

Savoir sans Frontières

Die Abenteuer von Anselm Lanturlu

Guten Tag,
Herr Ampère!

Jean-Pierre Petit

Übersetzung aus dem Französischen von Cleo Bertelsmeier



Die Vereinigung « Wissen ohne Grenzen », gegründet und unter dem Vorsitz von Professor Jean-Pierre Petit, Astrophysiker, hat zum Ziel, wissenschaftliches und technisches Wissen in der größtmöglichen Zahl von Ländern und Sprachen zu verbreiten. Zu diesem Zweck hat Professor Jean-Pierre Petit sein gesamtes populärwissenschaftliches Werk aus dreissig Jahren, und im besonderen die illustrierten Alben, frei zugänglich gemacht. Dementsprechend ist ein jeder frei, die vorliegende Datei zu vervielfältigen, entweder in digitaler Form oder in Form gedruckter Kopien und sie in Bibliotheken oder im Rahmen von Schule, Universität oder Vereinen zu verbreiten, deren Ziel die gleichen sind wie von « Wissen ohne Grenzen », unter der Bedingung, daraus keinen Profit zu erzielen und ohne dass ihre Verbreitung eine politische, sektiererische oder religiöse Konnotation beinhaltet. Diese Dateien im Format pdf können auch ins Computernetzwerk von Schul- oder Universitätsbibliotheken gestellt werden.



Jean-Pierre Petit plant zahlreiche weitere Werke, zugänglich für ein noch größeres Publikum. Einige werden selbst von Analphabeten gelesen werden können, dadurch, daß die Textepartien "zu sprechen beginnen" sobald ein Klick auf sie erfolgt. Diese Werke werden also als Stütze zur Alphabetisierung verwendet werden können. Andere Alben werden « zweisprachig » sein, indem man durch einen einfachen Klick von einer Sprache zur anderen wechseln kann, nachdem die Sprachkombination zuvor gewählt wurde. So entsteht eine neue Stütze zum Erlernen von Fremdsprachen.

Jean-Pierre Petit ist 1937 geboren. Er hat seine berufliche Laufbahn in der französischen Wissenschaft gemacht. Er ist Plasmaphysiker gewesen (plasma physicist), hat ein Informatikzentrum geleitet, Programme entwickelt, hunderte von Artikeln der unterschiedlichsten Wissensgebiete in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht, von der Mechanik der Flüssigkeiten bis zur theoretischen Kosmologie reichend. Er hat ungefähr dreissig Werke veröffentlicht, die in eine Vielzahl von Sprachen übersetzt wurden.

Kontakt zu « Wissen ohne Grenzen » kann über die Website <http://www.savoir-sans-frontieres.com> aufgenommen werden.

Wissen ohne Grenzen

Gemeinnützige Vereinigung, die 2005 gegründet wurde und von zwei französischen Wissenschaftlern geleitet wird. Ziel: Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse mit Hilfe des Bandes, das durch kostenlos herunterladbare PDFs gezogen wird. Im Jahr 2020: 565 Übersetzungen in 40 Sprachen wurden so erreicht. Mit mehr als 500.000 Downloads.



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini


Die Vereinigung ist vollkommen freiwillig. Das Geld wird vollständig den Übersetzern gespendet.

Um eine Spende zu tätigen, verwenden Sie die PayPal-Schaltfläche auf der Startseite:


<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



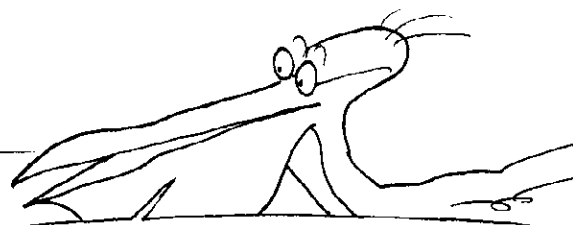
Prolog



Es regnet, keine Chance,
das Haus zu verlassen!

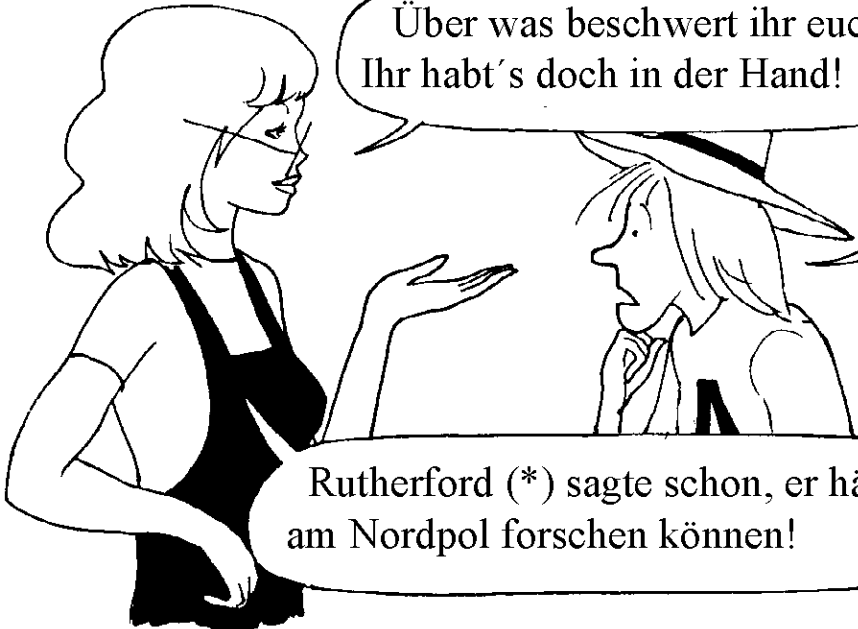


Papier, Stifte, Bindfaden,
Kleinigkeiten! Was kann man
mit alledem machen? Nichts!



Was erzählen Sie da?
Das Wetter ist wunderbar!


Ja, man bräuchte ein richtiges
Labor, um interessante Sachen zu
machen! Ein Cyclotron...einen
Laser!



Über was beschwert ihr euch?
Ihr habt's doch in der Hand!

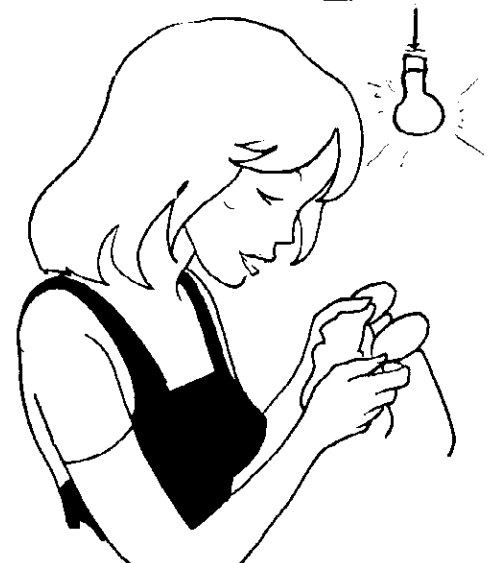
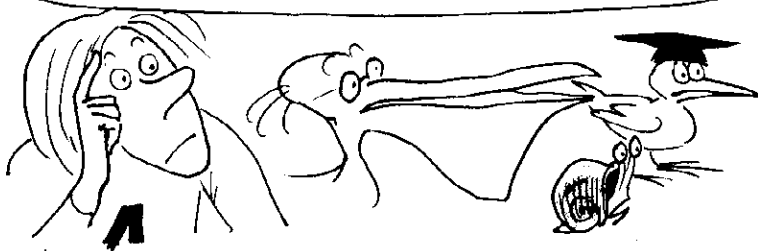
Du willst mir doch nicht erzählen,
dass man in diesem Haus etwas
findet, um die großen wissenschaft-
lichen Probleme zu untersuchen?

Rutherford (*) sagte schon, er hätte
am Nordpol forschen können!



Aber was
können wir hier
machen?

Ihr seid vielleicht lustig! Und zwar alle!
Nicht einer, der fähig wäre, mir anständig
zu erklären, wie eine Glühlampe
funktioniert!



Gut, keine Panik, der Draht erhitzt sich, weil ein ELEKTRISCHER STROM fließt.

Was ist das noch gleich, ein elektrischer Strom?

BLÖD!
Ihr seid alle blöd!

Hm. Alles wird kompliziert...

Warum wird der Draht heiß?

Sehn wir mal, ich glaube, man kann das mit Hilfe von Hydraulik simulieren!

Eine Waschmaschine aus der Scheune und ein abgeklemmter Wasserzähler!

Ich dachte, sie hätten von Elektrizität gesprochen!

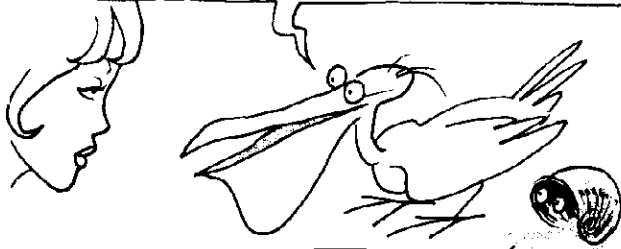
Kinderkram. Der Höhenunterschied h ist die Potentialdifferenz.

Der Schlauch ist der ELEKTRISCHE WIDERSTAND. Wenn L seine Länge ist und s sein Querschnitt, so ist der Durchfluss proportional zu: $h * s / L$

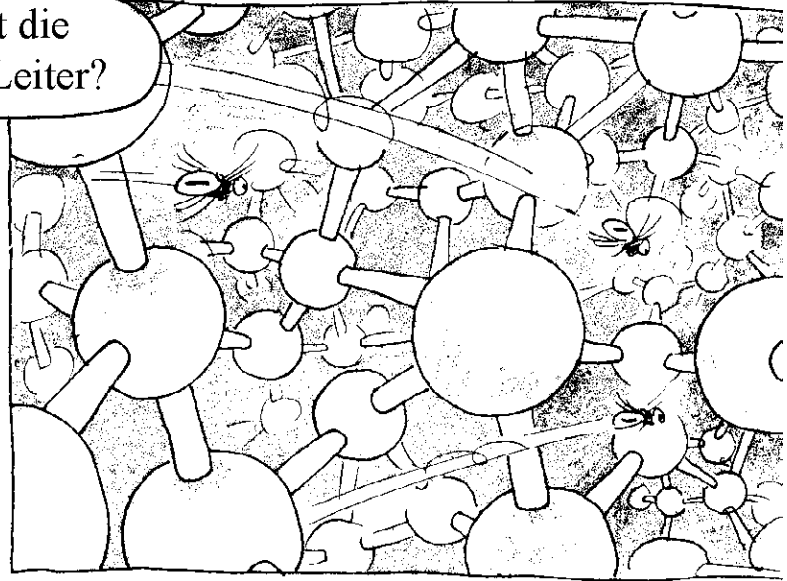
Wenn man die Länge des Schlauchs verdoppelt, wird der Durchfluss durch 2 geteilt.

WIDERSTAND

Sophie, welche Art Reibung begrenzt die Geschwindigkeit der Elektronen im Leiter?



Ein Kupferdraht ist keine hohle Röhre!



Die Atome eines Metalles sind fest und bilden eine Art Netz. Jedoch gibt es bei jeder Temperatur freie Elektronen, die sich in diesem Netz bewegen können. Die Zusammenstöße mit den Atomen behindern etwas das Vorankommen und so entsteht der ELEKTRISCHE WIDERSTAND.

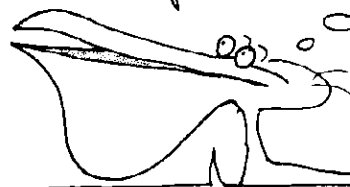
Warum wird das Metall heiß?



Die Zusammenstöße erschüttern die Struktur der Atome und diese Erschütterungen werden weitergegeben. Dies liegt dem Effekt der Wärmeleitung zu Grunde.

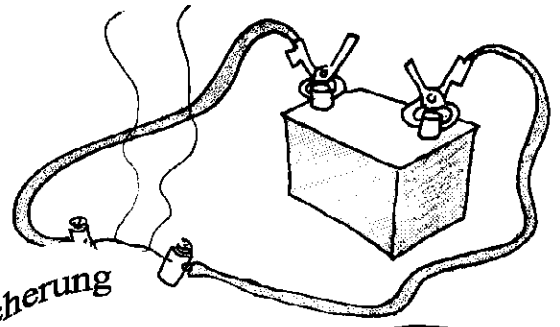
Ah ja.
Das nennt man auch den JOULE-EFFEKT.

Alles klar!



...aber das erklärt noch nicht, warum der Draht einer Lampe Licht abstrahlt!

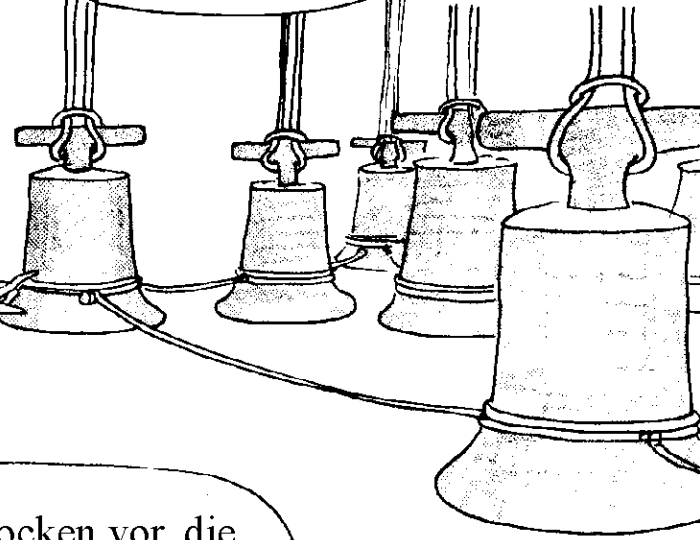
Diese Erschütterungen können sogar das metallische Netz zerstören. Dann gibt es eine Fusion.



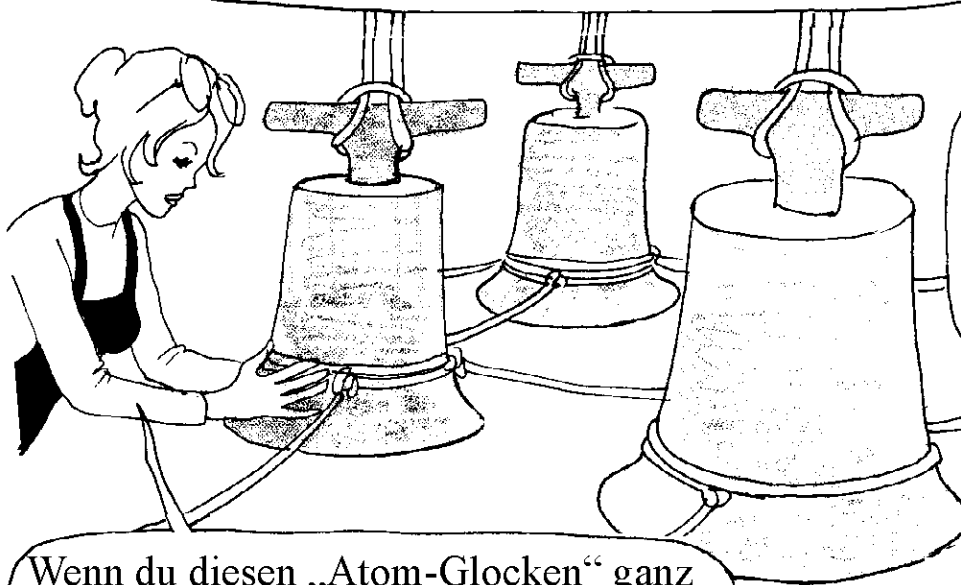
...und woher kommt das Licht?



hey, das fackelt ab!



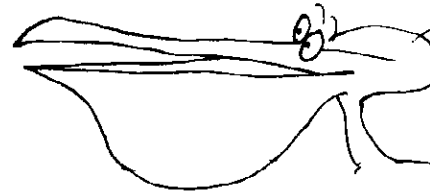
Stell dir jetzt die Atome als Glocken vor, die durch elastische Seile miteinander verbunden sind.



Das ist ein gutes Bild für die Wärmeleitung in einem Festkörper!



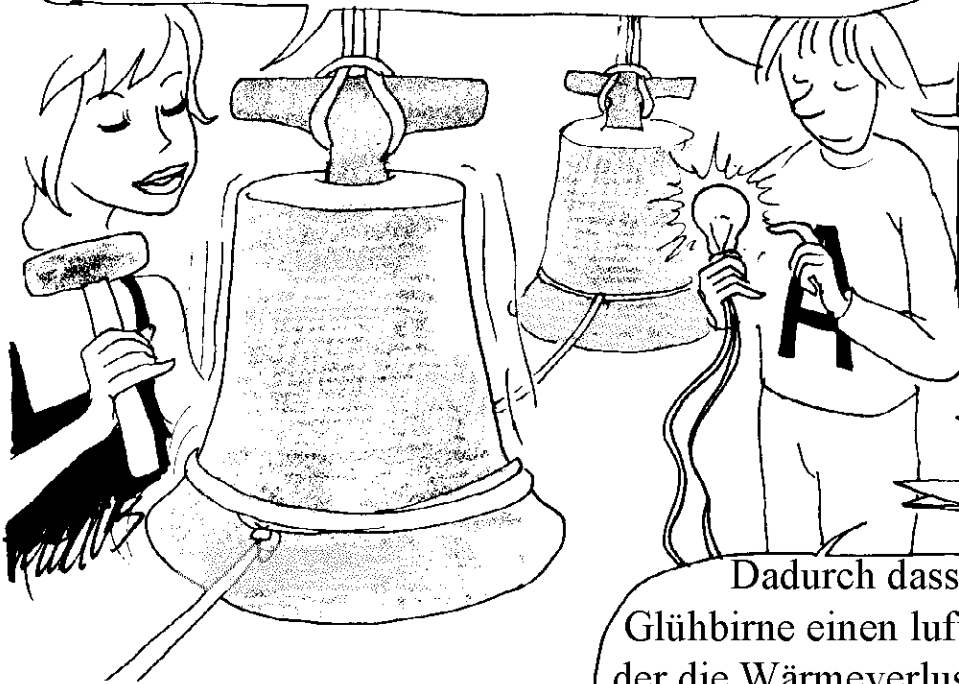
Wenn du diesen „Atom-Glocken“ ganz sanfte Stöße gibst, werden diese von einer zur nächsten an die ganze Struktur weitergegeben - durch die verbindenden elastischen Seile.



DAS GLÜHEN

Aber wenn der Stoß zu hart ist oder wenn eine zu große Anzahl Stöße auftreffen, gibt die Glocke die Energie ab, indem sie Schallwellen aussendet.

Verstanden. Auf die gleiche Art geben die Atome des Drahts ihre Lichtenergie ab einer bestimmten Temperatur ab, um überschüssige Energie abzuleiten, die das Phänomen der Wärmeleitung nicht mehr „beseitigen“ kann.



Dadurch dass man in der Glühbirne einen luftleeren Raum hat, der die Wärmeverluste durch Wärmeleitung auf ein Minimum reduziert, wird das noch verstärkt.

Die Ableitung der Energie durch Strahlung ist umso intensiver je höher die Temperatur des Festkörpers ist. Man benutzt daher als Glühdrähte Stoffe wie Wolfram, die hohe Temperaturen bis zu 3000°C aushalten, ohne zu schmelzen.

Es ist klar, dass die erhitzten Festkörper Strahlung aussenden. Aber warum wird das Eisen **ROT**?



Weil es eine niedrigere Temperatur hat als der Draht der Lampe. Dieses Bügeleisen gibt auch Strahlung ab!

Halte deinen Kopf in den Topf mit Chromboden. Du wirst merken, dass er die Strahlung, die deine Haut aussendet, reflektiert.

Aha. Ich fühle es!

Du sendest auch Strahlung aus!

Strahle ich auch ?

Wissen Sie, mein lieber Tiresias, als Kaltblüter dürften Sie nicht sehr viel abstrahlen!

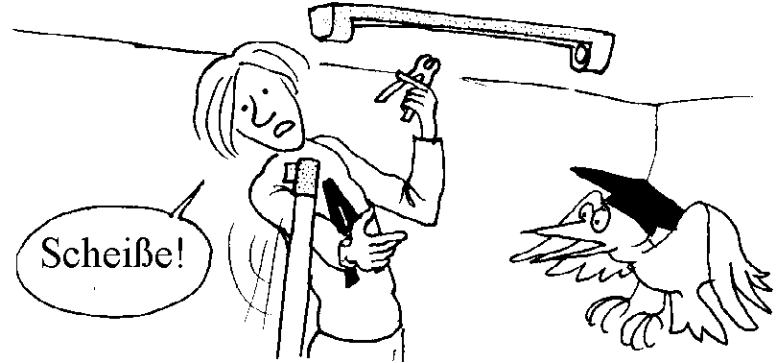
Tatsächlich ist der einzige Moment, wo die Atome eines Feststoffes aufhören, zu vibrieren und Strahlung zu emittieren, der, wo die Temperatur bei ABSOLUT NULL ist, also in einem Zustand minimaler Energie

Gut, jetzt wissen wir alles über die Glühlampe, ich glaube wir sind fertig mit dem Enthüllen der Geheimnisse dieses bescheidenen Hauses.



Anselm, die Neonröhre in der Küche ist gerade durchgebrannt. Kannst du sie ersetzen?

DIE NEONRÖHRE



Scheiße!



So was?!

Es ist kein Draht in der Röhre!

Nicht nötig!

Die Neonatome, die die Röhre füllen, geben die Energie vom Einschlag der Elektronen, die sich im Innern herumbewegen, in Form von Strahlungsenergie ab.

Klar doch. Gas, Feuer, Sonne... Was glaubst du denn, wie das funktioniert?



Die Atome eines Gases können Licht aussenden?



Ja, aber sicher!



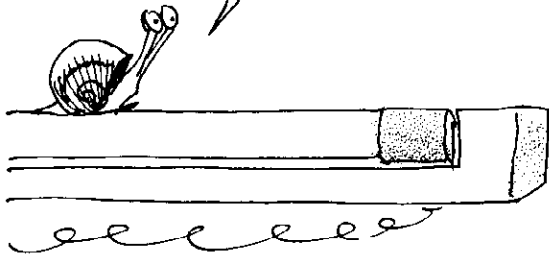
In einem heißen Gas bewegen sich die Moleküle unheimlich schnell hin- und her (WÄRMEBEWEGUNG), was Kollisionen und so die Lichtemission verursacht.



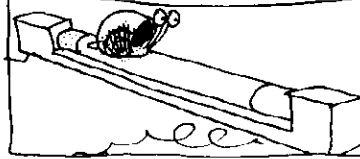
Gut. Das wird so kompliziert nicht sein. Man legt eine Spannung an. Der Strom fließt. Das Gas erhitzt sich und sendet Licht aus.



Es gibt nur ein Problem, Anselm... Das Ganze klappt, obwohl die Röhre kalt ist.



Du hast echt! Irgendwas habe ich übersehen...

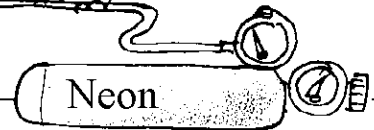
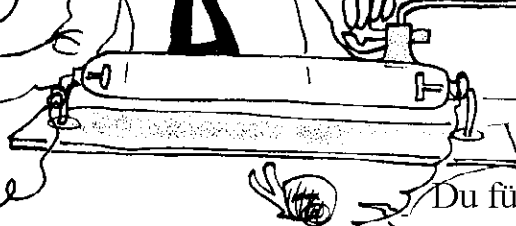
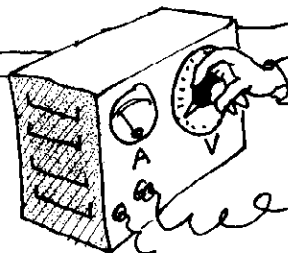


ELEKTRISCHE LEITUNG

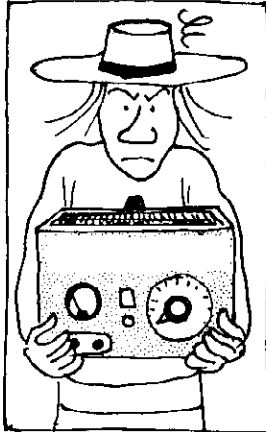
In diesen Fällen hilft ein Experiment oft weiter. Füllen wir Neon in eine Röhre, an den beiden Enden habe ich Elektroden angebracht und sie an einen Generator angeschlossen.



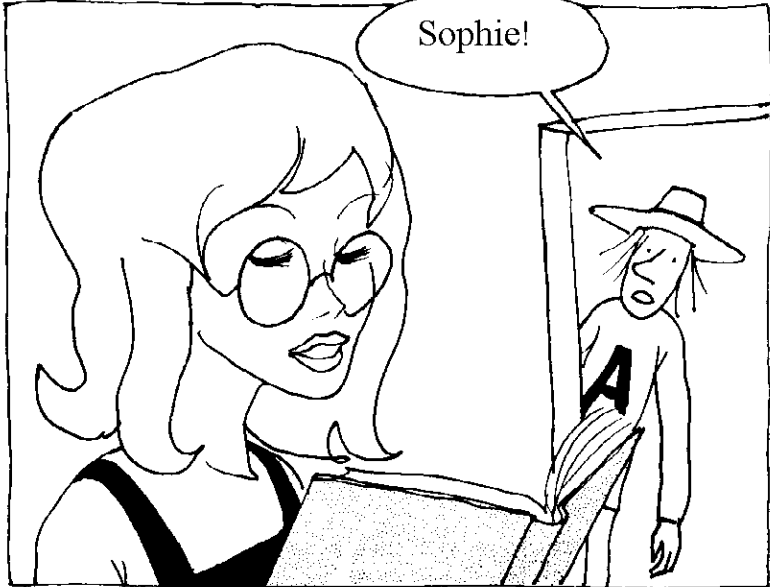
Ich liebe Experimente...



Du füllst sie mit Neon unter normalem Luftdruck.

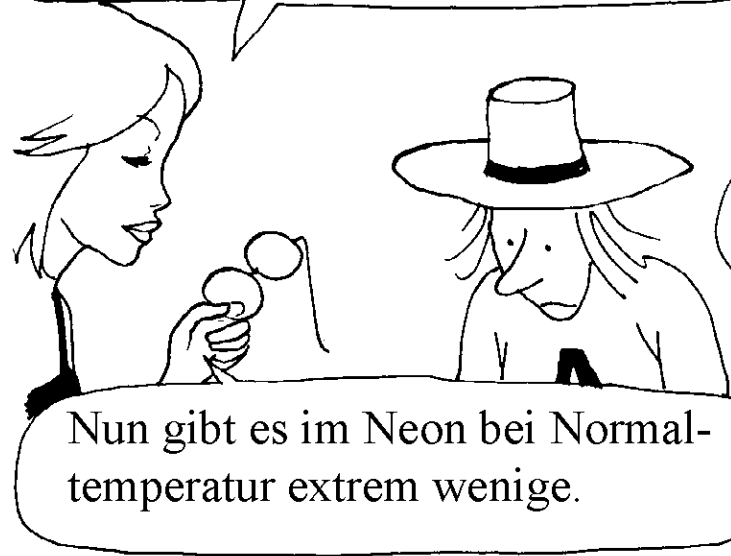


Aber in der Neonröhre in der Küche entsteht ein Ampère bei zweihundertzwanzig Volt!

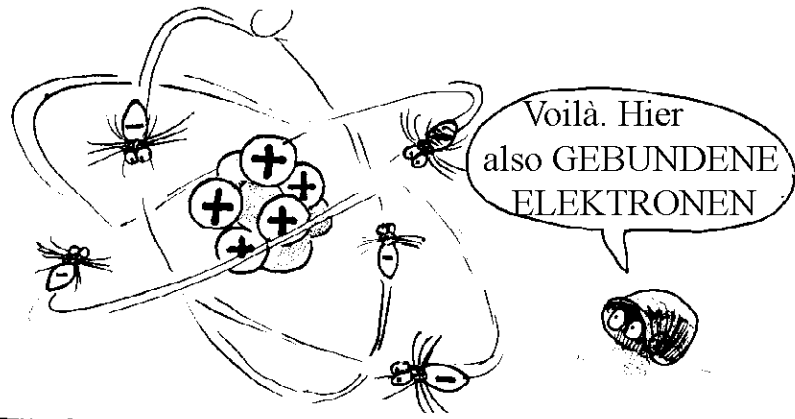
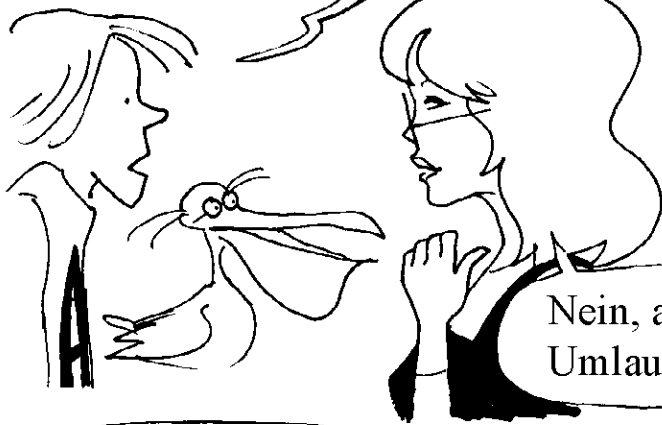


In einem LEITER entsteht elektrischer Strom durch die Bewegung FREIER ELEKTRONEN

Und warum fließt Strom durch ein Metall?



Du willst mir erzählen, es gibt keine Elektronen in kalten Gasen?

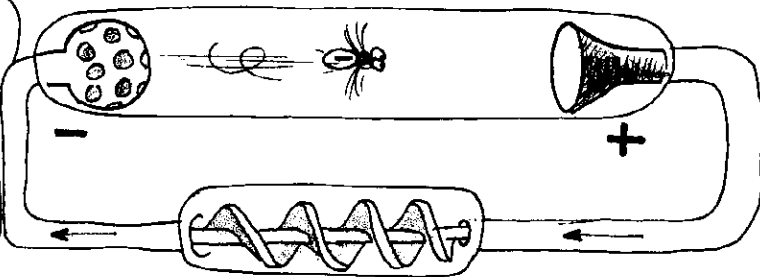


Voilà. Hier also GEBUNDENE ELEKTRONEN

Nein, aber sie sind alle damit beschäftigt, auf ihrer Umlaufbahn um die Atome zu kreisen.

Was lässt die Elektronen zirkulieren?

Sie werden von dem GENERATOR in Bewegung gebracht, der als Pumpe dient.



Gut, und wo ist das Problem?

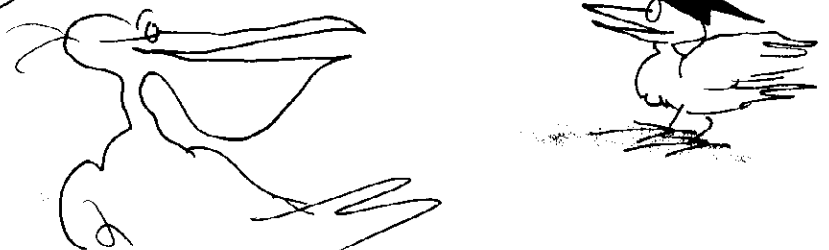
Klasse, es klappt!

Tiresias, mach dich ab!

Aua!

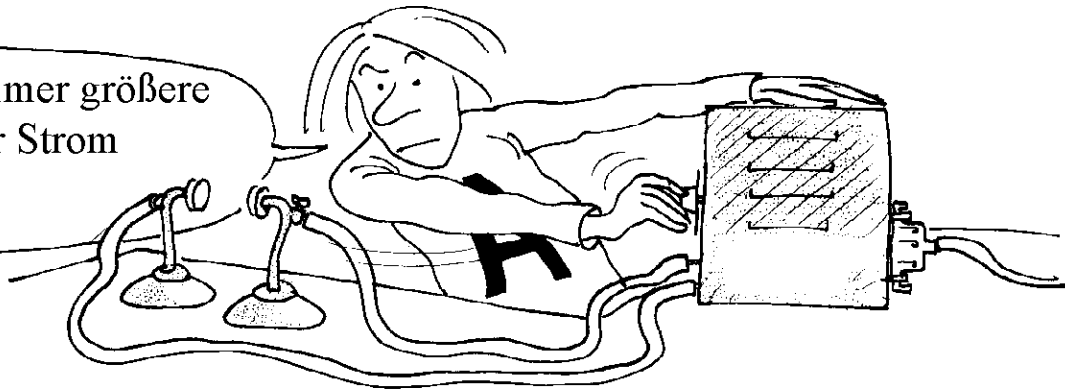
Anselm hat seine ELEKTRONENPUMPE gefunden

Es ist ein Stromgenerator mit Hochspannung!

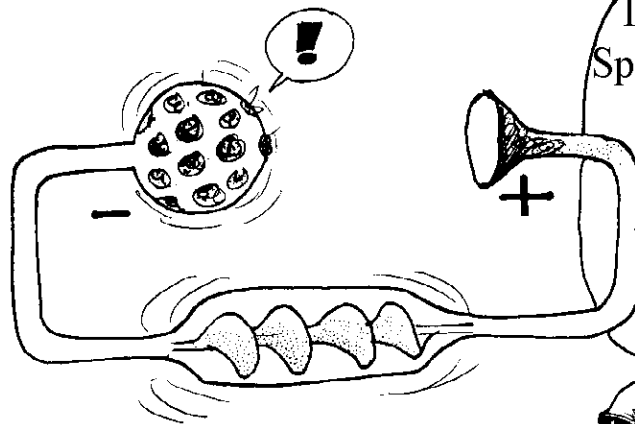


DER ELEKTRISCHE BOGEN

Komisch. Ich lege immer größere Spannungen an und der Strom fließt nicht...

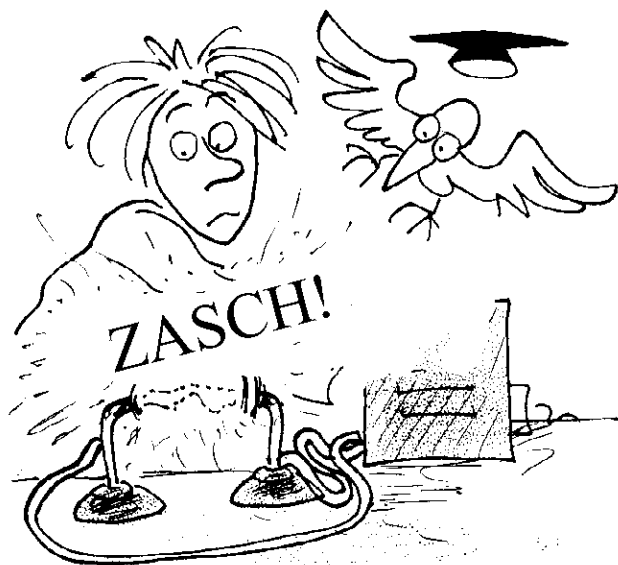
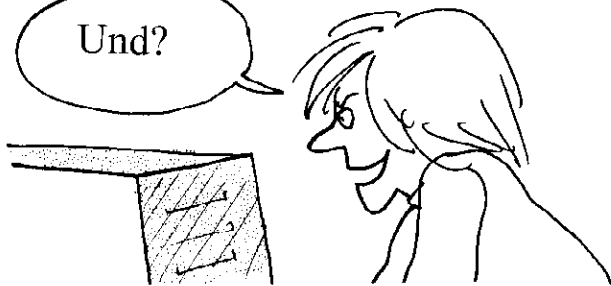


zwanzigtausend Volt...
dreißigtausend...



Indem er die Spannung des Generators erhöht, lässt Anselm den „elektrischen Druck“ in der Kathode steigen.

Und?



Darf man wissen, was passiert ist?

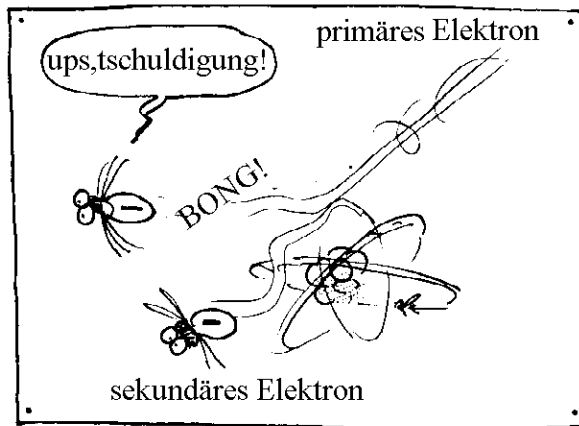
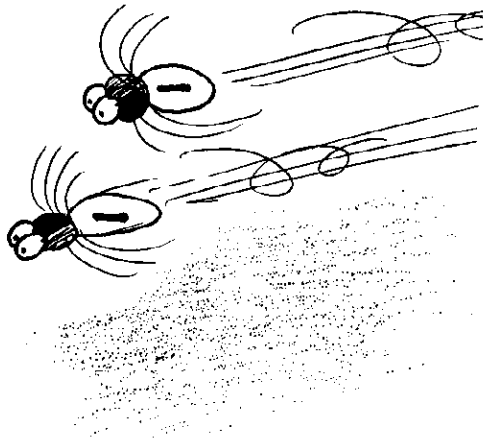


Alles in Ordnung?

Vorbei! Ihr könnt wieder herkommen!

ELEKTRONENLAWINE

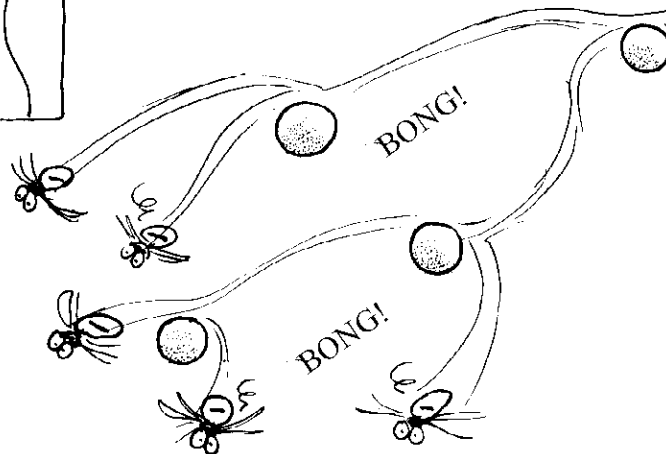
Ein elektrischer Generator lässt zwischen den Elektroden eine ELEKTROMOTORISCHE KRAFT entstehen, die die freien ELEktronen bewegt. Selbst in Gasen bei Zimmertemperatur gibt es eine kleine Anzahl Elektronen, die mit Gewalt von der Kathode zur Anode gezogen werden. Diese Elektronen, man sagt primäre Elektronen, beschleunigen zwischen zwei Zusammenstößen mit Atomen. Dabei laden sie sich so sehr mit (kinetischer) Energie auf, dass sie andere Elektronen von Atomen wegreißen können und diese dann ebenfalls zu freien Elektronen machen



Jedes abgerissene Elektron wird auch zu einem freien Elektron, das dann sogleich beschleunigt.

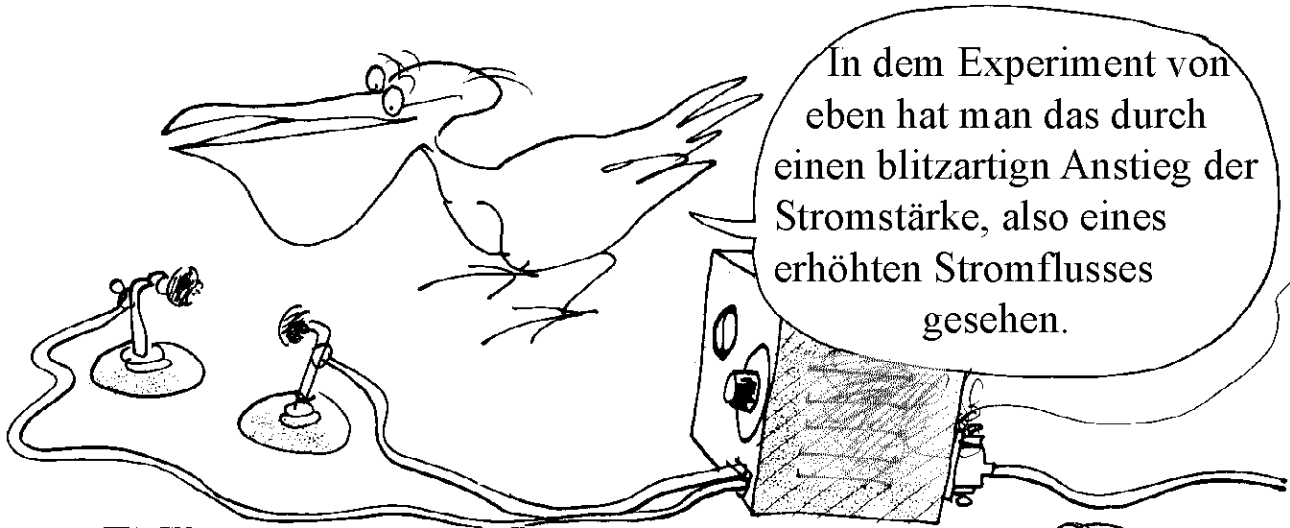


Jedes ursprüngliche, primäre Elektron kann eine sehr große Anzahl sekundärer Elektronen entstehen lassen.



Das nennt man eine
ELEKTRONEN-
LAWINE

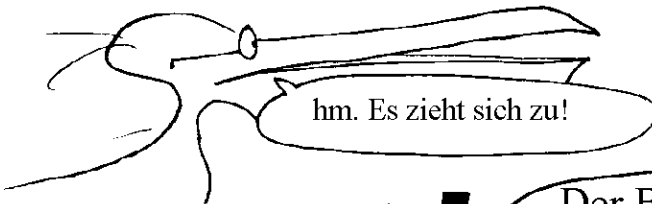




In dem Experiment von eben hat man das durch einen blitzartigen Anstieg der Stromstärke, also eines erhöhten Stromflusses gesehen.

Anders gesagt, das Gas, das sich zwischen den Elektroden befindet, ist plötzlich sehr leitend geworden. Im Generator hat es einen Kurzschluss gegeben.

In der Luft gibt es diesen Einschlag, wenn bei normalem Luftdruck die Potenzialdifferenz 30 000 Volt pro Zentimeter erreicht.

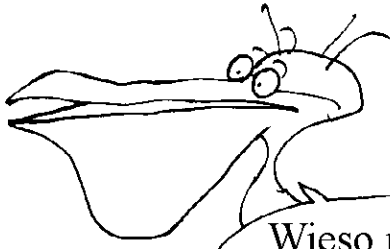


hm. Es zieht sich zu!



BUMM !

Der BLITZ ist ein elektrischer Bogen, der nur dann entsteht, wenn die Potenzialdifferenz zwischen Wolke und Bogen die Einschlagsschwelle überschreitet.



Wieso macht Elektrizität so einen Krach?



Im elektrischen Bogen gibt es eine starke Entladung, was zu einer Schockwelle führt.

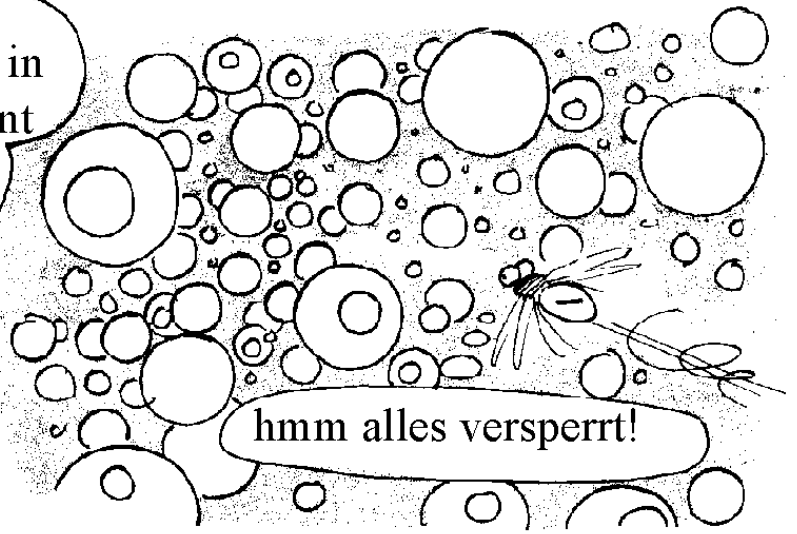


Das löst weder mein Problem, noch erklärt es mir, warum in der Röhre in der Küche Strom fließt.

Es bleibt ein Geheimnis!

MITTLERE FREIE WEGLÄNGE

Schaun wir mal. Die Elektronenlawine entsteht, wenn ein Elektron in Abhängigkeit zur zurückgelegten Entfernung genug Energie auf seinem Weg aufnimmt.



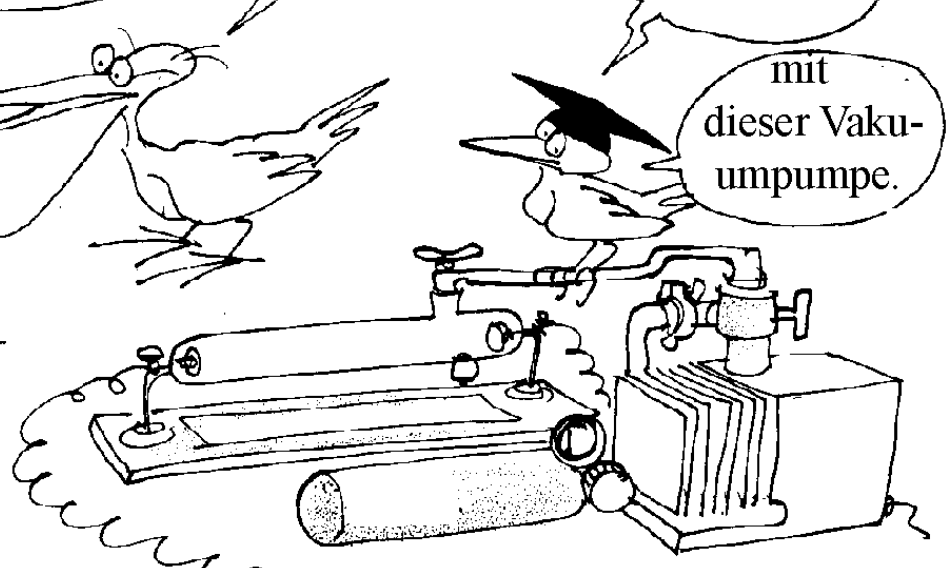
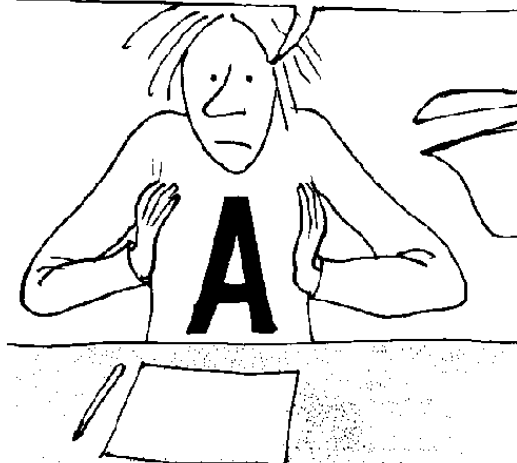
Das ist die MITTLERE
FREIE WEGLÄNGE

Es scheint mir, dass, wenn ich die mittlere freie Weglänge des Elektrons steigere, es über einen längeren Zeitraum beschleunigt und mehr Energie bekommt.

Aber wie verlängert man die freie Weglänge?

Einfach. Du verminderst die Dichte des Gases.

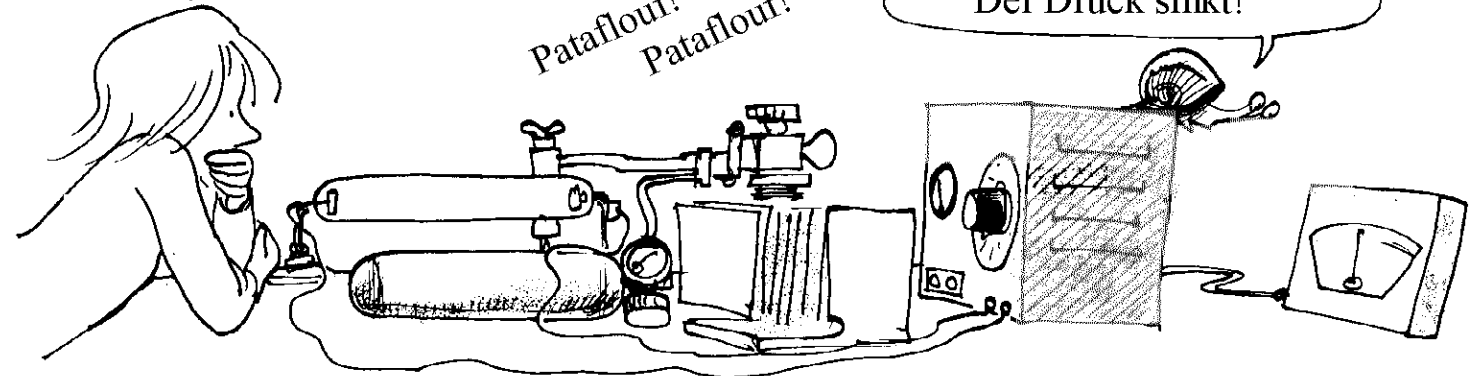
mit dieser Vakuumpumpe.



Ichpumpe mit zweihundert Volt.

Pataflouf!
Pataflouf!

Der Druck sinkt!

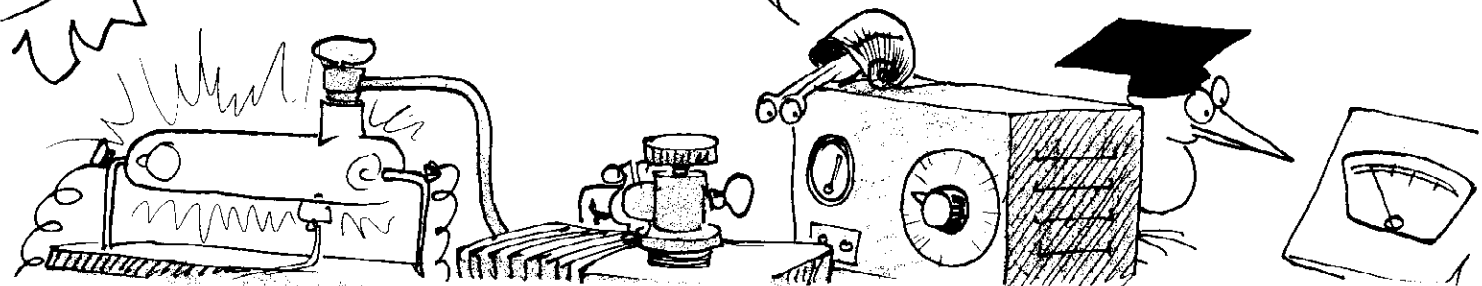


Juchu!!

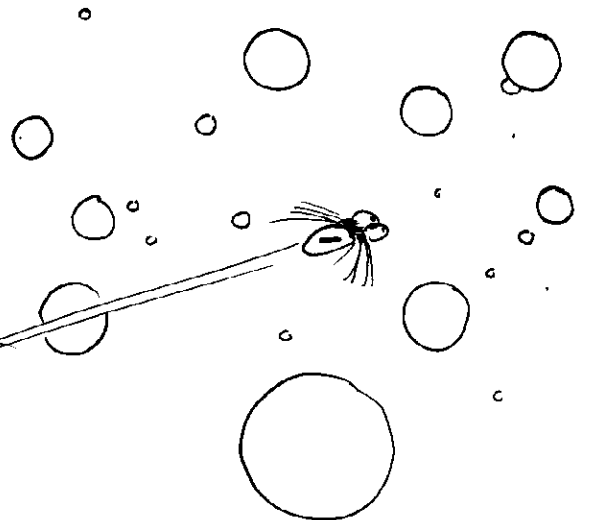
Sophie, die Röhre geht an!

Der Druck ist auf ein Zehntausendstel des Luftdrucks gefallen.

Der Strom fließt!



Mit einem so niedrigen Druck und einer so niedrigen Dichte reicht eine Spannung von zweihundert Volt aus, um an dieser fünfzig Zentimeter langen Röhre eine Elektronenlawine auszulösen.



IONISIERUNG ENTIONISIERUNG

In dieser...Lawine von der Sie gesprochen haben werden ständig frei bewegliche Elektronen hergestellt. Aber...wenn sich die Entladungszeit verlängert, gibt es nicht am Ende nur noch freie Elektronen?

Leon, jedes Elektron, das ein Atom verlässt, hinterlässt eine positive Ladung. Dieses zurückgebliebene Atom, was nun geladen ist, nennt man Ion.

Alle Atome werden ionisiert?

Nein!

Aber Ladungen mit unterschiedlichen Vorzeichen ziehen sich doch an, oder?!

Richtig, die Elektronen versuchen auch ständig zu den Atomen zurückzukehren und sie zu neutralisieren. Das nennt man das Phänomen der Entionisierung.

Wohingegen die Entstehung freier Elektronen Ionisierung heißt.

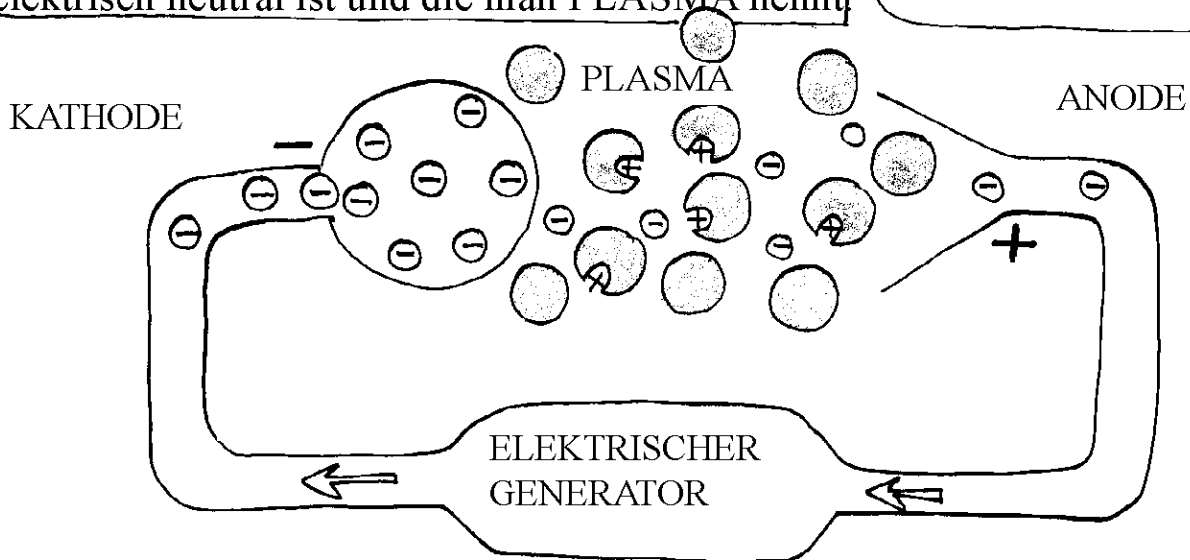
Bei der Entionisierung wird ein eventueller Überfluss an kinetischer Energie in Form von Strahlung abgegeben, was zur Lichtemission des Gases führt.

DAS PLASMA

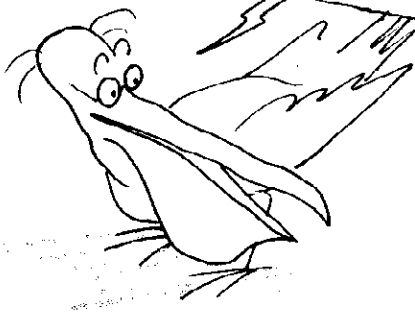
Zusammenfassung : Eine Elektronenpumpe, die man auch elektrischen Generator nennt, reichert eine Kathode mit Elektronen an. Diese kathodische Ladung übt sich auf die Elektronen eines Gases aus, indem sie sie beschleunigt und so ständig freie Elektronen erzeugt - durch den Effekt der Elektronenlawine. Wenn sich Ionisierung und Entionisierung ausgleichen, bekommt man eine Mischung aus Elektronen, Ionen und Atomen, die elektrisch neutral ist und die man PLASMA nennt.



Der Strom fließt. Die Elektronen werden von der Kathode ausgesendet und von der Anode eingesammelt



So was aber auch! Wenn ich eine Neonröhre anmache, stelle ich ein Plasma her!



Es ist schon verrückt, was es so alles in einem Haus gibt.

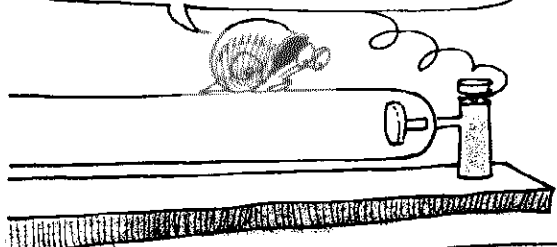


Ein Plasma ?!



Eine angeschaltete Neonröhre enthält auch ein Plasma. Max behauptet, dass die Sonne auch ein Plasma sei, eine große Kugel aus ionisiertem Gas. Aber warum ist sie heiß, während das Plasma in der Neonröhre kalt bleibt?

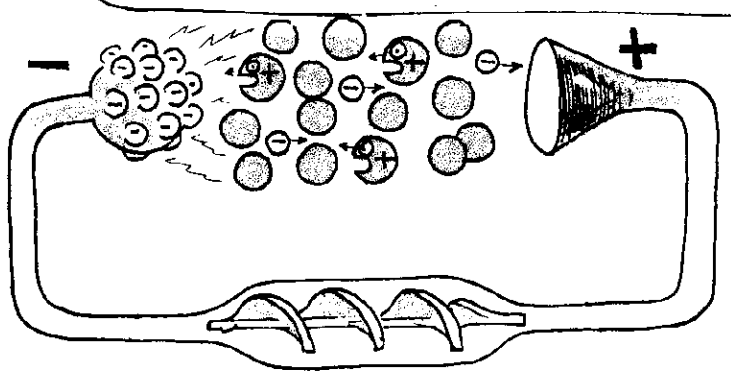
In diesem „kalten“ Plasma sind es die Elektronenschocks auf den Atomen, die die Ionisierung verursachen, während es bei der Sonne die Zusammenstöße der Atome miteinander sind. Diese bewegen sich also selbst sehr schnell, was bedeutet, dass das Gas heiß ist.



In der Neonröhre handelt es sich um eine NICHTthermische Ionisierung.

Aber im Plasma gibt es zwei Arten Ladungen : Elektronen und Ionen. Im Prinzip wirkt sich auf beide eine elektrische Kraft aus, nicht?

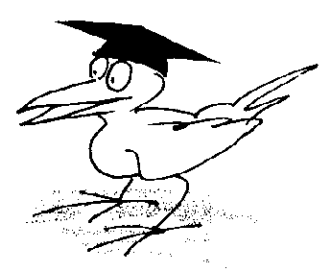
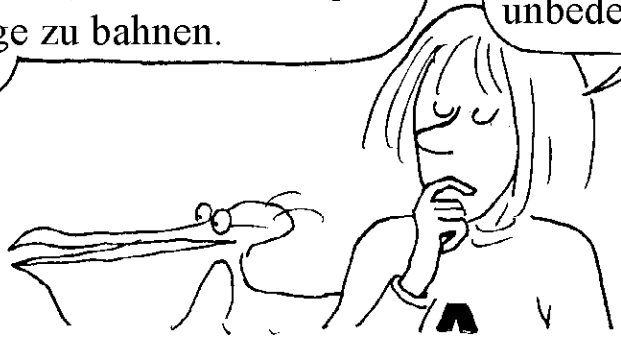
Genau. das elektrische Feld der Röhre, welches die Elektronen in Bewegung setzt, zieht die Elektronen in die eine Richtung und die Ionen in die andere.



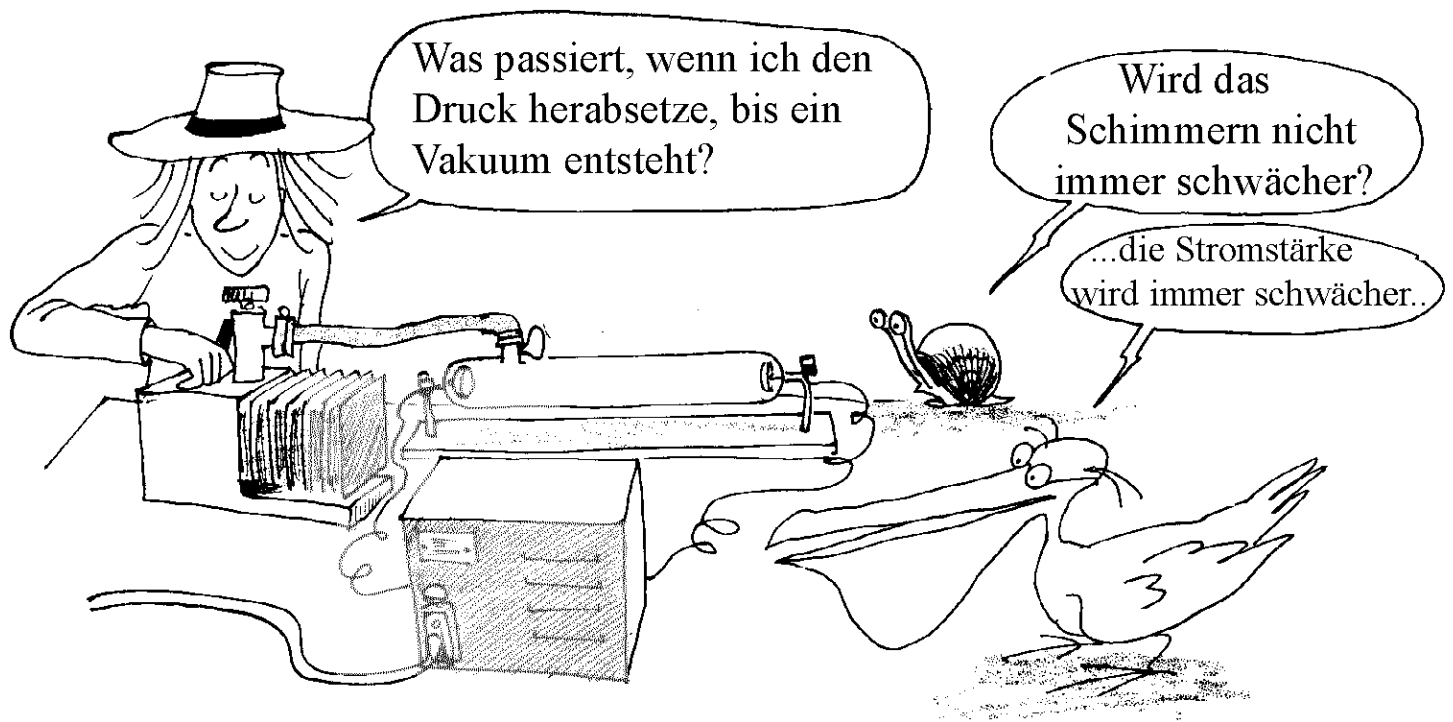
Das Feld entsteht wegen der Anhäufung der Elektronen an der Kathode aufgrund des „elektrischen Drucks“.

Die Zusammenstöße mit neutralen Atomen bremsen die Weitergabe der Ladungen. Nur die Elektronen, leicht und beweglich, schaffen es, sich einen Weg durch's Gedränge zu bahnen.

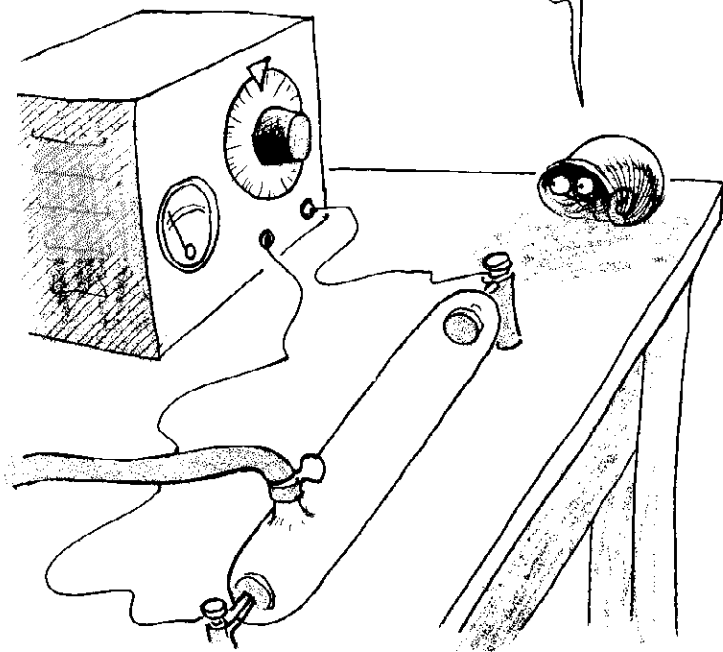
Was so viel heißt wie : In der Neonröhre bleibt der Ionenstrom gegenüber dem Elektronenstrom unbedeutend.



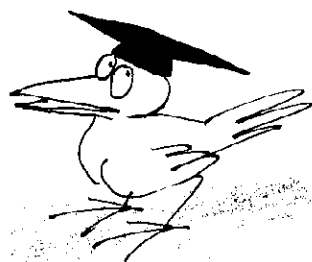
KATHODISCHE EMISSION

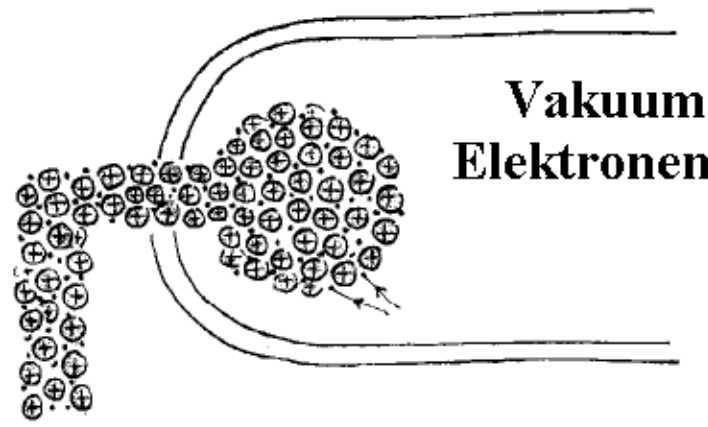


Ich versteh das nicht. Bei hohem Druck hat nichts funktioniert. Und dann, bei niedrigerem Druck hat's geklappt. Aber jetzt, wenn man den Druck weiter mindert, sinkt der Strom jäh ab. Man würde meinen, es fiel der Kathode immer schwerer, ihre Elektronen abzugeben.



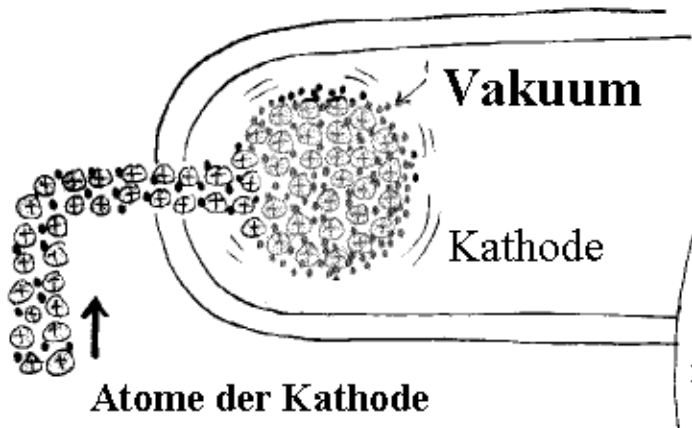
Warum?



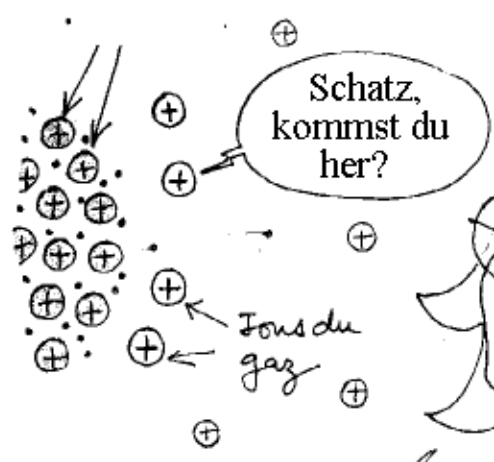


Vakuu Elektronen

Die Kathode ist ein Metallstück, das aus Atomkernen, die positiv geladen sind und Elektronen besteht.



Ein elektrischer Generator sammelt freie Elektronen des Metalls in der Kathode. Wenn aber nicht genug Spannung vorhanden ist, bleibt dieser elektronische Druck zu schwach, um den Elektronen ein Sichlösen von ihren Metallatomen zu erlauben.

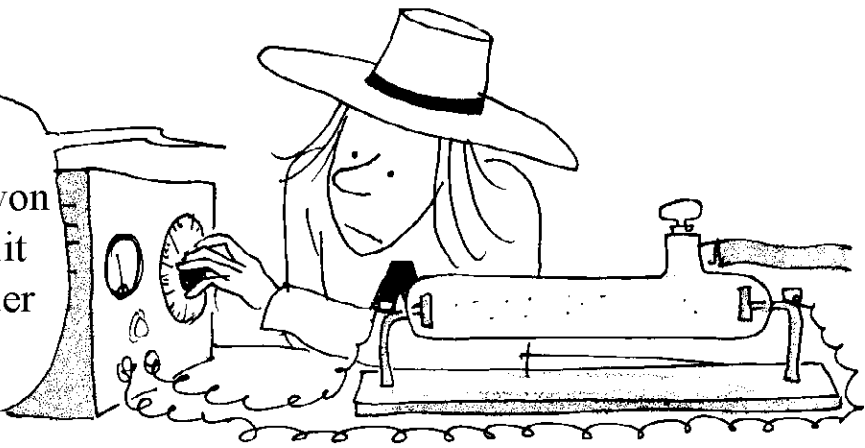


Allerdings gibt es auch Gasatome in Ionenform, welche die Ionenwanderung begünstigen.

Wenn aber die Dichte des Gases zu hoch ist, kann der Strom auch nicht fließen. Das bedeutet, es gibt einen optimalen Druck. (*)

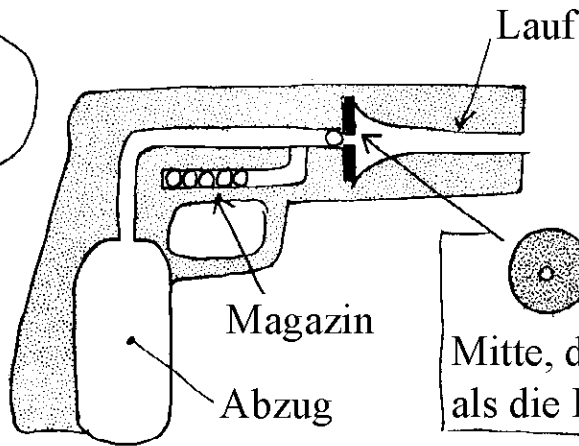
(*) Paschen-Minimum

Wenn in der Röhre ein Vakuum herrscht, muss man eine Spannung von mehreren tausend Volt anlegen, damit Elektronen in kleinen Paketen von der Kathode emittiert werden.



Diese Spannung hängt nicht vom Metall der Kathode ab.

Das ist eine alte Luftpistole



Kautschukhülle mit Loch in der Mitte, das leicht größer ist als die Bleikugel

Wenn man den Abzug drückt, verformt sich die Kautschukhülle und das Blei wird herausgeschleudert.



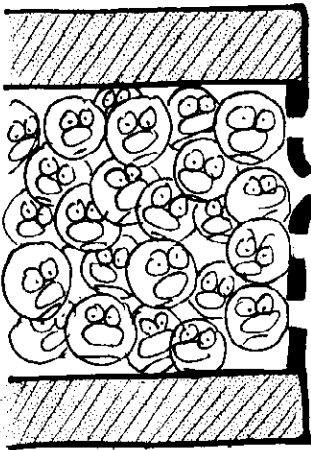
Flupp!

Flupp!

Wie wenn man Kirschkerne spuckt.

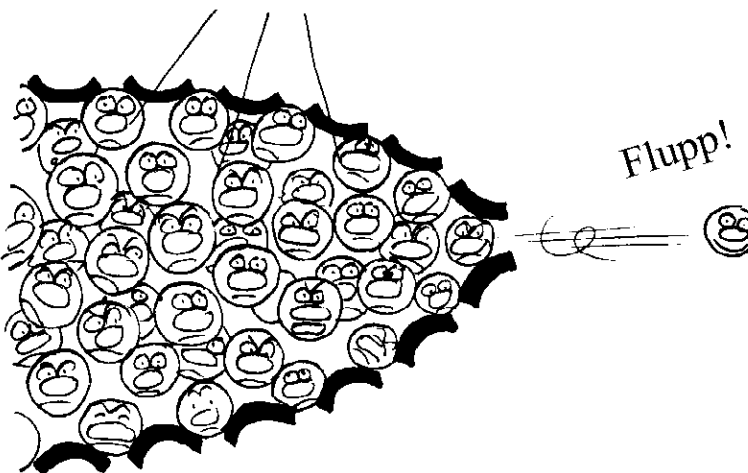
Achtung da!

Wenn eine Kathode emittiert, verhält sie sich wie ein Sieb mit ganz vielen kleinen Löchern, wo die Elektronen wie durch einen „elektronischen Druck“ herausgeschleudert werden.



DIE SPITZENWIRKUNG

Elektronen



Flupp!

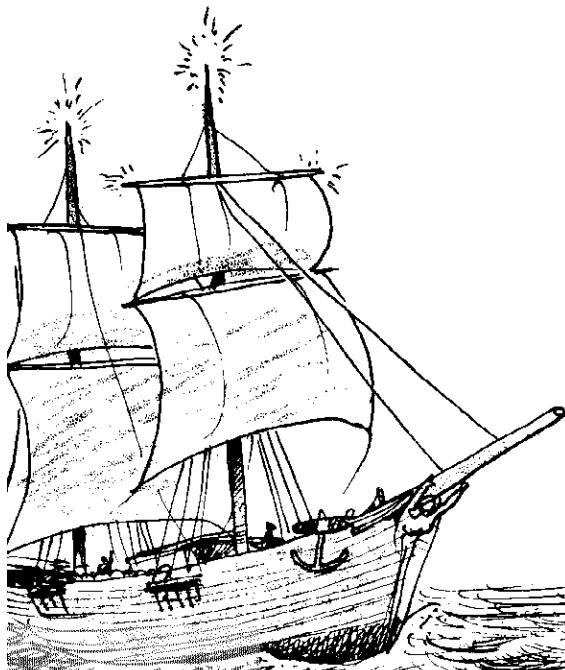
Die Murrel-Elektronen gelangen am einfachsten durch die elastische Wand, wo sie gekrümmt ist.



Wetterbedingt kann das auch im Meer, an den Spitzen von Masten und Rahen, ein Phänomen produzieren, das man ELMOSFEUER nennt.



Das erklärt auch, warum der Blitz bevorzugt in die Spitze von Blitzableitern einschlägt.



Elektronen

Kommen wir auf die Entladungen in den Vakuumröhren zurück.

Heizstrom der Kathode

Erhitzte Kathode

Man kann diese Emission stark erleichtern, indem man die Kathode erhitzt, zum Beispiel indem man ein klein wenig Strom zirkulieren lässt, wie hier mit einem zweiten Generator geringerer Spannung (eine einfache Batterie reicht aus)

Entladungsstrom der Röhre

• Thermische Emission
• der Elektronen im
• Vakuum

Haupt-„pumpe“ unter Hochspannung

Oha! Das ist merkwürdigerweise sehr effizient! Ich schaffe es, den Strom bei weniger als hundert Volt fließen zu lassen.

Sophie, das Ganze, was wir da machen, was ist das?

Das ganze Spiel mit den Elektronen...

Das heißt ELEKTRONIK!

Was nutzt einem die Elektronik?

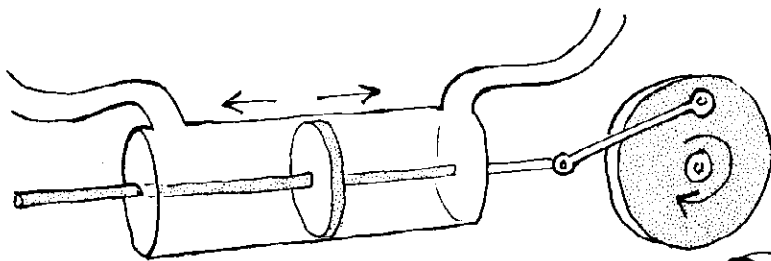
gewiss...

Hey Freunde, wartet!

Seit Beginn präsentiert man uns die elektrischen Generatoren wie eine Art Pumpe. Aber in diesem Haus ist das, was man macht, außer Fehlern, Wechselstrom.

Also, meine Süßen, ihr denkt, in so einem Haushalt sei alles offensichtlich?

WECHSELSTROM



Da haben wir also einen anderen Typ elektrischer Generatorpumpe, der auf wechselhafte Weise funktioniert.

Komische „Pumpe“ in der Tat, die abwechselnd anzieht und zurückweicht.

Versteh nix...

Also was denn, wo ist die Anode und wo die Kathode?

Die Elektroden erfüllen abwechselnd beide Rollen.

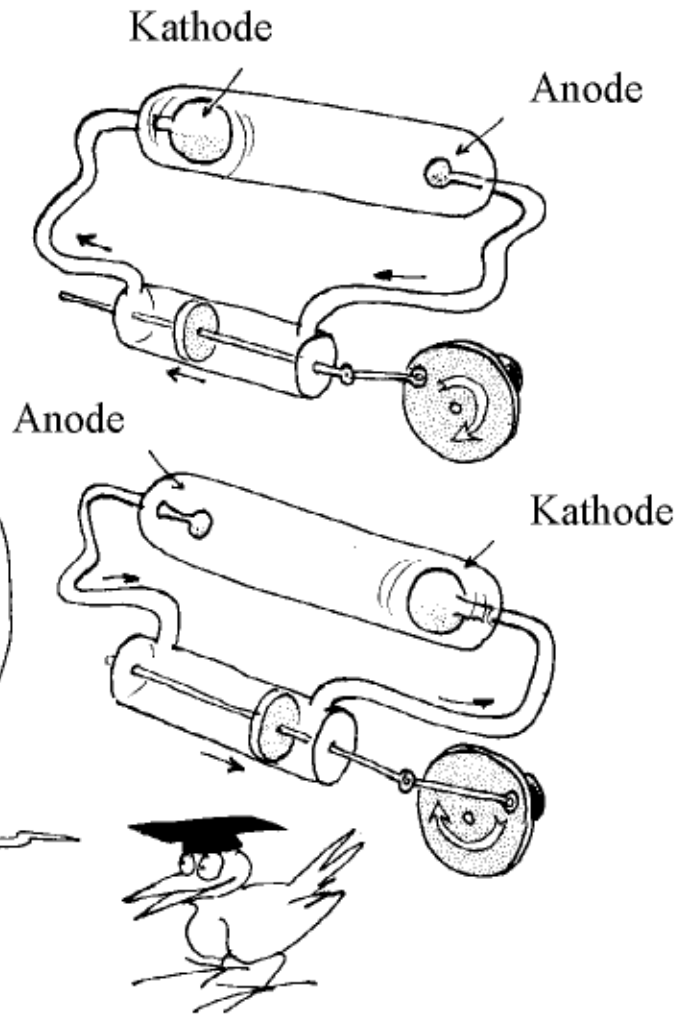
So was! Alles, was bisher gesagt wurde, ist immer noch gültig?

Die Elektronenlawine, die nicht-thermische Ionisierung und das ganze Zeug...

Hmm, logisch, ansonsten sehe ich nicht, wie die Neonröhre in der Küche mit 220 Volt Wechselstrom funktionieren könnte.

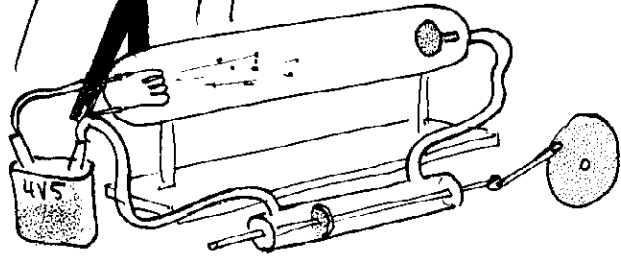
DIE DIODE

Aber was passiert, wenn ich Wechselstrom durch die Konstruktion von eben mit einer heißen und einer kalten Elektrode schicke?

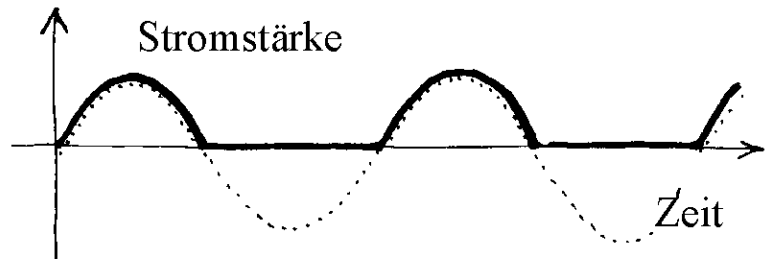




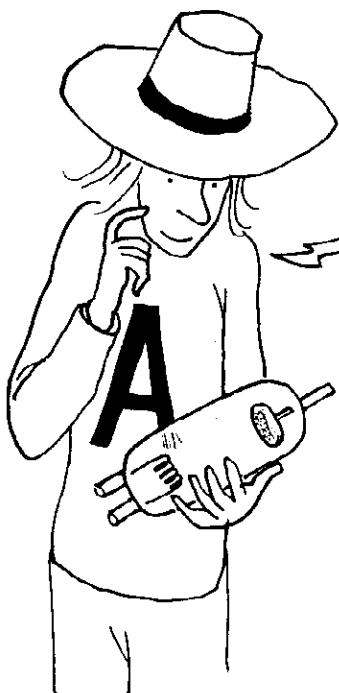
Wenn die heiße Elektrode als Kathode benutzt wird, emittiert sie.



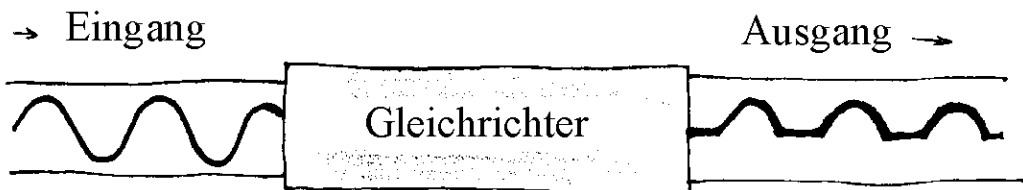
Aber wenn man die kalte Elektrode bittet, zu emittieren, weigert sie sich und der Strom kann nicht fließen. Anselm, du hast einen GLEICHRICHTER hergestellt.



Das Gestrichelte bildet den „elektronischen Druck“ ab, der sich in der heißen Kathode bildet und der dicke schwarze Strich steht für den Durchfluss der Elektronen der selben Kathode.



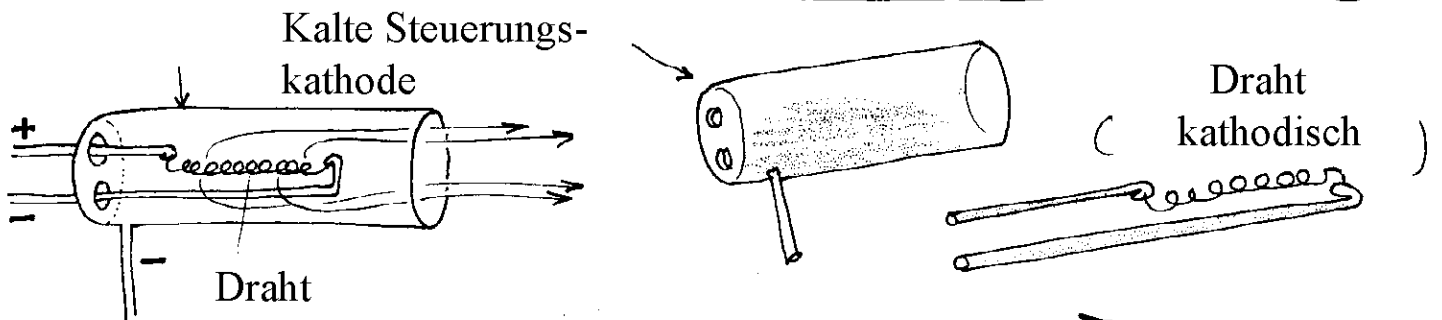
Ich weiß nicht, weshalb dieses Haus mit Wechselstrom versorgt wird, aber es ist klar, dass die Diode benutzt werden kann, um den Strom „gleichzurichten“, das heißt, um Wechselstrom in fast kontinuierlichen Strom umzuwandeln.



DAS ELEKTRONEN- GESCHÜTZ

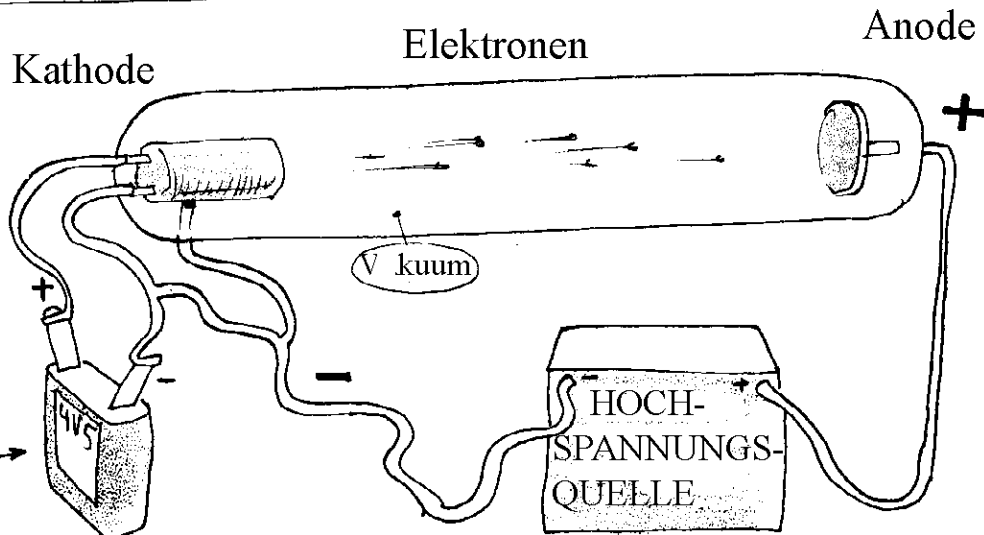
Es gibt insgesamt zwei Arten Kathoden und nur die warme Kathode kann Elektronen emittieren und Strom liefern. Die kalte Kathode trägt lediglich negative Ladungen.

Deine heiße Kathode emittiert Elektronen in alle Richtungen.



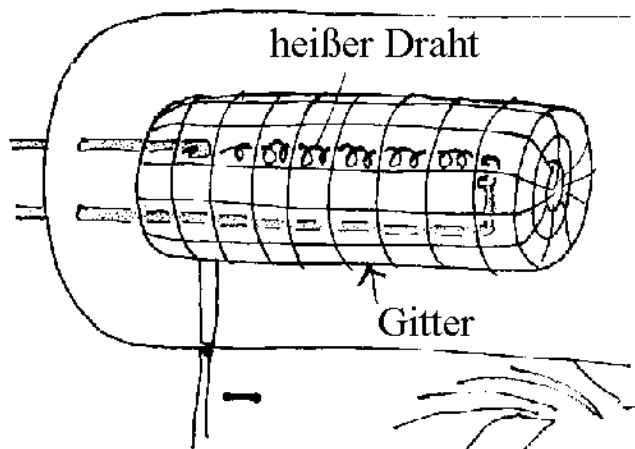
Mit dieser kalten Kathode (die unendlich viel Strom leiten kann) hat Anselm die Elektronen, die von der heißen Kathode emittiert wurden, gezwungen, in Richtung der Achse des Elektronengeschützes herauszuschießen, weil das der einzige Ausgang für sie ist.

Tataaa,
jetzt haben wir alles
in einer
Vakuumsröhre



Quelle niedriger Spannung, um die Heizung des Kathodendrahts zu sichern

DIE TRIODE



Sieh mal, ich habe meine heiße Kathode, meinen Elektronenemissionsdraht in eine Art Gitterkäfig gesperrt. Wenn dieser nicht geladen ist, können die Elektronen frei hindurch. Wenn er allerdings negativ geladen ist, stößt er die Elektronen ab, die sich vom Draht lösen wollen und sie kehren ins Innere zurück. Der Durchstrom ist gleich null.

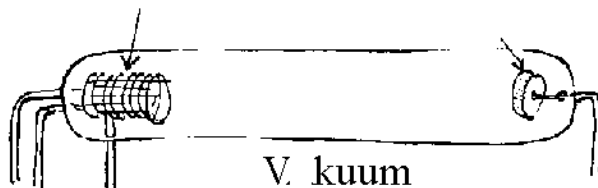
Du hast ein KONTROLLGITTER gebaut!

Wenn man nun die elektrische Ladung des Käfigs durch Veränderungen der Spannung variiert, kann man den Strom verändern wie man möchte und dabei nur ganz wenig Energie investieren.

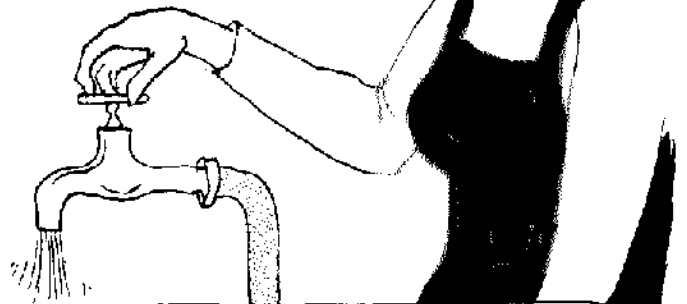


Draht im Gitter

Anode



Ah ja, genau wie wenn man einen Wasserhahn öffnet oder schließt.

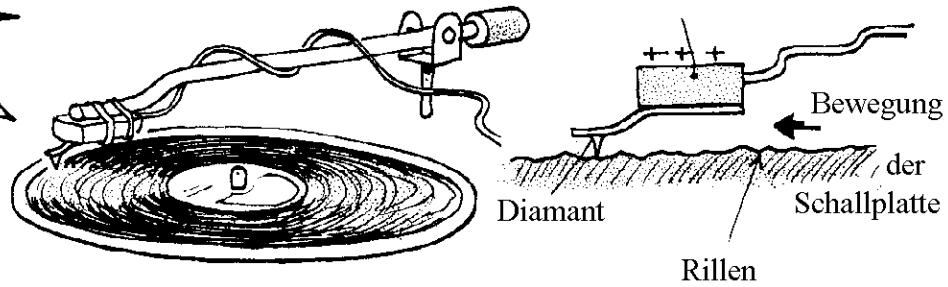


Die TRIODE, die drei Elektroden besitzt, ihre Anode, ihr Kathode und ihr Gitter ist die Basis der Stromverstärker.

Also, die Elektronik?!

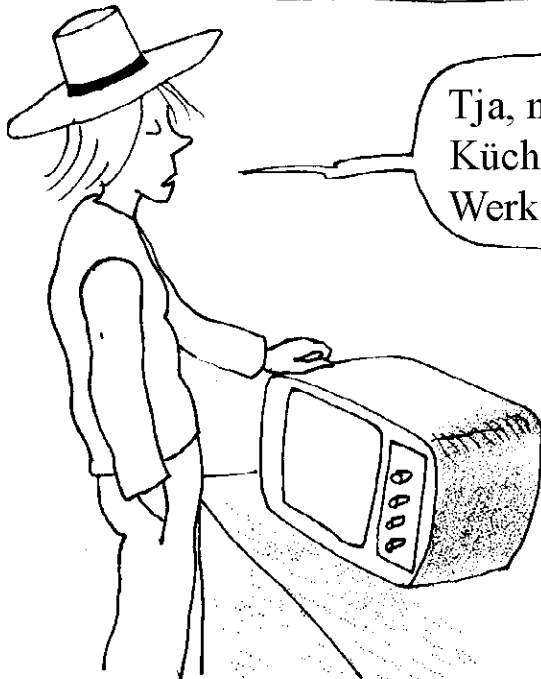


piezo-elektrischer Kristall



Der piezo-elektrische Kristall, eng am Diamant im Arm dieses Plattenspielers, nimmt die Impulse auf und gibt sie als schwache elektrische Stromstöße weiter. Der Strom wird umgeformt, nachdem er durch eine verstärkende Triode abgegeben wurde,

Tja, man ahnt nicht, welche komplexe Gesetze in einer Küche, in einem Bad oder in einem Wohnzimmer am Werk sind.



Man würde schon zögern, einen Toaster zu benutzen.

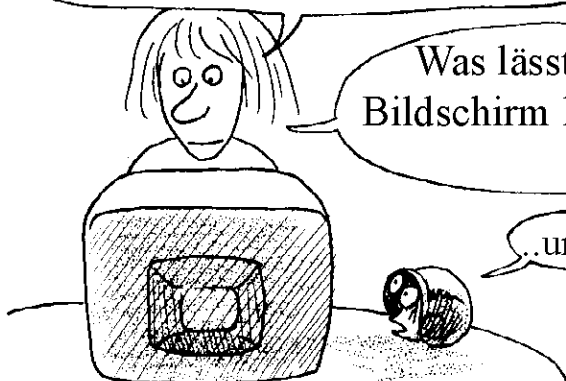


Und ein Fernseher, wie funktioniert der?

Was lässt den Bildschirm leuchten?

...und noch eine Frage!

Komme schon!



FLUORESZENZ

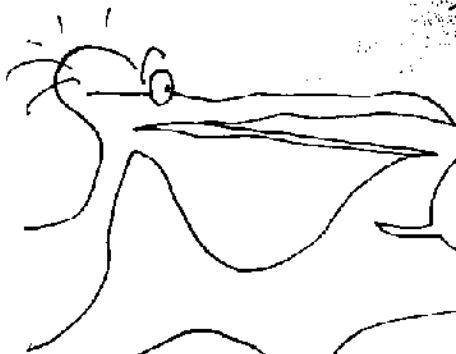


Einige Stoffe haben die Eigenschaft, Strahlung mit einer bestimmten Frequenz zu absorbieren und mit einer anderen Frequenz zu emittieren.

Ach ja, das FLUORESCEIN absorbiert das weiße Licht, das eine Mischung aus allen Farben des Prismas ist und emittiert grünes Licht.



Nylon absorbiert ultraviolett und emittiert blau. Das habe ich in einer Disko gesehen. Die Leute hatten ganz strahlende Hemdkrägen.



Was, Tiresias, Sie frequentieren Diskotheken??



Die Neonröhre ist mit einem Stoff ausgekleidet, der umgekehrt reagiert wie das Fluorescein. Er absorbiert das blaue Licht, das vom Neon emittiert wird und emittiert dafür Weißlicht.



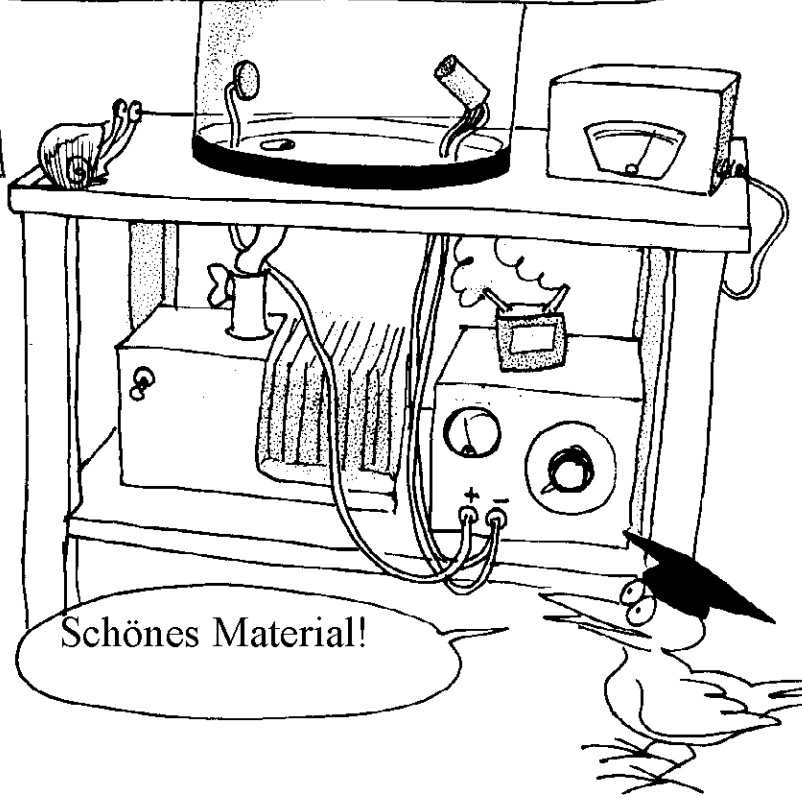
Ich habe eine Vakuumschale gefunden. Die ist besser, um Experimente zu machen als die Gasröhre.





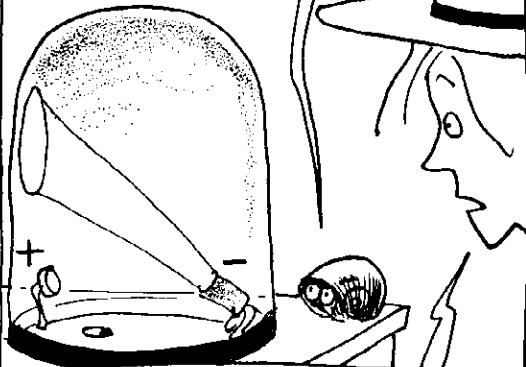
Ich habe eine Messerspitze fluoreszenten Stoff auf die Innenwand der Glocke aufgetragen. Die Pumpe ist darunter.

Ich sehe die Schießkathode und die Sammelanode.



Schönes Material!

Man stellt ein Vakuum her...und dann?

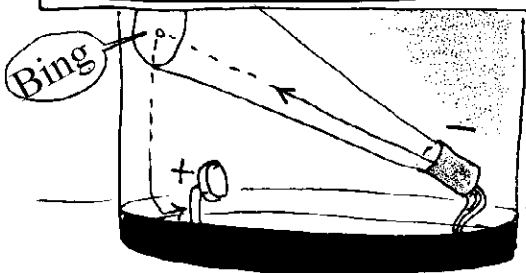


Erinnere dich an die Bleipistole von eben. Die Kathode schleudert die Elektronen mit einer Geschwindigkeit, einer kinetischen Energie m heraus, gegenüber welcher die Anziehungskraft der Anode sehr gering ist.

Die Elektronen sehen so aus, als würden sie sich über die Position der Anode lustig machen.

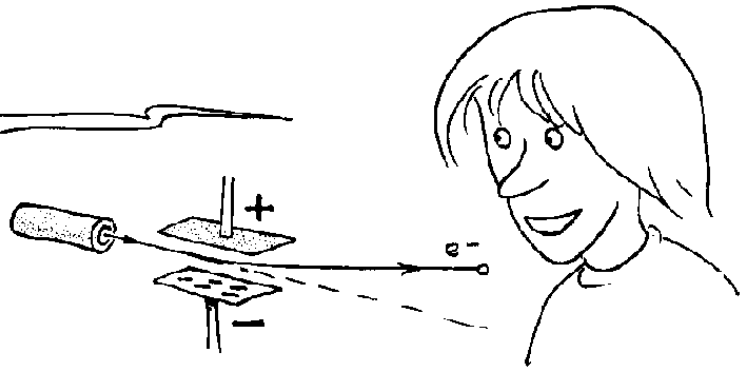


Aber am Ende werden doch die Elektronen von der Anode eingesammelt?!



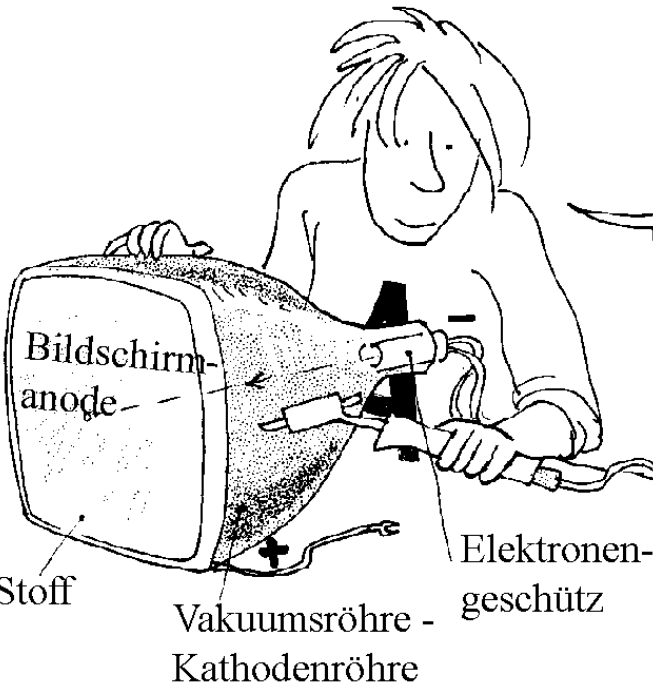
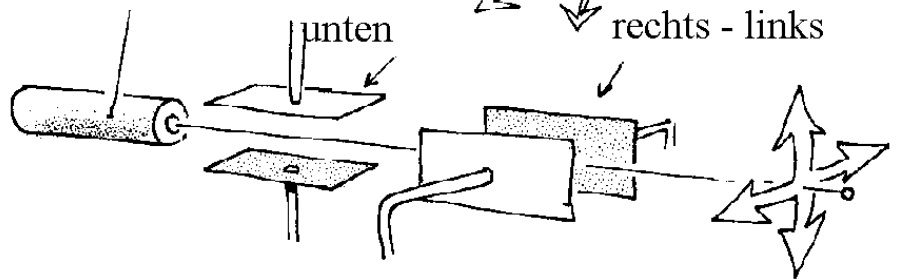
Sie fließen langsam auf sie zu, nachdem sie ihre Energie beim Anstoßen an das Glas verloren haben.

In dem Elektronengeschütz konnte ich die Elektronen kanalisieren, die von dem Draht emittiert wurden. In den kalten Kathoden kann ich nun ein ganzes Elektronenbündel ablenken wie ich will.

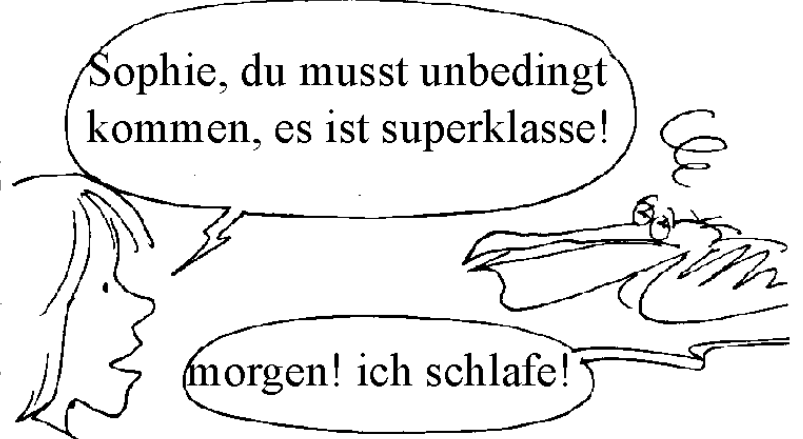
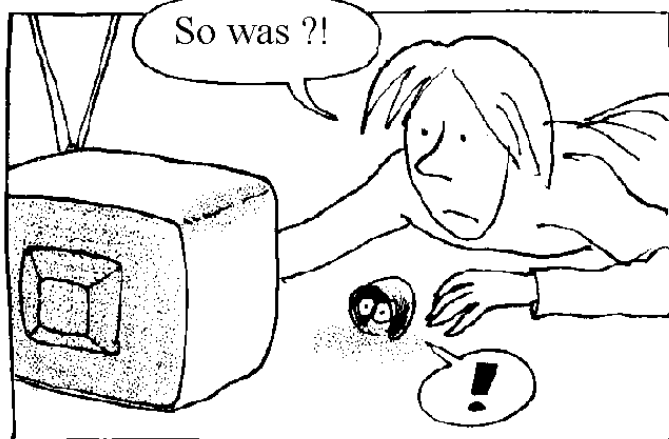


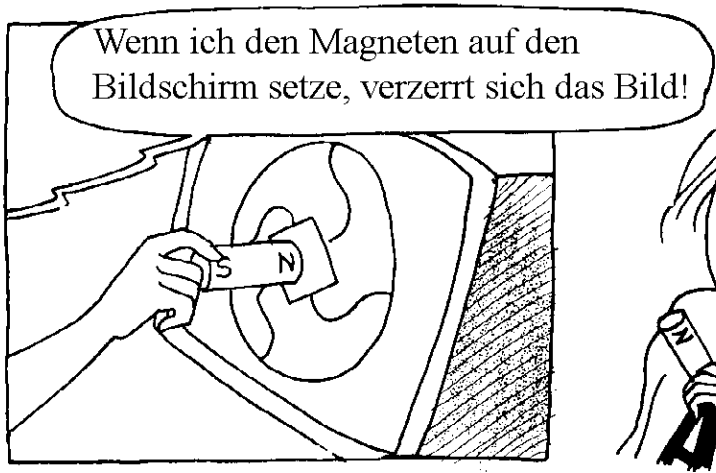
Mit zwei verschiedenen Elektrodenspielen bekommt man komplette Kontrolle über das Elektronenbündel.

Elektronengeschütz

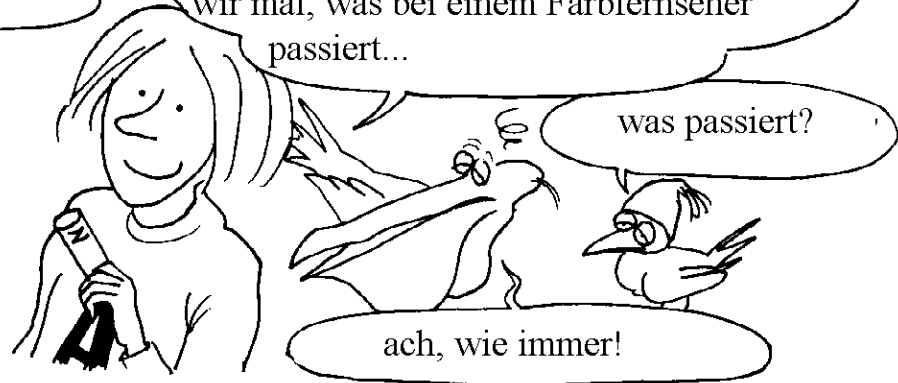


Ich habe den Fernseher so verändert, dass er die Geometrie der Vakuums-glocke besitzt.

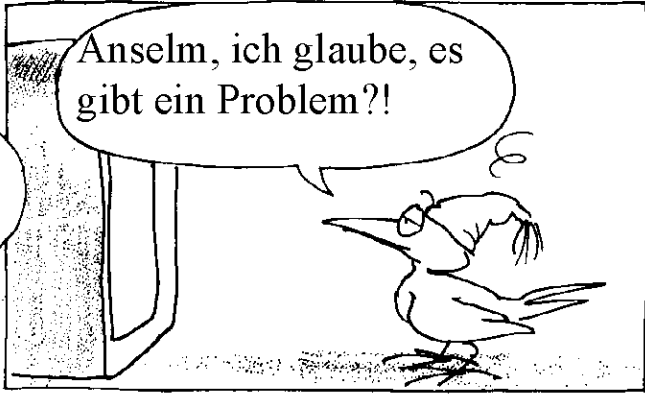
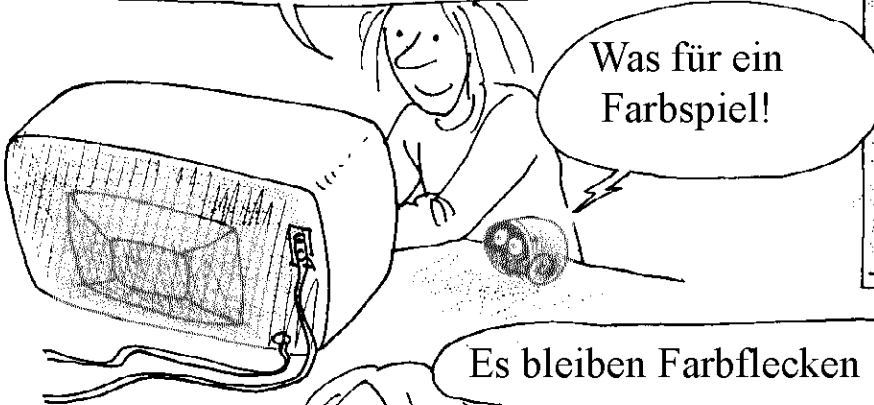




Das ist der schwarz-weiß Fernseher. Schauen wir mal, was bei einem Farbfernseher passiert...



Das gibt klasse Störungen!



Es bleiben Farbflecken auf dem Bildschirm!



Das erinnert mich an unsere Chemieversuche auf dem Teppich im Wohnzimmer!

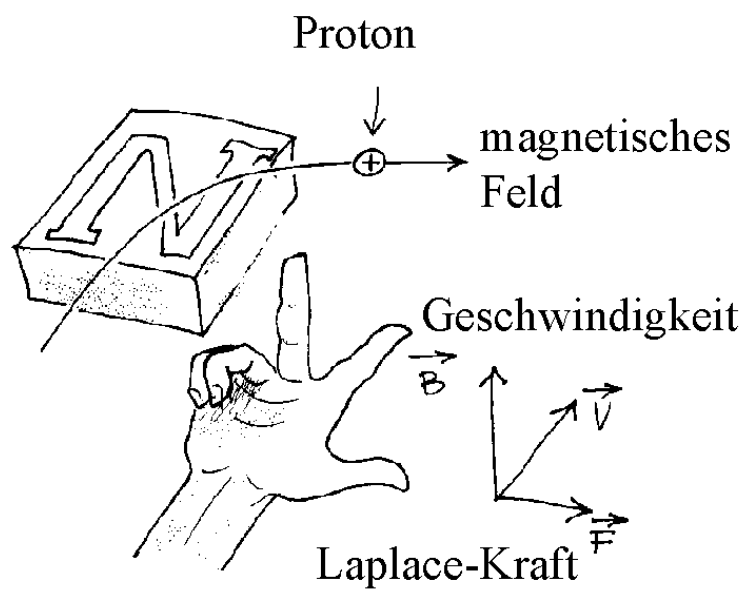
Bringt nichts, die Flecken entfernen zu wollen. Sie sind INNEN!

Ich glaube, heute waren die Götter der Wissenschaft gegen uns!



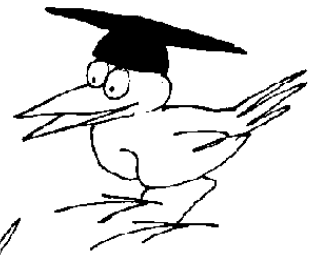
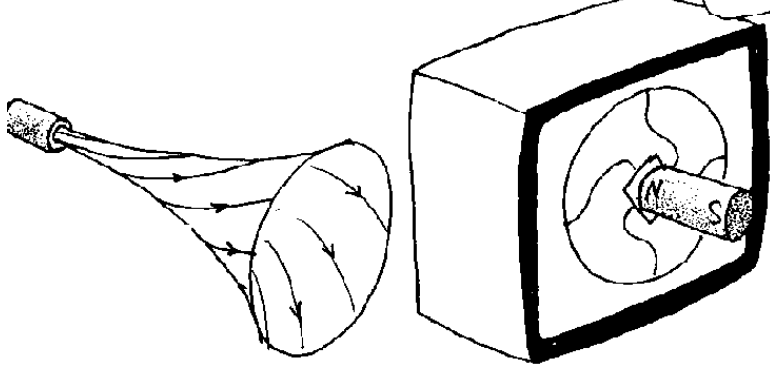
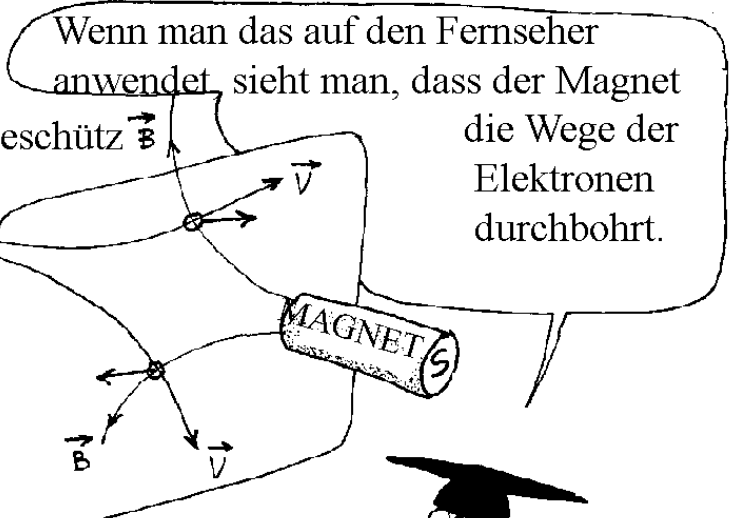
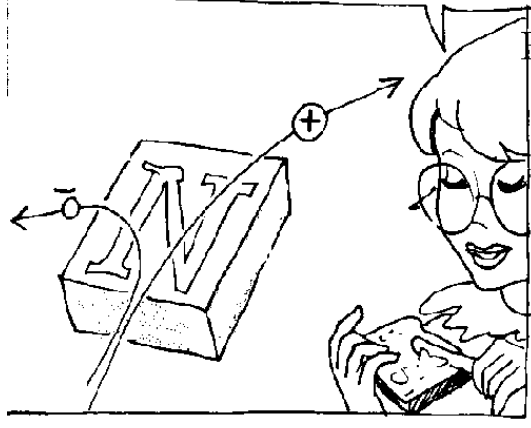
DIE LAPLACE-KRAFT

Das ist einfach: Jedes geladene Teilchen, das sich fortbewegt und die Kraftlinien eines magnetischen Feldes schneidet, erfährt eine Kraft, die der DREIFINGERREGEL entspricht.

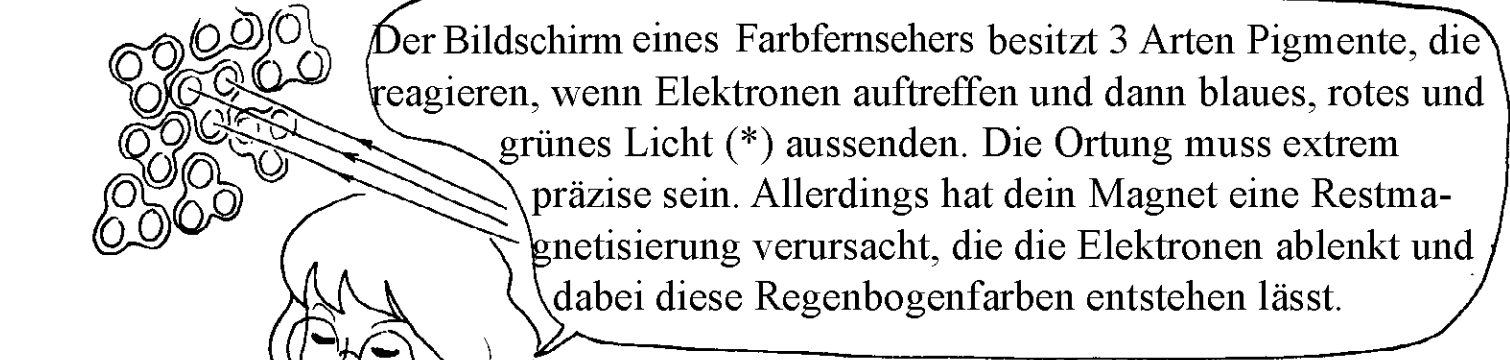


Ja, aber wenn es um negativ geladene Elektronen geht?

dann ändert die Kraft ihre Richtung



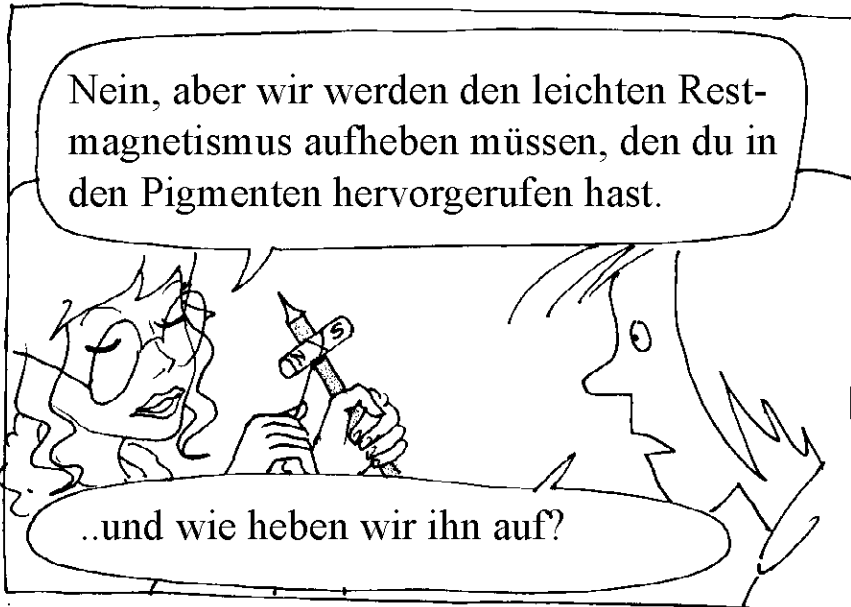
Woher kommt die Verwirbelung des Bildes?



Der Bildschirm eines Farbfernsehers besitzt 3 Arten Pigmente, die reagieren, wenn Elektronen auftreffen und dann blaues, rotes und grünes Licht (*) aussenden. Die Ortung muss extrem präzise sein. Allerdings hat dein Magnet eine Restmagnetisierung verursacht, die die Elektronen ablenkt und dabei diese Regenbogenfarben entstehen lässt.



Also, willst du mir sagen, die Röhre ist kaputt?



Nein, aber wir werden den leichten Restmagnetismus aufheben müssen, den du in den Pigmenten hervorgerufen hast.

..und wie heben wir ihn auf?



Um Gottes Willen, was macht sie denn da?

Sophie stellt ein variables Magnetfeld her, das sie verändert indem sie den Bleistift langsam entfernt. Da haben wir's doch!



Das Phänomen wird später erklärt.
Die Direktion

(*)

Wenn man sie kombiniert, erhält man alle Farben des Regenbogens.

Ok, gut, der Bildschirm ist sauber, aber ich weiß immer noch nicht wie die elektrische Energie zu uns nach Hause kommt - noch wie ein einfacher Mixer funktioniert.



Rate mal. Du hast alles dazu im Haus.



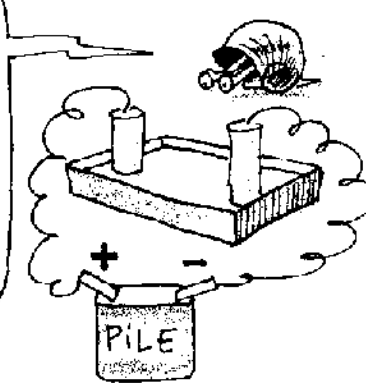
Die ist vielleicht gut! Was hab ich hier? Magneten, elektrische Kabel, Salz, Wasser. Es gibt noch nicht mal etwas, um eine Batterie zu bauen.



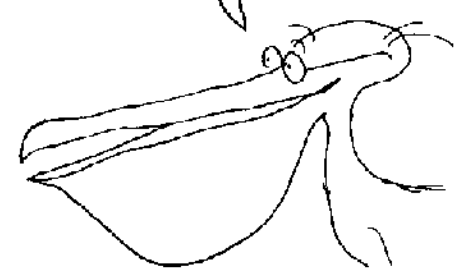
Fließt eigentlich Strom durch Flüssigkeiten?

ELEKTROLYTE

Gut. In Metallen gibt es jede Menge Elektronen, die sich vor allem bewegen wollen. Um den Strom fließen zu lassen, wird das Gas zum Plasma. Und wie steht es mit den Flüssigkeiten?



Ich nehme an, da gibt es auch freie Elektronen!?



Wenn man Küchensalz (Natriumchlorid, NaCl) in Wasser löst, verteilen sich die Elektronen in der Flüssigkeit, das Chlor schnappt sich ein Elektron vom Natrium. Dieses Chlorion, Cl⁻ wandert zur Anode, während das Na⁺ ion zur Kathode wandert.



Die Richtung

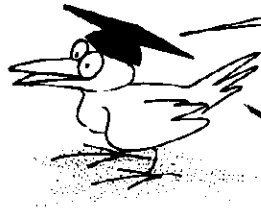
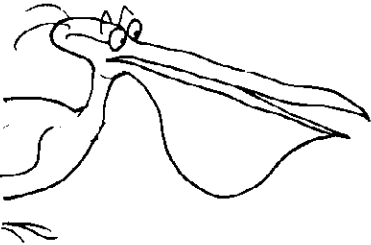
Kurz gesagt, in Flüssigkeiten fließt der Strom nicht aufgrund einer Bewegung freier Elektronen wie in Metallen, aber es gibt einen IONENTRANSPORT.



Was passiert mit den Ionen?
Dringen sie in die Elektroden ein?

Nein, das Chlorion überlässt sein Elektron der Anode und ein anderes Elektron, das von der Kathode kommt, neutralisiert das Natriumion.

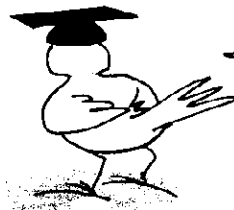
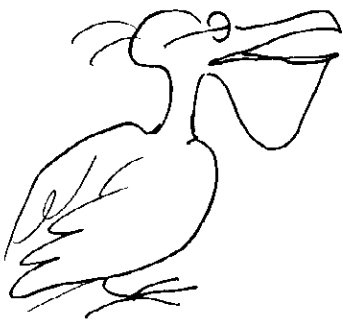
Das wär dann alles...



Und was macht eigentlich Lanturlu in der Zeit?

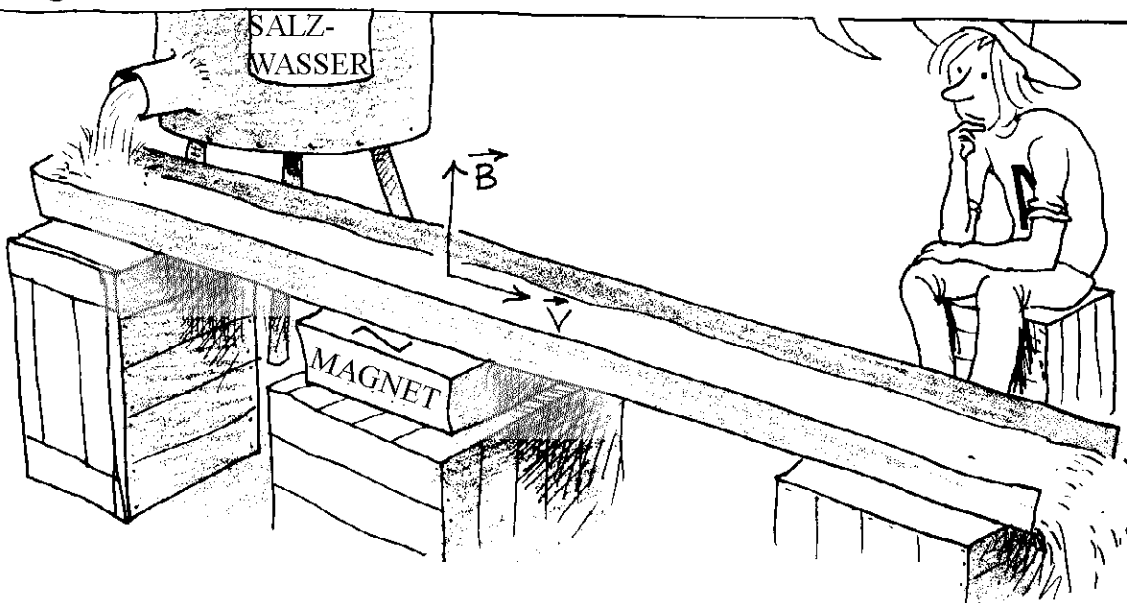
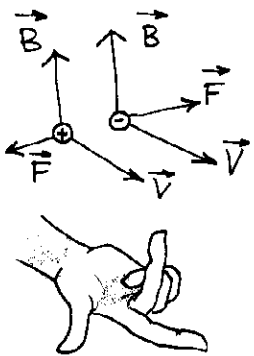
Scheint, als ob er zur Hydraulik zurückgekehrt ist..

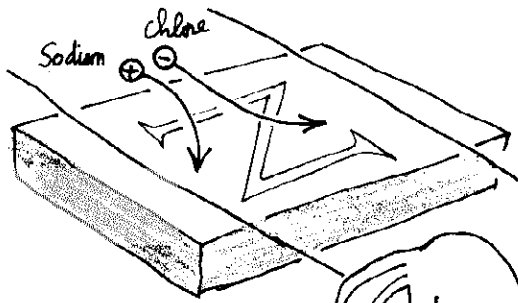
Holen wir schon mal die Putzlappen!



ELEKTROMOTORISCHE KRAFT

Sophie sagt, jede elektrische Ladung in einem Magnetfeld erfährt die Laplace-Kraft. Logischerweise müsste sich diese Kraft auch auf die Cl^- und Na^+ Ionen auswirken, die sich im bewegten Salzwasser befinden.



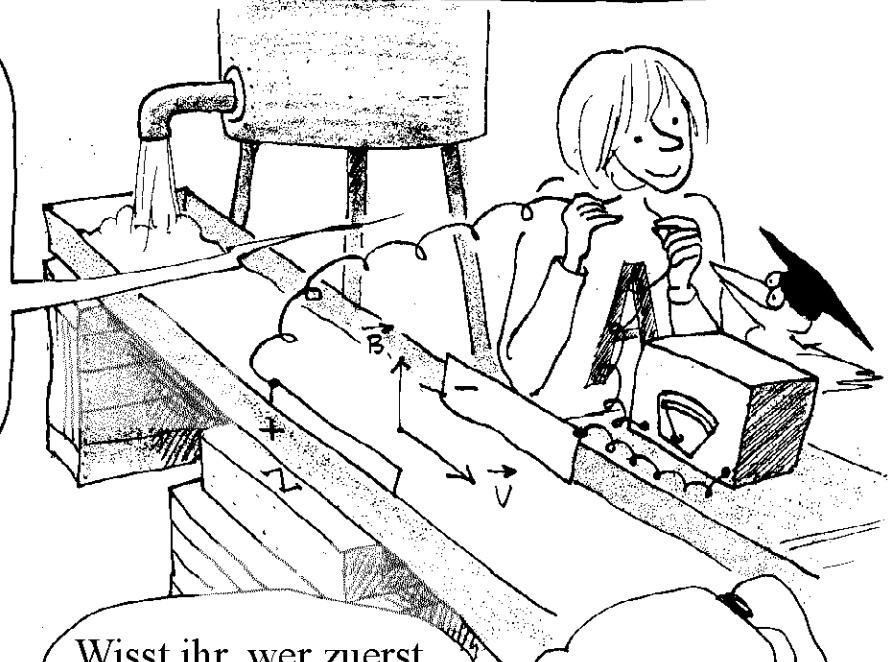


Sehen wir mal. In einem vertikalen Magnetfeld, das von unten nach oben ausgerichtet ist, werden meine Natriumionen sich nach rechts orientieren und meine Chlorionen nach links. Ich müsste als eine Trennung der Ladungen beobachten können.



Das ist eine sehr schematische Ansichtsweise, da die Ionen in einer Flüssigkeit eine sehr große Anzahl Zusammenstöße mit Wassermolekülen haben, was ihr Fortkommen sehr bremst. Außerdem bleiben die Kräfte, die proportional zur Fließgeschwindigkeit und der Intensität des Magnetfeldes sind, relativ schwach.

Nichtsdestotrotz, mein lieber Max, bist du wohl einverstanden, dass es eine Wanderung der negativ geladenen Dinger gibt. Wenn ich also zwei Elektroden in den Strom auf die „Böschung“ setze und sie mit einem Kupferdraht verbinde, müsste ich einen Stromfluss beobachten können.



Du hast Recht, der Strom fließt!

Wisst ihr, wer zuerst dieses Experiment durchgeführt hat?

Nicht viel, aber er fließt.

Nein..

Das war der Engländer Michael Faraday im Jahre 1857. Er hat das Brackwasser der Temse bei Ebbe und Flut benutzt..und die vertikale Linie des Magnetfeldes unserer Erde: kaum ein Zehntel Gauss (*). Er erfindet so diese Art elektrischen Generator, man spricht von MAGNETOHYDRODYNAMIK, abgekürzt MHD.

Aber so ein Generator hat eine lächerlich schwache Leistung.

Wasser ist vielleicht nicht der beste Weg, um einen elektrischen Generator herzustellen.

Was soll man denn benutzen? Schmelzflüssiges Kupfer?

Warum willst du unbedingt eine Flüssigkeit haben?

BARLOWSCHES RAD

Sophie hat vollkommen Recht. Wenn ich diese Metallplatte im Innern des Hufeisenmagneten drehe, wandern die elektrischen Ladungen und die Elektronen erscheinen hier, weil die positiven Ladungen des Metalls sich ja nicht in seinem Innern bewegen können.

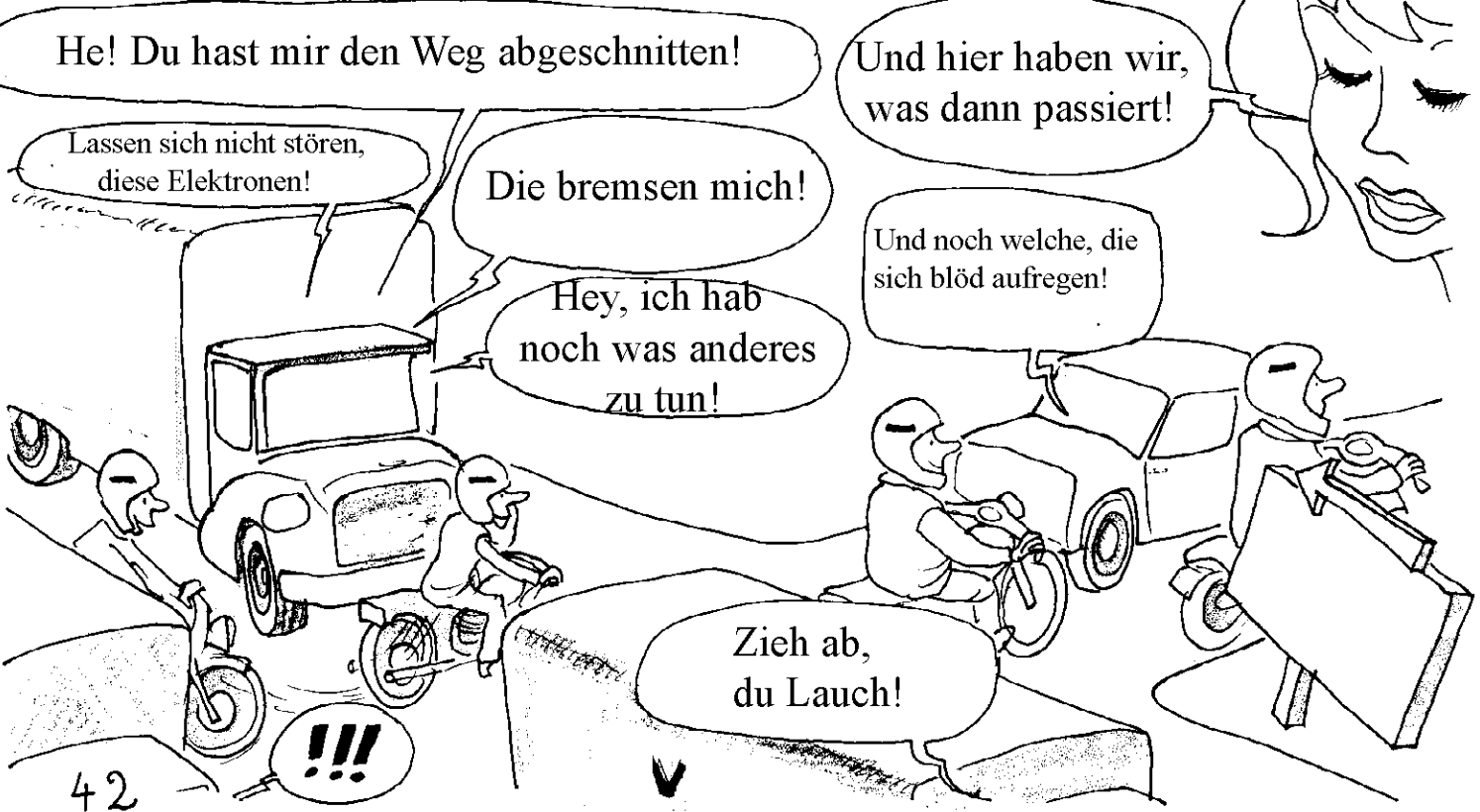
Da haben wir unseren ersten elektrischen GENERATOR.

*



Wenn ich den Leiter im Hufeisenmagneten hin- und herbewege, spüre ich eine gewisse Widerstandskraft.

Siehst du, die Ladungen sind wie Fahrzeuge, die einer Autobahn folgen, die für die Bewegung des Metalls steht. Die positiven Ladungen sind schwere Lkw's, die unfähig sind, nach rechts oder links zu drehen oder die Geschwindigkeit zu ändern. Sie hängen vom Vorankommen der anderen Fahrzeuge ab - und von einander. Die Elektronen sind kleine Motorradfahrer, die zu Beginn ebenfalls dem Fluss folgen.



He! Du hast mir den Weg abgeschnitten!

Und hier haben wir, was dann passiert!

Lassen sich nicht stören, diese Elektronen!

Die bremsen mich!

Und noch welche, die sich blöd aufregen!

Hey, ich hab noch was anderes zu tun!

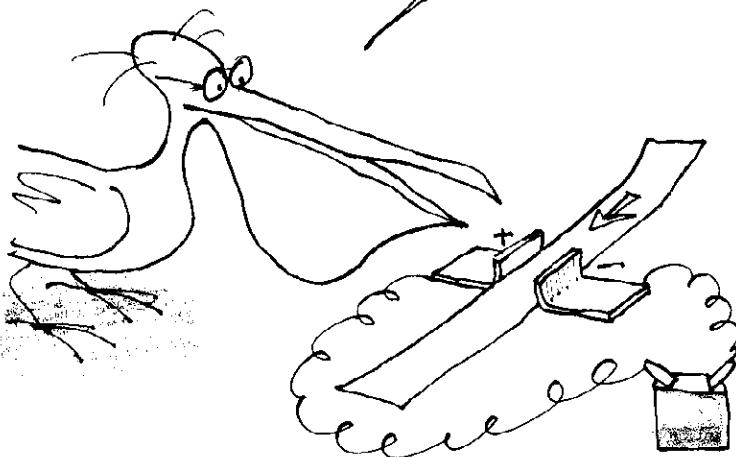
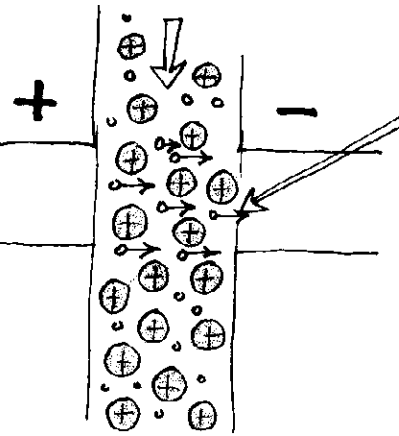
Zieh ab, du Lauch!

!!!

Hier auf mikroskopischem Niveau die Erklärung, weshalb es nötig ist, eine Kraft auszuüben und Arbeit zu leisten, um elektrische Energie zu bekommen.

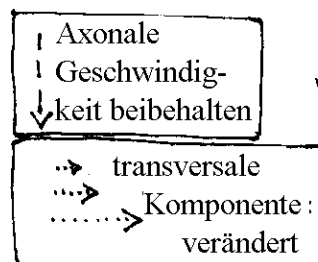


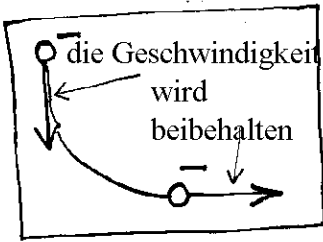
Befreit mich von einem Zweifel... Vergessen wir das Magnetfeld. Würde ich nicht genauso eine Abbremsung bekommen, wenn ich die seitliche Ablenkung der Elektronen in Richtung der Elektroden mit Hilfe eines magnetischen Feldes, das durch einen Generator entsteht, erzeugen würde?



Nein, Leon, das wäre grundverschieden.

Wenn du eine elektrische Kraft eines Generators auf eine elektrische Ladung inmitten eines Atomflusses, der sich mit der Geschwindigkeit $v(o)$ vorwärtsbewegt, ausübst, dann überträgst du sie auf eine transversale Komponente der Geschwindigkeit $v(t)$. Aber die Axonalkomponente $v(o)$ verändert sich nicht. Ein Generator überträgt also Energie auf die elektrischen Ladungen.





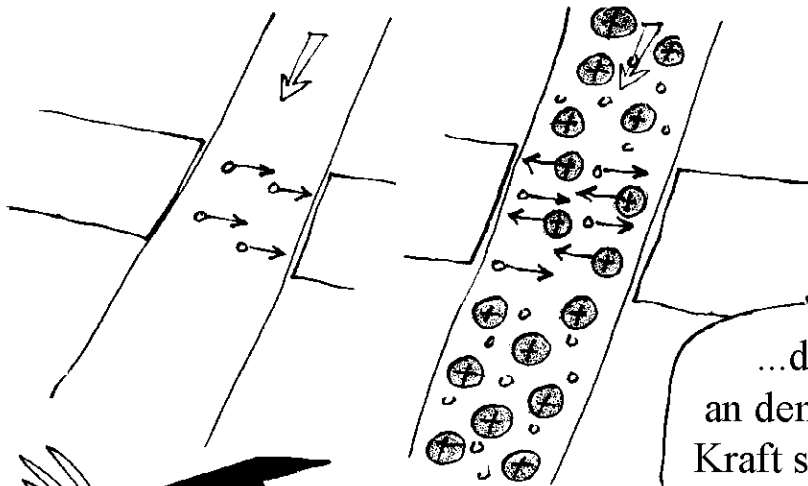
Ein transversales (quer verlaufendes) Magnetfeld hingegen verändert die kinetische Energie $\frac{1}{2}m V^2$ des geladenen Teilchens nicht. Die Richtung der Bewegung ändert sich, aber nicht ihre Intensität. In diesem Fall wird die axiale Komponente dieser Geschwindigkeit kleiner, wie der generelle Fluss, der auch kleiner wird.



Ok, aber in beiden Fällen stimmiere ich meine freien Elektronen transversal, also von der Seite.

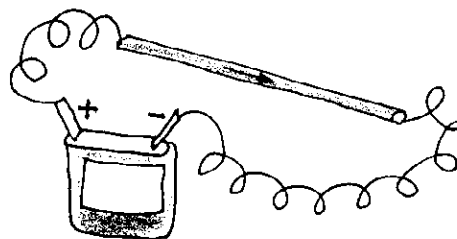
Also müsste ich eine transverse Kraft beobachten können.

Leon, du vergisst, dass die Laplace-Kraft sich dabei auf die positiven Ladungen ausübt und sich die beiden Kräfte kompensieren.



...die elektrischen Ladungen, die stark an den Leiter gebunden sind, übertragen die Kraft ständig, wohingegen die freien Ladungen die Kraft periodisch durch das Kollisionsspiel weitergeben.

Das bedeutet, wenn Elektrizität durch eine Leitung fließt, bleibt sie im Innern.

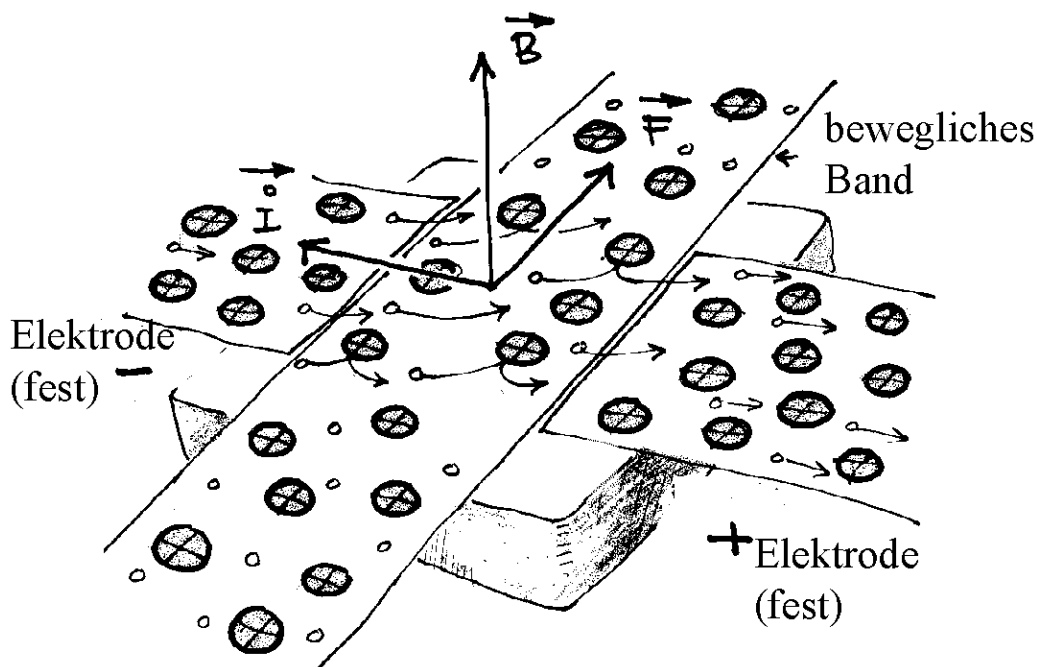


DER ELEKTROMOTOR

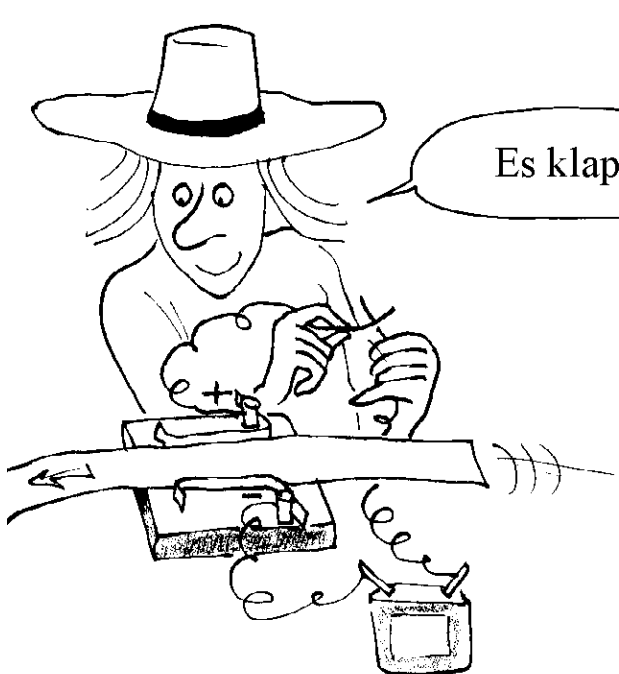


Das bringt mich auf eine Idee. Indem ich den Strom transversal im leitenden Band zirkulieren lasse, erzeuge ich keine Kraft, das habe ich verstanden. Aber was passiert, wenn ich zwei Effekte kombiniere: den Stromfluss dank des Generators und die Rotation des Geschwindigkeitsvektors aufgrund des Magnetfelds, das im rechten Winkel zur Geschwindigkeit der Ladungsbewegung steht?

Der Generator wird die Elektronen in Bewegung setzen, die dann das Band durchdringen, indem sie von der Kathode zur Anode wandern. Aber das magnetische Feld, das ihren Weg krümmt, wird einen Teil ihres Impulses gemäß der Axe des Bandes übertragen, auf das so eine Kraft ausgeübt wird.

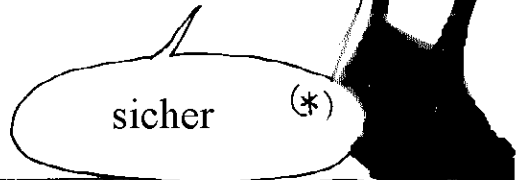


Die Analyse des mikroskopischen Verhaltens, in atomarem Maßstab, erlaubt, das makroskopische Verhalten im Maßstab des Experiments abzuleiten.

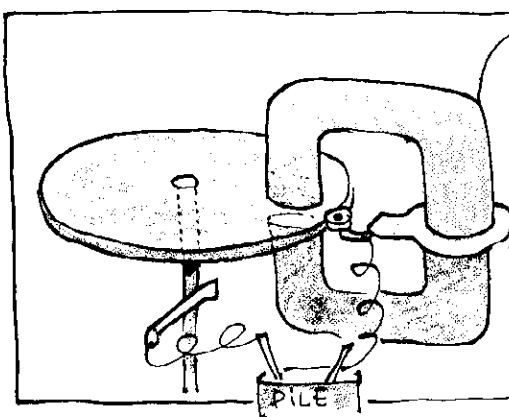


Es klappt!

Sophie, könnte man auf die gleiche Art eine Flüssigkeit fließen lassen, oder sogar ein Gas umleiten, sodass man einen linearen Motor bekommt?



sicher (*)

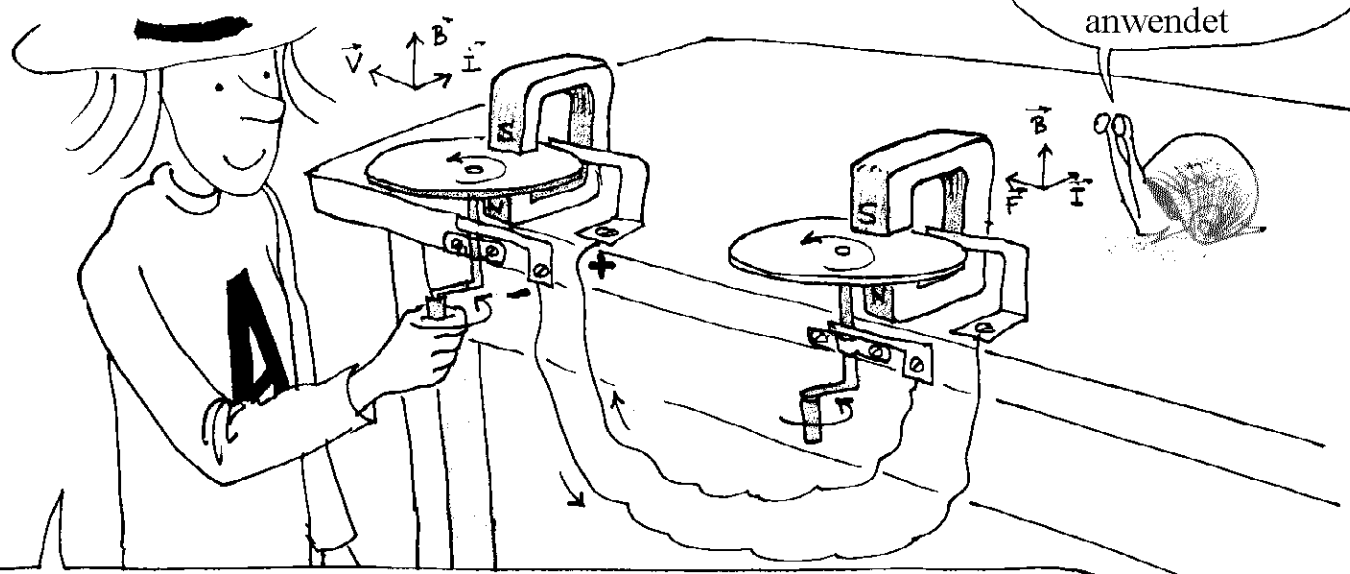


Anselm hat den linearen Motor aufgewickelt und so das Barlowsche Rad wiederentdeckt, das diesmal als Motor fungiert und hat es benutzt, um den Durchfluss des Stroms durch den Zähler zu messen.



REVERSIBILITÄT

indem man einfach das auf Seite 40 definierte Gesetz anwendet



Das ist erstaunlich. Die gleiche Maschine kann als Motor und als Stromgenerator verwendet werden.

So gesehen sind die elektromagnetischen Maschinen ein gutes Mittel, um Energie zu übertragen.



Dasselbe kann man mit einer Turbine machen.

Genau. Indem man die Kurbeln miteinander verbindet, müsste man ein PERPETUUM MOBILE herstellen können.

Leon, du weißt genau, dass bei dieser Art Leitung Energie durch Reibung verloren geht.

In elektrischen Leitern, beweglich oder unbeweglich, geht die Bewegung elektrischer Ladungen einher mit zahlreichen Kollisionen mit ungeladenen Teilchen.

Vorwärts!

Selbst wenn man stehen bleibt, wird man belästigt!

Ein ganz neues Atom, ihr werdet sehen!

Hast du gesehen, wie der da mir den Weg abgeschnitten hat?

Schatz, bleib ruhig!

Schaut euch das an! Schaut!

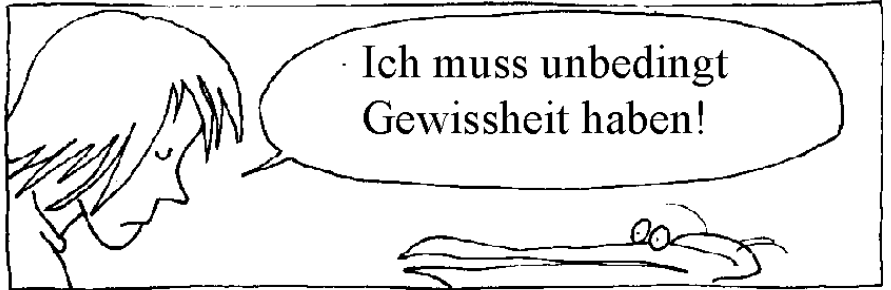
Sie überqueren die Straße, wie es ihnen passt!

RELATIVITÄT

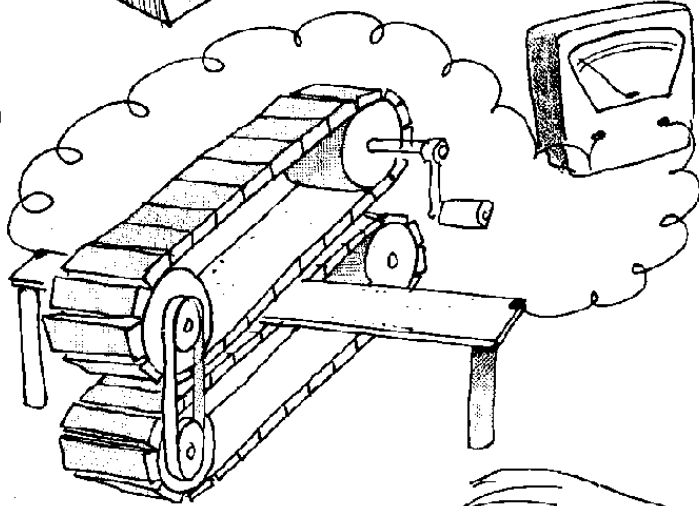
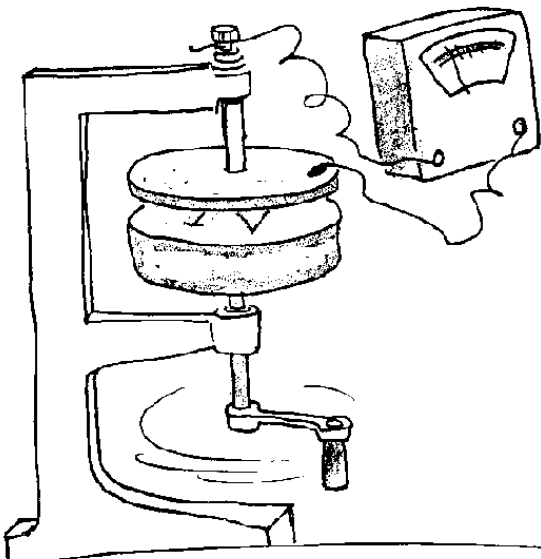
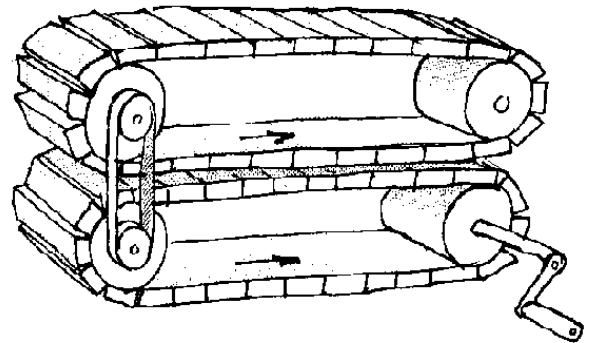
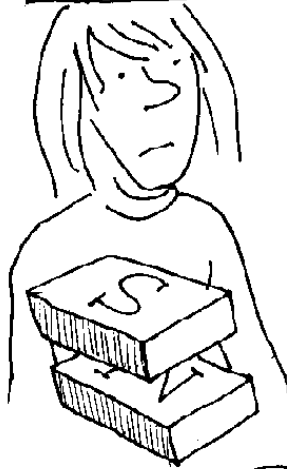
Weißt du, Tiresias, mir kommt gerade eine komische Idee.



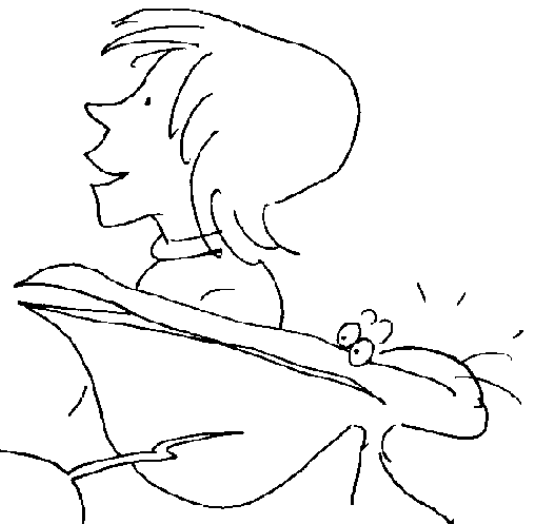
Ich muss unbedingt Gewissheit haben!



Ich habe die Magneten auf diese Riemen geklebt.

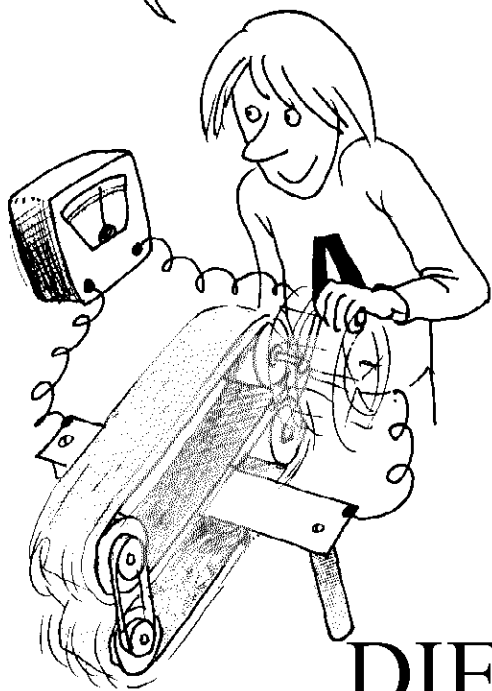


Anstatt den Leiter in den Kraftlinien eines magnetischen Feldes zu bewegen (das in der Region der Interaktion konstant ist), fixiere ich den Leiter und drehe das Feld!



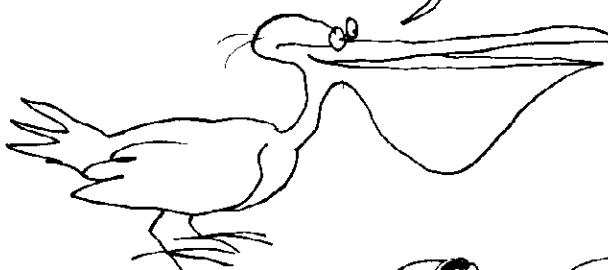
Schau! Ich produziere Strom. Es geht!

Das bedeutet einfach, dass bei der Laplace-Kraft das Entscheidende die Geschwindigkeit der Ladungen und des Magneten im Verhältnis zueinander ist.



DIE MAGNETEN

Sophie, was ist ein MAGNETISCHES FELD?



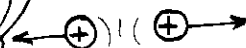
Die richtige Frage wäre: Für was ist es gut?



Wie? Für was es gut ist?



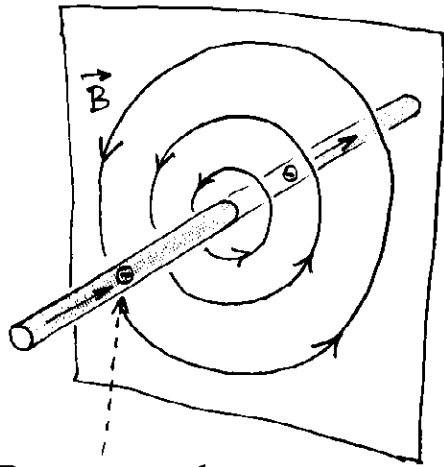
Zwei elektrische Ladungen im Ruhezustand ziehen sich an oder stoßen sich ab, je nach dem, ob sie das gleiche oder unterschiedliche Vorzeichen haben.



Und es wird im magnetischen Feld eine Kraft auf sie ausgeübt, wenn sie sich nach den Kraftlinien orientieren.

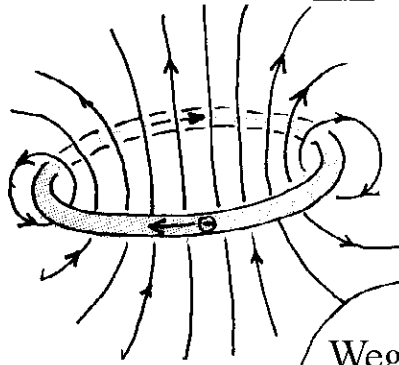


Ok, aber wer stellt das Magnetfeld her?



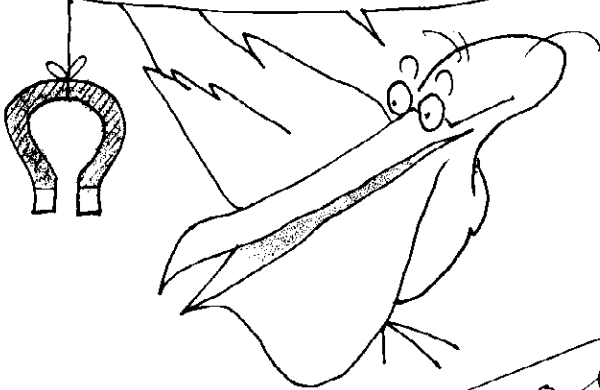
Bewegung der Elektronen

Das ist der Strom!

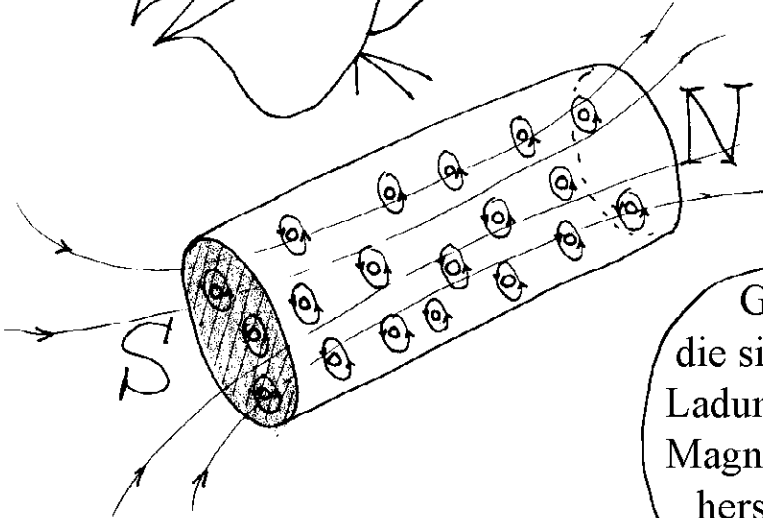


Und nicht vergessen :
Wegen diesen blöden Wissenschaftlern
ist die konventielle Richtung des
Stroms umgekehrt zur Bewegung der
Elektronen.

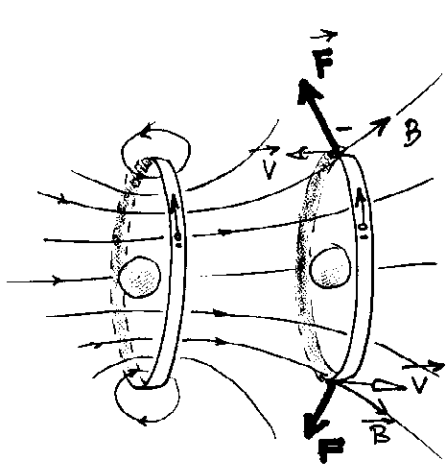
Aber gibt es keinen Strom in
diesem Dauermagneten?



Man kann jedes Atom als einen
Minimagneten ansehen, dessen Magnetfeld
durch die Orbitalbewegung der Elektronen
um den Kern herum entsteht. In einem
Dauermagneten sind diese Minimagneten
parallel zu einander

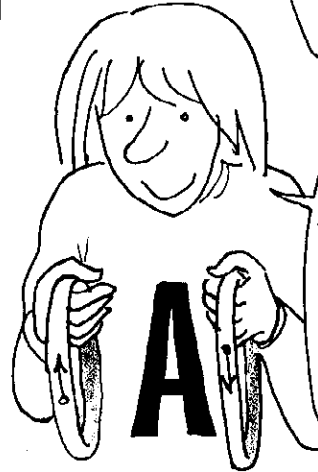
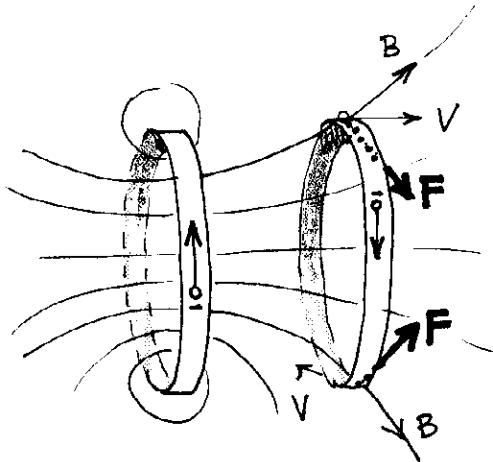


Gut, die Magneten beeinflussen
die sich bewegenden elektrischen
Ladungen, die die Kraftlinien des
Magnetfelds schneiden, welches sie
herstellen. Aber warum beeinflussen sie
sich gegenseitig?



Wenn ich zwei Spulen einander gegenüber stelle, die vom Strom in die gleiche Richtung durchflossen werden, wird auf die Elektronen eine Kraft ausgeübt, die danach strebt :

- jede der beiden Spulen zu erweitern
- sie der anderen Spule zu nähern



Wenn ich allerdings die Zirkulationsrichtung der Elektronen in der zweiten Spule umkehre, strebt die Laplace-Kraft danach:

- jede Spule zusammenzuziehen
- sie von der anderen zu entfernen

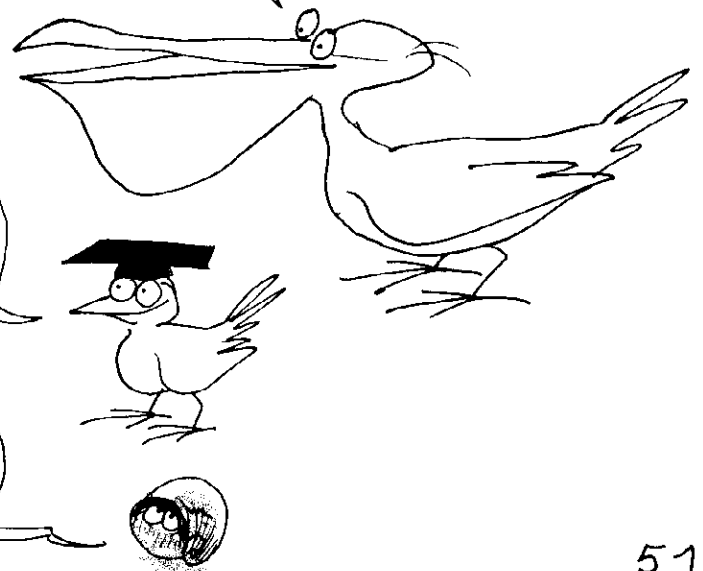
Grob gesagt ist es das, was mit den Atomen der beiden Magneten passiert.



Aber im Modell von eben bleibt eine Spule unempfindlich gegenüber einem gleichmäßigen magnetischen Feld, das nach ihrer Axe ausgerichtet ist, oder?

Genauso wie eine magnetische Stange total unempfindlich gegenüber einem gleichmäßigen Magnetfeld ist, das nach ihrer Axe ausgerichtet ist.

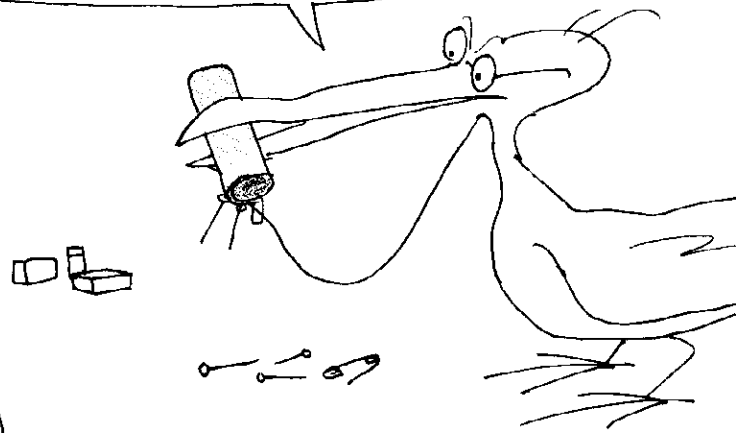
Logisch, andernfalls würde es reichen, sich an einem Kompass festzuhalten, um sich fortzubewegen.



Allerdings versucht eine Spule, die man in ein Magnetfeld steckt, sich so zu drehen, dass ihr eigenes Magnetfeld mit dem bestehenden in eine Richtung weist. Das ist das Prinzip des beweglichen GALVANOMETERS. Ein Kompass ist nichts als die Gesamtheit vieler gleicher Minigalvanometer.



Gut, könnte mir jemand erklären, warum ein Magnet Eisen anzieht und nicht Blei oder Zucker?

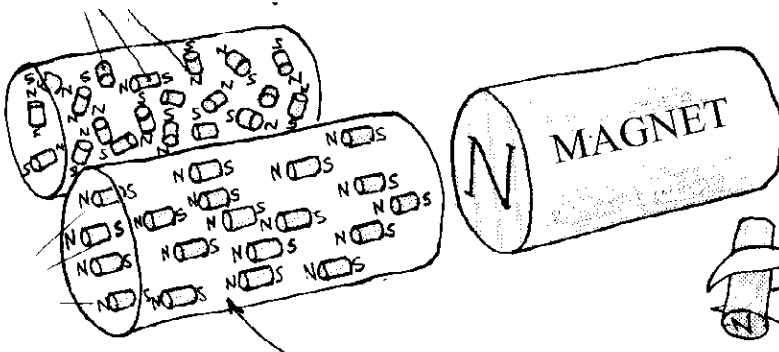


Das ist ganz einfach :
Die Eisenatome sind auch kleine Magneten. Außerdem sind sie relativ beweglich. Wenn man ihnen einen ausreichend starken Magneten nähert, drehen sich die Eisenatome und richten sich nach ihm aus. Das Eisenstück wird selbst zu einem Magneten, dessen Feld dann genauso gerichtet ist, wie das Feld des induzierenden Magneten.



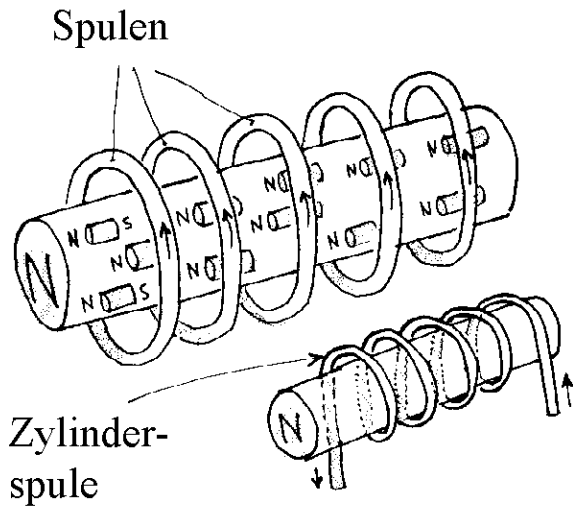
Nix mit dem Zucker!

„magnetische“ Atome (zufällige Orientierung)

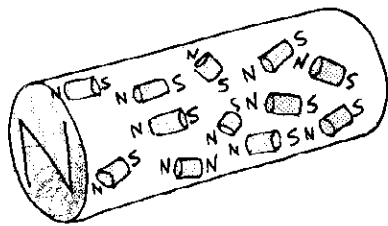


das Eisenstück ist zu einem Magneten geworden

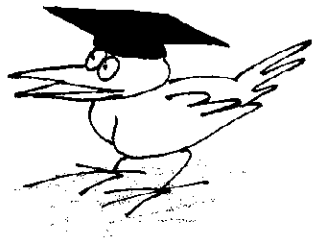




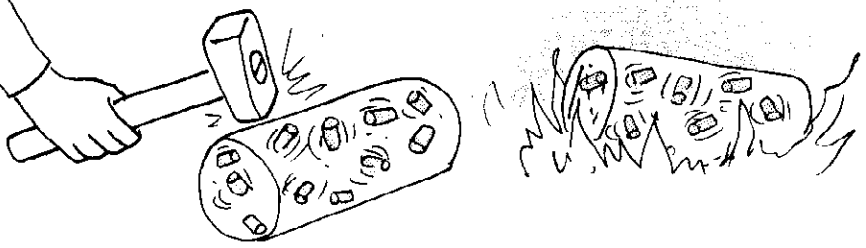
Ich verstehe jetzt, warum man einen Eisenkern in den Elektromagneten steckt. Er verstärkt das eigene Magnetfeld, das durch das Spulensystem entsteht.



Wenn man den magnetisierenden Magneten oder die Zylinderspule wegnimmt, behalten die Magnet-Atome gewissermaßen ihre Orientierung bei. Es bleibt ein **RESTMAGNETISMUS**.



...den man verschwinden lassen kann, indem man den Magnet-Atomen ihre Beweglichkeit wiedergibt. Man erhitzt das Eisen und schlägt darauf oder man setzt es einem variablen Magnetfeld aus, wie ich das mit den Pigmenten der Fernsehröhre gemacht habe, die durch einen kleinen Unfall magnetisiert worden waren. Ich habe einen kleinen Magneten zu Hilfe genommen, der an einem Bleistift befestigt war.

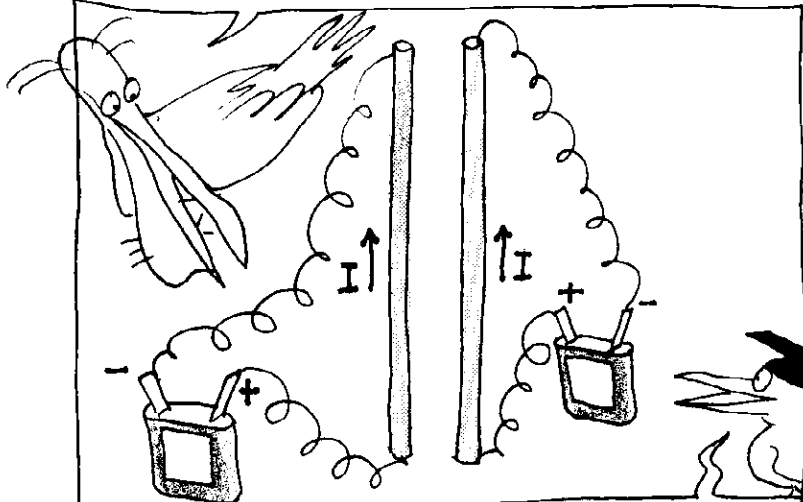


Ich glaube, ich habe es verstanden. Das Magnetfeld wurde erfunden, um klar zu machen, dass die elektrischen Ladungen IN BEWEGUNG mit einander interagieren und dass sich diese neue elektrodynamische Kraft zu der elektrostatischen Basiskraft hinzuaddiert.



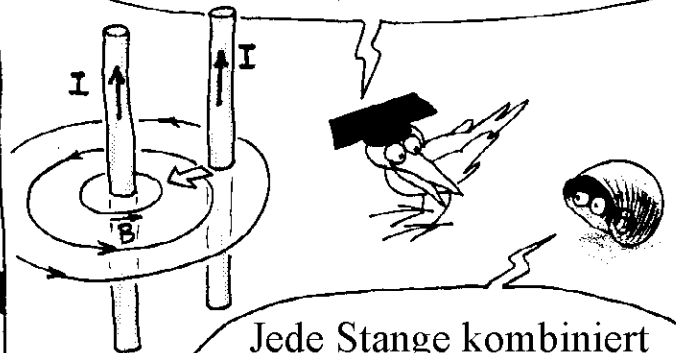
NOCHMAL DIE RELATIVITÄT

Wie kann man das Magnetfeld so objektiv wie möglich messen?

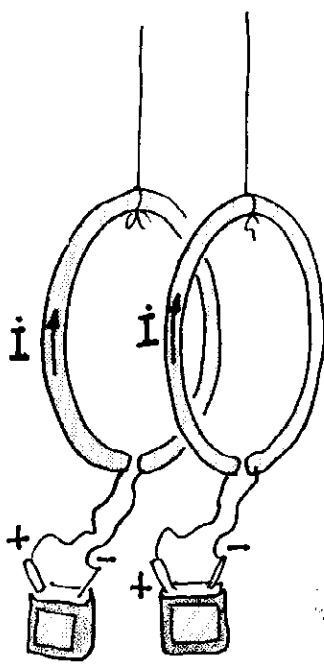


Hey, man kann zwei Stangen aufstellen, die vom gleichen Strom durchflossen werden, mit der Stromstärke I

Hier erfahren die beiden Stangen eine gleiche gegenseitige Anziehung.



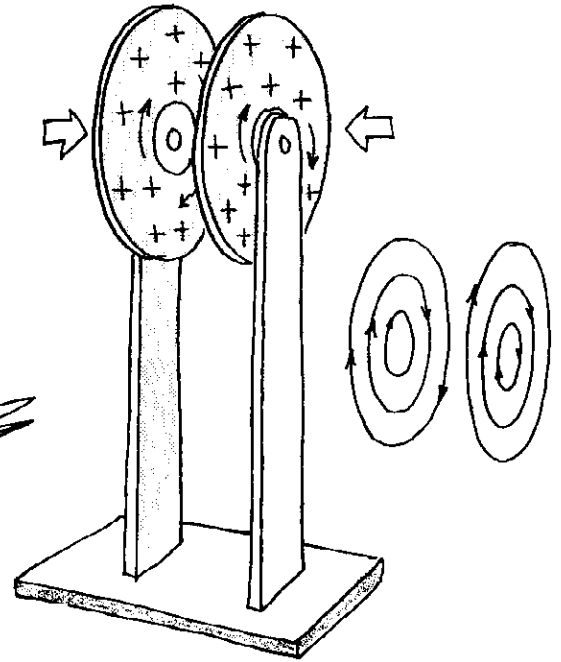
Jede Stange kombiniert ihren eigenen Strom mit dem Magnetfeld, das durch die andere Stange entsteht.



Man kann diese Stangen aufwickeln, was zur Folge hat, dass die beiden Spulen mit Strom durchflossen werden

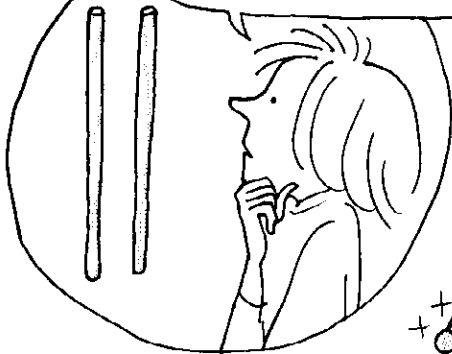


Wie wir schon auf S.51 gesehen haben

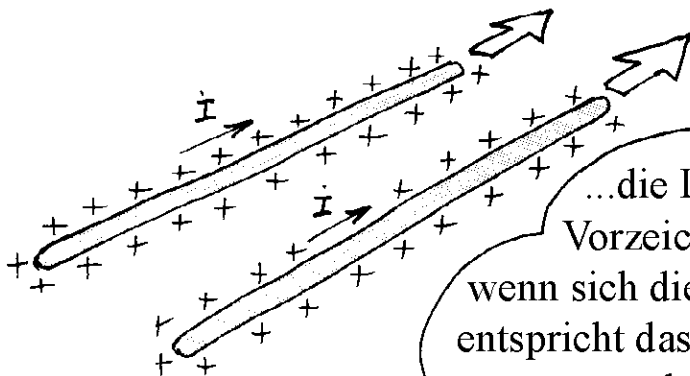
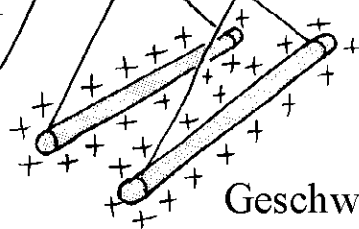


Man kann auch elektrische Ladungen des gleichen Vorzeichens auf zwei Scheiben verteilen, die sich einander gegenüber befinden und sich drehen. Daraus entsteht Strom, der mit der elektromagnetischen Kraft einhergeht.

Schaut euch das an!



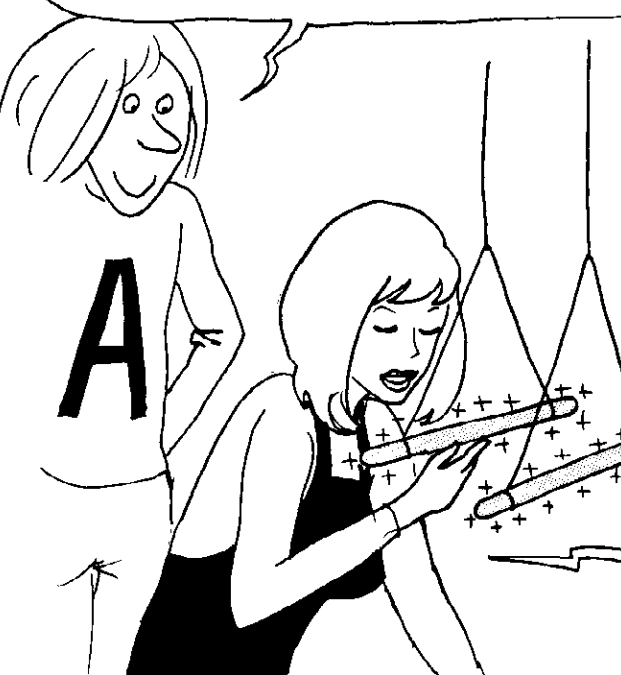
Ich kann die beiden Stangen aus Glas oder Bakelit elektrisch aufladen, indem ich sie mit einem Leinentuch reibe.



...die Ladungen gleichen Vorzeichens stoßen sich ab, aber wenn sich die Stangen fortbewegen wie hier, entspricht das zwei parallelen Strömen und verursacht eine leichte Anziehung.




Die Erde dreht sich um die Sonne, die sich selbst in unserer Milchstraße mit einer Geschwindigkeit von 234 km/s fortbewegt. Die Letztere bewegt sich im Verhältnis zum Universum. Sophie, das ist wunderbar : wenn man mit diesen beiden elektrisch geladenen Stangen in alle Himmelsrichtungen zeigt und dabei die Kraft misst, die zwischen ihnen entsteht, müsste man bestimmen können, in welcher Richtung wir uns im Universum fortbewegen und mit welcher Geschwindigkeit.



Du wirst gar nichts messen! Diese elektromagnetische Kraft, die an die Bewegung gekoppelt ist, ist ausschließlich durch einen Beobachter wahrnehmbar, der sich im Verhältnis zu den Ladungen fortbewegt. Aber egal, welches unser Verhältnis zur Sonne, zu den Galaxien oder zum Universum ist, wir bewegen uns mit der gleichen Geschwindigkeit wie die beiden Stangen.

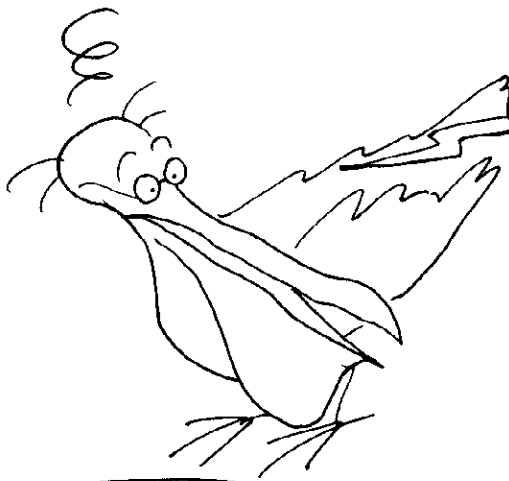
Der Elektromagnetismus ist im Wesentlichen relativistisch



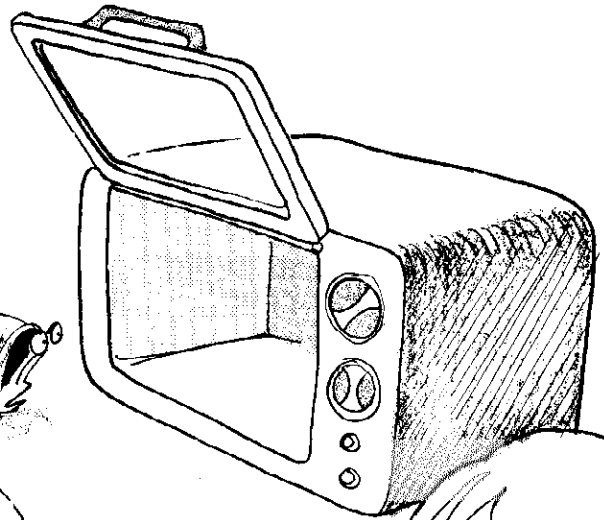
Es stimmt, dass Anselms Experiment an das von MICHELSON (*) erinnert, das er Anfang des letzten Jahrhunderts gemacht hat und das darin bestand, die Lichtgeschwindigkeit in alle Richtungen zu messen, um die absolute Bewegung der Erde im Universum festzustellen.

Mich erstaunt das gar nicht, weil man mir erzählt hat, dass das Licht eine elektromagnetische Welle sei.

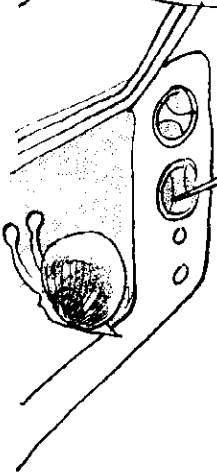
(*) Michelson, amerikanischer Physiker, Nobelpreis im Jahre 1907



So ein ganz normales Haus kann einen also vor relativistische Probleme stellen!



Ah, da haben wir ein Objekt, das ganz offensichtlich mit Elektrizität funktioniert. Jedoch hat es nichts, was sich dreht und auch keine Elektroden...



Wofür ist das gut?

Tiresias, geh da sofort raus!

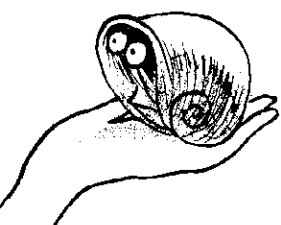
Weshalb?



Dieses System erlaubt, Energie auf Distanz zu übertragen. Wenn es sich von selbst angestellt hätte, wärst du von der Induktion gebraten worden.



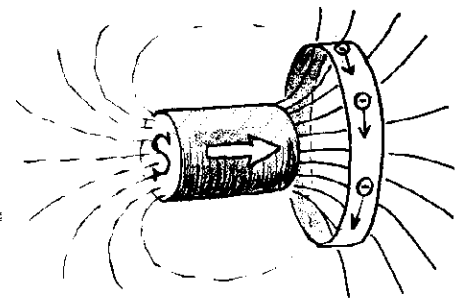
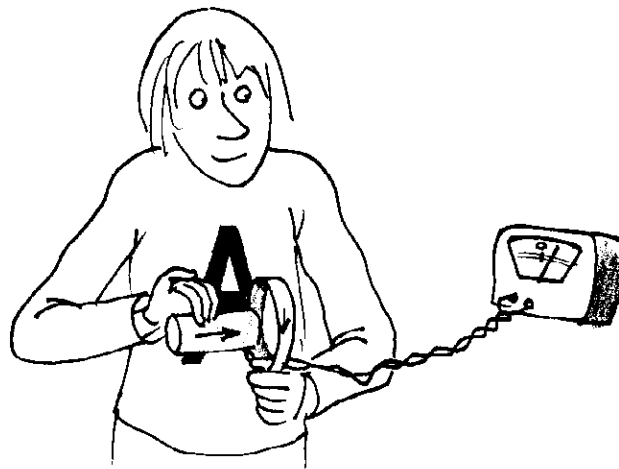
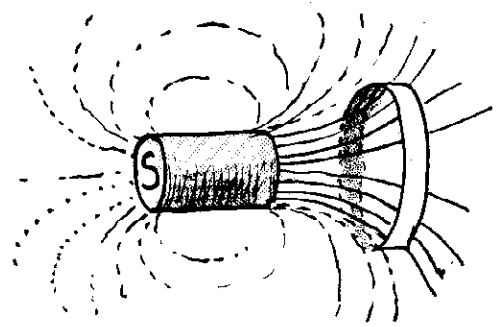
gebraten von der Induktion?



INDUKTION



Sieh mal! Anselm hat einen Kupferring vor diesen Magneten getan. Manche Kraftlinien durchdringen ihn innen und andere gehen außen daran vorbei.



Jetzt bewegt er Ring und Bündel aufeinander zu, das heißt, er bewegt das Bündel Kraftlinien im Block. Sie durchdringen das Metall des Rings und erzeugen somit eine elektromagnetische Kraft, die sich auf die Elektronen ausübt. Es entsteht ein INDUZIERTER Strom.

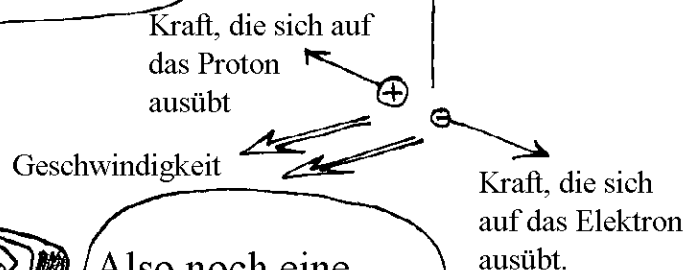
Wenn sich Magnet und Ring im Verhältnis zum je anderen nicht bewegen, hebt sich der Strom auf.



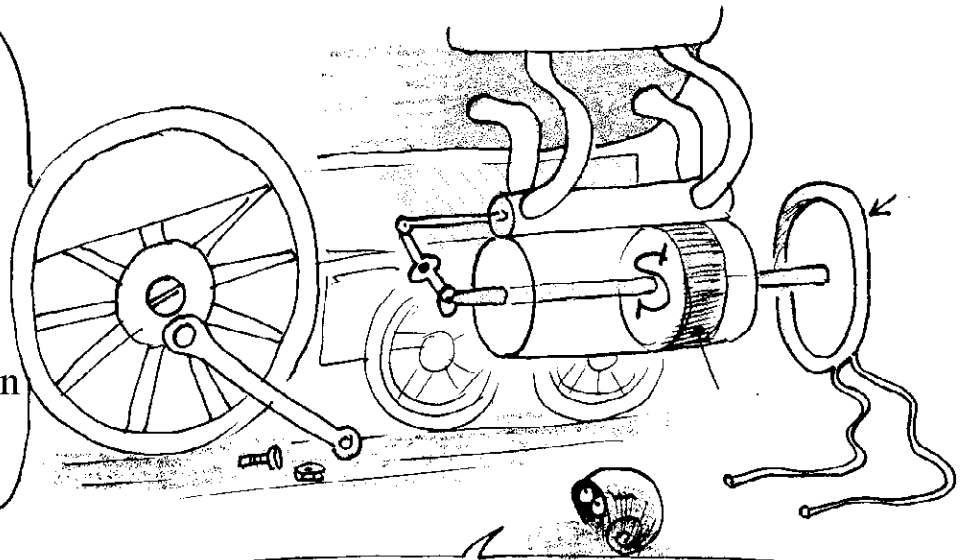
Wenn du allerdings den Magneten zurückziehst, kehrt sich der Strom um.

Also noch eine weitere Anwendung des Laplace-Gesetzes!

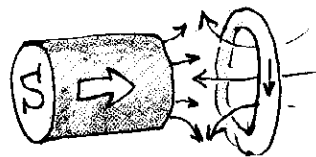
Magnetisches Feld



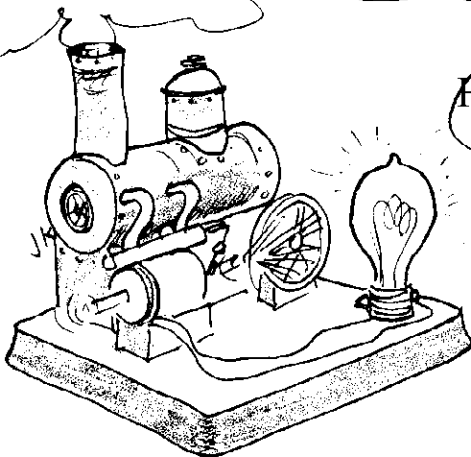
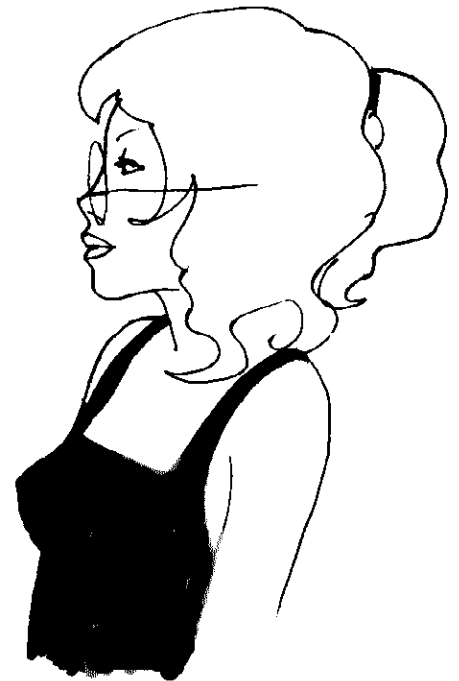
Schau mal, Tiresias, ich habe die Dampfmaschine verändert, indem ich den Kolben durch einen Magneten ersetzt habe, der eine Hau-Ruck-Bewegung macht und in dem Ring einen Wechselstrom erzeugt.



Wenn der Kolben ohne Reibung gleitet, hätten wir ein Mittel, kostenlos elektrische Energie zu erzeugen, wenn man natürlich über einen kleinen Verlust aufgrund des Jouleschen Effektes hinwegsieht.



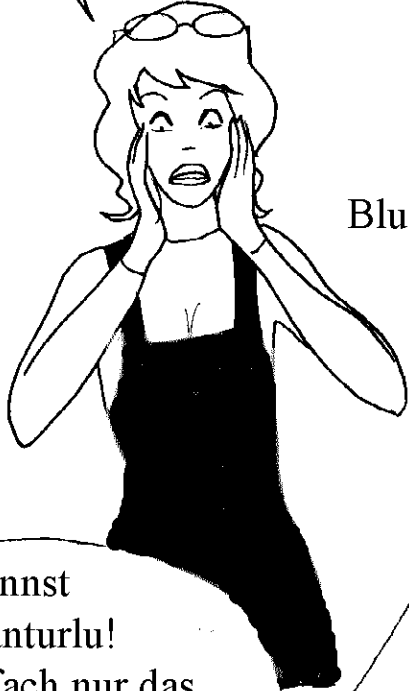
Du vergisst, dass der Strom, der den Ring durchdringt, sein eigenes magnetisches Feld erzeugt und sich dieses der Bewegung des Magnetkolbens entgegensetzt. (LENZsche Regel). Das heißt, man müsste ARBEIT leisten, um diese Energie zu produzieren.



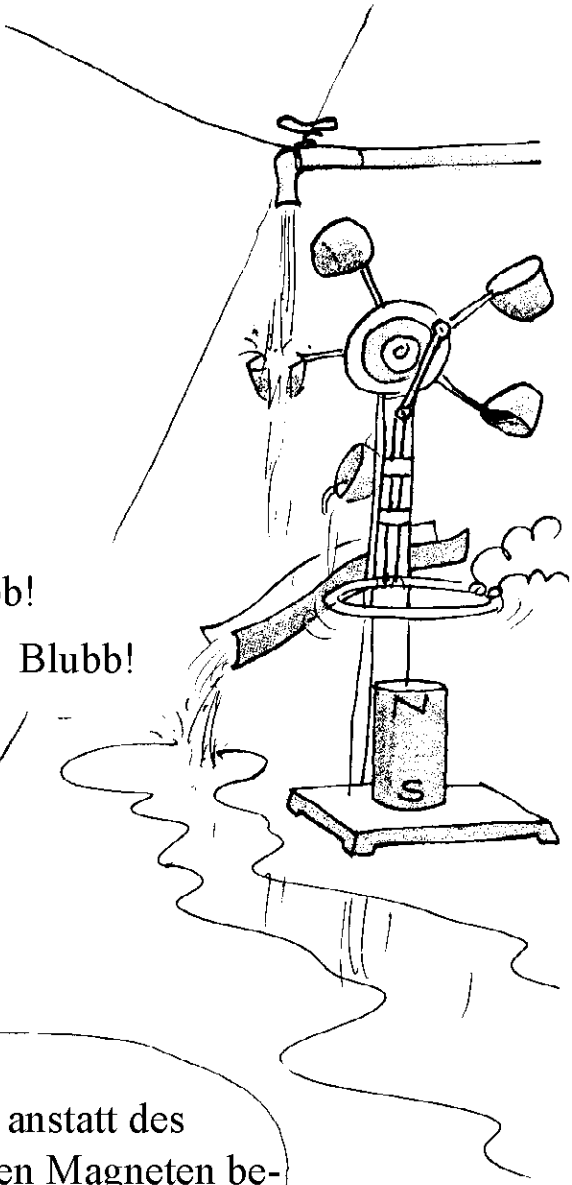
Hier also ein erster Wechselstromgenerator.



Himmel!
Was ist denn das?

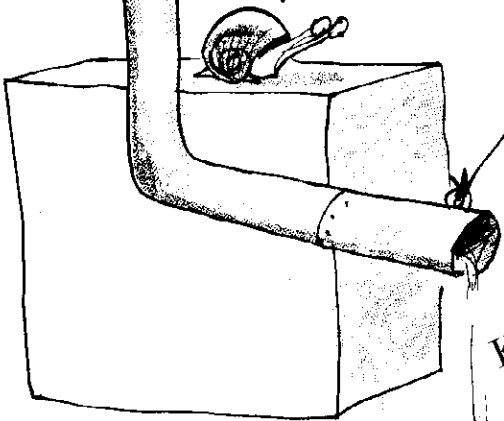


Blubb!
Blubb!
Blubb!

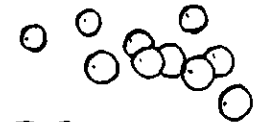
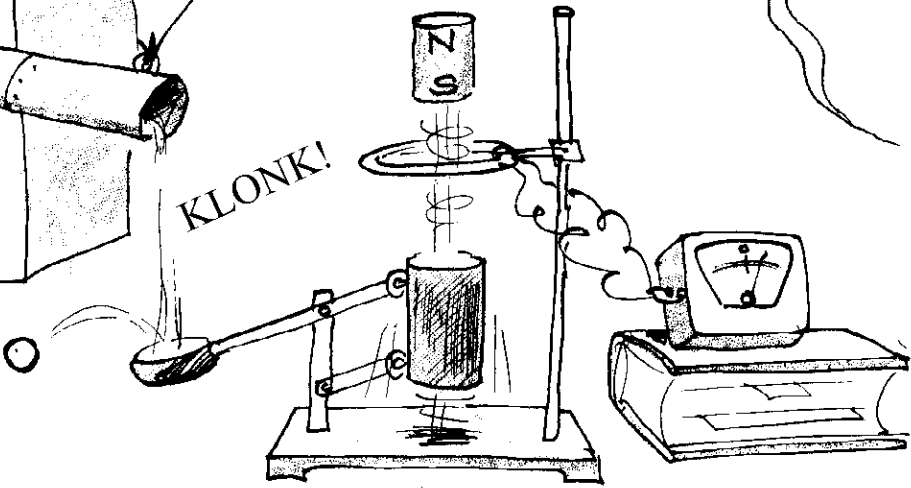


Du kennst doch Lanturlu!
Er hat einfach nur das Generatorprinzip anwenden wollen..

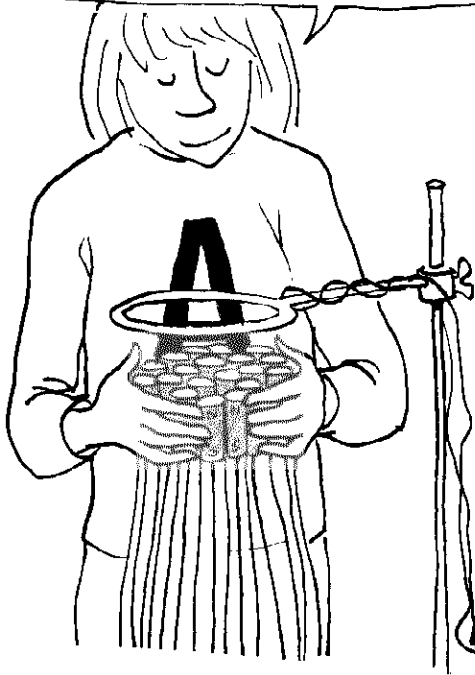
Hier hat er anstatt des Ringes einen Magneten bewegen lassen.



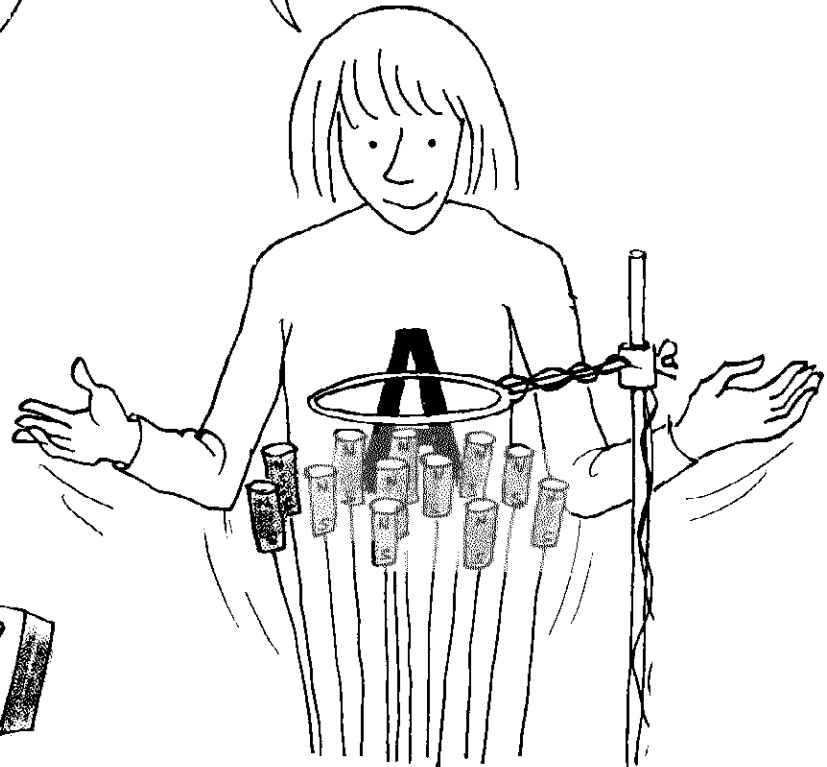
KLONK!



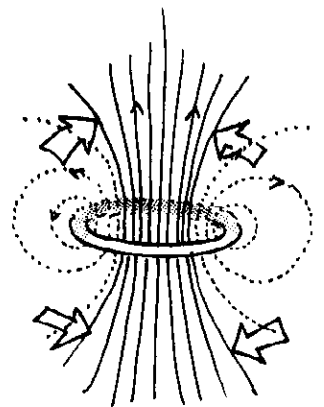
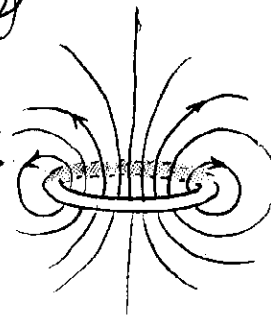
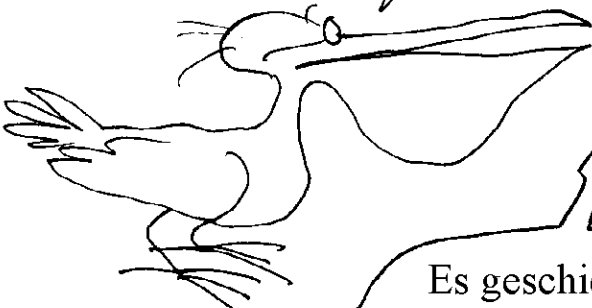
Da man ja Strom produzieren kann, indem man einen oder mehrere Magneten vor einem Kupferring hin- und herbewegt...was sagst du zu meinem REISIGBÜNDELGENERATOR ? Ich habe die Magneten auf beweglichen Stielen befestigt.



...wenn ich sie loslasse, bewegen sich die Stiele auseinander und bewegen sich danach wieder aufeinander zu und das produziert einen Wechselstrom im Ring.

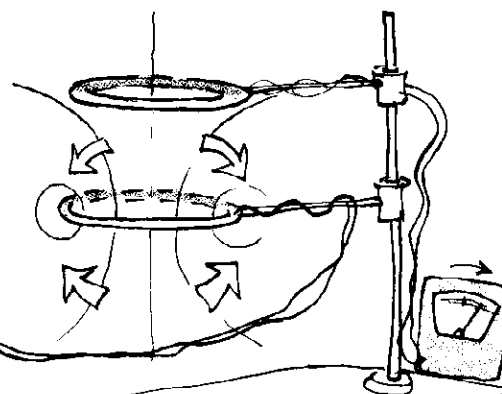


Ok. Diese Maschine wandelt also die Energie der Stiele in elektrische Energie um, und weiter?



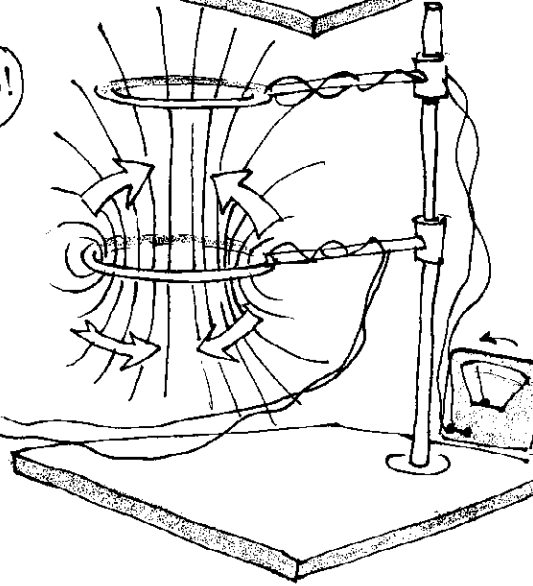
Es geschieht dasselbe, wie wenn man den Strom verstärkt, der durch den Ring fließt. Das funktioniert, als ob neue Kraftlinien an der Oberfläche des Rings entstünden, die dann die alten „zusammendrücken“ wie ein Reisigbündel.

Und vice versa. Wenn man den Strom reduziert, „schluckt“ der Ring die Feldlinien eine nach der anderen und das „Reisigbündel“ entschnürt sich.



Hopp!

Das erklärt, warum ein Ring, der von Wechselstrom durchflossen wird, über Distanz Energie auf einen andern Ring übertragen kann.



HEIZUNG

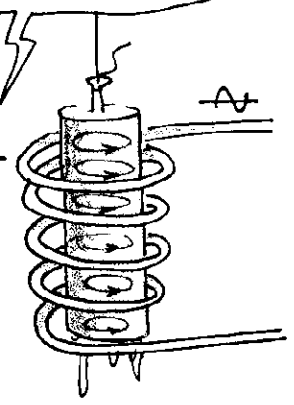
Wozu?



Das ist ein sehr effizientes System, zu heizen. Man kann sich seinen Finger mit einem Ring komplett verbrennen, wenn man ihn in ein variables Magnetfeld hält.

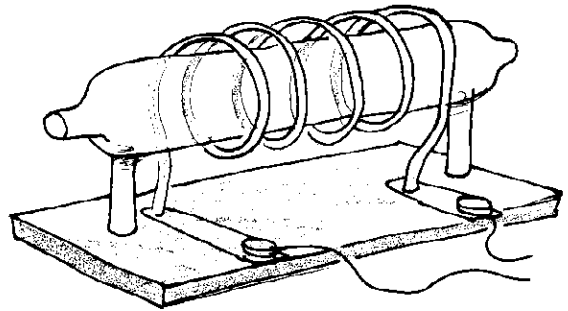


Man kann auch die Leiter der Masse erhitzen. Es entstehen unendlich viele Schleifen, durch die Strom fließt.



Man kann metallische Blöcke schmelzen lassen.

Man kann auch ein Gas mit Hilfe einer Wicklung erhitzen, die von einem Strom mit hoher Frequenz durchflossen wird.



Kurz gesagt, man kann alles erhitzen, kochen, was Elektrizität ausreichend leitet.

Was ist denn da Mysteriöses in der großen leeren Schachtel?

...Schnecken inbegriffen!

EPILOG

Diese Reise durch den Elektromagnetismus war aufregend!

Ja, wer hätte geglaubt, dass sich in einem einfachen Haus so schwierige wissenschaftliche Probleme verbergen?

Ich möchte euch noch ein anderes Experiment zeigen, das gleichzeitig Elektromagnetismus und Mechanik der Fluide beinhaltet.

Aha, worum geht es?



ENDE