

Geschichte der Elektrizität

Die geplante Bühnenshow zu Tesla, Elektrizität und Gleich und Wechselstrom könnte sich an den geschichtlichen Stationen der Entdeckung und Nutzung der Elektrizität orientieren.

Elektrostatische Phänomene waren schon in der Antike bekannt. Aber erst ab dem 17. Jahrhundert begann man systematisch mit Elektrizität zu experimentieren. Es wurden Elektrisiermaschinen entwickelt, die starke Ladungen erzeugen konnten. Der Bandgenerator ist seit ca. 100 Jahren bekannt (van de Graaff).

- Versuche mit Luftballons, Bandgenerator (1)

Alessandro Volta gilt als Erfinder der Batterie (im Jahr 1800). Damit konnten der Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand und die Wirkungen von elektrischem Strom untersucht werden.

- Versuche: Glühender Draht, Lampe, Leuchtdiode, Elektromagnet, lange Leitung (2)

Die Entdeckung der elektromagnetischen Induktion (Michael Faraday, 1831) ermöglichte, mechanische in elektrische Energie umzuwandeln. Damit verbunden ist die Erzeugung und Nutzung von Wechselstrom.

- Versuche mit Fahrraddynamo, Frequenzgenerator, Lampe und Leuchtdioden (3)

Der auf der elektromagnetischen Induktion basierende Transformator wurde erst 44 Jahre später in Ungarn entwickelt. Wechselspannung kann je nach Windungsverhältnis hoch- oder runtertransformiert werden. Hier könnte man den „Stromkrieg“ (ca. 1890) zwischen Edison und Westinghouse ansprechen, in dem auch Nikola Tesla als Erfinder eine wichtige Rolle spielte.

- Versuche zum Transformator: Lampe, Hochstrom-Trafo, Hörnerblitzableiter, Hochspannungsleitung (4)

Drahtlose Energieübertragung durch elektromagnetische Wellen. Teslas Utopie einer weltweiten drahtlosen Energieversorgung.

- Versuche mit dem Teslatrafo (5)

Im Folgenden finden sich Versuchsideen für eine Bühnenshow. Auch habe ich die möglichen (von mir verwendeten) Materialien zum größten Teil beschrieben. In vielen Fällen ist es aber sicherlich für eine kurze Zeit möglich, Materialien von Schulen oder Universität auszuleihen, oder ausrangierte Geräte zu erhalten.

Bandgenerator, zerlegbarer Transformator, Frequenzgenerator und Tesla-Transformator findet man sicher in vielen Physiksammlungen von Gymnasien oder Physikinstututen.

(1) Versuche zur Elektrostatik

Elektrostatische Abstoßung und Anziehung lassen sich sehr gut mit aufgeblasenen Luftballons zeigen. Den Ballon aufzuladen ist mir gut mit einem Kopfkissenbezug gelungen, der um den Ballon gelegt wird. Dabei kann man auch zeigen dass es nicht Auf Reibung ankommt, sondern auf zahlreiche Kontaktpunkte.

Ein Ballon ist nach der Prozedur negativ geladen, das Tuch positiv.

Ein Ballon der an Haaren durch Reibung aufgeladen wird lässt die Haare zu Berge stehen. Voraussetzung ist, dass die geriebene Person auf einem Isolierschemel steht. Das könnte ein Brett mit Füßen aus stabilen Gläsern sein.

Die Aufladung einer Person mit einem aufblasbaren Sessel will ich noch versuchen.

Am besten lassen sich diese Phänomene mit einem Bandgenerator zeigen. Hierzu muss eine Person auf dem Isolierschemel stehen und die Kugel des Generators während des Auflade-Vorgangs berühren. Alternativ kann man auch einen Perückenkopf auf die Kugel stellen. Man kann auch Alupapierstreifen (Lametta) an der Kugel befestigen.

Gut sichtbar und lustig sind Experimente mit Wattestückchen, die von der Bandgenerator-Kugel angezogen werden und dann gleich wieder abgestoßen werden.

Aufblasbarer Sessel:

<http://www.ebay.de/itm/361548370043>

ca. 30 € incl. Versand



Es gibt Bandgeneratoren bei Lehrmittel-firmen zu kaufen, z.B.

Phywe (714 €)

3B Scientific (708 €)

Winsco (ca. 600 €),

Conatex (ca. 565 €)

ebay (250KV high voltage Bandgenerator Van-de-Graaff-Graff) (ca. 270 €)

(2) Versuche zu Strom und Wirkung

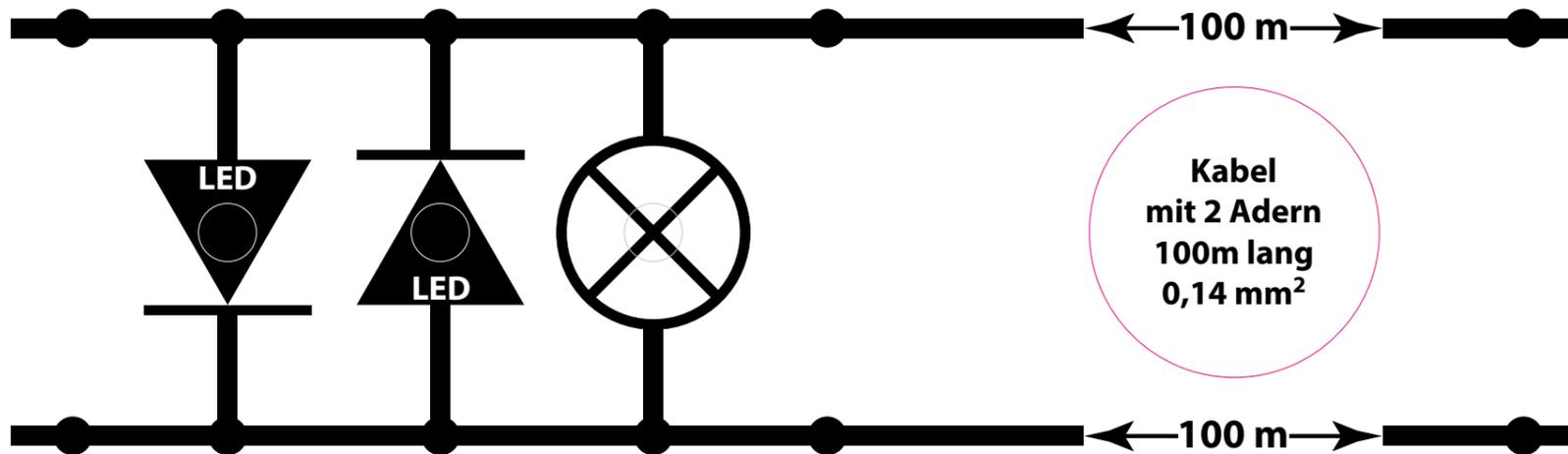
Ich schlage vor, Versuche zum Gleichstrom mit einer Batterie durchzuführen:

- Einen Draht zum Glühen bringen.

Obwohl der Draht sehr heiß wird und evtl. sogar schmilzt, kann man die Pole der Batterie gefahrlos berühren. Dies zu verstehen, erfordert die Kenntnis des Zusammenhangs von Spannung, Stromstärke und Widerstand. (Ein passendes Modell könnte eine Toilettenspülung sein.*)

- Ein Lämpchen (Glühlampe, LED) zum Leuchten bringen

Einfluss der Stromrichtung auf die Funktion der Lampe und der LEDs



- Ein Lämpchen über eine lange Leitung anschließen

Einfluss des Leitungs-Widerstandes auf die Funktion der Lampe. (s.o.)

- Eine magnetische Wirkung erzeugen (siehe übernächste Seite):

Eine geeignete Spule an die Batterie anschließen. Die magnetische Wirkung sollte eindrucksvoll sein: Auf dem offenen U-Kern zwei 500er Spulen parallel (Polung!) an die Batterie anschließen.



Kosten der Batterie:
ca. 22 € incl. Versand
bei
versorgungsbatterie.de



Zerlegbarer Transformator
von LD Didactic

Eisenkern	330,-
Netzspule (500)	200,-
Spule (500)	110,-
Spule (10000)	110,-
Spule (23000)	205,-

Einen etwas einfacheren aber passenden Eisenkern incl. Spannvorrichtung kann man billiger (211,-) bei 3B Scientific kaufen.

Schaltbrett links (80cmx30cmx10mm) wird auf Hart-schaum-Platte gedruckt und selbst bestückt:

Glühlampe: 6V, 3W, E10-Gewinde

LED: 1-9V, 1W, E10 (amazon: 12,50) →

Zweiadrige Litze: 100m, 0,14mm²

Schaltbrett: (WIRmachenDRUCK: ca. 42,-)



(*) Toilettenspülungen gibt es hoch hängend und tief hängend. Die tief hängenden haben dickere Spülrohre, um die gleiche Wirkung zu haben.

Folgende Analogie ist möglich:

- Spannung = Höhe des Spülkastens
- Widerstand = Rohr
- Stromstärke = Durchfluss

(3) Versuche zur Induktion und Wechselspannung

Mit einem Magnet und einer Spule durch Bewegung eine Spannung erzeugen. Anzeige auf einem Messgerät oder einem Oszilloskop.(*)

Mit einem Fahrraddynamo die Lampe, LEDs zum Leuchten bringen. Zeigen, dass es sich um Wechselspannung handelt.

Mit einem Leistungs-Frequenzgenerator die Lampe und die LEDs zum Leuchten bringen. Bei einer Steigerung der Frequenz von 1Hz aufwärts lässt sich die Wirkung deutlich zeigen:

Die Lampe flackert ständig, die LEDs leuchten abwechselnd.

Bei höheren Frequenzen ist an der Glühlampe und später auch bei den LEDs kein Flackern mehr wahrzunehmen.

(4) Versuche mit dem zerlegbaren Transformator

Ich empfehle das Buch „Der zerlegbare Transformator“ (Josef Friedrich; nur noch antiquarisch, z.B. via zvab.com) Mögliche Versuche:

1. Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär ein Kabel mit Glühlampe (1,5V, 0,5W), das ein-, zwei-, dreimal (usw.) um den Eisenkern gewickelt wird.
2. Primär Netzspule, sekundär Hochstromspule (Punkt-Schweißen)
3. Primär Netzspule, sekundär Hochstromspule (Nagel-Schmelzen)
4. Primär Netzspule, sekundär 23000Wdg mit Hörnerblitzableiter
5. Primär Netzspule, sekundär ein Aluring (auf nächster Seite beschrieben)
6. Hochspannungsleitung mit nassem Wollfaden (siehe nächste Seite)

(*). Wenn man einen Magnet vor einer Spule (mit Eisenkern) bewegt, kann man an einem Messgerät oder einem Oszilloskop deutliche Ausschläge beobachten. Die Anzeige mit einer LED oder Lampe ist mir nicht gelungen.

Bei einem Naben-Dynamo muss man aufpassen, weil er wesentlich höhere Spannungen als 6 V liefert. Mit einem normalen Reib-Dynamo gibt es keine Probleme; allerdings ist die Frequenz hoch.

Frequenzgenerator
von conatex (334,-)
Best.Nr. 1124010
25Vcc, 10W



Hochstrom-Spule:
ld-didactic (208,-)

Spule mit 23000 Wdg und
Hörnerblitzableitern
von ld-didactic (205,-)



Auszug aus dem Buch

Der zerlegbare Transformator

von
Josef Friedrich
und
Dr. Helmut Kröncke

Thomsonscher Ringversuch

Ausführung: Der offene Kern wird aufrecht auf den Tisch gestellt, die Spule 500 Wdg auf den einen Schenkel geschoben, und das Joch auf den gleichen Schenkel gesetzt (Abb. 90). Über diesen verlängerten Schenkel läßt man den Ring gleiten, der dann auf der Spule liegt. Die Spule wird über den Schalter an das Wechselstromnetz von 220 V angeschlossen (ohne Vorschaltwiderstand!).

Beim Einschalten des Stromes wird der Ring hoch emporgeschleudert, meist bis zur Decke des Zimmers. Wird dies verhindert, indem man die flache Hand auf die Endfläche des aufgesetzten Joches legt, so schwebt der Ring etwa in der Mitte der Höhe des aufgesetzten Joches. Setzt man ein zweites Joch auf, so steigt er bis zur Trennfläche der beiden Joche. Sucht man den schwebenden Ring festzuhalten, so bemerkt man, daß er unerträglich heiß wird, ein Zeichen für die Stärke des in ihm induzierten Stromes.

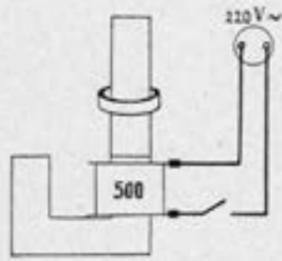


Abb. 90. Thomsonscher Ringversuch.

An Stelle des Ringes kann man auch die Spule 46 Wdg verwenden, deren äußere Klemmen man durch einen kurzen dicken Kupferdraht verbindet. Man verwendet nur 1 Joch und verhindert, daß die Spule beim Einschalten herunterschleudert wird. Beim Ausschalten des Stromes hält man sie fest oder fängt sie auf, um hartes Aufschlagen zu vermeiden.

Da bei diesem Versuch der Eisenkreis nicht geschlossen ist, nimmt die Spule einen weit größeren Strom auf, als für den Dauerbetrieb zulässig ist. Die Stromstärke ist bei einem Joch und mit Al-Ring etwa 6 A, mit 2 Jochen etwa 5,2 A. Bei Verwendung der kurzgeschlossenen Spule 46 Wdg ist die Stromstärke, wenn die Spule schwebt, etwa 7,5 A im Primärkreis; sie steigt, wenn man die Spule herunterdrückt, bis auf 10 A. Man muß also bei diesen Versuchen für ausreichende Sicherungen (10 A) sorgen und darf die Versuche nicht zu lang ausdehnen. Vgl. auch S. 3. Mit geringerer Stromstärke, aber fast ebenso eindrucksvoll, gelingt der Ringversuch übrigens mit der Spule 1000 Wdg an Stelle der Spule 500 Wdg. Die Stromstärke ist dann mit 1 Joch etwa 1,25 A, mit 2 Jochen etwa 1,1 A.

Die Hochspannungsleitung

funktioniert wirklich mit einem feuchten Bindfaden. Ich habe es mehrfach ausprobiert. Schließt man die Lampe direkt über den Bindfaden an die Netzspannung an, leuchtet sie nicht.

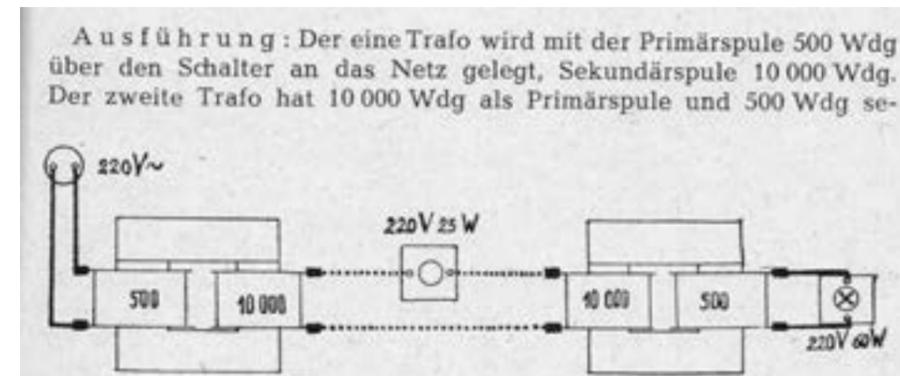


Abb. 111. Modell einer Hochspannungsleitung.

Der Vorteil einer solchen Hochspannungsleitung ist, daß sie nur schwache Ströme zu übertragen hat. Im vorliegenden Versuch braucht die Lampe z. B. etwa 0,2 A, in der Hochspannungsleitung fließen aber nur 10 mA! Die Leitung kann daher aus dünnem Draht hergestellt werden, ohne zu starken Spannungsverlust zu verursachen, bzw. sie kann sehr lang sein und überhaupt einen verhältnismäßig hohen Widerstand haben. Hochspannungsleitungen werden daher vor allem für Fernleitungen gebraucht, und zwar mit um so höherer Spannung, je größer die zu überbrückende Entfernung ist. Im Versuch kann man dies darstellen, indem man in die Hochspannungsleitung einen Widerstand einschaltet, etwa eine Lampe 220 V 25 W. Diese leuchtet bei der geringen Stromstärke nicht, die 60-Watt-Lampe am Ausgang aber mit unverminderter Stärke. Man kann statt der Lampe 25 W auch eine Glimmlampe in die Hochspannungsleitung legen (und sogar 2 oder 3 solcher Lampen in Reihe!); sie leuchten dann sämtlich, hindern aber nicht, daß die 60-Watt-Lampe voll leuchtet. Die als Widerstand in die Hochspannungsleitung gelegten Lampen liegen wohlverstanden mit beiden Anschlüssen in einem der beiden Leitungsdrähte, die die beiden Spulen 10 000 Wdg verbinden, nicht etwa parallel zu den Spulen! Dann würden sie bei der hohen Spannung sofort durchbrennen.

An Stelle der Lampen kann man auch andere Widerstände in die Hochspannungsleitung schalten, z. B. technische Hochohmwiderstände (20 bis 50 Kiloohm), wenn sie eine Belastung von 5 W vertragen, oder auch ein Stück gut angefeuchteten Bindfadens. Schließlich kann man auch eine Funkenstrecke von 10 mm einschalten, die man mittels der beiden Fußklemmen herstellt, in die man zwei Nägel spannt. Zunächst isoliert die Funkenstrecke zwar, stellt man aber eine leuchtende Kerze darunter, so geht Strom infolge der Ionisation der Luft über. Man sieht Entladungen durch Fünkchen übergehen, und die Lampe am Ausgang leuchtet wieder.

10. Tragkraftversuch

Zweck des Versuchs: Die Tragkraft eines Elektromagneten mit geschlossenem Eisenkreis wird vorgeführt und in Abhängigkeit von der erregenden Stromstärke gemessen. Nur mit Gleichstrom vorzuführen.

Geräte: 1 Trafo-Kern mit Joch
2 Spulen 250 Wdg
1 Haken und Klemmfedern
2 Akkus je 4 V
1 großes Meßinstrument
1 Gleitwiderstand 110 Ohm

Dazu ferner 2 Stative, bestehend aus kleinem oder großem Fuß, Stahlstange 75 cm und 2 Muffen, 1 weitere Stahlstange 50 oder 75 cm, 1 Gewicht 5 kg mit Haken oder mit Schlaufe aus kräftigem Bindfaden. — An Stelle der beiden Spulen 250 Wdg können auch bei entsprechend höherer Spannung 2 Spulen 500 oder 1000 Wdg genommen werden, auch z. B. 1 Spule 250 und 1 zu 500 Wdg, wenn die letztere zwischen einer Endklemme und der Mittenanzapfung genommen wird.

Ausführung: In den U-Kern wird der Haken eingesetzt, die Spulen werden aufgeschoben und durch die Klemmfedern befestigt. Dann wird der U-Kern mit Spulen nach Abb. 37 am Stativ aufgehängt und der Stromkreis hergestellt. Sobald der Strom fließt, prüft man nach S. 28 die Richtigkeit der Schaltung und kann dann das Joch daranhängen. Vorher schlingt man um das Joch eine Schlaufe aus Bindfaden, in die man mittels eines Drahhakens das Gewicht hängen kann. Man beginnt mit einer Akku-Zelle und dem vollen Vorschaltwiderstand, und steigert den Strom, bis das Gewicht 5 kg gerade eben getragen wird. Die Höhe der Aufhängung wählt man dabei so, daß das Gewicht beim Abreißen des Joches nur etwa 5 mm tief fällt, wobei man das Joch mit der linken Hand aufhängt. Die notwendige Stromstärke ist dann bei 2 Spulen 250 Wdg etwa 75 mA. — Ähnlich kann man auch die Tragkraft für andere Belastungen bestimmen und als Funktion der magnetisierenden

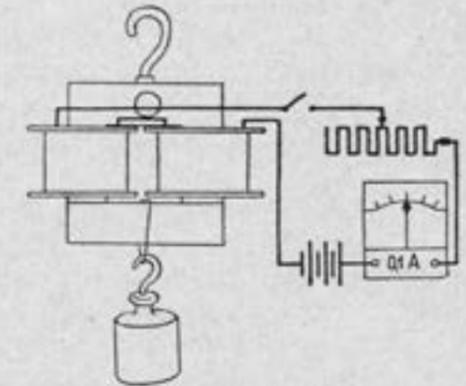


Abb. 37. Tragkraftversuch.

Stromstärke darstellen. Bei Erregung mit 500 AW trägt der Magnet einen Jungen.

Bemerkung: Für die gute Wirkung der Anordnung ist es wichtig, daß der Kraftlinienweg möglichst ganz im Eisen verläuft, also keinen Luftspalt zu überbrücken hat. Als ein solcher schädlicher Luftspalt würde z. B. auch eine dünne Rostschicht am Joch oder an den Polflächen des U-Kerns wirken, die man daher zweckmäßig zur Aufbewahrung leicht einfettet und nötigenfalls mit feinem Schmirgelpapier abputzt. Man überzeuge sich selbst und die Schüler von der Wirkung eines wenn auch dünnen Luftspaltes, indem man den Versuch wiederholt, aber ein Blatt dünnes Papier zwischen die Polflächen und das Joch legt. (Vgl. hierzu auch die Anmerkung über den magnetischen Kreis, S. 28.)

(5) Versuche mit der Teslaspule

Versuche, die eindrucksvoll gezeigt werden können, sind

1. Entladungen in die Luft wie rechts abgebildet.
2. Funken ziehen
Mit einer geerdeten Metallstange lässt sich ein Funkenüberschlag zeigen. Man bedenke die Faustregel:
1mm Funken $\hat{=}$ 1000 V Spannung.
3. Eine Leuchtstoffröhre in die Nähe der Teslaspule halten
Die Lampe leuchtet ohne Kontakt mit der Spule.
4. Man kann auch eine Glühlampe in die Nähe der Teslaspule halten.
Es entstehen in der Lampe ähnliche Leuchterscheinungen, wie in einer Plasmakugel.

Weitere Versuche findet man z.B. bei [youtube.com](https://www.youtube.com)

Der hier abgebildete Tesla-Transformator kostet 106,-€. Bezugsquelle:

<http://www.ebay.de/itm/24V-SSTC-TESLASPULE-TESLATRAFO-TESLACOIL-Hochspannungstrafo-/322114725307?hash=item4aff88a5bb:g:BWsAAOSw~OdVYZEJ>



Es folgt ein zusammenfassende Überblick
über die geplanten Vorführungen der
AC-DC-Show in der EXPERIMINTA



Reibungselektrizität (1)

Das Wort Elektrizität kommt aus dem Altgriechischen: *elektron* (ηλεκτρον) bedeutet Bernstein. Schon damals war bekannt, dass Bernstein durch Reibung mit einem Fell elektrisch geladen wird. Aber erst ab dem 17. Jahrhundert begann man systematisch mit Elektrizität zu experimentieren. Es wurden Elektrisiermaschinen entwickelt, die starke Ladungen erzeugen konnten. Der Bandgenerator ist seit ca. 100 Jahren bekannt (entwickelt von dem amerikanischen Physiker Robert van de Graaff).

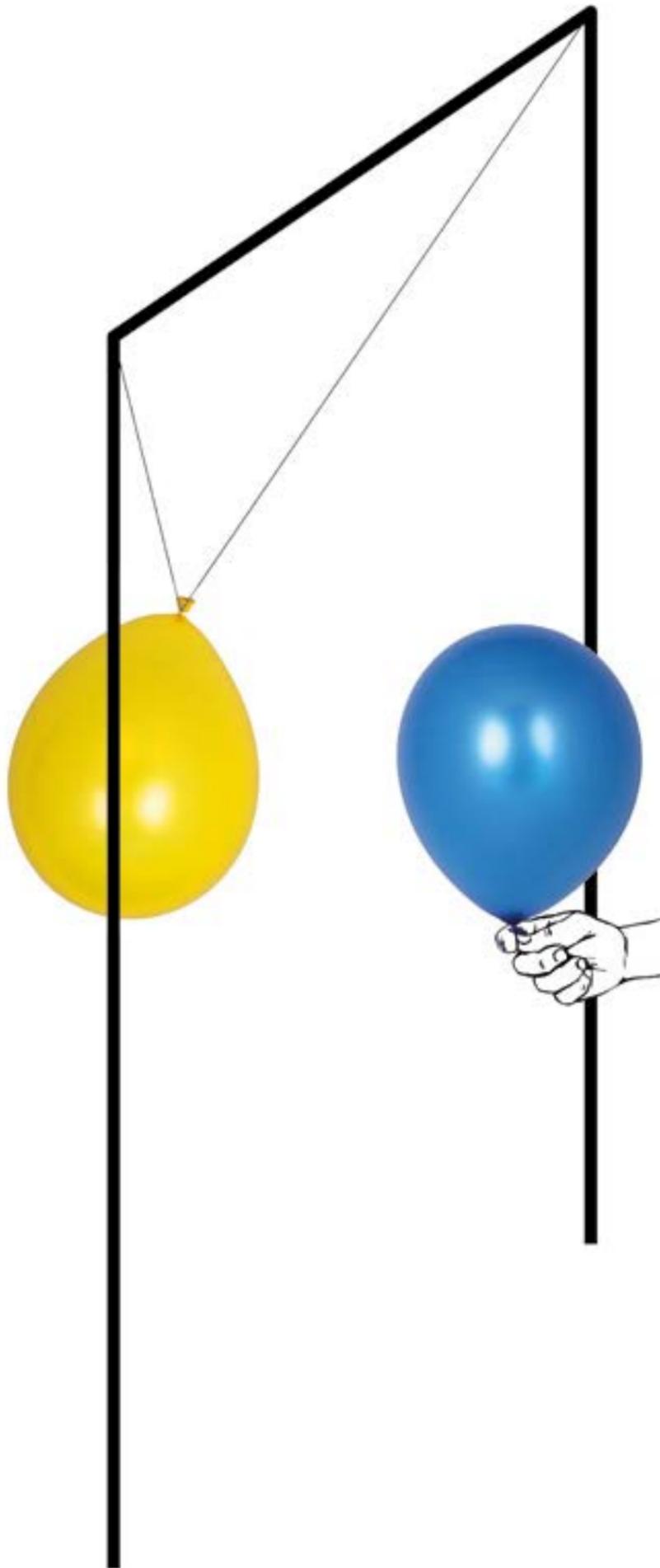
- Luftballons werden aufgeladen, z.B. durch einen Kopfkissenbezug.
Man kann zeigen:
Es gibt Anziehung (zwischen dem Ballon und dem Tuch)
Es gibt Abstoßung zwischen zwei geladenen Ballons

Man spricht von Reibungselektrizität. „Reibung“ im Sinne von Erwärmung ist aber nicht gemeint. Wichtig ist nur, dass der Ballon an möglichst vielen Kontakt-Stellen das Tuch berührt. Man sollte erklären:

Es gibt unterschiedliche Ladungsarten: Positive und negative.
Gleiche Ladungsarten stoßen sich ab, ungleiche ziehen sich an.

Man könnte erklären: Warum laden sich Tuch und Ballon auf?
Normalerweise sind im Ballon und Tuch und in alle Gegenständen beide Ladungsarten in gleicher Menge vorhanden. Diese neutralisieren sich gegenseitig.
Bei der Berührung „klaut“ der Ballon dem Tuch negative Ladungen.
Dadurch ist er nach der Berührung negativ aufgeladen und das Tuch ist positiv.

(Die Begriffe Elektronen und Protonen sind für die Erklärung nicht nötig!)





Reibungselektrizität (2)

Bei einem Bandgenerator wird die Metallkugel am oberen Ende sehr stark aufgeladen. Dies geschieht durch ein breites endloses Gummiband, das unten aufgeladen wird und – durch einen Motor angetrieben – diese Ladung ständig nach oben zur Metallkugel transportiert.

- Ein Besucher oder Mitarbeiter („Kandidat“) mit frisch gewaschenen dünnen Haaren wird auf einen Isolierschemel (*) gestellt. (Hocker mit Glasfüßen) Er berührt die Metallkugel des ungeladenen Bandgenerators. Er darf nichts anderes berühren. Wenn der Bandgenerator in Betrieb genommen wird sollte der Kandidat spüren, dass sich die Haare aufstellen (z.B. an den Armen). Nach einiger Zeit sollte es auch mit den Kopf-Haaren zu sehen sein.
- Wenn man keinen passenden Kandidaten findet, kann man auch den Perückenkopf mit den Lametta-Haaren auf die Kugel stellen.

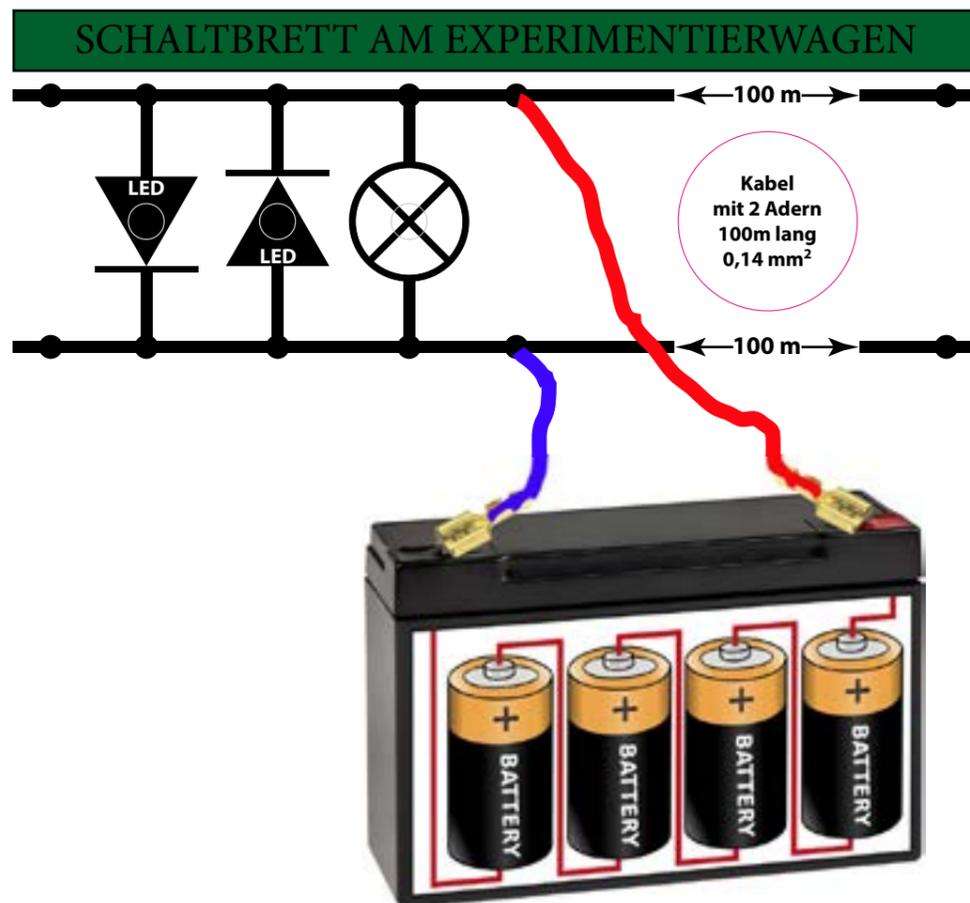
Erklärung: Durch die Berührung wird der Kandidat insgesamt positiv oder negativ aufgeladen. Auch die Haare laden sich alle gleichartig auf und stoßen sich gegenseitig ab.

- Man kann Wattestückchen von der Kugel anziehen lassen, die nach der Berührung von dieser abgestoßen werden und in hohem Bogen wegfliegen.



(*) Anstelle des Isolierschemels kann man auch den aufblasbaren Plastik-Sessel benutzen. Er verdeutlicht besser die Isolierung des Kandidaten von der Erde.

Wenn der Bandgenerator nicht zur Verfügung steht, kann man auch eine auf dem Sessel sitzende Person mit einem aufgeblasenen Luftballon über die Haare reiben. Das ist aber nur ein Notbehelf. Die Haare bleiben nicht stehen – eigentlich verwüstet man nur die Frisur des Kandidaten.



Stromfluss

Durch die Erfindung einer Batterie (1800 durch Alessandro Volta) war es möglich, kontinuierliche elektrische Ströme fließen zu lassen. Ein elektrischer Strom kann nur durch elektrisch leitfähige Materialien, z.B. Metall fließen. Die beiden Batteriepole sind unterschiedlich geladen (Plus-Pol, Minus-Pol). Werden die beiden Pole durch Metall verbunden, dann fließt wegen der Anziehung und Abstoßung der Ladungen ein elektrischer Strom von Plus zu Minus.

Wir können elektrischen Strom nicht sehen, aber seine Wirkung wahrnehmen.

- An die Batterie wird ein dünner Metalldraht angeschlossen (Porzellanisolatoren). Der Draht wird heiß; so heiß, dass er nach einiger Zeit zu glühen beginnt.

Thomas Alva Edison hat aus diesem Phänomen 1879 die Glühlampe entwickelt.

- An die Batterie wird die Glühlampe auf dem Holzgestell angeschlossen. Es leuchten die Lampe.

Die Lampenzuleitung auf dem Holzbrett (blau) ist zu einer Spule gewickelt. Die Spule ist bei Stromfluss magnetisch.

- In die Zuleitungsspule einen Eisenkern stecken und zeigen, dass dieser magnetisch wird. (Kleiner Schraubenschlüssel wird angezogen) Die magnetische ist eine weitere Wirkung des elektrischen Stromes. (3. Wirkung: Chemische Wirkung)

Heutzutage werden anstelle von Glühlampen oft Leuchtdioden verwendet.

- An die Batterie wird das Schaltbrett mit Glühlampe und LEDs angeschlossen. Es leuchten die Lampe und eine LED.

diese LED braucht nur ein Drittel der Energie der Lampe leuchtet aber viel heller. Die zweite LED ist aber nicht kaputt sondern nur falsch angeschlossen:

- Die Batterieanschlüsse werden vertauscht, die Glühlampe leuchtet wieder und diesmal die andere LED.

Erklärung: Eine LED lässt den elektrischen Strom nur in einer Richtung durch.

- Batterie wird an das Schaltbrett über den langen Draht angeschlossen. Die Glühlampe leuchtet nur noch schwach. (Man müsste die Spannung erhöhen.)

Der lange Draht hat einen großen elektr. Widerstand, elektr. Energie geht durch eine leichte Erwärmung des Drahtes verloren. Auf diese Weise lässt sich elektr. Energie nicht über große Entfernungen transportieren.

Vergleich von elektrischem Strom und Wasser am Beispiel einer Klo-Spülung (PLAKAT AUFHÄNGEN)



HÖHE $\hat{=}$ SPANNUNG (VOLT)

ROHR $\hat{=}$ WIDERSTAND (OHM)*

DURCHFLUSS $\hat{=}$ STROM (AMPERE)

* Großer Widerstand $\hat{=}$ Dünnes, langes Rohr

HÖHE muss eigentlich HÖHENDIFFERENZ heißen
Elektr. Widerstand abhängig von: Länge, Dicke, Material des Leiters

Strom und Spannung

Michael Faraday hat 1831 als erster el. Spannung auf mechanischem Weg erzeugt.
INDUKTION: Magnetfeldänderung führt zu einer Ladungstrennung im el. Leiter.

Spule mit 10.000 Windungen an das Schaltbrett anschließen. Beim Eintauchen des Stabmagneten leuchtet die eine LED kurz auf, beim Herausziehen die andere.

Schon ein Jahr später wurde der erste Generator erfunden, der ähnlich wie ein Fahrraddynamo funktionierte: Ein Magnet dreht sich in der Nähe einer aus Metalldraht gewickelten Spule.

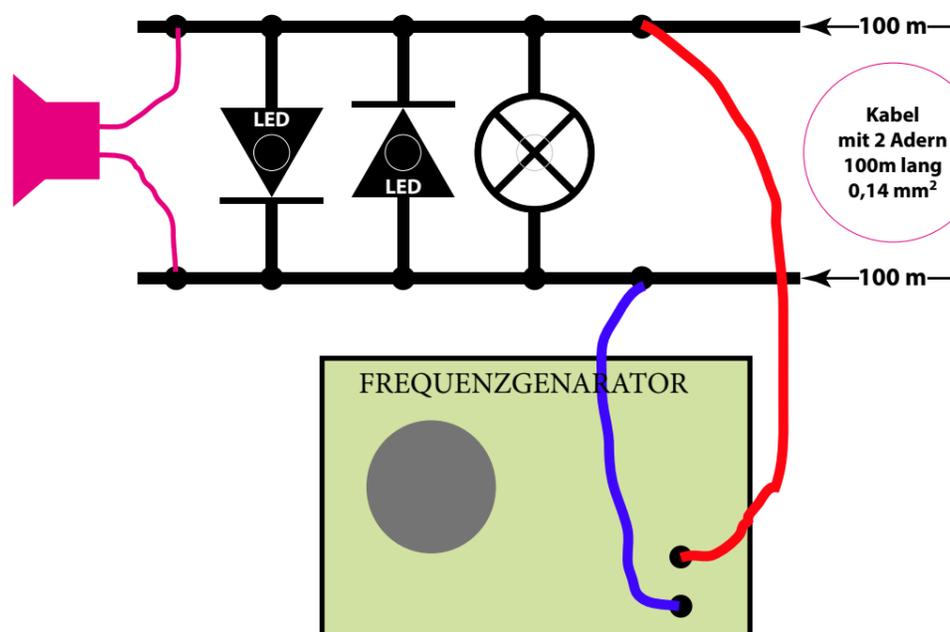
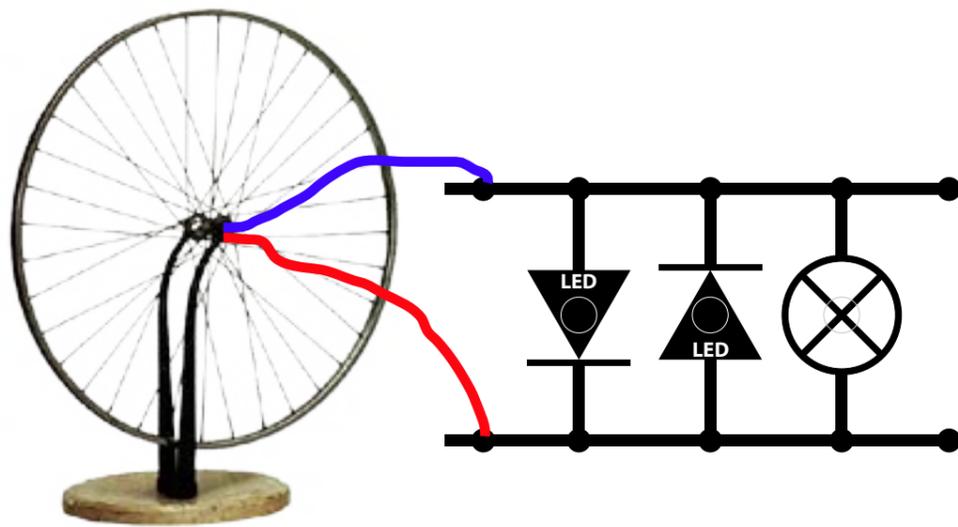
- Fahrraddynamo an das Schaltbrett anschließen und in Drehung versetzen. An den Leuchtdioden erkennt man, dass der Strom ständig seine Richtung wechselt.

Der Fahrraddynamo erzeugt in der Leitung einen Wechselstrom. Für die Fahrradbeleuchtung ist das aber egal, wenn die Wechsel nur schnell genug erfolgen.

- Der Frequenzgenerator wird an das Schaltbrett angeschlossen. Beginnend mit 1 Hz wird die Frequenz kontinuierlich gesteigert. Man beobachtet zuerst bei der Glühlampe dann auch bei den LEDs, dass man kein Flackern mehr erkennt. (Durch einen Lautsprecher sind auch die hohen Frequenzen unterscheidbar.)

Um ca. 1890 entbrannte in den USA der sogenannte „Stromkrieg“ zwischen
– Thomas Alva Edison, der die Gleichstromtechnik vertrat
– George Westinghouse, der die Wechselstromtechnik bevorzugte
Edisons Technik konnte keine elektr. Energie über große Strecken transportieren. Es mussten darum viele Kraftwerke in Häuserblocks installiert werden, um die Stromversorgung zu sichern. Das war teuer aber auch gut für seine Firma. Sein Vorteil war sein Monopol für Glühlampen und seine Popularität.

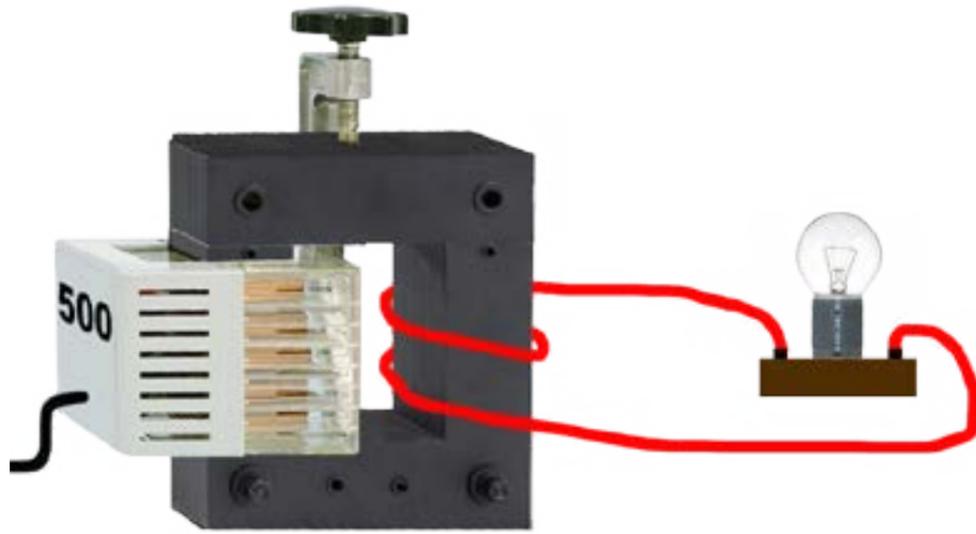
Dass sich letzten Endes die Wechselstromtechnik durchsetzte, lag an einer Erfindung die schon 1875 in Ungarn gemacht wurde: **Der Transformator**. Durch diesen war es möglich, über Hochspannungsleitungen elektr. Energie weit zu transportieren. Ein Transformator ermöglicht die Vergrößerung und Verkleinerung von elektrischer Spannung, funktioniert aber nur mit Wechselstrom.



Der Lautsprecher ist optional.
In dem vorbereiteten Holzgehäuse ist ein Lautsprecher mit ausreichender Leistung.

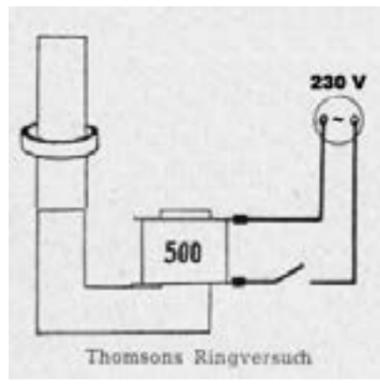
Die Bedienung des Frequenzgenerators ist auf einem separaten Blatt erklärt!

Der Transformator



Bei allen Transformatorversuchen gilt:
Das Joch muss aufgelegt werden. Dabei darauf achten, dass die Transformatorbleche im Joch parallel zu den Blechen im U-Kern sind.
Wenn das Joch festgeschraubt wird, ist die Gräusentwicklung geringer (Brummen).

Beim Thomsonschen Ringversuch nur kurzzeitig den Strom anschalten!
Grund für das Wegfliegen:
Im Ring wird ein ein starker Strom induziert, der ein eigenes Magnetfeld erzeugt. Dieses Magnetfeld ist nach der Lenzschen Regel so gerichtet, dass es dem Magnetfeld der Primärspule entgegenwirkt.



Die Zange wird als Sekundärspule auf den Eisenkern gesetzt und das Joch aufgelegt. Zwischen die beiden Kontaktstellen werden mit einer Zange zwei Blechstreifen gehalten, die verschweißt werden sollen. Die Griffe fest zusammendrücken.

Ein Transformator besteht aus einem geschlossenen Eisenkern-Ring, auf den zwei Spulen gewickelt sind.

An der 1. Spule (Primärspule) wird eine Wechselspannung angelegt, an der 2. Spule (Sekundärspule) entsteht eine Wechselspannung, obwohl es keine leitende Verbindung zwischen den beiden Spulen gibt. Es gibt nur eine magnetische Verbindung: Aufgrund der Wechselspannung erzeugt die Primärspule ein sich änderndes Magnetfeld im Eisenkern, das in der Sekundärspule eine Spannung induziert.

Das Spannungsverhältnis entspricht etwa dem Windungsverhältnis der Spulen.

- Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär eine Leiterschleife mit Glühlampe (1,5V, 0,5W), die ein-, zwei-, dreimal (usw.) um den Eisenkern gewickelt wird. Die Lampe leuchtet zunehmend mit der Anzahl der Windungen im Sekundärkreis.

Wir benutzen Transformatoren in Netzgeräten, die die Spannung von 230 Volt der Steckdose auf eine niedrige Spannung für die Endgeräte herabsetzt.

Der Transformator eignet sich auch für die Übertragung großer Leistungen.

- Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär das Überbrückungskabel, das an den Glühdraht angeschlossen wird.
- Thomsonscher Ringversuch: Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär ein Alu-Ring. Das Joch verschließt nicht den U-Kern, sondern wird senkrecht auf den Schenkel gestellt, um den der Aluring ruht. Wird der Strom in der Primärspule angeschaltet, fliegt der Ring nach oben
- PUNKTSCHWEISSEN: Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär die Schweißzange mit 5 Windungen. Das kann auch ein Jugendlicher aus dem Publikum machen.*

Man kann aber auch die Spannung vergrößern:

- HOCHSPANNUNG: Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär 23000 Wdg mit Hörnerblitzableiter. Die Spannung, die hier entsteht, beträgt über 10000 Volt.

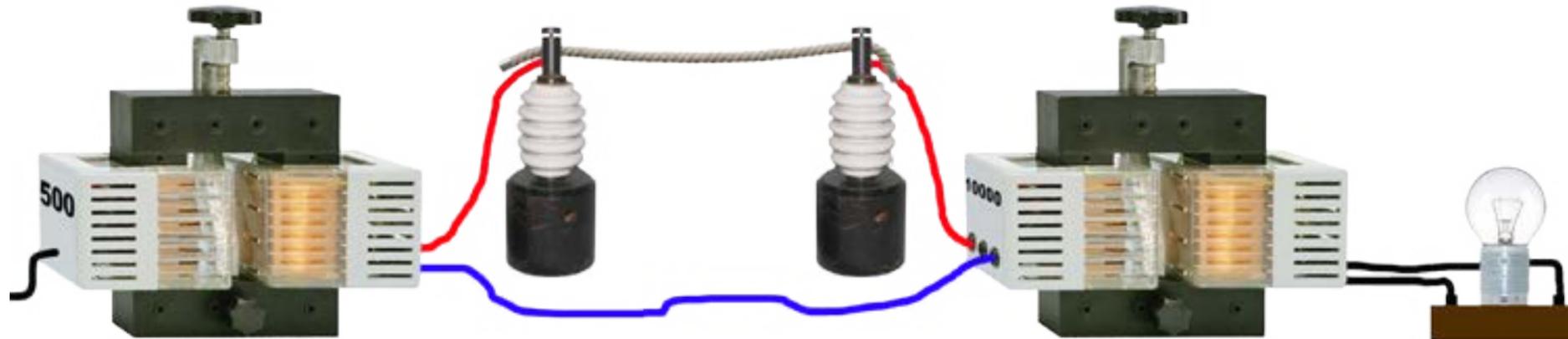
OPTIONAL: VERSUCHE ZUR HOCHSPANNUNGSLEITUNG

Anschluss einer Lampe an eine schlechte Leitungs-Verbindung:

- Eine Glühlampe (230V, 40W) wird durch ein Kabel und einen feuchten Wollfaden an die Netzsteckdose angeschlossen, Die Lampe leuchtet nicht. Der Faden leitet zu schlecht. Diese schlechte Leitung soll hier ein kilometer-langes Kabel darstellen.

Hochspannungsleitung:

- 1. Trafo: Primär 500Wdg (Netzspule), sekundär 10000 Wdg – 2. Trafo: Primär 10000 Wdg, sekundär 500 Wdg.
Die beiden Trafos werden verbunden (1.Trafo sekundär mit 2.Trafo primär), und zwar mit einem Kabel und dem feuchten Wollfaden. Am 2. Trafo wird sekundär eine Glühlampe (230V, 40W) angeschlossen. Die Lampe leuchtet, offensichtlich sind die Verluste in der schlechten Leitung nur gering.



Letzten Endes gewann der Wechselstrom 1893 den Stromkrieg, weil die Firma Westinghouse als Demonstration die Weltausstellung in Chicago illuminierte – und zwar mit elektrischer Energie, die an den 700km entfernten Niagara-Fällen erzeugt und bis nach Chicago durch Hochspannungsleitungen übertragen wurde.

Westinghouse stützte sich auf Erfindungen von Nikola Tesla:

Mehrphasen-Wechselstrom, Wechselstrom-Generatoren und -Motoren.

Nicola Tesla entwickelte u.a. auch den Tesla-Transformator, mit dem sehr hohe und hochfrequente Spannungen erzeugt werden. Ein solcher Transformator ist in der Lage, Energie ohne Leitung durch den Raum zu übertragen. Teslas Traum, einer weltweiten, drahtlosen Energieversorgung ließ und lässt sich aber nicht verwirklichen.

TESLA-Trafo an das Netzgerät anschließen. Spannung 20 V. Polung unwichtig.

Es müssten oben am Kegel Sprühentladung entstehen. Diesen nicht durch anderes ersetzen!

Den Regler für die Pulsfrequenz so einstellen, dass pro Sekunde 2 bis 3 Blitze entstehen.

- Mit einem Metallstab lassen sich Funken ziehen. (1 mm = 1000 Volt)
- Eine Leuchtstofflampe in der Nähe der Teslaspule leuchtet, ohne dass sie angeschlossen ist.

