ist (Lenzsche Regel).

$$U_i = E \cdot l = \frac{F_1}{q} \cdot l = \frac{qvB}{q} \cdot l = q \cdot v \cdot B$$

$$U_i = v \cdot B \cdot l = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{d\phi}{dA} \cdot l = \frac{ds}{dt} \cdot \frac{d\phi}{ds \cdot l} \cdot l = \frac{d\phi}{dt}$$

$$U_i = -\frac{d\phi}{dt} \quad (\text{Lenzsche Regel: } -)$$

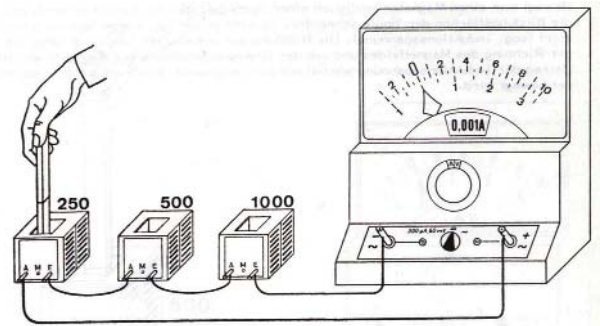


Induktionsspannung und Windungszahl

Materialliste: 1 Stabmagnet, 1 Spule N=250Wdg., 1 Spule N=500 Wdg.,
1 Spule N=1000Wdg., 1 Demonstrationsmessgerät

Versuchsdurchführung:

Stabmagnet unter Beobachtung des Drehspulmessgerätes mit gleicher Geschwindigkeit in jede Spule hinein schieben und wieder herausziehen.

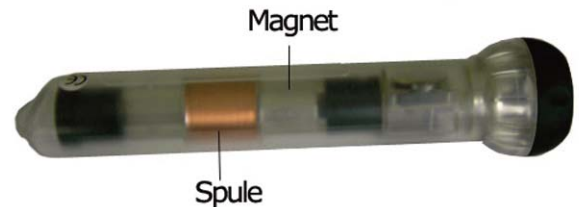


Induktionslampe:

Materialliste: 1 Induktionslampe

Versuchsdurchführung:

Lampe einschalten und Magnet durch Schütteln bewegen



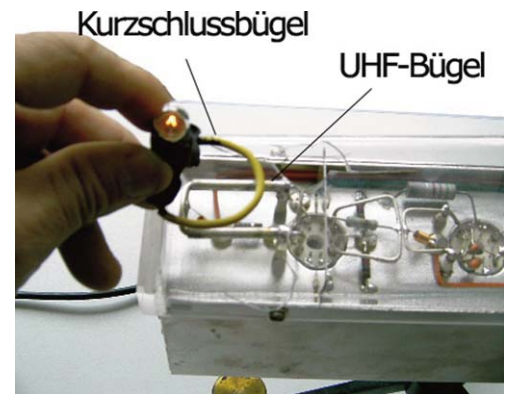
Induktion im Kurzschlussbügel

Materialliste: 1 Kurzschlussbügel mit Glühlämpchen, 1 UHF- Oszillator,
1 Netzgerät für Röhrenversuche

Versuchsdurchführung:

Kurzschlussbügel mit Lämpchen auf den UHF Oszillator legen.

Warum leuchtet das Glühlämpchen? $(U_{\text{ind}} = U_s \cdot \sin(\omega t) = BAN\omega \cdot \sin(\omega t))$



Innenpolmaschine (Fahraddynamo):

Materialliste: 1 Fahrraddynamo zerlegt (1 Spule und ein Magnet), 1 Voltmeter,
2 Krokoklemmen

Versuchsdurchführung:

Magnet mit Handkurbel oder Akku-Bohrmaschine drehen.

Die Spannung mit Voltmeter messen.

Die Spannungsmessung kann auch mit dem Oszilloskop bzw. dem Computer (Dilab) erfolgen.



Waltenhof'sches Pendel:

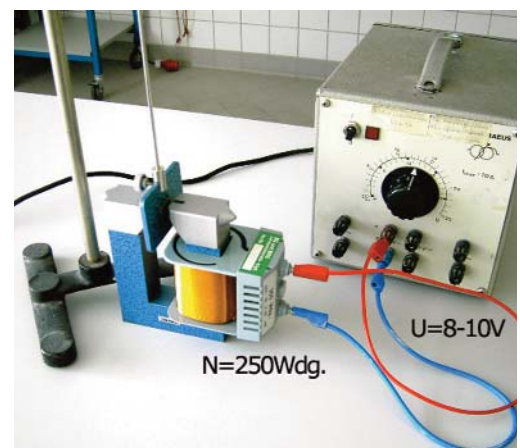
Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Spule N1=250Wdg., 1 U-Trafo-kern, 2 Polschuhe,
1 Pendel mit einer Klemm-vorrichtung für die Metallscheibe,
1 drehbare Metallscheibe, 1 Stativ, 1 Gewichtstück 50g,
Stativmaterial, 1 Faden

Versuchsdurchführung:

Pendel durch die Polschuhe schwingen lassen und den Stromkreis schließen. Das Pendel wird gebremst.

Versuch mit dem kammförmigen Körper wiederholen.

Die Bremswirkung ist wesentlich geringer.



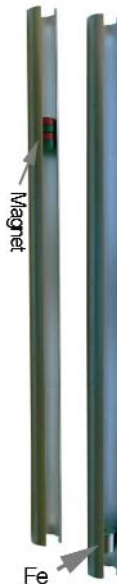


Wirbelstrombremse (kontaktloses Bremsen)

Fallröhre:

Materialliste:
1 Fallröhre vorne offen,
1 Fallkörper (zylindrischer Magnet),
1 Fallkörper (Metallzylinder)

Versuchsdurchführung:
Magnet fallen lassen.
Eisenstück fallen lassen.



Lenz'scher Ringversuch:

Materialliste:

1 Spule N=500 Wdg., 1 Ein-Ausschalter,
2 Stk. Joch, 1 U-Kern, 1 Alu-Ring

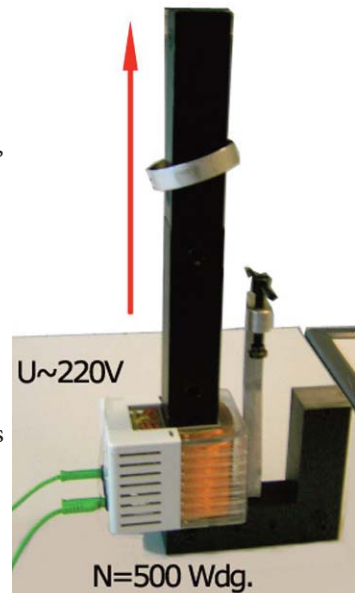
Versuchsdurchführung:

Spule an U~220V anschließen.
Schalter schließen!

Ring schweben lassen,
Ring nach unten drücken.

(Vorsicht!!!)

Starke Erwärmung des Ringes
tritt auf!)



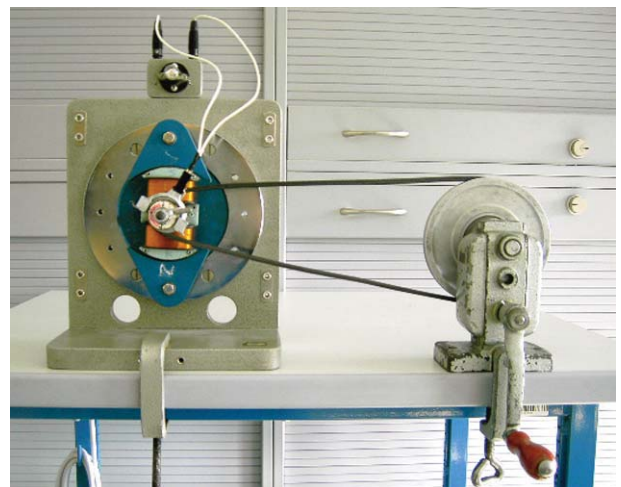
Wechselstromgenerator

Materialliste: 2 Magnete, 2 Magnetpolschuhe, 1 Zweipolrotor, 2 Bürsten,
1 Bürstenhalter, 1 Keilriemen, 1 Schraubenfassung E10,
1 Handantriebsmaschine

Versuchsdurchführung:

Die Kohlebürsten am Kollektor anschließen und mit der Glühlampe
U=6V verbinden. Die Kurbel gleichmäßig drehen.
Spannung mit Voltmeter messen.

$$U(t) = U_s \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad \text{Wechselspannungssignal}$$



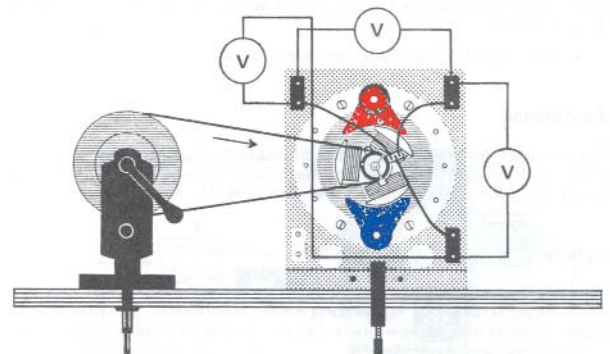
Drehstromgenerator (Aussenpol):

Materialliste: 3 Bürsten, 1 Paar Scheibenmagnete, 2 Polschuhe,
1 Dreipolrotor, 1 Keilriemen, 1 Handkurbel, 3 Voltmeter,
1 Tischklemme

Versuchsdurchführung:

Voltmeter auf U~3V einstellen

Zeige, dass die Spannungen gleich aber phasenverschoben sind.



Drehstromgenerator - Sternschaltung:

Materialliste: 3 Spulen N=250 Wdg., 3 Spulen-Polschuhe, 1 Zweipolrotor,
2 Kohlebürsten, 3 Schraubfassungen E10, 3 Glühlämpchen
U=6V, 1 Handantriebsmaschine, 1 Keilriemen, 1 Tischklemme

Versuchsdurchführung:

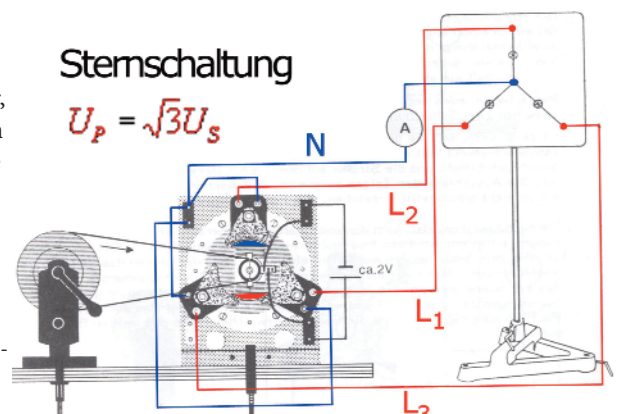
Rotor gleichmäßig drehen.

Die Spannung zwischen N und L mit Voltmeter messen.

Die Spannung zwischen den Phasenleitern messen.

Die drei Phasen mit 3 gleichen Widerständen belasten und die Stromstärke im Nullleiter messen.

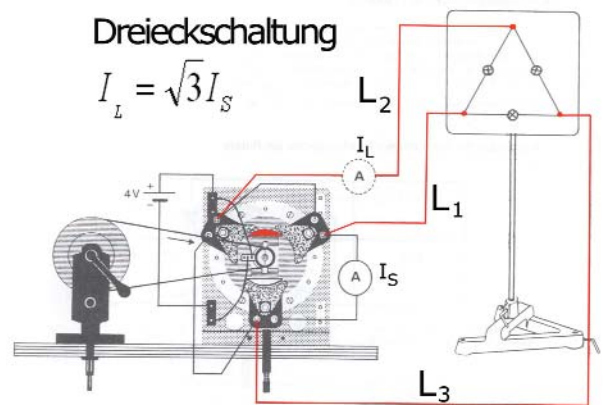
Was geschieht, wenn man einen Phasenleiter aussteckt?



Drehstromgenerator - Dreieckschaltung:

Materialliste: 3 Spulen $N=250\text{Wdg.}$, 3 Spulen-Polschuhe, 1 Zweipolrotor,
2 Kohlebürsten, 3 Schraubfassungen E10,
3 Glühlämpchen $U=6\text{V}$, 1 Handantriebsmaschine,
1 Keilriemen, 1 Tischklemme

Versuchsdurchführung:
Rotor gleichmäßig drehen.
Die Stromstärken I_S und I_L messen.

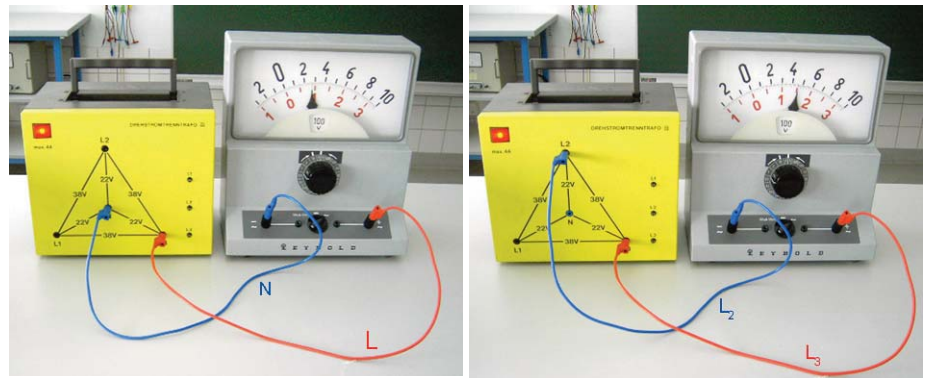


Drehstromtrenntrafoversuche

Materialliste:
1 Drehstromtrenntrafo, 1 Voltmeter

Versuchsdurchführung:
Die Spannung zwischen N und L bzw. zwischen den Phasenleitern messen.

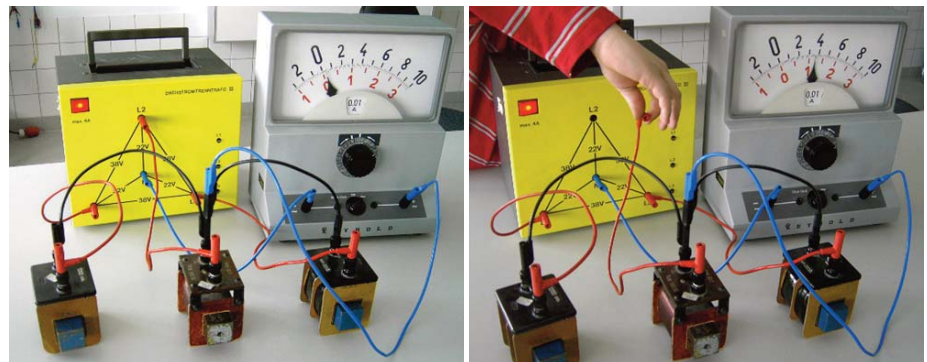
$$U_{1,2} = \sqrt{3} \cdot U_{LN}$$



Sternschaltung

Materialliste:
1 Drehstromtrenntrafo, 1 Amperemeter, 3 Spulen $N=12000\text{Wdg.}$ (oder andere Verbraucher)

Versuchsdurchführung:
Sternschaltung mit 3 gleichen Widerständen (Spulen 12000Wdg.) aufbauen.
Die Stromstärke im Nullleiter messen.
1 bzw. 2 Phasenleiter öffnen und das Amperemeter beobachten.



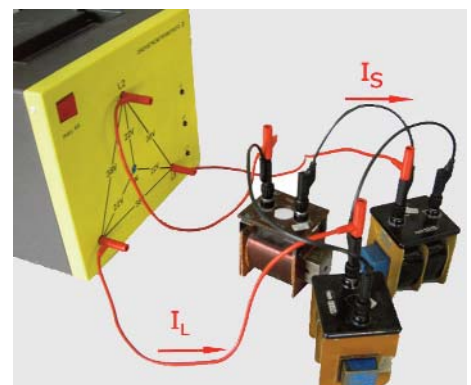
Bei gleichmäßiger Belastung der drei Phasen ist die Stromstärke im Nullleiter minimal!

Dreieckschaltung:

Materialliste: 1 Drehstromtrenntrafo, 1 Amperemeter, 3 Spulen $N=12000\text{Wdg.}$

Versuchsdurchführung:
Dreieckschaltung mit 3 gleichen Widerständen (Spulen 12000Wdg.) aufbauen.
Die Stromstärke I_P in einem Phasenleiter messen.
Den Spulenstrom I_S messen.

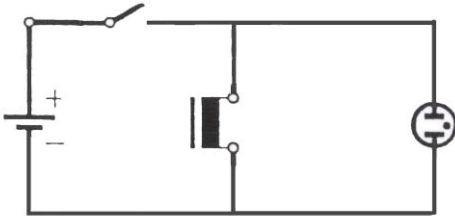
$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_S$$



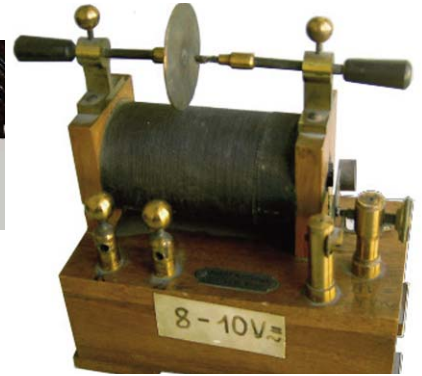
Selbstinduktion:

Materialliste:

1 Spule mit Eisenkern $N=1000$ Wdg.,
1 Netzgerät,
1 Glimmlampe
 $U=80V$



Anwendungen: Zündspule, Funkeninduktor, Weidezaun, Defibrillator ...



Versuchsdurchführung:

Spule ohne Eisenkern, Schalter öffnen und schließen, Glimmlampe beobachten.

Spule mit Eisenkern, Schalter öffnen und schließen, Glimmlampe beobachten.

$$\phi = B_{\text{Spule}} \cdot A = \frac{\mu\mu_0 NI}{l} A \Rightarrow U_{\text{ind}} = -N \frac{d\phi}{dt} = -\frac{\mu\mu_0 N^2 A}{l} \cdot \frac{dI}{dt} = -L \frac{dI}{dt} \Rightarrow$$
$$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 A}{l} \quad \text{Induktivität der Spule}$$

Schülerübungen:

Lenzsche Regel

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_lenzsche_regel.pdf

Induktion bei Gleichstrom

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_induktion_gleichstrom.pdf

Selbstinduktion

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_selbstinduktion_schueler.pdf

Glimmlampe im Gleichstromkreis:

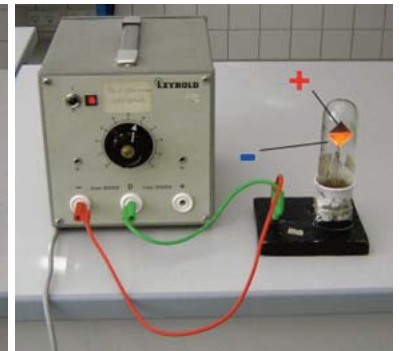
Materialliste:

1 Hochspannungsnetzgerät, 1 Dreiecksglimmlampe

Versuchsdurchführung:

Spannung auf ca. 100V einstellen.

Polung am Netzgerät ändern und Glimmlampe beobachten.



Glimmlampe im Wechselstromkreis:

Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Dreiecksglimmlampe, 1 Drehspiegel, Stativmaterial,

Versuchsdurchführung:

Dreiecksglimmlampe direkt an $U \sim 230V$ anschließen.

Drehspiegel mit der Hand drehen und das Bild der Glimmlampe im Drehspiegel beobachten.



Nachweis: Phasenleiter , Nullleiter

Wie findet man den Phasenleiter?

Materialliste: 1 Phasenprüfer , Starkstromkupplung, Voltmeter

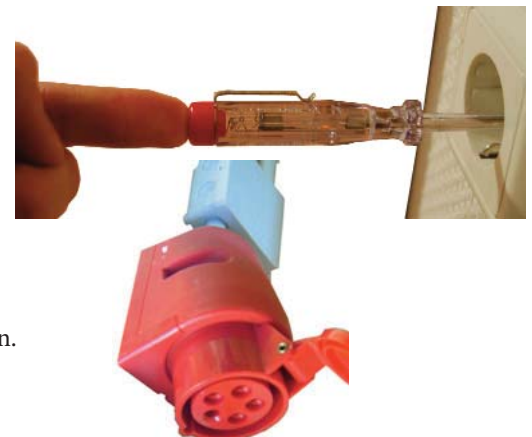
Versuchsdurchführung:

Mit dem Phasenprüfer den Phasenleiter der Steckdose bestimmen.

Mit dem Phasenprüfer die Phasenleiter einer Starkstromkupplung nachweisen.

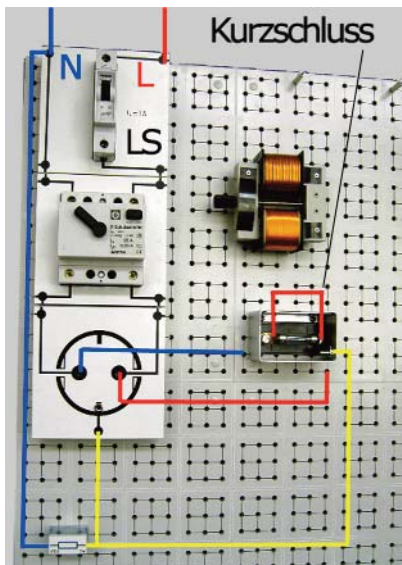
Wie findet man den Nullleiter?

Wie findet man die Phasenleiter ohne Phasenprüfer?

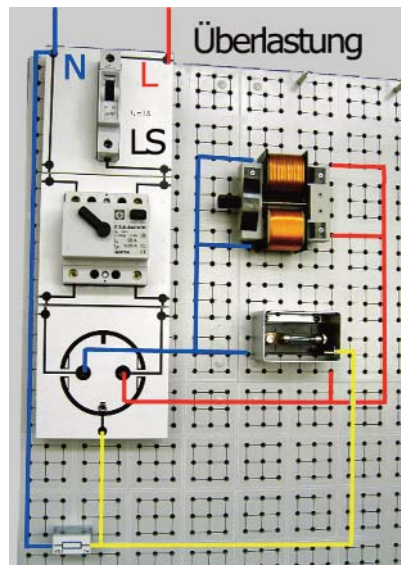


Sicherheit im Haushalt

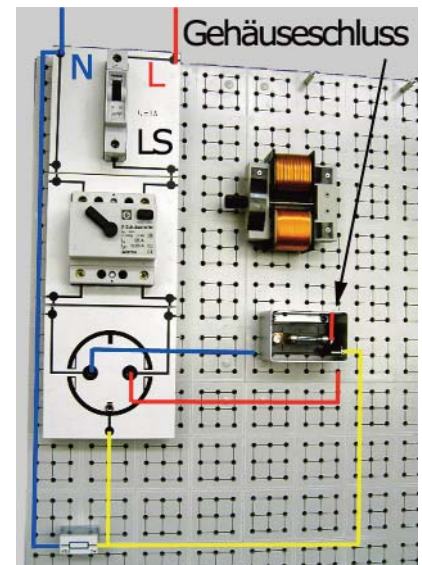
Materialliste: 1 Leistungsschutzschalter LS, 1 Fehlerstromschutzschalter FI, 1 Steckdosenmodell, 1 Lampe 24V, 1 metallisches Gehäuse, 1 Modellmensch, 1 Widerstand 470Ω, 1 Spule 50 Windungen, 1 Spule 500 Windungen



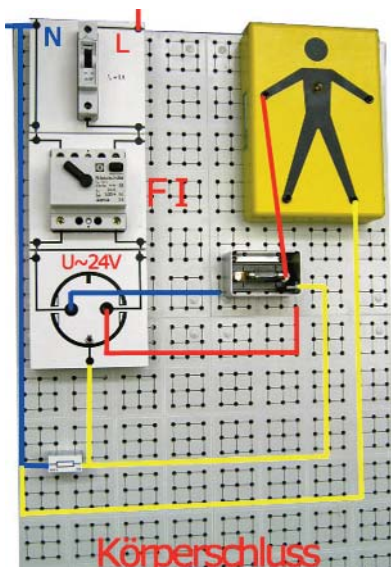
Kurzschluss:
Phasenleiter und Nullleiter berühren sich.
Der Leistungsschutzschalter LS springt an.



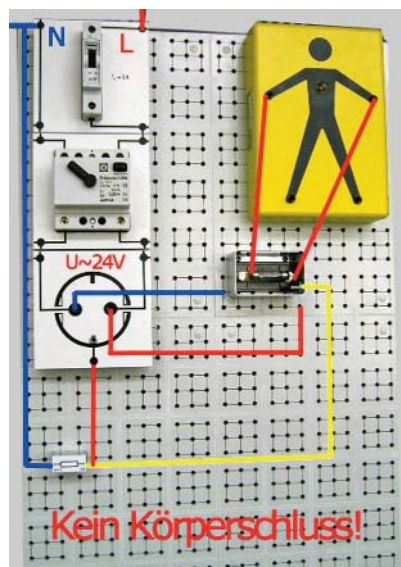
Überlastung:
Spulen (Verbraucher) nacheinander parallel schalten. Der LS springt an.



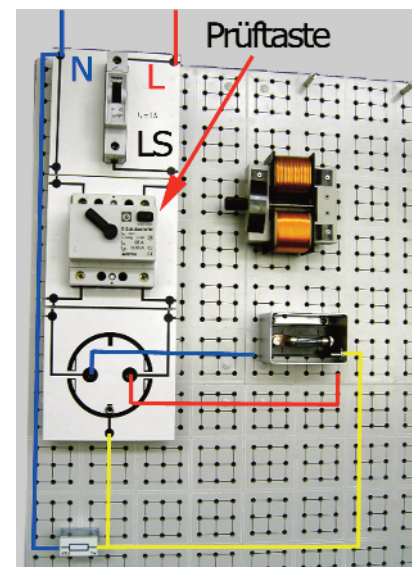
Gehäuseschluss:
Das Phasenleiter berührt das Gehäuse.
Der FI öffnet den Stromkreis.



Körperschluss:
Der Modellmensch ist geerdet und er berührt den Phasenleiter.
Der FI-Schalter springt an!



Kein Körperschluss:
Der Modellmensch ist nicht geerdet und er berührt Phasenleiter und Nullleiter.
Weder der LS noch der FI springt an!!

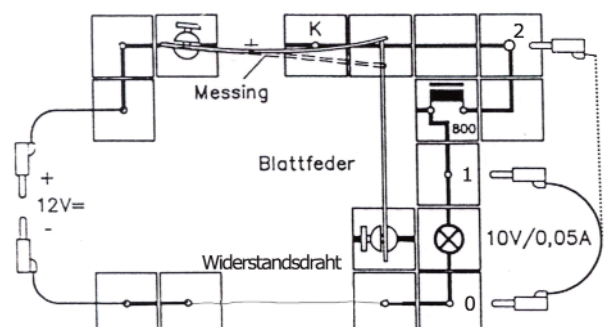


Prüftaste drücken:
Es wird ein Fehlerstrom erzeugt, der den FI-Schalter aktiviert!

Schülerexperiment:

Magnetsicherung, Schmelzsicherung
http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_magnetsicherung.pdf

Die Wirkungsweise einer Magnet- bzw. einer Schmelzsicherung soll gezeigt werden.

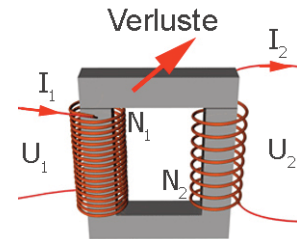


Transformatorversuche

Trafogleichung: $U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2 + \text{Verluste}$

Idealfall: $\text{Verluste} = 0, \varphi_1 = \varphi_2 \Rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



Hochspannungstrafo:

Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Spule $N_1=500$ Wdg., 1 Spule $N_2=23000$ Wdg.,
1 U-Trafokern, 1 Joch, 2 Tonnenfüße, 2 Isolierstative,
2 Hörnerelektroden

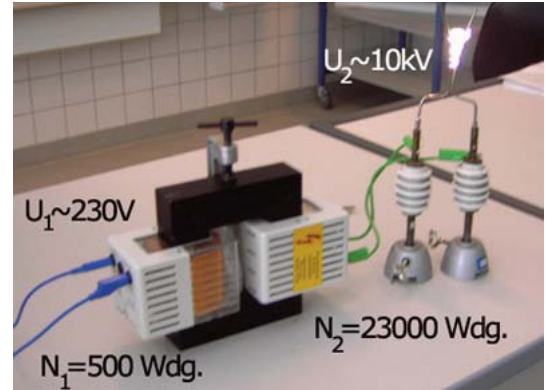
Versuchsdurchführung:

Hörner im Abstand von 0,5cm bis 1 cm voneinander positionieren.

Kurze Kabel auf der Sekundärseite verwenden.

Kurz einschalten, eine Bogenentladung steigt zwischen den Hörnern hoch.

Vorsicht Lebensgefahr!



Niederspannungstrafo:

Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Spule $N_1=500$ Wdg., 1 Spule $N_2=5$ Wdg., 1 U-Trafokern, 1 Joch, 1 Nagel

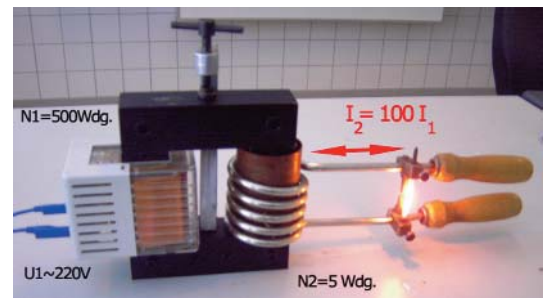
Versuchsdurchführung:

Nagel mit Schrauben festklemmen, Tisch schützen, Stromkreis schließen.

Nach einigen Sekunden glüht der Nagel wegen der großen Stromstärken.

$$U_2 = \frac{U_1}{N_1} \cdot N_2 = \frac{230}{500} \cdot 5 = 2,3V$$

$$I_2 = \frac{I_1}{N_2} \cdot N_1 = \frac{500}{5} \cdot I_1 = 100 \cdot I_1$$



Niederspannungstrafo (Induktionsheizen):

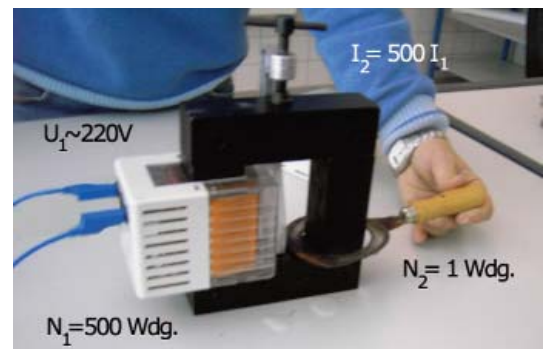
Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Spule $N_1=500$ Wdg., 1 Spule $N_2=1$ Wdg. (Schmelzrinne), 1 U-Trafokern, 1 Joch

Versuchsdurchführung:

Schmelzrinne mit Wasser füllen, einschalten und warten bis das Wasser siedet.

$$U_2 = \frac{U_1}{N_1} \cdot N_2 = \frac{230}{500} \cdot 1 = 0,46V$$

$$I_2 = \frac{I_1}{N_2} \cdot N_1 = \frac{500}{1} \cdot I_1 = 500 \cdot I_1$$



Niederspannungstrafo (Induktionsschweißen):

Materialliste: 1 Ausschalter, 1 Spule $N_1=500$ Wdg., 1 Spule $N_2=5$ Wdg.,
1 U-Trafokern, 1 Joch, 2 Blechstreifen

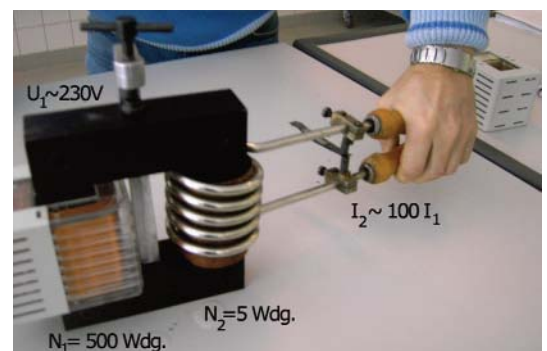
Versuchsdurchführung:

Blechstreifen festklemmen, einschalten.

Nach einigen Sekunden verschmelzen die Elektronenwolken der Blechstreifen

$$U_2 = \frac{U_1}{N_1} \cdot N_2 = \frac{230}{500} \cdot 5 = 2,3V$$

$$I_2 = \frac{I_1}{N_2} \cdot N_1 = \frac{500}{5} \cdot I_1 = 100 \cdot I_1$$



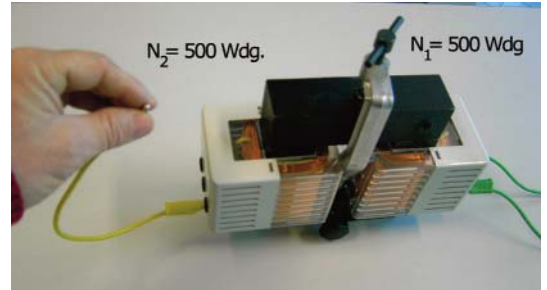
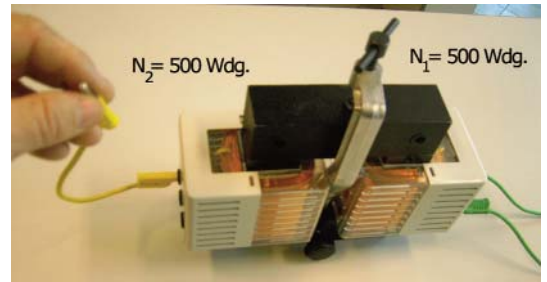
Rasiersteckdose:

Materialliste: 1 Ausschalter, 2 Spulen $N_1=500$ Wdg, 1 U-Trafo-kern, 1 Joch

Versuchsdurchführung:

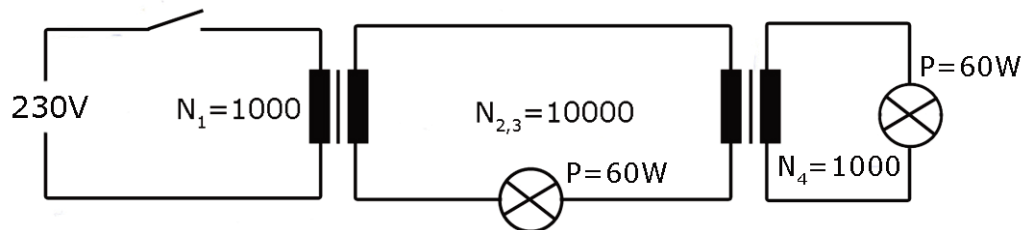
Primärspannung $U_1 \sim 220V$

Zeige, dass kein Pol der Sekundärspule Spannung gegenüber der Erde aufweist.



Energieübertragung

Materialliste: 1 Ausschalter, 2 Spulen $N=1000$ Wdg, 2 Spulen $N_1=10000$ Wdg.,
2-Trafokerne, 2 Glühlampen $P=60W$,



Versuchsdurchführung:

$U \sim 230V$ Netzspannung verwenden. Schalter schließen.

An der Glühlampe im Hochspannungskreis kann man mit einem Voltmeter den Spannungsabfall messen.

Vorsicht: Lebensgefahr!

$$\text{relativer Übertragungsverlust } P_V = \frac{\text{Verlustleistung}}{\text{Leistung des Kraftwerks}} = \frac{U \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{U \cdot I}$$

$$P_V = \frac{U \cdot I \cdot \frac{R}{Z}}{U \cdot I} = \frac{I^2 \cdot R}{U \cdot I} = \frac{I \cdot R}{U} = \frac{U \cdot I \cdot R}{U^2} = \frac{P \cdot R}{U^2}$$

$$\text{Beispiel : } R = 30\Omega, P = 100MW, U = 110kV \Rightarrow P_V = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 30}{(110 \cdot 10^3)^2} = 0,25 = 25\%$$

$$\text{Beispiel : } R = 30\Omega, P = 100MW, U = 380kV \Rightarrow P_V = \frac{100 \cdot 10^6 \cdot 30}{(380 \cdot 10^3)^2} = 0,02 = 2\%$$

Schülerexperimente:

Der unbelastete bzw. belastete Transformator
Die Transformatorgleichung

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_transformator1.pdf

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_transformator_gleichung.pdf

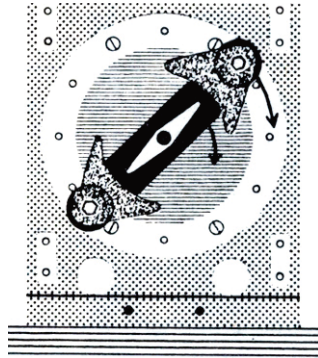
Drehstrommotoren

Synchronmotor:

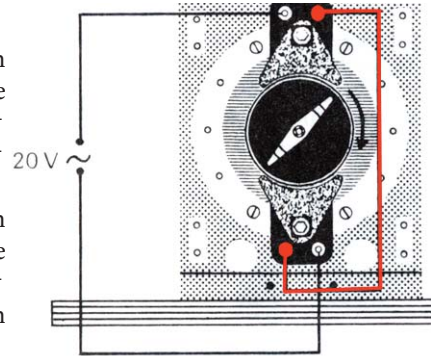
Materialliste: 1 Paar Scheibenmagnete, 2 Polschuhe, 1 Drehfeldflasche mit Lager, 1 Magnetnadel mit Lager, 2 Spulen mit $N=250$

Versuchsdurchführung:

Die Lasche mit der Hand in Rotation versetzen.
Die Magnetnadel läuft synchron mit.



Die Magnetnadel wird im Uhrzeigersinn in rasche Rotation versetzt und danach wird die Wechselspannung angelegt. Erfolgt das Anwerfen schnell genug, so läuft die Magnetnadel beim langsamer werden synchron mit dem Polwechsel.

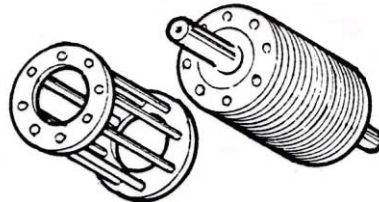


Modell eines Asynchronmotors:

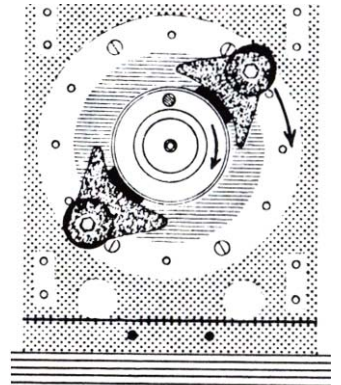
Materialliste: 2 Polschuhe, 1 Paar Scheibenmagnete, 1 Drehfeldflasche mit Lager, 1 Kurzschlussrotor

Versuchsdurchführung:

Lasche drehen, der Kurzschlussläufer folgt dem Drehfeld mit geringerer Drehzahl - asynchron bzw. mit einem Schlupf - nach.



Aufbau des Kurzschlussläufers



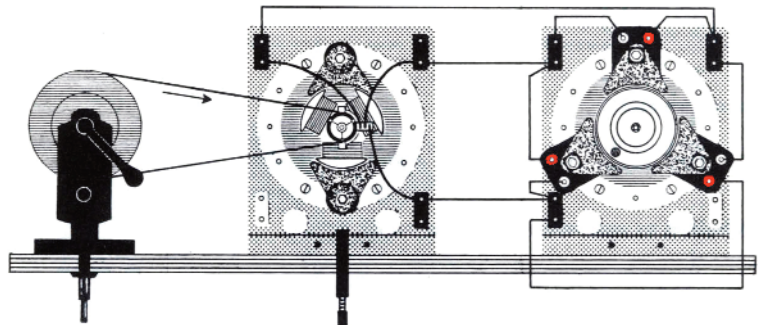
Asynchronmotor: Dreieckschaltung

Materialliste: 1 Paar Scheibenmagnete, 5 Polschuhe, 1 Dreipolrotor, 1 Kurzschlussrotor, 3 Spulen $N=250$ Wdg., 2 Kohlebürsten, 1 Magnetnadel mit Lager

Versuchsdurchführung:

Der erzeugte Drehstrom wird einem Drehstrommotor in Dreieckschaltung zugeführt.
Der Kurzschlussläufer folgt dem Drehfeld langsam und erreicht nach kurzer Zeit eine konstante, maximale Drehfrequenz.

2 Phasen vertauschen.

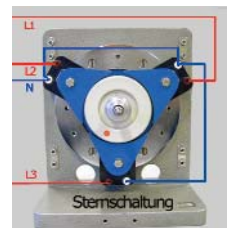
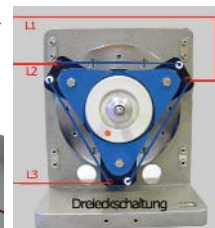


Drehstrommotor : Sternschaltung, Dreieckschaltung

Materialliste: 3 Polschuhe, 1 Kurzschlussrotor, 3 Spulen $N=250$ Wdg., 1 Drehstromtrenntrafo mit 3 Spulen $N=1000$ Wdg.

Versuchsdurchführung:

Die Stromstärken in den Phasenleitern mit gleichen Widerständen (3 Spulen $N=1000$) begrenzen.
Motoren in Stern- bzw. Dreieckschaltung betreiben.
Spannungen und Stromstärken messen.
Phasen vertauschen.



Drehstrommotor mit Netzspannung - Sternschaltung

Materialliste: 3 Spulen $N=12000$ Wdg., 3 Eisenkerne, Polschuhe, 1 Kurzschlussläufer, 1 Starkstromsteckdose

Versuchsdurchführung:

- Spulen im Winkel 120° zueinander aufstellen. Vorsicht beim Aufbau Schaltung!
- Stromkreise schließen.
- Stromstärke im Phasenleiter und Nullleiter messen.

Wie kann der Drehsinn des Rotors umgekehrt werden?



Drehstrommotor mit Netzspannung - Dreieckschaltung

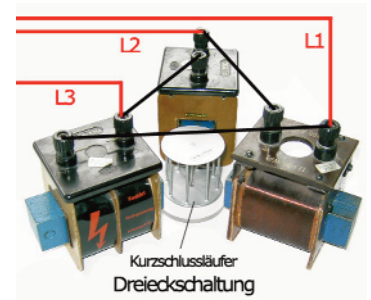
Materialliste: 3 Spulen $N=12000$ Wdg., 3 Eisenkerne, Polschuhe, 1 Kurzschlussläufer, 1 Starkstromsteckdose

Versuchsdurchführung:

- Spulen im Winkel 120° zueinander aufstellen. Vorsicht beim Aufbau der Dreieckschaltung!
- Stromkreise schließen.

Welche Schaltung dreht den Rotor schneller?

Wie kann der Drehsinn des Rotors umgekehrt werden?



Der Wechselstromzähler

hat eine ähnliche Wirkungsweise wie ein Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer. Im Luftspalt zwischen den Polen zweier Magnetsysteme ist eine Aluminiumscheibe drehbar gelagert. Durch das untere Magnetsystem fließt der zu messende Strom, am oberen Magnetsystem liegt die zu messende Spannung an. Es entsteht ein magnetisches Wanderfeld, das in der Aluminiumscheibe Wirbelströme hervorruft.



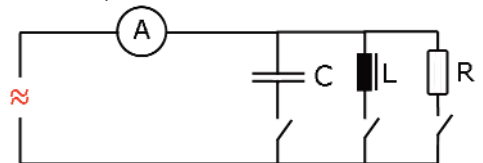
Wechselstromwiderstände

Prüfe die Frequenzabhängigkeit der Widerstände R , R_L und R_C !

Materialliste: 1 Tonfrequenzgenerator, Kondensator $C=100\mu F$, 1 Spule $N=1000$ mit Eisenkern, 1 Ohmscher Widerstand $R=10k\Omega$

Versuchsdurchführung:

- Zeige die R ist Frequenzunabhängigkeit von R !
- Zeige, dass der kapazitive Widerstand mit Zunahme der Frequenz sinkt!
- Zeige, dass der induktive Widerstand mit Zunahme der Frequenz steigt!



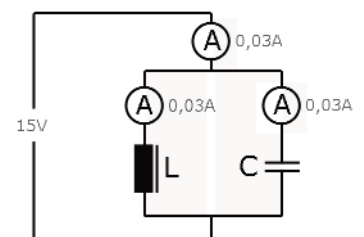
Stromresonanz (Sperrkreis)

Im Resonanzfall ($R_C=R_L$) erreicht der Gesamtstrom bei stärksten Teilströmen sein Minimum

Materialliste: 1 Netzgerät, 3 Amperemeter, 1 Spule $N=1000$ mit Eisenkern, 1 Kondensator $C=5\mu F$

Versuchsdurchführung:

- Resonanz durch Abziehen des Joches einstellen. Die Stromstärke in der Zuleitung wird minimal!



$$\text{Resonanz } R_C = R_L \Rightarrow \omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C} \Rightarrow 2\pi f \cdot L = \frac{1}{2\pi f \cdot C} \Rightarrow$$

$$\text{Ströme der Frequenz } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ werden gesperrt!}$$

Spannungsresonanz (Serienresonanz)

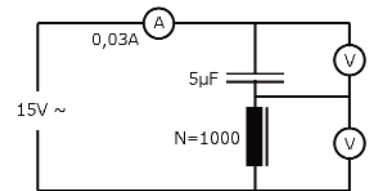
Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Amperemeter, 2 Voltmeter, 1 Spule $N=1000$ mit Eisenkern, 1 Kondensator $C=5\mu\text{F}$

Versuchsdurchführung:

Resonanz durch Abziehen des Joches einstellen.

Im Resonanzfall (U_C und U_L sind maximal und in Gegenphase) bleibt nur der Verlustwiderstand wirksam und die Stromstärke erreicht ein Maximum.

$$\text{Ströme der Frequenz } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ werden bevorzugt durchgelassen (Siebkreis)!}$$



Der ungedämpfte Schwingkreis im Hörbereich:

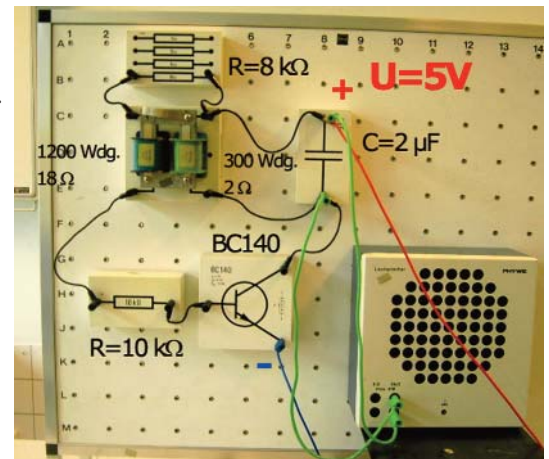
Materialliste: 1 Lautsprecher, 1 Spule $N_1=1200$ Wdg. 18Ω , 1 Spule $N_2=300$ Wdg. 2Ω , U-Trafo Kern, 1 Joch, 1 Widerstand $R=10k\Omega$, 1 Widerstand $R=8k\Omega$, 1 Kondensator $C=2\mu\text{F}$, 1 Transistor BC140, 1 Netzgerät

Versuchsdurchführung:

Gleichspannung $U=5\text{V}$ anschließen, Transistor in Durchlassrichtung schalten. Joch heben bzw. senken, U-Kern herausziehen

$$\text{Frequenz des Schwingkreises } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow$$

Die Tonhöhe hängt von der Induktivität L und der Kapazität C ab!



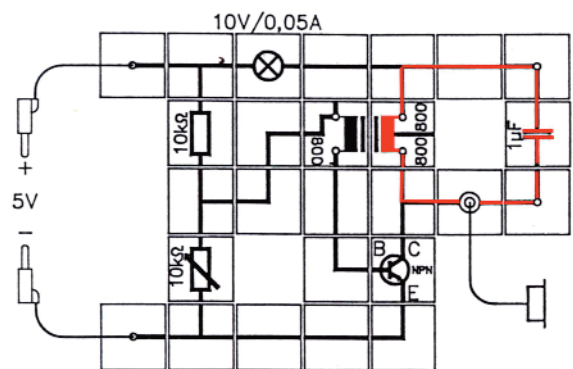
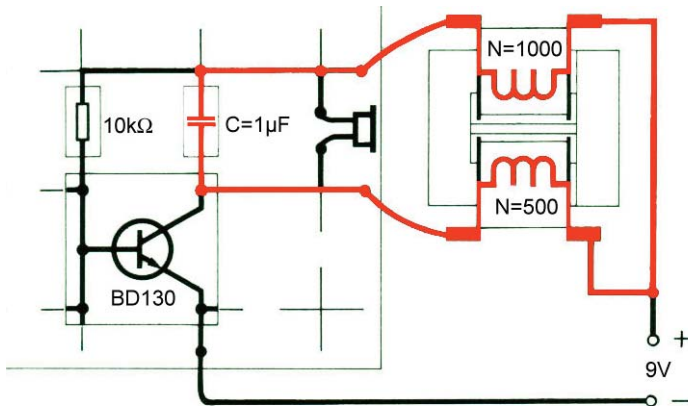
Schülerübungen:

Der ungedämpfte Schwingkreis (Leybold)

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_schwingkreis_schueler_leybold.pdf

Der ungedämpfte Schwingkreis (NTL)

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_schwingkreis_schueler.pdf



Magischer Plasmaball

Die Plasmalampe ist eine durchsichtige Glaskugel, die mit einer Mischung unterschiedlicher Gase bei niedrigem Druck gefüllt wurde.

Im Sockel der Kugel werden hochfrequente elektromagnetische Wellen produziert. Die leuchtenden Plasmablitzes werden durch die starken elektromagnetischen Entladungen im Kugellinneren erzeugt. Für den Benutzer ist das jedoch völlig ungefährlich!

Berührt die Hand das Glas, so wird das Hochfrequenzfeld gestört, so dass nun eine Entladung vom Inneren zum Kontaktpunkt entsteht.



Erzeugung hochfrequente Ströme mit dem Teslatransformator

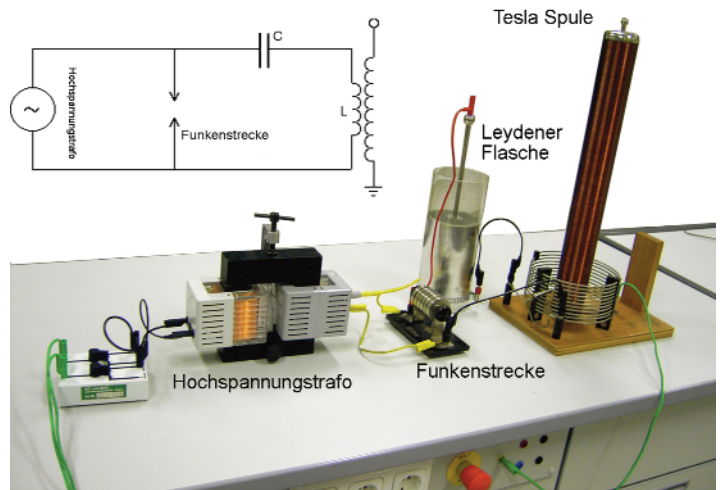
Materialliste: 1 Teslapule, 1 Trafo-Kern, 1 Spule $N=500$, 1 Spule $N=23000$, 1 Teslapule, 1 Primärspule $N=11$, 1 Funkenstrecke, 1 Leydener Flasche, 1 Schalter

Tesla-Transformatoren dienen zur Erzeugung hochfrequenter Wechselströme mit sehr hoher Spannung.

Im Schwingkreis, bestehend aus einer Funkenstrecke (sie verbindet bei Zündung die Komponenten zu einem Schwingkreis), einem Kondensator und einer primären Spule mit wenigen Windungen, erzeugt man gedämpfte elektrische Hochfrequenzschwingungen sehr hoher Momentanleistung. Eine einlagig gewickelte lange Zylinderspule geringeren Durchmessers und hoher Windungszahl (Sekundärspule) liegt im Feld der Primärspule, wodurch hochfrequente Schwingungen durch Resonanz in der Teslapule angeregt werden.

Teslatransformatoren dienen vorwiegend zur Demonstration der Wirkung starker elektrischer Wechselfelder.

Warnung: Funkenentladungen führen zu Verbrennungen der Haut!



Sendung und Empfang elektromagnetischer Wellen

Materialliste: 1 Dezimeterwellensender ($f=433,92\text{MHz}$, $\lambda=0,69\text{m}$ in Luft),
2 Antennenstäbe $\lambda/2$, 1 Empfangsdipol $\lambda/2$ mit Glühlämpchen,
1 Empfangsdipol $\lambda/2$ mit eingebauter Diode, 1 Feldglühlampe,
1 Induktionsschleife mit Glühlämpchen

Versuchsdurchführung:

Wie funktioniert der Mittelwellensender?

Zeige, dass sich in der Antenne stehende Wellen (I, U) ausbilden!

Zeige die Fernwirkung des Senders!

Zeige, dass die Wellen polarisiert sind!

Zeige die Strahlungscharakteristik der Antenne!

Können elektromagnetische Wellen durch einen Leiter dringen?

Warum kann aus der Antennenlänge auf die Wellenlänge geschlossen werden?

Wie kann die Strahlungsleistung des Senders durch einen Reflektor erhöht werden?

