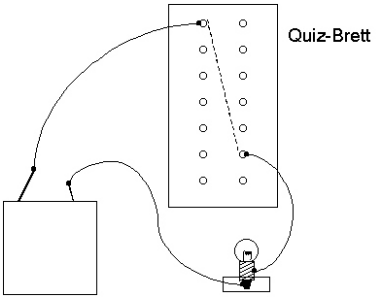
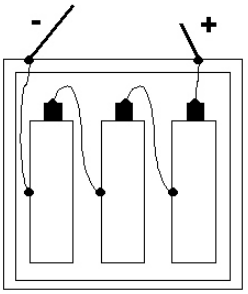
ProSa-Reihe Nr. 2

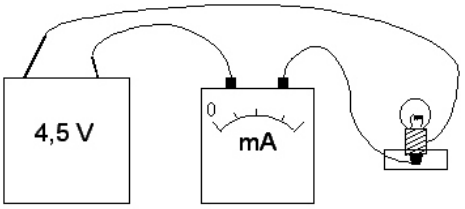
Professionalisierung des Lehrerhandelns im Unterricht der Grundschule am Beispiel des Sachunterrichts

Ein spannender Tag
Elektrizitätslehre in der Grundschule

Otto Ernst Berge







Realzeichnung

Herausgeber:
Reinhard Demuth
Margot Janzen
Renate Weschenfelder
Karen Rieck

Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

Professionalisierung des Lehrerhandelns im Unterricht der Grundschule am Beispiel des Sachunterrichts

Ein spannender Tag
Elektrizitätslehre in der Grundschule

Otto Ernst Berge

Der Modellversuch „Professionalisierung des Lehrerhandelns im Unterricht der Grundschule am Beispiel des Sachunterrichts“ – ProSa ist Teil des bundesweiten Modellversuchsprogramms „Qualitätsverbesserung in Schulen und Schulsystemen“ – QuiSS.

Laufzeit des Projektes: 01.08.2000 – 31.07.2004

Impressum

Informationen zum Projekt:	Dr. Margot Janzen Renate Weschenfelder Telefon: +431-880-1261 / 1248 / 3168 Telefax: +431-880-5468 E-mail: prosa@ipn.uni-kiel.de
Herausgeber:	Prof. Dr. Reinhardt Demuth Dr. Margot Janzen Renate Weschenfelder Dr. Karen Rieck
Autor:	Prof. Dr. Otto Ernst Berge Leibnizstr. 11-19 24098 Kiel Telefon: +431-880-1243 E-mail: berge@physik.uni-kiel.de
Illustration, Layout:	Dr. Karen Rieck
Fotos:	Dr. Margot Janzen
Auflage:	100 Exemplare

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 1
Ein spannender Tag - Elektrizitätslehre in der Grundschule 2
Wirkungen des elektrischen Stroms 3
Der elektrische Strom 4
Die elektrische Stromstärke 5
Die elektrische Spannung 6
Der elektrische Widerstand 7
Elektrischer Strom und elektrische Energie 8
Zwei Arten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen 9
Parallel- und Reihenschaltung 10
Gleichstrom und Wechselstrom 11
Die Schuko-Steckdose 12
Elektrische Einheiten 13
Schaltzeichen 14
Wo bekommt man Elektromaterial? 16
Liste der Experimente 17
Versuch 1: Leiter und Nichtleiter / Durchgangsprüfer 19
Versuch 2: Leitet Wasser den elektrischen Strom? 20
Versuch 3: Die Wärmewirkung des elektrischen Stroms 21
Versuch 4: Die Leuchtdiode 22
Versuch 5: Der Elektromagnet 23
Versuch 6: Der Elektromagnet II 24
Versuch 7: Die elektrische Klingel 25
Versuch 8: Wird elektrischer Strom verbraucht? 26
Versuch 9: Die Messung der elektrischen Stromstärke 27
Versuch 10: Die Messung der elektrischen Spannung 28
Versuch 11: Eine Batterie aus zwei Batterien 29
Versuch 12: Veränderliche Widerstände 30
Versuch 13: Das Energiekosten-Messgerät 31
Versuch 14: Der „Stromzähler“ 32
Versuch 15: Der Kurzschluss oder zwei Arten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen 33
Versuch 16: Die Fahrradbeleuchtung 34
Versuch 17: Die elektrische Weihnachtsbaumbeleuchtung 35
Versuch 18: Der Phasenprüfer 36
Versuch 19: Das Relais 37
Versuch 20: Einen einfachen Schalter bauen 38
Versuch 21: Elektrische Geschicklichkeitsspiele 39
Versuch 22: Elektroquiz 40
Versuch 23: Die Alarmanlage 41
Versuch 24: Ein ganz einfacher Elektromotor 42
Versuch 25: Die Solarbatterie 43
Literaturhinweise 44

Vorwort

Das Projekt „**Pro**fessionalisierung des Lehrerhandelns im Unterricht der Grundschule am Beispiel des **Sa**chunterrichts - ProSa“ ist Teil des bundesweiten BLK-Modellversuchsprogramms „Qualitätsverbesserung in Schulen und Schulsystemen – QuiSS“. Dieses Programm stellt den systemischen Aspekt der Schulentwicklung ins Zentrum der Betrachtung. Im Projekt ProSa stehen zwei Ebenen der systemischen Sicht auf Schule im Mittelpunkt der Arbeit:

- die curriculare Ebene,
- die Ebene des professionellen Lehrerhandelns.

Damit wird einerseits ein Beitrag zur Schulentwicklung geleistet, andererseits sollen am Beispiel des Sachunterrichts generelle Problemstellungen des Unterrichts in den Grundschulen identifiziert und Ansätze zu ihrer Lösung vorgestellt werden.

Um mögliche Lösungsansätze über die Gruppe der unmittelbar am Projekt Beteiligten weiteren Interessenten verfügbar zu machen, haben wir uns entschlossen, eine Prosa-Schriftenreihe aufzulegen, die wir Lehrerinnen und Lehrern direkt zukommen lassen wollen.

Die vorliegende Handreichung ist der zweite Band dieser Schriftenreihe und lässt sich mit seinen Inhalten auf der Ebene des professionellen Lehrerhandels einordnen. Ausgehend von dem Bedürfnis der Lehrerinnen und Lehrer, ihre Kenntnisse auf einem speziellen Gebiet in Bezug auf fachliche Inhalte zu vertiefen, wurde eine Lehrerfortbildung zum Thema „Elektrizitätslehre in der Grundschule“ durchgeführt. Herr Prof. O. E. Berge hat im Rahmen dieser Fortbildung seine Vorschläge für den Unterricht auf anschauliche Weise demonstriert und seine Erfahrungen und Hinweise mit den Lehrerinnen und Lehrern diskutiert.

Der erste Teil dieser Handreichung dokumentiert anhand von Informationsblättern die grundlegenden Inhalte der Elektrizitätslehre. Die Bedeutung und Funktion der bereits hier verwendeten Schaltzeichen ist in einer Übersicht auf Seite 14 dargestellt. Daran anschließend folgen eine Reihe von Experimenten, die in der Fortbildungsveranstaltung praktisch umgesetzt wurden. Die Versuchsbeschreibungen im zweiten Teil der Handreichung sind so dargestellt, dass sie auch als Vorlage für die Erstellung eigener Arbeitsbögen dienen können.

Wir freuen uns über ihre Rückmeldungen und Ideen.

Reinhard Demuth, Margot Janzen, Renate Weschenfelder und Karen Rieck.

Ein spannender Tag - Elektrizitätslehre in der Grundschule

Otto Ernst Berge

Die Elektrizität beherrscht unser tägliches Leben wie nie zuvor, sie ist aber für die meisten Menschen ein Buch mit sieben Siegeln. Ist zum Beispiel elektrischer Strom das Gleiche wie elektrische Energie („Stromrechnung“)? Zudem gibt es Berührungsängste im wahrsten Sinne des Wortes. Ich habe folgende Punkte vorbereitet, zu denen Sie selber experimentieren können:

1. Verschiedene Wirkungen des elektrischen Stromes: Wärme, Licht, magnetische und chemische Wirkung, Leiter und Nichtleiter.
2. Ein wenig Hintergrundwissen zu Grundbegriffen wie Strom, elektrische Spannung, Widerstand und elektrische Energie.
3. Ein typisches Problem aus dem Sachunterricht: Die beiden Möglichkeiten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen. Eine dieser Möglichkeiten ist nur scheinbar erfolgreich!
4. Der Zusammenhang von Stromstärke, Spannung und Widerstand.
5. Was unterscheidet eine Batterie von einem Fahrraddynamo? Zwei bekannte Stromquellen und der Unterschied von Gleichstrom und Wechselstrom.
6. „Schwachstrom“ und „Starkstrom“ oder richtiger gesagt: Die Bedeutung der elektrischen Spannung für die Gefährlichkeit des Stroms.
7. Das 230 V - Netz und die wichtigsten Schutzmaßnahmen.

Die ersten 19 Versuche im zweiten Teil dieser Handreichung beziehen sich auf das grundlegende Verständnis elektrischer Erscheinungen. In der Übersicht der Experimente auf Seite 17 bezeichnet der Untertitel des Experiments jeweils das zugehörige Informationsblatt. Mit Hilfe der Informationsblätter sollten Sie die Fragen, die zum Teil als Aufgaben auf den Arbeitsblättern gestellt werden, beantworten können. Die ab Nr. 20 folgenden Versuche sind Anregungen für verschiedene elektrische Schaltungen, die von den Kindern gebaut werden können.

Um eine experimentelle Aufgabe erfolgreich durchzuführen, sei hier noch einmal kurz der schematische Ablauf eines Experimentes dargestellt:

1. Was will ich wissen? (Anlass, Fragestellung)
2. Was vermute ich? (Bildung von Hypothesen)
3. Was benötige ich? (Arbeitsmittel wie Geräte, Gefäße etc.)
4. Zeichnung des Versuchsaufbaus
5. Was mache ich? (Versuchsdurchführung)
6. Was beobachte ich?
7. Was schließe ich daraus? (Verbindung zur Hypothese)

Wirkungen des elektrischen Stroms

Wir sind heute von einer kaum noch übersehbaren Menge von Anwendungen des elektrischen Stroms umgeben. In diesem Zusammenhang kann man von vier verschiedenen Wirkungen des elektrischen Stroms ausgehen:

Die Wärmewirkung

Ein elektrischer Strom, der durch einen Leiter fließt, erwärmt ihn mehr oder weniger stark; die Temperatur, die sich dabei einstellt, hängt von der elektrischen Energiezufuhr pro Zeiteinheit (der „elektrischen Leistung") und der Wärmeabgabe an die Umgebung ab. Die „Stromwärme" ist in vielen Geräten gewollt: Heizkissen, Bügeleisen, Elektroherd, Tauchsieder, Glühlampe usw.. Das Licht, das eine Glühlampe aussendet, ist eine Folge der hohen Temperatur der Glühwendel. Diese liegt mehr oder weniger nahe an der Schmelztemperatur des Metalls Wolfram, aus dem die Glühfäden bestehen (3380 °C), wir können also mit rund 3000 °C rechnen. Das Licht macht aber nur rund 4% des Energieumsatzes aus, der Rest ist Wärme. Auch in Elektromotoren tritt Stromwärme auf, obwohl sie dort ganz unerwünscht ist.

Die kalte Lichterzeugung

Außer den Glühlampen gibt es weitere elektrisch betriebene Lichtquellen, die einen besseren „Wirkungsgrad" haben, also einen höheren Anteil der zugerührten Elektroenergie in Licht umwandeln. Hierzu gehören die Leuchtstofflampen und ihre kleinen Verwandten, die „Energiesparlampen“, die einen rund viermal höheren Wirkungsgrad haben als Glühlampen. Besonders wirtschaftlich ist die Lichterzeugung in so genannten *Leuchtdioden,* die nur ganz wenig Wärme produzieren. Sie kommen z.B. in batteriebetriebenen Fahrradrücklichtern vor.

Die magnetische Wirkung

Dieser von dem Dänen Oerstedt 1820 entdeckte Effekt ist die Grundlage unserer Elektromaschinentechnik: Ein von Strom durchflossener Draht umgibt sich mit einem magnetischen Feld. Wickelt man den Draht zu einer Spule auf, so verstärkt sich das Magnetfeld. Eine weitere Verstärkung lässt sich erreichen, wenn man die Spule mit einem Kern aus Eisen oder Stahl füllt. Wir haben dann einen *Elektromagneten.* Im Sachunterricht pflegt man Versuche mit Nägeln zu machen, die mit isoliertem Draht umwickelt werden.

Elektromagnete unterscheiden sich in einem wichtigen Punkt von Dauermagneten: Schaltet man den Strom ab, so ist auch der Magnetismus weitgehend abgeschaltet (ein geringer Restmagnetismus bleibt erhalten). Bekannte Anwendungen des Elektromagneten sind der Schrottkran und die elektrische Klingel sowie die *Elektromotoren.* Auch die *Transformatoren,* mit denen man kleine (Wechsel-)Spannungen in große umwandeln kann und umgekehrt, enthalten Spulen mit Eisenkernen und arbeiten mit der magnetischen Wirkung des elektrischen Stroms.

Die chemische Wirkung

Der Stromfluss kann chemische Veränderungen hervorrufen, z.B. indem ein Metall mit einer Schicht eines anderen Metalls überzogen wird (Galvanisieren). Für die Zukunft dürfte die *Zersetzung des Wassers* in Wasserstoff und Sauerstoff durch Solarstrom äußerst wichtig werden.

Der elektrische Strom

Elektrischer Strom ist die Bewegung (das Strömen) elektrischer *Ladungen.* Die elektrische Ladung ist eine Eigenschaft bestimmter Mikroteilchen, aus denen die Atome und Moleküle bestehen. Sie kommt in zwei Arten vor, die wir *positiv* und *negativ* nennen.

So wie eine Tüte Reis aus einzelnen Reiskörnern besteht, setzt sich auch elektrische Ladung aus einzelnen, sehr kleinen Ladungen zusammen, die auf zwei Bausteinen der Atome sitzen:

- Positive Ladungen sitzen auf den *Protonen* (schwere Bausteine der Atomkerne) und negative Ladungen sitzen auf den *Elektronen* (leichte Bausteine der Atomhüllen).
- Entgegengesetzte Ladungen ziehen sich an, gleichnamige Ladungen stoßen sich ab. So bilden z.B. ein Proton und ein Elektron zusammen das einfachste und leichteste Atom, das wir kennen, das Wasserstoffatom.
- Normalerweise hat ein Atom oder ein (aus mehreren Atomen zusammengesetztes) Molekül gleich viele Protonen und Elektronen, also auch gleich viele positive und negative elektrische Ladungen. Die beiden entgegengesetzten Ladungen kompensieren sich nach außen hin; wir sagen, das Atom bzw. Molekül ist *elektrisch neutral.*

<u>Das Auto-Modell:</u> Damit es einen Autoverkehr gibt, müssen drei Bedingungen erfüllt sein: a) fahrbereite Autos; b) geeignete Wege oder Straßen; c) Energie für die Autos in Form von Benzin.

Wenn wir dieses Modell auf den elektrischen Strom übertragen, gilt analog:

1. es müssen freie Ladungen vorhanden sein,
2. für den Stromtransport wird ein Leiter benötigt, in dem die Ladungen strömen können,
3. die Ladungen müssen angetrieben werden, man benötigt eine elektrische Energiequelle.

Freie Ladungen entstehen immer dann, wenn sich Elektronen von den zugehörigen Atomen oder Molekülen trennen. Die zurückbleibenden, positiv geladenen Reste der Atome oder Moleküle nennt man übrigens positive Ionen.

Ein *elektrischer Leiter* besteht aus einem Stoff, in dem geladene Teilchen, also Elektronen oder Ionen existieren und sich bewegen können. Der Gegensatz zum Leiter ist ein *Nichtleiter* oder *Isolator.* Flüssigkeiten, in denen Salze gelöst sind, gehören z.B. zu den Leitern; am besten leiten aber die Metalle. In einem Metall wie z.B. Kupfer oder Aluminium gibt jedes Metallatom ein Elektron ab. Diese unglaublich vielen Elektronen benehmen sich wie eine Flüssigkeit, die durch das Gitterwerk der positiv geladenen Metallionen fließen kann. Nach außen hin ist jeder Leiter elektrisch neutral!

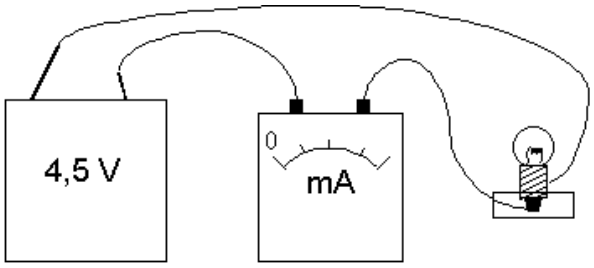
Die Antriebsenergie für die elektrischen Ladungen, z.B. für die Elektronen in einem Leitungsdraht, kommt aus einer *elektrochemischen Energiequelle* (Batterie, Akku), aus einem *Generator* (z.B. Fahrraddynamo, Lichtmaschine im Auto, Generator im Kraftwerk) oder aus einer *Solarzelle.*

Eine sehr vereinfachte, für unsere Zwecke aber ausreichende Erklärung für den Antriebsmechanismus geht davon aus, dass am *Minuspol* der Energiequelle ständig ein Überschuss, am Pluspol ein Unterschuss an Elektronen herrscht. Dieser Konzentrationsunterschied sucht sich auszugleichen, wenn zwischen den Polen eine leitende Verbindung hergestellt wird.

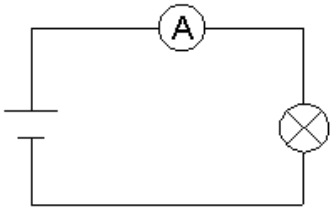
Die elektrische Stromstärke

Die elektrische Stromstärke gibt an, wie viel elektrische Ladung pro Sekunde durch einen Leiter fließt; bei einem Leiter aus Metall können wir auch sagen: Die Stromstärke ist ein Maß für die Anzahl der Elektronen, die pro Sekunde durch einen Leiterquerschnitt fließen. Sie wird in der Elektrotechnik mit dem Formelzeichen **I** abgekürzt.

- Wenn wir den elektrischen Stromkreis mit einem *geschlossenen Wasserkreislauf* vergleichen, so entspricht die elektrische Stromstärke dem Wasserdurchfluss (z.B. in Litern pro Minute gemessen).
- Die Stromstärke wird in Ampere (A) oder Milliampere (mA) gemessen, 1 A = 1000 mA.
- Ein Strommesser (früher „Amperemeter" genannt) wird immer in Reihe mit dem elektrischen Gerät geschaltet.



Realzeichnung



Schaltskizze

- <u>Ganz wichtig:</u> Weil der elektrische Strom nicht „verbraucht" wird, sondern in gleichbleibender Stärke durch den ganzen Stromkreis fließt, ist die Stromstärke überall die gleiche. Kinder glauben oft, dass der Strom hinter dem Glühlämpchen „müde" bzw. weniger geworden ist.
- Auch die elektrische Energiequelle wird von dem gleichen Strom durchflossen wie der Stromkreis.
- Wenn ein elektrischer Strom durch den menschlichen Körper fließt, gelten Stromstärken unter 20 mA als ungefährlich. Körperströme von 100 mA und mehr, die über das Herz laufen, können dagegen zum Tode rühren. So genannte „Fehlerstrom-Schutzschalter", mit denen moderne Hausinstallationen ausgerüstet sind, schalten ab, wenn beim Berühren eines spannungsführenden Teils ein Körperstrom von mehr als 30 mA fließt.

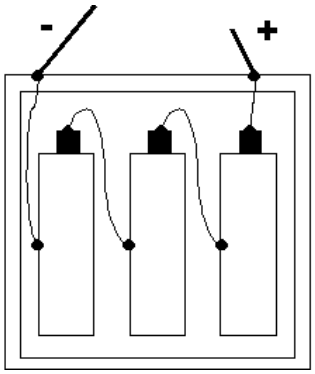
Wodurch wird nun die Stromstärke in einem elektrischen Stromkreis bestimmt? Durch die Spannung der Energiequelle *und* den Widerstand des angeschlossenen Geräts.

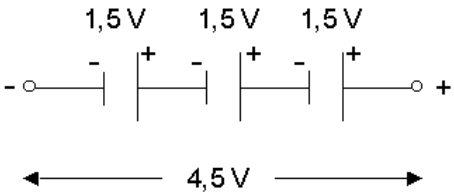
- Für ein gegebenes Gerät, z.B. eine bestimmte Glühlampe, gilt: Je höher die angelegte Spannung, desto größer die Stromstärke.
- Für eine gegebene Spannung (z.B. eine Flachbatterie 4,5 V) gilt: Je kleiner der Widerstand des Geräts, desto größer die Stromstärke.
- Wenn der Stromkreis einen Kurzschluss enthält, liefert die Energiequelle den größtmöglichen Strom. Er beträgt bei einer frischen Flachbatterie etwa 3 A.

Die elektrische Spannung

Die Spannung, die in der Elektrotechnik mit dem Formelzeichen **U** bezeichnet wird, ist die wichtigste *Eigenschaft der elektrischen Energiequelle.* Sie ist ein Maß für den *Druck,* mit dem die Elektronen durch den elektrischen Stromkreis getrieben werden. So wie eine Wasserleitung unter Druck steht, auch wenn wir den Wasserhahn nicht öffnen, ist die Spannung einer elektrischen Energiequelle auch dann vorhanden, wenn wir keinen Stromkreis anschließen.

- Spannungen werden in Volt (V) oder Kilovolt (kV) gemessen; l kV = 1000 V.
- Je größer die anliegende Spannung, desto mehr Strom fließt durch ein elektrisches Gerät.
- Jedes elektrische Gerät ist für eine bestimmte Spannung („Nennspannung") konstruiert. Die Spannung hat daher die Funktion einer *Anschluss-Bedingung:* Die Spannung der Energiequelle und die Nennspannung des Geräts müssen übereinstimmen. Ist die Spannung der Energiequelle kleiner als die Nennspannung des Geräts, arbeitet dieses nicht richtig; ist die Spannung größer, kann es Schaden nehmen oder zerstört werden.
- Wenn man mehrere elektrische Energiequellen in Reihe schaltet (plus an minus), addieren sich die Spannungen. Beispiel: In einer Flachbatterie sind drei Zellen von 1,5 V hintereinander geschaltet, die Spannung beträgt also insgesamt 4,5 V.





- Batterien mit gleicher Spannung dürfen auch parallel geschaltet werden (plus an plus, minus an minus). Dabei bleibt die Spannung gleich, aber diese größere Batterie kann mehr Strom liefern.
- Die Spannung ist ein Maß für die *Gefährlichkeit* einer elektrischen Energiequelle. Spannungen bis 42 V gelten in der Elektrotechnik als ungefährlich. Kinderspielzeug darf aber nur mit einer Spannung von höchstens 24 V betrieben werden. Ebenso sind *Schülerversuche nur bis 24 V zulässig.* Experimente mit höheren Spannungen wie z.B. 230 V sind grundsätzlich Lehrerversuche.

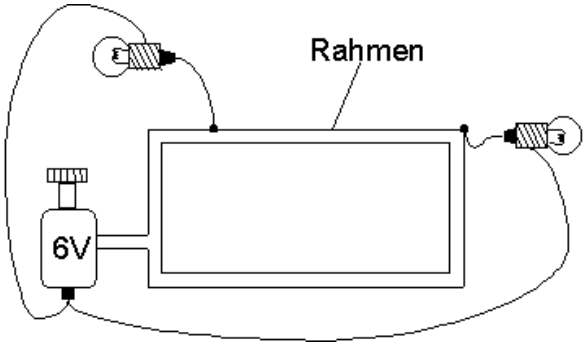
Außer den oben zusammengestellten praktischen Aspekten hat die Spannung eine sehr wichtige Bedeutung für den *Energieumsatz in einem elektrischen Stromkreis.* Zusammen mit der elektrischen Stromstärke bestimmt sie nämlich den Energieumsatz pro Zeiteinheit in einem elektrischen Gerät, die so genannte *Leistung.* Es gilt:

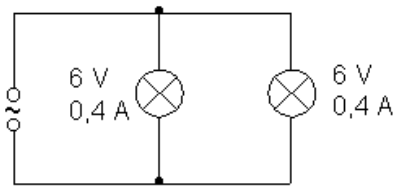
Elektrische Leistung gleich Spannung mal Stromstärke

Beispiel: Eine Fahrradlampe (6 V, 0,4 A) leistet 2,4 W, eine 230 V-Lampe mit 0,4 A aber 92 W!

Der elektrische Widerstand

Eine normale Fahrradbeleuchtung enthält zwei Glühlampen, die parallel geschaltet sind. Wenn man so schnell fährt, dass der Dynamo gerade 6 V liefert, fließt durch die Scheinwerferlampe viermal so viel Strom wie durch die Rücklichtlampe (0,4 A bzw. 0,1 A). Da beide Lampen mit der gleichen Spannung betrieben werden, liegt der Unterschied an den Eigenschaften der beiden Glühwendeln: Die Scheinwerferlampe hat einen viermal kleineren elektrischen *Widerstand* als die Rücklichtlampe.



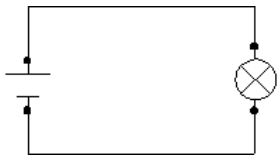


Wir können den Stromfluss durch einen Draht mit einer Wasserleitung vergleichen: Bei gleicher Länge und gleichem Wasserdruck fließt durch eine Wasserleitung um so mehr Wasser pro Minute, je größer der Leitungsquerschnitt ist. Bei Drähten ist es ebenso: Wenn zwei gleich lange Drähte an der gleichen elektrischen Spannung liegen, wächst die Stromstärke proportional zum Drahtquerschnitt. Dieser wird meist in mm² angegeben. Eine Verlängerungsleitung für 230 V - Geräte hat z.B. einen Querschnitt von l mm² oder 1,5 mm² je Ader, während die Glühwendeln von Lampen hauchdünn sind. Ihr Querschnitt liegt in der Größenordnung 0,01 mm². Wenn man einen Leitungsdraht doppelt so lang macht, fließt bei gleicher Spannung nur der halbe Strom hindurch. Der dritte Faktor, der den Widerstand eines Drahtes beeinflusst, ist das Material des Drahtes. Für Leitungen mit geringem Widerstand benutzt man Kupfer oder aus Kostengründen auch Aluminium. Die Elektrotechniker benutzen eine einfache Formel, um Drahtwiderstände aus diesen drei Faktoren zu errechnen. Einfacher ist aber die Möglichkeit, den Widerstand eines elektrischen Geräts aus der normalen Betriebsspannung und der Stromstärke zu berechnen, die sich dann einstellt:

Widerstand gleich Spannung durch Stromstärke oder als Formel: R=U/I

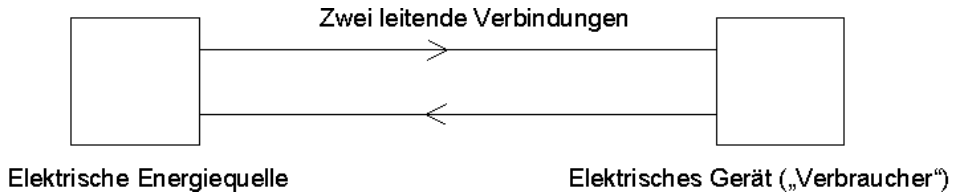
(Sie erinnern sich vielleicht daran, dass diese Formel im Physikunterricht das „Ohmsche Gesetz" genannt wurde.)

Selbst der einfachste elektrische Stromkreis enthält vier Teile, nämlich das Gerät (z.B. die Lampe), zwei Leitungen und die elektrische Energiequelle. Jedes dieser Teile hat einen elektrischen Widerstand. Normalerweise ist es aber so, dass der Widerstand des Geräts sehr groß gegenüber den Widerständen der Leitungen und der Energiequelle ist. Man tut daher meist so, als seien diese kleinen Widerstände gleich Null.

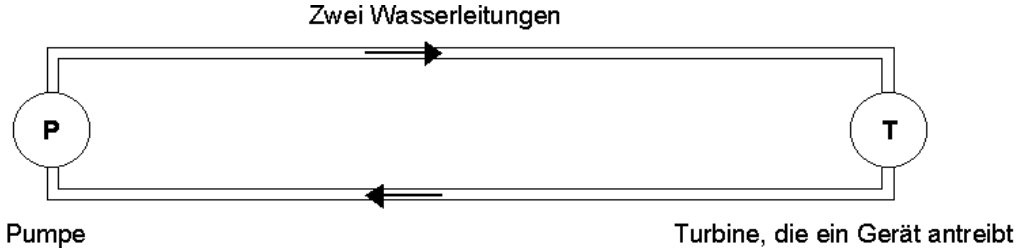


Elektrischer Strom und elektrische Energie

Der wichtigste Begriff in der Einführung in die Elektrizitätslehre ist der *elektrische Stromkreis.*



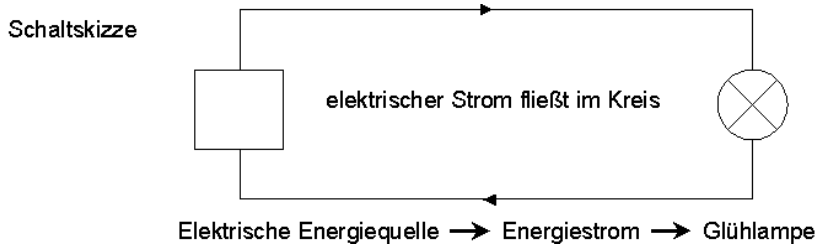
Das in der Elektrotechnik leider übliche Wort „Verbraucher“ ist sehr irreführend. Der elektrische Strom wird nämlich überhaupt nicht verbraucht, weil die Elektronen einfach nur im Kreis herumfließen und weder mehr noch weniger werden. Wir können den elektrischen Stromkreis mit einem geschlossenen **Wasserstromkreis** vergleichen:



Der Wasserdurchfluss (gemessen z.B. in Litern pro Minute) ist an allen Stellen des Kreises gleich, es wird kein Wasser verbraucht. Das Wasser transportiert aber *Energie* von der Pumpe (die das Wasser unter Druck setzt) zur Turbine (wo der Druck sich wieder abbaut). Die Redeweise vom „Stromverbrauch“ oder von der „Stromrechnung“ meint also gar nicht den elektrischen Strom, sondern die *elektrische Energie*. Die Energie strömt nämlich tatsächlich nur in eine Richtung, nämlich von der Energiequelle zum „Verbraucher“. Auch der „Verbraucher“, z.B. eine Glühlampe oder ein Elektromotor, verbraucht nicht wirklich Energie. Er wandelt aber die elektrische Energie in anderen Energiearten (meistens in Wärme) um. Die Wärme verteilt sich dann in der Umgebung und wird damit technisch gesehen nutzlos. Weil man mit elektrischer Energie mehr anfangen kann als mit dieser nutzlosen Wärmeenergie, können wir sagen:

- In einem elektrischen Stromkreis wird kostbare elektrische Energie am Ende in gleich viel, aber weitgehend nutzlose Wärmeenergie umgewandelt. (Eine Glühlampe wandelt z.B. die elektrische Energie nur zu 4% in Lichtenergie um, der Rest wird Wärme.) Die Energie wird damit *entwertet.*

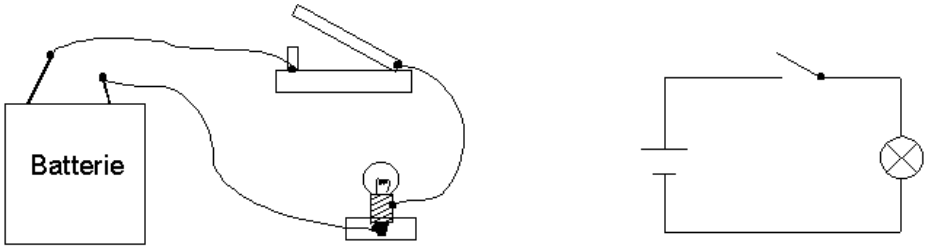
Hier hilft wieder das **Wasser-Modell** unserer Vorstellung: Wir bezahlen mit unserer Wasserrechnung dafür, dass wir wertvolles Trinkwasser in gleich viel wertloses Abwasser verwandelt haben. Mit der „Stromrechnung“ bezahlen wir dafür, dass wir die wertvolle elektrische Energie entwertet und zu nutzloser Umgebungswärme gemacht haben.



Zwei Arten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen

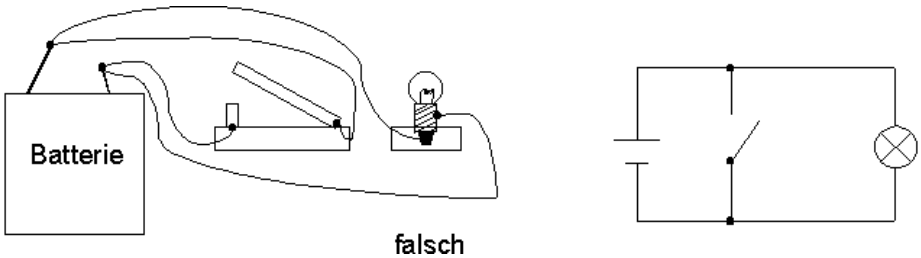
Eine typische Situation im Sachunterricht der vierten Klasse: Der einfachste elektrische Stromkreis mit Batterie und Lämpchen ist erfolgreich zusammengesetzt worden, nun soll der Stromkreis durch einen Schalter ergänzt werden. Häufig tauchen dann zwei verschiedene Lösungen auf:

1. Schalter und Lämpchen sind in Reihe geschaltet. Das Lämpchen leuchtet, wenn der Schalter geschlossen ist.



richtig

2. Schalter und Lämpchen sind parallel geschaltet. Das Lämpchen leuchtet, wenn der Schalter *geöffnet* ist.



falsch

Die zweite Schaltung funktioniert nur scheinbar. Auf die Dauer führt hier das Schließen des Schalters aber dazu, dass die Batterie sich erschöpft. Da nämlich der Schalter direkt (ohne weitere Widerstände, die den Strom begrenzen) die Batterie überbrückt, haben wir einen *Kurzschluss* vor uns.

Die Kinder sollten bei dieser Gelegenheit lernen, dass man Kurzschlüsse unbedingt vermeiden muss, denn entweder wird die Batterie schnell erschöpft oder eine Sicherung spricht an, die dann den Strom unterbricht. Merke:

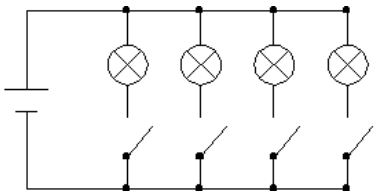
Niemals eine elektrische Energiequelle direkt mit Leitungen oder einem Schalter überbrücken!

Erfahrene Lehrkräfte versuchen manchmal, die Möglichkeit 2 dadurch auszuschließen, dass sie sagen: Baut einen Schalter in den Stromkreis ein. Ihr dürft dafür aber nur *ein* zusätzliches Kabel benutzen. (Der Kurzschlussschalter braucht zwei zusätzliche Leitungen.)

Anmerkung zum **Tür-Modell** des Schalters:
Ein beliebtes Modell für eine Leitung mit Schalter ist ein langer Gang mit Tür, durch den Kinder gehen. Dieses Modell hat leider einen Haken: Der Strom im Stromkreis fließt, wenn der Schalter *geschlossen* ist. Im Tür-Modell ist aber dann der Weg frei, wenn die Tür *geöffnet* ist.

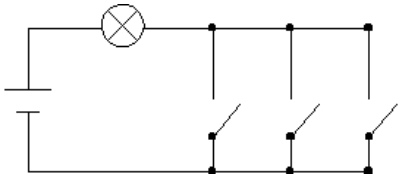
Parallel- und Reihenschaltung

Wir sprechen von einer *Parallelschaltung,* wenn zwei oder mehrere elektrische Geräte nebeneinander von der gleichen Energiequelle betrieben werden. Dies ist der normale Fall, der in der Hausinstallation, im Auto, beim Fahrrad usw. zu finden ist. Ein typisches Schaltbild sieht so aus:



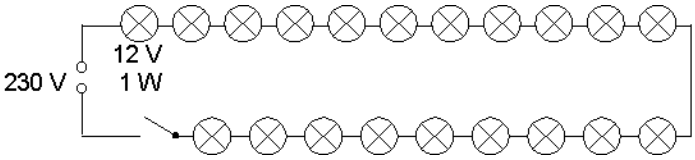
Die Lampen in verschiedenen Räumen einer Puppenstube sind parallel geschaltet.

- In einer Parallelschaltung kann jedes Gerat für sich ein- oder ausgeschaltet werden.
- Man kann nur solche Geräte parallel schalten, die für die gleiche Spannung gebaut sind.
- Der Strom, mit dem die Energiequelle belastet wird, ist gleich der Summe aller Teilströme in den parallelen Zweigen.
- Damit die Energiequelle nicht überlastet werden kann, werden häufig Sicherungen eingebaut.
- Auch Schalter können parallel geschaltet werden. Im Auto sind z.B. der Schalter der Innenbeleuchtung und die Türkontakte parallel geschaltet. Die Lampe leuchtet, wenn der eine *oder* der andere Schalter eingeschaltet ist.



Die *Reihenschaltung* elektrischer Geräte kommt in der Praxis viel seltener vor als die Parallelschaltung. Eines der wenigen Anwendungsbeispiele sind die Lichterketten, die in der Weihnachtszeit überall zu sehen sind.

- In einer Reihenschaltung können die Lampen nur insgesamt ein- oder ausgeschaltet werden.
- Man kann Lampen mit beliebigen Betriebsspannungen in Reihe schalten, es muss nur die Summe aller dieser Spannungen gleich der Spannung der Energiequelle sein.

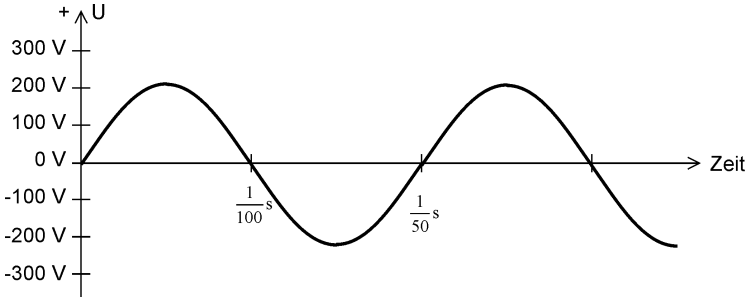


Beispiel: Eine Lichterkette aus 20 Lämpchen, die für 12 V gebaut sind, liegt an der Netzspannung von 230 V. Die Summe der einzelnen Spannungen beträgt 20 x 12 V = 240 V; die Lämpchen werden also mit leichter Unterspannung betrieben, was die Lebensdauer der Kette erhöht. Wenn ein Lämpchen durchbrennt, fällt die ganze Kette aus.

- Recht häufig gibt es eine *Reihenschaltung von Schaltern.* Z.B. arbeitet die Waschmaschine nur, wenn der Hauptschalter *und* der Türkontaktschalter eingeschaltet sind (Sicherheitsschaltung).

Gleichstrom und Wechselstrom

In unserer technischen Umwelt benutzen wir zwei Stromsysteme: Alle Elektrogeräte, die mit Batterien oder Akkus betrieben werden (also auch die Autoelektrik), arbeiten mit *Gleichstrom*. Batterien und Akkus haben eine eindeutige Polung, es gibt den „Pluspol" und den „Minuspol" und die Elektronen wandern langsam, aber sicher vom Minuspol zum Pluspol. Im Anfangsunterricht der Elektrizitätslehre pflegt man die Verhältnisse in einem Gleichstromkreis mit dem Wasserleitungsmodell zu veranschaulichen. Die mit 230 V betriebenen Elektrogeräte im Haushalt arbeiten dagegen mit *Wechselstrom*. Was bedeutet „Wechselstrom“ bzw. „Wechselspannung“? Bei der Wechselspannung aus der Steckdose wechselt die Polarität hundertmal in der Sekunde. Der zeitliche Verlauf dieser Spannung sieht so aus:



Die 230 V sind in dieser Darstellung nicht direkt zu erkennen; sie ergeben sich aus einer Mittelwertsrechnung, die wir nicht nachvollziehen müssen. Wechselstrom hat eine Reihe besonderer Eigenschaften:

- Es gibt keine Wechselstrombatterien. Wechselstrom wird in Kraftwerken von Generatoren erzeugt. Auch der Fahrraddynamo ist ein Wechselstromgenerator.
- Die Elektronen strömen im Wechselstromkreis nicht in eine Richtung, sondern schwingen nur im Rhythmus der Wechselspannung hin und her.
- Bei der Hausinstallation ist eine der beiden Leitungen mit der Erde verbunden. Die Elektriker nennen diese Leitung das „kalte Bein". Die andere Leitung, das „heiße Bein", ist in schnellem Wechsel positiv oder negativ gegenüber dem „kalten Bein" oder Nulleiter.
- Alle Geräte, die auf der Wärmewirkung des Stroms beruhen, also Glühlampen, Tauchsieder usw., arbeiten mit Wechselspannung ebenso wie mit Gleichspannung.
- Der Wechselstrom ermöglicht aber den Bau besonders einfacher und wartungsarmer Elektromotoren, die sich nicht mit Gleichstrom betreiben lassen.
- Der wesentliche elektrotechnische Vorteil der Wechselspannung liegt darin, dass man sie durch *Transformatoren* vergrößern oder verkleinern kann. Elektrische Energie muss über große Strecken bei sehr hoher Spannung transportiert werden, weil sonst zu viel Energie unterwegs verloren geht. Man transformiert daher den Strom aus dem Kraftwerk auf 110 kV (110 000 V), 220 kV oder 380 kV hinauf und setzt die Spannung am Ende der Leitung wieder herunter. Bekannt sind auch die Transformatoren der elektrischen Eisenbahn, die aus den 230 V der Hausinstallation ungefährliche 12 V oder 14 V machen.
- Wenn Strom durch den menschlichen Körper fließt, ist Wechselstrom gefährlicher als Gleichstrom gleicher Stärke. Das hundertmal in der Sekunde erfolgende Hin und Her des Wechselstroms kann nämlich den Herzmuskel fernsteuern und dadurch zum Stillstand bringen.

Die Schuko-Steckdose

Die nachfolgende Abbildung zeigt eine „Schuko-Steckdose" mit einem angeschlossenen Bügeleisen. „Schuko" bedeutet *Schutzkontakt.* Die beiden seitlichen Schutzkontakte der Steckdose sind mit der gelbgrünen Ader des dreiadrigen Kabels verbunden. Diese Leitung führt zu dem *Erdanschluss* des Hauses.

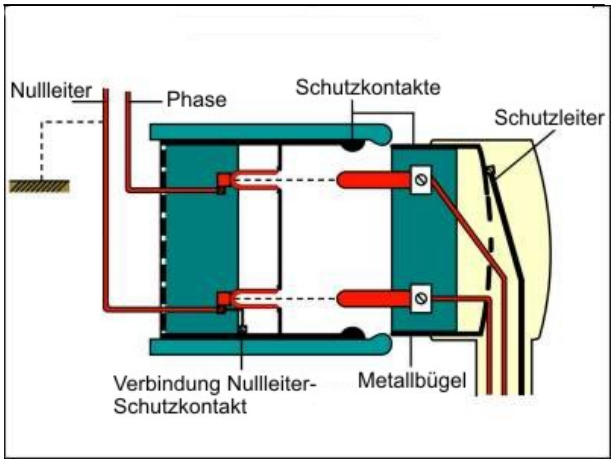


Abbildung Schuko-Stecker aus: http://www.av-medien.net/html/katalog/elektrizitaet.htm

Welchen Sinn hat diese Einrichtung? Und warum haben manche Geräte keinen richtigen Schukostecker, sondern nur einen zweipoligen Stecker ohne Schutzkontakt?

Die beiden Buchsen einer Steckdose sind mit den beiden Wechselspannungsleitungen verbunden. Eine der beiden Leitungen ist immer geerdet (der *Nulleiter* oder das „kalte Bein" im Jargon der Elektriker), während die andere Leitung, der *Phasenleiter* oder das „heiße Bein", abwechselnd positiv und negativ gegenüber der Erde ist.

Solange alle elektrischen Geräte im Hause in Ordnung sind, hat der Schutzleiter keine Funktion. Wir betrachten als Beispiel eine alte Stehlampe aus Metall, in deren Stecker der *Schutzleiter nicht angeschlossen* ist. Irgendwann möge nun der Fall eintreten, dass die Isolation einer der beiden Leitungen defekt ist, die vom Stecker zur Lampenfassung führen. Wenn die blanke Stelle mit dem Lampengehäuse in Berührung kommt, wird es mit 50%iger Wahrscheinlichkeit gefährlich: Falls die defekte Leitung über den Stecker der Lampe zufällig mit dem „kalten Bein" der Steckdose verbunden wird, besteht keine Gefahr. Im anderen Fall, wenn sie an das „heiße Bein" angeschlossen wird, liegen aber wegen des Isolationsfehlers 230 V am Metallgehäuse. Nehmen wir an, Sie tragen diese Lampe über einen hochisolierenden Teppich, dann bemerken Sie den Fehler zunächst nicht, weil Ihr Körper keine Verbindung zur Erde bekommt. Nun stolpern Sie aber über eine Falte des Teppichs, halten die Lampe in einer Hand und stützen sich mit der anderen Hand an der Heizung ab. Heizungen sind geerdet, der Strom von einer Hand zur anderen Hand führt über das Herz,.... Exitus.

Ein jedes elektrische Gerät mit Metallgehäuse muss daher heute einen richtig angeschlossenen Schutzleiter haben (siehe das Bild oben). Wenn nun ein Isolationsfehler auftritt und die schadhafte Leitung zufällig an das „heiße Bein" der Steckdose gerät, wird über den Schutzleiter ein *Kurzschluss* hergestellt und die Sicherung schaltet die betreffende Steckdose sofort ab. Geräte mit Kunststoffgehäuse dürfen dagegen ohne Schutzleiter mit einem Zweipolstecker angeschlossen werden, weil das Gehäuse nicht leitet und deshalb auch bei einem Isolationsfehler berührt werden darf.

Elektrische Einheiten

Das Volt, Maßeinheit für die elektrische Spannung

Das Volt (nach Alessandro Volta, 1745 - 1827, einem der Pioniere der E-Lehre) wird mit **V** abgekürzt. Typische Spannungen: Monozelle 1,5 V; Flachbatterie (aus drei in Reihe geschalteten Zellen) 4,5 V; Autobatterie 12 V; Netzspannung 230 V; Überlandleitung bis maximal 380 000 V = 380 kV (Vorsilbe k, kilo, bedeutet einen Faktor 1000).

Das Ampere, Maßeinheit für die elektrische Stromstärke

Das Ampere (nach André Marie Ampère, 1775 - 1836, der den Magnetismus als Folge elektrischer Ströme erklärte) wird mit **A** abgekürzt. Typische Stromstärken: Fahrradrücklicht 0,1 A; Fahrradscheinwerfer 0,4 A; Glühlampe 230 V, 40 W: 0,17 A; Bügeleisen 230 V, 1000 W: 4,3 A; Autoanlasser 150 A.

Das Ohm, Maßeinheit für den elektrischen Widerstand

Das Ohm (nach Georg Simon Ohm,1787 - 1857, der den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Spannung entdeckte) wird mit **Ω** abgekürzt. Typische Widerstandswerte: Kupferleitung 5,6 m lang, Drahtquerschnitt 1 mm²: 0,1 Ω; Fahrradscheinwerferlampe 15 Ω; Rücklichtlampe 60 Ω[1] ; Bügeleisen 230 V, 1000 W: 53 Ω.

Das Watt, Maßeinheit für die elektrische Leistung

Das Watt (nach James Watt, 1736 - 1819, Erfinder der Dampfmaschine) wird mit **W** abgekürzt. Leistung ist gleich Energieumsatz pro Zeiteinheit. Typische Leistungen[2]: Fahrradbeleuchtung 2,4 W + 0,6 W, zusammen 3 W; Energiesparlampe 12 W, entsprechende Glühlampe 60 W; Vier-Platten-Elektroherd (alle voll aufgedreht) ca. 6000 W = 6 kW.

Die Kilowattstunde, Maßeinheit für die elektrische Energie

Energie ist Leistung mal Zeit. Die Abkürzung **kWh** bedeutet 1000 W *mal* 1 Stunde (h)**.** Die Energie 1 kWh wird benötigt, wenn ein Gerät der Leistung 1000 W, z.B. ein Bügeleisen, eine Stunde lang in Betrieb ist. Eine Energiesparlampe 12 W (= 0,012 kW) benötigt, wenn sie 10 Stunden in Betrieb ist, die Energie 0,012 kW x 10 h = 0,12 kWh. Zum Vergleich: Ein schwer arbeitender Mensch leistet höchstens 100 W. Selbst an einem Zehn-Stunden-Tag schafft er nur 0,1 kW x 10 h = 1 kWh !

---

1 Bei jedem elektrischen Gerät, auf dem Spannung und Stromstärke angegeben ist, kann man den Widerstand ausrechnen, indem man die Spannung durch die Stromstärke teilt. Beispiel: Fahrradscheinwerferlampe (6 V; 0,4 A): 6 V : 0,4 A = 15 Ω. Allgemein gilt 1 V : 1 A = 1Ω.

2 Die Leistung eines Elektrogeräts lässt sich ausrechnen, wenn man die Spannung mit der Stromstärke multipliziert. Dabei ist 1 V x 1 A = 1 W. Beispiel: Ein Fahrraddynamo liefert eine Stromstärke von 0,5 A bei einer Spannung von 6 V. Seine Leistung ist also 6 V x 0,5 A = 3 W. Umgekehrt kann man auch die Stromstärke ausrechnen, indem man die Leistung durch die Spannung teilt: 40 W : 230 V = 0,17 A.

Schaltzeichen

Zeichen	Benennung	Zeichen	Benennung	Zeichen	Benennung
——— - - - - - -	Gleichstrom Gleichspannung		Leuchte, allgemein Leuchtmelder, allgemein Lampe, allgemein		Kondensator, allgemein Kapazität
	Wechselstrom, verschiedene Frequenzbereiche Die folgenden Schaltzeichen dürfen verwendet werden, wenn zwischen verschiedenen Frequenzbereichen unterschieden werden soll		Glimmlampe	+	gepolter Elektrolyt-Kondensator
			Sicherung, allgemein		Wicklung Induktivität bevorzugte Form andere Form
	Niedrige Frequenzen (z.B. Stromversorgung oder Infraschallfrequenzen)		Galvanometer		
	Mittlere Frequenzen (z.B. Tonfrequenzen)	A	Strommesser mit Angabe der Einheit Ampere		Induktivität mit Magnetkern
	Hohe Frequenzen (z.B. Ultraschall, Rundfunk, Trägerfrequenzen)	V	Spannungsmeßgerät, anzeigendes Voltmeter		Drossel Form 1 Form 2
	Primärzelle, Primärelement, Akkumulator Anmerkung: Die längere Linie kennzeichnet den positiven Pol, die kürzere den negativen.	V·A·Ω	Mehrfach ausgenutztes Meßinstrument mit Angabe der Einheiten für Spannung, Strom und Widerstand		Transformator mit zwei Wicklungen Form 1 Form 2
	Batterie v. Primärelementen Akkumulatorbatterie Anmerkung: Zur Darstellung einer Batterie darf auch das Schaltzeichen Primärzelle verwendet werden.		Widerstand, allgemein		
	Erde, allgemein		wahlweise		
	Masse, Gehäuse Anmerkung: die Schraffur darf entfallen, wenn keine Unklarheit besteht. Die Linie, die das Gehäuse repräsentiert, muß dann breiter dargestellt werden.		mit Anzapfung		Transformator mit drei Wicklungen Form 1 Form 2
			mit Schleifkontakt (Potentiometer)		
	Leitung, allgemein		Schaltglieder Schließer		
•	Verbindung von Leitern		Öffner		Spartransformator Form 1 Form 2
	Abzweigung von Leitern Form 1 Form 2		Wechsler Taster		
	Doppelabzweigung von Leitern Form 1 Form 2		Buchse, Pol einer Steckdose		Dauermagnet
			Stecker, Pol eines Steckers		wahlweise

Zeichen	Benennung	Zeichen	Benennung	Zeichen	Benennung
	Halbleiterdiode, allgemein		Betriebsmittel, Gerät, Funktionseinheit		Eingang mir zwei Schwellwerten, Eingang mit Hysterese (Schmitt-Trigger)
	Gleichrichter in Brückenschaltung		Form 1		Offener Ausgang, z.B. offener Kollektor, offener Emitter
	PNP-Transistor		Form 2		Tri-State-Ausgang
	NPN-Transistor, hier Kollektor mit Gehäuse verbunden		Form 3		negierter Ausgang, Inverter
	Widerstand, lichtempfindlich Photowiderstand		Anmerkung: Geeignete Schaltzeichen oder Kennzeichen müssen innerhalb oder außerhalb des Symbolelements angegeben werden, um das Betriebsmittel, das Gerät oder die Funktion zu kennzeichnen.	&	UND-Element, allgemein
	Diode, lichtempfindlich Photodiode				
	Leuchtdiode, allgemein	S	Rundfunkgerät	≥1	ODER-Element, allgemein
	Photoelement, Photozelle	V	Fernsehgerät		
	Transistor, lichtempfindlich Phototransistor, PNP-Typ dargestellt		Verstärker, allgemein dargestellt mit Ein- und Ausgang Anmerkung: Die Spitze des Dreiecks muß in die Übertragungsrichtung zeigen	=1	Exklusiv-ODER-Element, Antivalenz-Element, allgemein
	Diode, Katode direkt geheizt		Wechselrichter	&	UND-Element mit negiertem Ausgang, NAND
	Triode, Katode direkt geheizt		Gleichrichter-Gerät		
	Wecker, Klingel	G	Generator, allgemein	≥1	ODER-Element mit negiertem Ausgang, NOR
	Schnarre, Summer	G	rotierender Generator, allgemein		
	Gong, Einschlagwecker	G	Gleichstrom-Doppelschlußgenerator, dargestellt mit Anschlüssen und Bürsten	=	Äquivalenz-Element, allgemein
	Lautsprecher, allgemein	M	Motor, allgemein		
	Hörer, allgemein	M	Gleichstrom-Nebenschlußmotor	Quelle: DIN-Norm 40900 Teile 2-12 Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Maßgebend für das Anwenden der Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 1000 Berlin 30, erhältlich ist.	
	Mikrophon, allgemein	M 1~	Wechselstrom-Reihenschlußmotor, einphasig		

Wo bekommt man Elektromaterial?

Electronic Schmidt, Kiel, Adelheidstr. 28 (beim Exer), Tel. 0431 - 94682, Fax 92574

Transistor-Lukas, Kiel, Eckernförder Str. 44 (am Wilhelmsplatz), Tel. 526439

OPITEC GmbH, Postfach 20, Hohlweg 1, 97232 Giebelstadt-Sulzdorf, Tel. 09334 - 9411-11, Fax –94, www.opitec.de , dicker Katalog „Spezialist für Kreatives Werken“, liefert Bausätze auch für einfache elektrische Geräte, ferner Zubehör wie z.B. Batteriekappen oder Fassungen für Glühlämpchen.

CONRAD Electronic, Klaus-Conrad-Str. 1, 92240, 92240 Hirschau, Tel. 0180 - 53121-11, Fax – 0180-53121-10; www.conrad.de. Umfangreicher Katalog, in dem man aber unter „Bauelemente“ auch Kleinteile wie z.B. Lampenfassungen oder Summer findet. Im Abschnitt „Experimentierkästen“ gibt es einen Kasten „Früh übt sich“ und den Kosmos-Kasten „Electronic Start“.

Der CVK-Koffer „Stromkreise“

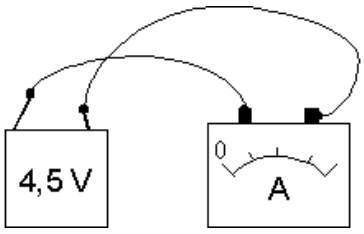
Der Klassiker für den Sachunterricht, weil man alles Gerät für die üblichen einführenden Versuche in einem Koffer beisammen hat. Dazu liefert Cornelsen ein Lehrerheft (Bestell-Nr. 4619) und ein Schülerarbeitsheft (Best.-Nr. 4600).

Nützliches Handwerkszeug:

- Kleine Schraubendreher (im CVK-Koffer enthalten)
- Eine Abisolier-Zange
- Eine Lupe, um die Inschriften der Glühlämpchen lesen zu können: 4/0,1 bedeutet z.B. 4 V, 0,1 A. Dieses Lämpchen ist gut geeignet für Versuche mit 4,5 V-Batterien, ebenso das Lämpchen 3,7 V / 0,07 A.
- Ein Strommesser bis ca. 4 A

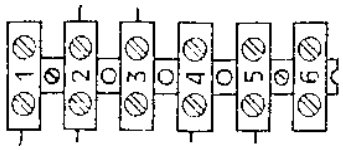
Wie testet man eine Batterie?

Man macht einfach einen Kurzschluss-Versuch mit einem Strommesser. In diesem Falle liefert die Batterie den größtmöglichen Strom. Der Versuch soll nur so lange dauern, bis man den Wert der Kurzschluss-Stromstärke abgelesen hat. Er sollte bei einer frischen Batterie ca. 3 A betragen. Wenn er unter 1 A liegt, ist die Batterie reif für den Sondermüll.



Lüsterklemmen-Schaltungen

Eine einfache Möglichkeit zum Aufbau von Schaltungen besteht darin, dass man eine Stange so genannter „Lüsterklemmen“ zur Verbindung der Kabel benutzt.



Liste der Experimente

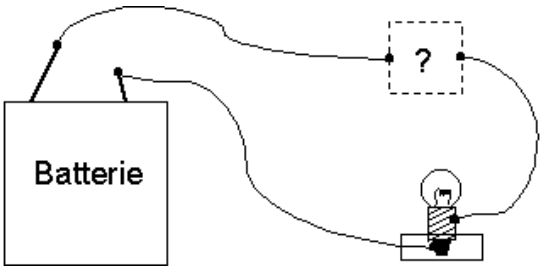
1. **Leiter und Nichtleiter –** Der elektrische Strom
   Ist es richtig, dass die Metalle Leiter und alle Nichtmetalle Isolatoren sind? Umweltbezug: Aufbau von Elektrogeräten aus Leitern und Isolatoren; die „Bürsten“ der Elektromotoren.
2. **Leitet Wasser den elektrischen Strom?** – Der elektrische Strom
   In diesem Versuch können Sie erforschen, wovon die Leitfähigkeit des Wassers abhängt. Umweltbezug: Badewannenunfälle mit elektrischen Geräten.
3. **Die Wärmewirkung des elektrischen Stroms** – Wirkungen des elektrischen Stroms
   Heizen Sie einen Draht allmählich immer weiter auf, bis er glühend wird. Umweltbezug: Elektrowärmegeräte - von der Glühlampe bis zur Kochplatte.
4. **Die Leuchtdiode** – Wirkungen des elektrischen Stroms
   Finden Sie heraus, welche besonderen Eigenschaften eine Leuchtdiode hat. Umweltbezug: Leuchtdiodenrücklicht am Fahrrad.
5. **Der Elektromagnet I** – Wirkungen des elektrischen Stroms
   Warum wickeln wir in dem bekannten Versuch aus dem CVK-Koffer den Kupferdraht um einen Nagel? Tut es nicht auch ein Bleistift oder Filzschreiber? Umweltbezug: Elektromagnete in den Weichen und Signalen der elektrischen Eisenbahn.
6. **Der Elektromagnet II** – Wirkungen des elektrischen Stroms
   Erleben Sie einen richtig starken Elektromagneten, dessen Joch Sie nicht abziehen können. Umweltbezug: Der Schrottkran.
7. **Die elektrische Klingel** – Wirkungen des elektrischen Stroms
   Versuchen Sie, den Schaltplan einer elektrischen Klingel aufzuzeichnen. Umweltbezug: Das wichtige Prinzip der Selbststeuerung.
8. **Wird elektrischer Strom verbraucht? –** Elektrischer Strom und elektrische Energie
   Kinder glauben manchmal, „hinter“ der Glühlampe werde der Strom „müde“. Überzeugen Sie sich selber, dass die elektrische Stromstärke „vor“ und „hinter“ einer Lampe die gleiche ist. Umweltbezug: Der „Stromverbrauch“ im Haushalt.
9. **Die Messung der elektrischen Stromstärke** – Die elektrische Stromstärke
   Der Umgang mit einem Strommesser bzw. einem elektrischen Vielfachmessgerät muss ein wenig geübt werden. Bei dieser Gelegenheit können Sie erkunden, wovon die Stromstärke abhängt. Umweltbezug: Stromstärkewerte auf Glühlämpchen; Sicherung.
10. **Die Messung der elektrischen Spannung** – Die elektrische Spannung
    Lernen Sie, mit einem Spannungsmesser umzugehen, und beobachten Sie ein Glühlämpchen bei verschiedenen Spannungen. Interessant ist auch der Fahrraddynamo. Umweltbezug: Spannungsangaben auf elektrischen Geräten.
11. **Eine Batterie aus zwei Batterien** – Die elektrische Spannung
    Schalten Sie zwei Batterien erst in Reihe und dann parallel. Erkunden Sie die Eigenschaften dieser Kombinationen. Umweltbezug: Anordnung der Batterien in Elektrogeräten.
12. **Veränderliche Widerstände** – Der elektrische Widerstand
    Was passiert elektrisch gesehen, wenn man eine Kochplatte auf verschiedene Stufen schaltet? Was verbirgt sich hinter dem Lautstärkeregler eines Radios? Zwei verschiedene Geräte, aber das gleiche Prinzip! Umweltbezug: Geschwindigkeitsregler für die elektrische Autorennbahn.

13. **Das Energiekosten-Messgerät** – Die elektrische Spannung
    Ein kleines elektronisches Gerät, das zwischen Gerät und Steckdose gesetzt wird, verrät den Energiebedarf des Geräts, auch im Standby-Betrieb! Umweltbezug: „Stromrechnung“; sparsamer Umgang mit elektrischer Energie.
14. **Der „Stromzähler“ im Hause** – Volt, Ampere, Ohm, Watt und Kilowattstunde
    Schließen Sie verschiedene Geräte an einen „Stromzähler“ an und stellen Sie fest, wie viel kWh sie während einer bestimmten Zeit benötigen. Umweltbezug: „Stromrechnung“; sparsamer Umgang mit elektrischer Energie.
15. **Der Kurzschluss** – Zwei Arten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen
    Bei einer Batterie ist ein Kurzschluss nicht tragisch. Zur Schonung der Batterien sollten die Kinder jedoch lernen, dass ein Schalter richtig und falsch eingebaut werden kann. Umweltbezug: Kurzschluss und Sicherung im Haushalt.
16. **Die Fahrrad-Beleuchtung** – Parallel- und Reihenschaltung
    Die Fahrradelektrik ist leider ziemlich anfällig gegen Störungen. Versuchen Sie, eine defekte Beleuchtung zu reparieren! Umweltbezug: Verkehrssicherheit.
17. **Die elektrische Weihnachtsbaum-Beleuchtung** – Parallel- und Reihenschaltung
    Experimentieren Sie mit dieser klassischen Reihenschaltung. Umweltbezug: Sicherheit bei elektrischen Geräten.
18. **Phasen- und Durchgangsprüfer** – Die elektrische Spannung / Der elektrische Widerstand
    Wie kann man auf einfache Weise herausfinden, ob eine Steckdose in Ordnung ist? Und wie prüft man eine Verlängerungsleitung? Umweltbezug: Hausinstallation, Sicherheit beim Umgang mit elektrischen Anlagen, Fahrradbeleuchtung.
19. **Das Relais** – Wirkungen des elektrischen Stromes
    Das Relais ist eine sehr wichtige Anwendung des Elektromagneten und es erlaubt eine besondere Schaltung: Eine Lampe wird *aus*geschaltet, wenn man das Relais *ein*schaltet. Man kann damit auch eine ganz raffinierte Alarmanlage bauen. Umweltbezug: Fahrtrichtungsumschalter bei Märklin-Loks, Treppenhausbeleuchtung.
20. **Ein Schalter aus Büroklammern**
    Kinder sind sehr erfinderisch, wenn sie das Prinzip des Schalters begriffen haben. Der Büroklammerschalter ist nur eine Möglichkeit von vielen.
21. **Elektrische Geschicklichkeits-Spiele**
    Schaltungen für zwei Spiele, bei denen eine ruhige Hand benötigt wird.
22. **Elektro-Quiz**
    Eine Schaltung kann mit verschiedenen Frage-Kärtchen aus verschiedenen Bereichen des HSU betrieben werden.
23. **Alarmanlage unter dem Teppich**
    Auch hier geht es um den Bau eines besonderen Schalters.
24. **Ein einfacher selbstgebauter Elektromotor**
    Eine Flachbatterie, ein wenig Draht und ein Magnet reichen bereits aus!
25. **Die Solarzelle**
    Eine beleuchtete Solarzelle wirkt wie eine Batterie. Mit einer hinreichend großen Solarzelle kann man einen Motor oder sogar einen Walkman betreiben.

Versuch 1: Leiter und Nichtleiter / Durchgangsprüfer

Geräte:
Batterie, Lämpchen, Kabel, diverse kleine Gegenstände aus verschiedenen Materialien (CVK-Koffer).

Aufbau:
Siehe Skizze. Finden Sie heraus, mit welchen Gegenständen Sie den Stromkreis schließen können!



Dieser Aufbau heißt in der Elektrotechnik ein *Durchgangsprüfer*. Auf dem vorderen Tisch liegt eine defekte Verlängerungsleitung. In einer solchen Leitung gibt es *drei* Kabel (das dritte ist der Schutzleiter, siehe Blatt zur Schukosteckdose). Prüfen Sie, welches der drei Kabel keinen Durchgang hat.

Ergebnis:
Die leitenden Materialien sind die .....

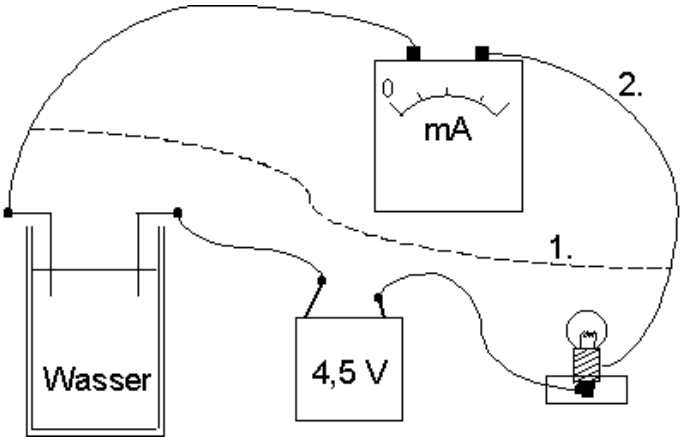
Die nichtleitenden Materialien sind alle übrigen Stoffe bis auf .....

Versuch 2: Leitet Wasser den elektrischen Strom?

Geräte: Becherglas, demineralisiertes Wasser (annähernd reines Wasser, früher „destilliertes Wasser), Leitungswasser, Kochsalz, Batterie, Kabel, zwei schmale und zwei breite Bleche, Lämpchen, Strommesser, zwei Krokodilklemmen.

Aufbau: Siehe Skizze**.**

Durchführung:



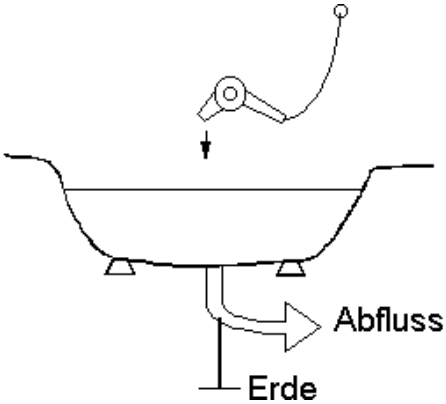
1. Verwenden Sie zuerst die breiten Bleche. Versuchen Sie zunächst, Ihr Lämpchen mit reinem Wasser zum Leuchten zu bringen, dann mit Leitungswasser, dann mit Salzwasser (ca. drei Teelöffel auf 0,5 Liter Wasser).
2. Bauen Sie zusätzlich den Strommesser ein (in Reihe mit dem Lämpchen!) Können Sie jetzt einen Stromfluss beim Leitungswasser feststellen?
3. Finden Sie heraus, z.B. mit Leitungswasser, wie die Stromstärke von der Breite, von der Eintauchtiefe und vom Abstand der „Elektroden“ (der Bleche) abhängt.

Ergebnisse:

- Versuchen Sie, die elektrischen Eigenschaften von Wasser bzw. Salzwasser zu beschreiben.
- Bei gegebener Energiequelle (Batterie) und gegebener Art des Wassers hängt der Stromfluss von der Art und Anordnung der Elektroden ab. Was können Sie darüber sagen?

Anwendung:

Stellen Sie sich den berüchtigten Unfall mit dem Fön in der Badewanne vor. Spielt es eine Rolle, wo Sie in der Badewanne sitzen und wo der Fön hineinfällt? Tipp: Die Abflussleitung ist geerdet!

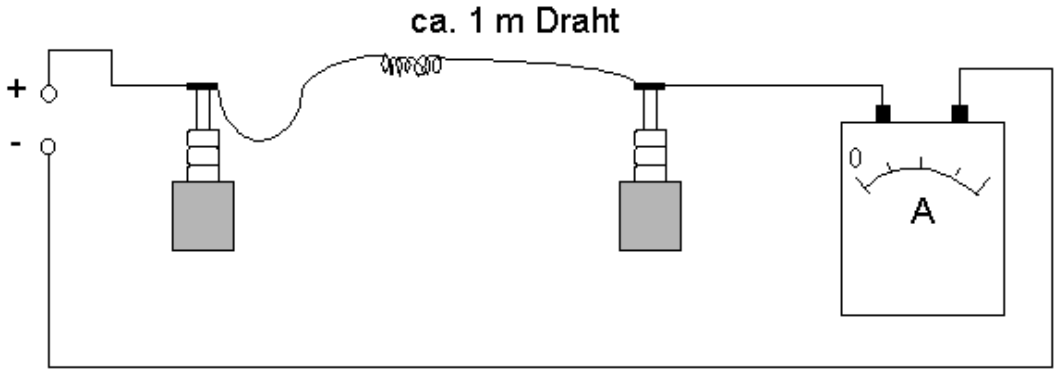


Versuch 3: Die Wärmewirkung des elektrischen Stroms

Im CVK-Koffer befinden sich kleine Thermometer, deren Kugel man mit ein wenig Draht umwickeln soll. Wenn der Draht an eine Batterie angeschlossen wird, zeigt das Thermometer eine steigende Temperatur an.

Geräte und Aufbau:

Wir benutzen stattdessen ein Netzgerät mit einstellbarer Spannung und einen Draht aus der Legierung *Konstantan* mit dem Durchmesser 0,4 mm, den wir teilweise mit Hilfe eines Bleistiftes oder Kugelschreibers zu einer Spirale aufwickeln. Der Draht wird zwischen zwei Isolierklemmen auf einem *Steintisch* ausgespannt. Außerdem schalten wir einen Strommesser mit dem Draht in Reihe.



Durchführung:

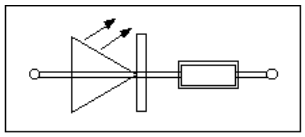
Erhöhen Sie langsam die Spannung am Netzgerät, beobachten Sie den Strommesser und den Draht.
Achtung: Bitte die größte zulässige Stromstärke des Strommessers (z.B. 3 A) bzw. des Netzgerätes beachten!

Beobachtung:

Vergleichen Sie, sobald die Rotglut beginnt, den ausgestreckten Draht und die Wendel. Wie erklärt sich diese Beobachtung?

Versuch 4: Die Leuchtdiode

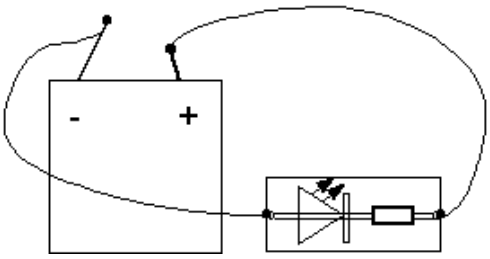
Geräte: Schülerexperimentierkasten „discitron“, Flachbatterie.

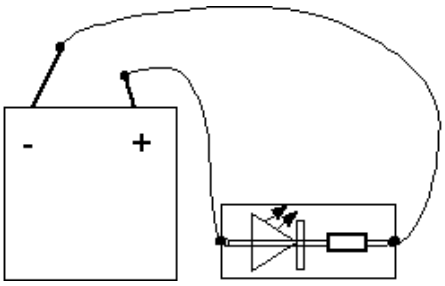


Suchen Sie in dem Kasten nach einem Bauteil, das so beschriftet ist:

Es handelt sich um eine *Leuchtdiode* mit einem vorgeschalteten Schutzwiderstand.

Versuchen Sie, die Leuchtdiode mit zwei Kabeln, die Sie an die Kontaktbleche der Batterie halten, zum Leuchten zu bringen. Vertauschen Sie danach die Kabel an den Kontaktblechen. Was stellen Sie fest?





Ergebnis:

.....

Erklärung:

Bei einer Glühlampe oder einem Heizdraht ist es egal, in welcher Richtung der Strom hindurchfließt. Die Leuchtdiode ist dagegen ein Beispiel für die vielen Geräte, die mit richtiger Polung angeschlossen werden müssen.

Eine *Diode* ist ein elektronisches Bauteil, das wie ein *Stromventil* wirkt. Sie lässt den Strom nur in einer Richtung durch. Eine Diode wird in Schaltplänen durch ein pfeilartiges Symbol dargestellt, die Pfeilspitze zeigt in die Durchlassrichtung des von + nach - fließenden Stromes. Leider hat es sich in der Elektrotechnik aus historischen Gründen eingebürgert, als *Fließrichtung des elektrischen Stromes* den Weg vom Pluspol der Energiequelle zum Minuspol zu betrachten. Man tut so, als würde der Strom von *positiven Ladungen* gebildet, während doch in Wirklichkeit negative Ladungen (Elektronen) im Draht fließen. Dies ist für die Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht der Sek. I ein ständiges Problem.

Ergänzende Hinweise:

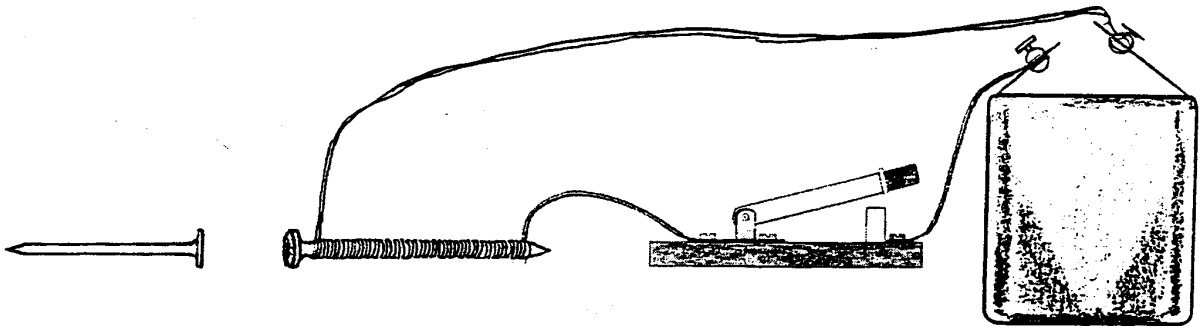
Die hier benutzte Leuchtdiode ist für den Betrieb an 6 V ausgelegt, sie leuchtet also daher bei 4,5 V nur relativ schwach. Überzeugen Sie sich anhand eines Diodenrücklichts für ein Fahrrad, wie hell moderne Leuchtdioden sein können!

Außer den roten Leuchtdioden gibt es weiße, gelbe, grüne und blaue. Sie finden sich überall dort, wo Anzeigeleuchten mit geringer elektrischer Stromaufnahme benötigt werden. Leuchtdioden wandeln nämlich einen erheblich größeren Teil der zugeführten elektrischen Energie in Licht um als die herkömmlichen kleinen Glühlämpchen.

Versuch 5: Der Elektromagnet

Material und Geräte:

Kupferlackdraht, Schmirgelpapier, Batterie, großer Nagel, Bleistift, Schalter, Büroklammern.



Schließe den Stromkreis für einige Sekunden! Was geschieht?

Die Abbildung aus dem CVK-Schülerheft „Stromkreise“ zeigt, wie die Kinder einen Elektromagneten bauen können. Probieren Sie es zunächst ohne den Nagel, indem Sie ungefähr 30 Windungen Kupferlackdraht um einen Bleistift wickeln. Man nennt diese Wicklung auch eine *Spule*. An den beiden Anschlussstellen der Spule müssen Sie die Isolierung abschmirgeln. Versuchen Sie, ob Sie mit diesem Elektromagneten Büroklammern anheben können. Ersetzen Sie dann den Bleistift durch den Nagel und wiederholen Sie den Test.

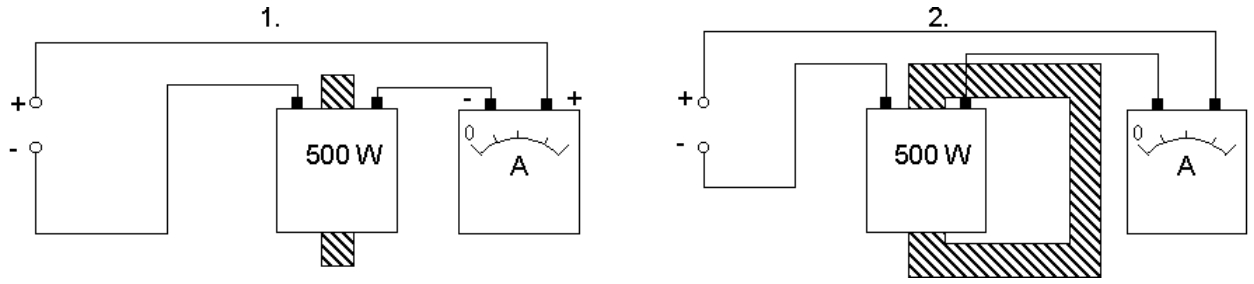
Ergebnis:

Beschreiben Sie die Funktion des Eisenkerns in einem Elektromagneten. Können Sie sich denken, warum ein Eisenkern diese Wirkung hat?

Versuch 6: Der Elektromagnet II

Geräte: Spule mit 500 Windungen, ein dazu passender eiserner U-Kern mit „Joch“ (säulenförmiger Eisenkern von gleichem Querschnitt), zwei kleinere Spulenkerne aus Eisen, Demonstrationsstrommesser (Messbereich 3 A), drei Kabel mit Bananensteckern, Energiequelle („Kleinspannung“).

Aufbau: Siehe Skizze. Achten Sie auf den Anschluss des Strommessers (+ an +, - an -).



Durchführung:

Sie sollten zunächst das Joch als Spulenkern benutzen. Stellen Sie eine Stromstärke von 2,5 - 3 A ein, indem Sie den Kleinspannungsregler entsprechend drehen. Sie erhalten einen kräftigen Elektromagneten, mit dem Sie schon eine kleine Last heben können.

Im zweiten Teil des Versuchs setzen Sie die Spule auf einen Schenkel des U-Kerns. Setzen Sie dann das Joch auf und versuchen Sie, es bei einer Stromstärke von 2,5 - 3 A wieder abzuziehen.

Erklärung:

Ein Elektromagnet wird besonders stark, wenn sein Eisenkern in sich geschlossen ist. Anders gesagt, er erreicht mit relativ wenig Strom eine sehr hohe Wirkung. Die *Tonköpfe* von Tonbandgeräten sind zum Beispiel so gebaut. An der Stelle, wo sie das Tonband magnetisieren, haben sie nur einen ganz schmalen Luftspalt, aus dem das Magnetfeld herausquillt.

Versuch 7: Die elektrische Klingel

Untersuchen Sie eine geöffnete elektrische Klingel und versuchen Sie, ihren Aufbau und den Weg des elektrischen Stroms zwischen den beiden Anschlüssen zu zeichnen. Da ist ein Elektromagnet, (manchmal besteht er aus zwei Teilen) und ein federndes Metallteil, das von dem Elektromagneten angezogen werden kann, wenn dieser von Strom durchflossen wird. Aber was geschieht dann? Schließen Sie die Klingel an ihre Batterie an und beobachten Sie, wie sie arbeitet. Beschreiben Sie nun, wie die Klingelbewegung zustande kommt.

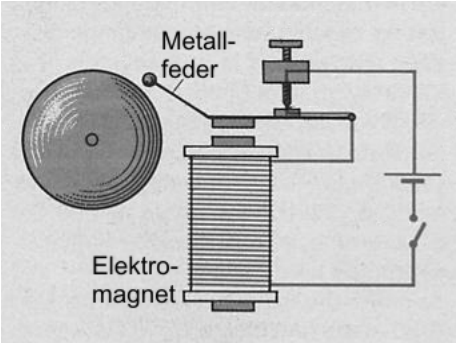


Abbildung nach Gross Berhag, S. 245

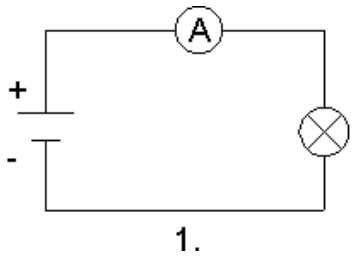
Ergänzende Hinweise:

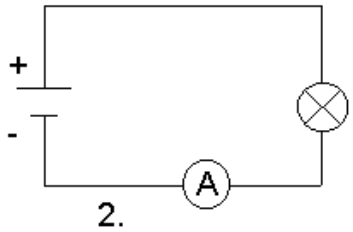
1. Diese Art der Klingel heißt zwar „Gleichstrom-Klingel“, sie arbeitet aber auch mit Wechselstrom von einigen Volt, der aus einem *Klingeltransformator* kommt.
2. Häufig finden wir heute in Häusern einen „Dingdong“ und keine Klingel. Dieser ist viel einfacher aufgebaut als eine Klingel, weil der Unterbrechermechanismus fehlt. Ein Elektromagnet bewegt jeweils beim Einschalten und beim Ausschalten eine Art von Klöppel, der gegen die Gongplatte stößt.
3. Klingelanlagen gehören zu den „Schwachstrom-Anlagen“. Damit meint man in der Elektrotechnik Anlagen, die mit geringer, für den Menschen ganz ungefährlicher *Spannung* betrieben werden. Für solche Anlagen dürfen Leitungen mit dünner Isolation und besonders einfache Schalter benutzt werden.
4. Der Unterbrechermechanismus der Gleichstromklingel ist ein berühmtes Beispiel für das technische Prinzip der Selbststeuerung. Man braucht es z.B. immer dann, wenn eine andauernde Schwingung erzeugt werden soll (Elektro-Akustik).

Versuch 8: Wird elektrischer Strom verbraucht?

Geräte: Flachbatterie, Glühlämpchen, Kabel, Strommesser.

Aufbau: Siehe Skizze. Sie können den CVK-Koffer, den discitron-Kasten oder ein Steckbrett mit zugehöriger Lampenfassung benutzen.





Durchführung:

Schalten Sie den Strommesser einmal in den „Plus-Zweig“ des Stromkreises und einmal in den „Minus-Zweig“. Überzeugen Sie sich, dass in beiden Fällen die gleiche Stromstärke angezeigt wird.

Erklärung:

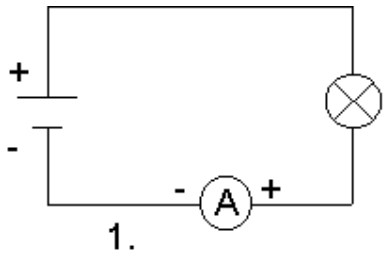
Elektrischer Strom ist das Fließen elektrischer Ladungen. In einem Draht von gegebenem Querschnitt bedeutet mehr Stromstärke, dass die Ladungen schneller fließen müssen (Vergleich mit einer Wasserleitung!) Gleiche Stromstärke heißt demnach, dass die Elektronen sich auf beiden Seiten der Lampe *gleich schnell bewegen*.

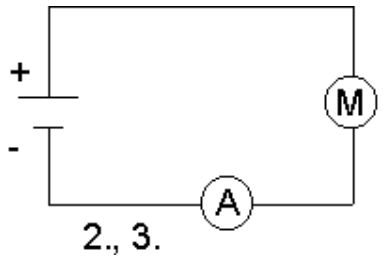
Der Befund, dass die Stromstärke auf beiden Seiten der Lampe gleich ist, gilt für alle Stromkreise, in denen irgendein Gerät betrieben wird: Der Strom wird nicht „verbraucht“, sondern er fließt auf beiden Seiten des Gerätes genau so schnell. „Verbraucht“ wird nur seine Arbeitsfähigkeit, seine elektrische Energie.

Versuch 9: Die Messung der elektrischen Stromstärke

Geräte: Flachbatterie, elektrisches Vielfach-Messgerät, Kabel, Glühlämpchen mit Fassung, zwei kleine Gleichstrom-Motoren.

Aufbau und Durchführung:





Messen Sie die Stromstärke, die durch das Lämpchen ⊗ und die beiden Motoren (M) fließt!

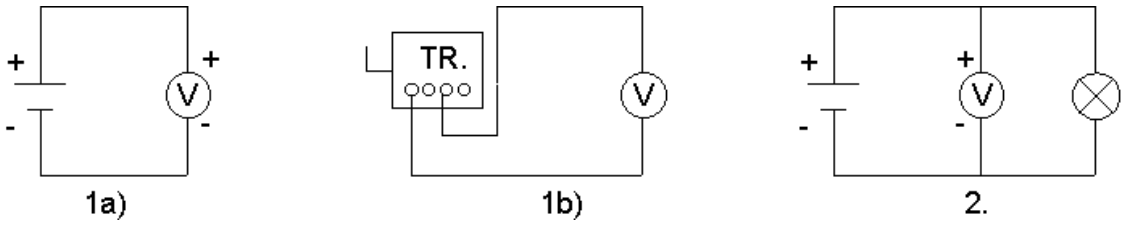
Bedienung des Strommessers:

1. Richtigen Messbereich am Wählschalter einstellen (Gleichstrom) und zunächst den unempfindlichsten Bereich mit der größten Stromstärke wählen.
2. Sie müssen den Strommesser richtig polen (+ an + und - an -), sonst schlägt der Zeiger in die falsche Richtung aus.
3. Wenn das Gerät in Betrieb ist und Sie keinen Zeigerausschlag sehen, schalten Sie allmählich auf empfindlichere Messbereiche zurück.
4. Der Messwert ergibt sich aus dem angezeigten Wert auf der Skala und dem jeweiligen Messbereich.
   Beispiele: a) Skala 0 bis 10, Messbereich 100 mA, Anzeige 7 - der Messwert ist 70 mA.
   b) Skala 0 - 10, Messbereich 1 A, Anzeige 2,6 - der Messwert ist 0,26 A.
   Moderne digital anzeigende Instrumente machen einem das Leben leichter, weil sie die Messwerte gleich im Klartext darstellen.
5. Einige Geräte wie z.B. das Metramax 2 enthalten eine Batterie. Sie müssen zunächst eingeschaltet (links oben) und nach Gebrauch wieder abgeschaltet werden.

Versuch 10: Die Messung der elektrischen Spannung

Geräte: Flachbatterie, elektrisches Vielfach-Messgerät, Kabel, Transformator, Lämpchen mit Fassung.

Aufbau und Durchführung:



1. Messen Sie die Spannung
   a. der Batterie
   b. des Transformators zwischen den verschiedenen Anschlussbuchsen.
2. Schließen Sie das Lämpchen *parallel* zum Spannungsmesser an die Batterie an. Ändert sich die angezeigte Spannung?
3. Zwischen welchen Buchsen des Transformators sollten Sie das Lämpchen anschließen, damit die Spannung möglichst gut zur „Nennspannung“ des Lämpchens passt?

Bedienung des Spannungsmessers:

1. Richtigen Messbereich am Wählschalter einstellen. (Gleichspannung bzw. beim Transformator Wechselspannung, Zeichen - bzw. ~).
2. Sie müssen den Spannungsmesser richtig polen (+ an + und - an -), sonst schlägt der Zeiger in die falsche Richtung aus. Bei Wechselspannung gibt es keine spezielle Polung.
3. Der Messwert ergibt sich aus dem angezeigten Wert auf der Skala und dem jeweiligen Messbereich. Beispiel: Skala 0 bis 3, Messbereich 30 V, Anzeige 1,15 - der Messwert ist 11,5 V. Moderne digital anzeigende Instrumente machen einem das Leben leichter, weil sie die Messwerte gleich im Klartext darstellen.
4. Einige Geräte wie z.B. das Metramax 2 enthalten eine Batterie. Sie müssen zunächst eingeschaltet (links oben) und nach Gebrauch wieder abgeschaltet werden.

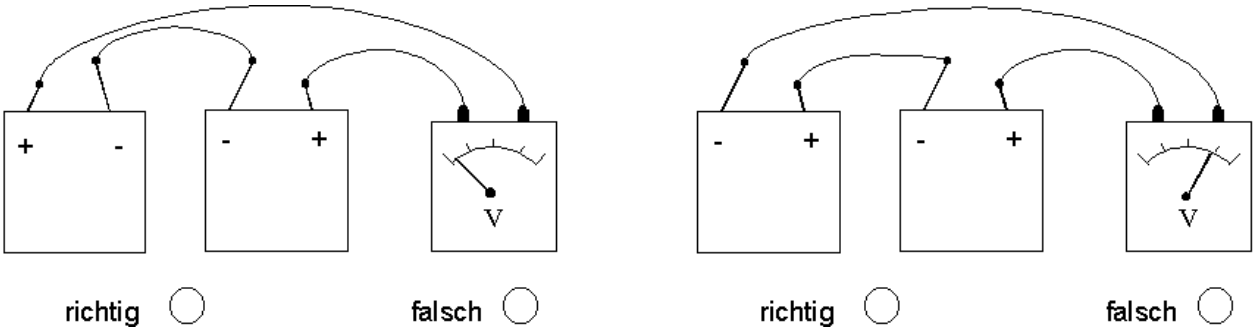
Versuch 11: Eine Batterie aus zwei Batterien

Geräte: Zwei Flachbatterien 4,5 V, Lämpchen 7 V / 0,3 A, Strommesser, Spannungsmesser, Kabel.

1. Reihenschaltung der beiden Batterien

Vorversuch: Schließen Sie das Lämpchen 7 V / 0,3 A an eine der beiden Batterien an. Es leuchtet nur sehr mäßig.

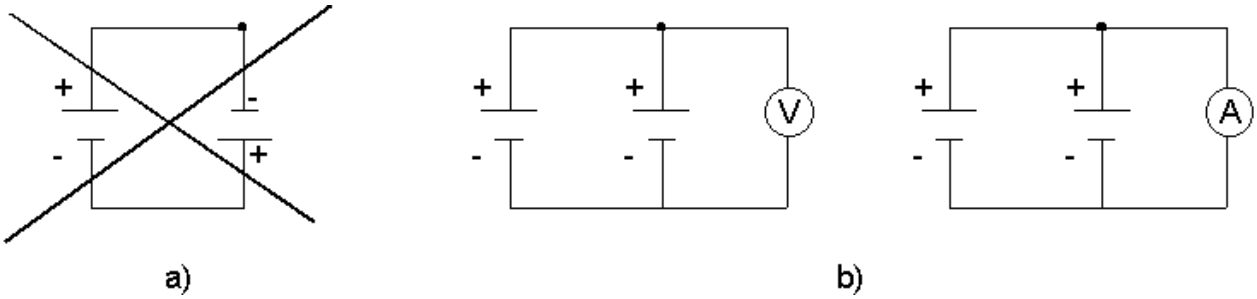
Bauen Sie nun Ihren Versuch nach der Skizze auf. Messen Sie in beiden Fällen die Spannung. Wenn Sie die richtige Art der Reihenschaltung herausgefunden haben, schließen Sie das Lämpchen an die beiden Batterien an. Leuchtet es jetzt heller?



2. Parallelschaltung der beiden Batterien.

Vorversuch: Messen Sie die maximale Stromstärke der beiden einzelnen Batterien im *Kurzschluss.* Sie sollte bei einer noch brauchbaren Batterie bei 2 - 3 A liegen.

Schalten Sie nun beide Batterien parallel. Bitte nicht wie bei a), denn diese Schaltung entspricht wieder einem *Kurzschluss.* Richtig ist es wie bei b).



Messen Sie nun die Spannung! Hat sie sich geändert? Messen Sie auch die Kurzschluss-Stromstärke. Was stellen Sie fest?

Ergebnis: Bei der Reihenschaltung von Batterien addieren sich die einzelnen Spannungen.

Bei der Parallelschaltung von Batterien bleibt die Spannung gleich, aber die maximalen Stromstärken addieren sich.

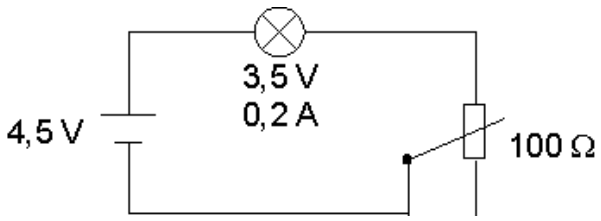
Ergänzender Hinweis: Beim Laden eines Akkus kommt auch + an + und - an -!

Versuch 12: Veränderliche Widerstände

Geräte: Elektrische Autorennbahn, Schiebewiderstand 100 Ω, Flachbatterie, Lämpchen 3,5 V / 0,2 A mit Fassung (z.B. im CVK-Koffer), Drehwiderstand 10 kΩ, discitron-Kasten, zwei Krokodilklemmen für den Anschluss an die Batterie.

Veränderliche Widerstände werden in der Elektrotechnik als *Schiebewiderstände,* häufiger aber als *Drehwiderstände* gebaut. Der 10 kΩ - Drehwiderstand zeigt die Bauweise dieser Geräte. Es gibt immer drei Anschlüsse, von denen einer mit dem Schieber oder Drehschleifer verbunden ist. Damit kann man Widerstände zwischen 0 und dem Höchstwert des jeweiligen Geräts einstellen.

Aufbau: Schalten Sie nach der Skizze Batterie, Lämpchen und den 100 Ω Drehwiderstand des discitron-Kastens in Reihe.



Sie können nun durch Drehen am Schleifer die Helligkeit des Lämpchens verändern.

Erklärung:

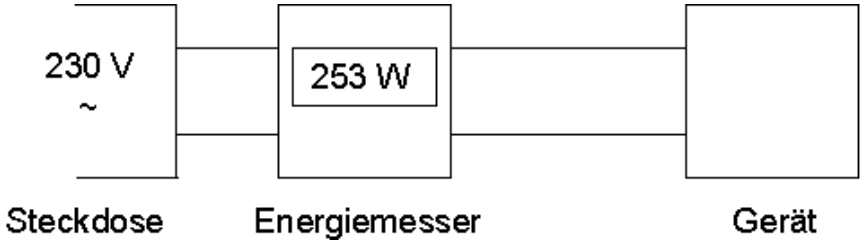
Hintereinander geschaltete Widerstände addieren sich. Je größer der Gesamtwiderstand der Schaltung, desto geringer wird die Stromstärke und desto schwächer leuchtet das Lämpchen.

Ergänzende Hinweise:

1. Man könnte denken, dass die „Dimmer“, die wir in der Raumbeleuchtung finden, ebenso funktionieren. Das wäre im Prinzip denkbar, man bräuchte aber wegen der hohen Leistungen der Lampen ziemlich große Drehwiderstände, die in den kleinen Aushöhlungen in der Wand gar nicht unterzubringen wären. Außerdem wäre diese Lösung ziemlich unwirtschaftlich, da ein veränderlicher Vorwiderstand viel Energie benötigt. Tatsächlich enthält der Dimmer eine kleine elektronische Schaltung, die eine „verlustlose Leistungssteuerung“ ermöglicht. Das ist etwas für den dritten Fortgeschrittenen-Kurs!
2. Veränderliche Widerstände werden oft nicht kontinuierlich, sondern in Stufen geschaltet. So arbeiten z.B. elektrische Kochplatten mit festen Stufen 0,5 - 1- 1,5 - 2 - 2,5 - 3.
3. Drehwiderstände geringer Leistung werden an vielen Stellen in elektronischen Geräten benutzt. Bekanntes Beispiel: Der Lautstärke-Regler am Radio. Dahinter verbirgt sich ein kleiner Drehwiderstand (siehe discitron-Kasten).

Versuch 13: Das Energiekosten-Messgerät

Energiekosten-Messgeräte sind heute im Elektronik-Versandhandel (z.B. Fa. Conrad) für ca. 25 Euro zu haben. Sie werden einfach in die Steckdose gesetzt und messen die elektrische Leistung des angeschlossenen Geräts, indem sie das Produkt Stromstärke mal Spannung bilden. Weiterhin enthalten sie eine elektronische Uhr und der eingebaute Computer kann auch die umgesetzte Energie, also Stromstärke mal Spannung mal Zeit errechnen und in kWh anzeigen. Schließlich kann man noch den gültigen Tarif in €/kWh eingeben und man erhält dann eine Anzeige der tatsächlichen „Stromkosten“. Einige dieser Geräte geben auch nur die Energiekosten an.



Versuch:

Experimentieren Sie einfach mit dem Energiekosten-Messgerät und verschiedenen Elektrogeräten. Welche Leistung (in Watt) haben diese Geräte? Hätte der Trafo (Phywe 7818), wenn wir ihn ständig als Klingeltrafo eingeschaltet lassen würden, einen nennenswerten „Standby-Verbrauch“?

Versuch 14: Der „Stromzähler“

In jedem Haushalt gibt es einen *Wechselstromzähler*. Er zählt nicht den Strom, der bekanntlich nicht verbraucht wird, sondern die vom E-Werk bezogene *elektrische Energie.* In der Technik gibt es leider viele Bezeichnungen, die physikalisch gesehen falsch sind.

Der Zähler enthält einen speziellen Motor, der die Zählerscheibe antreibt. Die Geschwindigkeit, mit der die Scheibe sich dreht, oder besser gesagt die Anzahl der Umdrehungen pro Minute, ist ein Maß für die momentan im Haushalt bezogene *elektrische Leistung* (Elektroenergie pro Zeiteinheit). Je mehr Geräte eingeschaltet sind, desto schneller dreht sich die Scheibe.

Die Eichkonstante des Zählers gibt die Anzahl der Umdrehungen (U) an, die einer Kilowattstunde entsprechen. Bei unserem Zähler sind es 1200 U/kWh.

Bei einem Tauchsieder von 1000 W = 1 kW, der eine Stunde in Betrieb ist, würde sich also die Scheibe 12900 Mal drehen, denn es wird gerade eine Kilowattstunde umgesetzt. Wie oft dreht sich die Scheibe, wenn der Tauchsieder nur zehn Minuten lang eingeschaltet wird?

Geräte / Versuch:

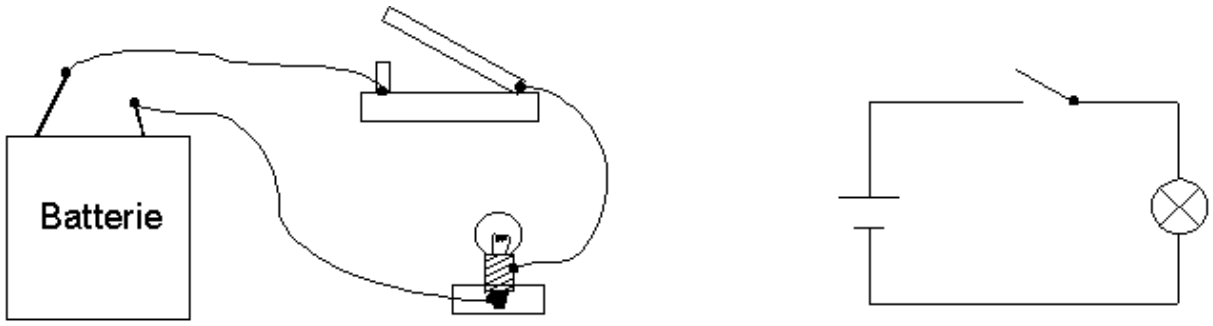
Tauchsieder in wassergefülltem Glas, Haartrockner, Heizlüfter, Schreibtischlampe, Steckdosen-Leiste.

Schließen Sie die Geräte nacheinander oder parallel an den Zähler an. Beobachten Sie dabei die Umdrehungen der Scheibe mit der Uhr. Passen Ihre Beobachtungen zu den auf den Geräten angegebenen elektrischen Leistungen?

Versuch 15: Der Kurzschluss oder zwei Arten, einen Schalter in einen Stromkreis einzubauen

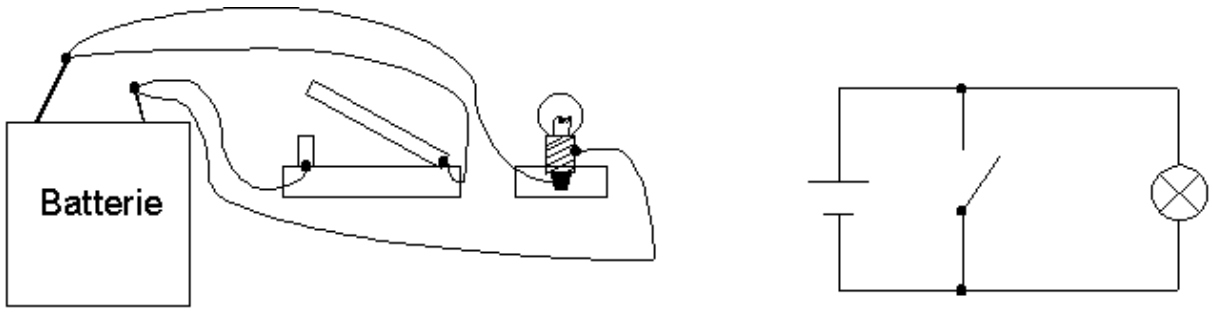
Eine typische Situation im Sachunterricht der vierten Klasse: Der einfachste elektrische Stromkreis mit Batterie und Lämpchen ist erfolgreich zusammengesetzt worden, nun soll der Stromkreis durch einen Schalter ergänzt werden. Häufig tauchen dann zwei verschiedene Lösungen auf:

1. Schalter und Lämpchen sind in Reihe geschaltet. Das Lämpchen leuchtet, wenn der Schalter geschlossen ist.



richtig

2. Schalter und Lämpchen sind parallel geschaltet. Das Lämpchen leuchtet, wenn der Schalter *geöffnet* ist.



falsch

Versuch:

Bauen Sie die falsche Version auf und überzeugen Sie sich, dass man das Lämpchen *aus*schalten kann, indem man den Schalter *ein*schaltet.

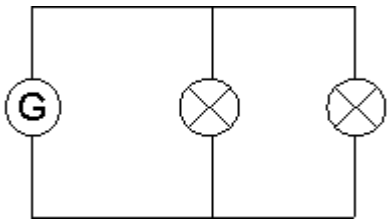
Begründen Sie bitte, warum diese Version falsch ist!

Versuch 16: Die Fahrradbeleuchtung

Eine normale Fahrrad-Beleuchtung besteht aus dem Dynamo (elektrotechnisch gesprochen ein *Wechselstrom – Generator*, der bei normaler Drehzahl eine Spannung von 6 V liefert und eine Leistung von 3 W abgibt) und den beiden Lampen.

Die Scheinwerferlampe hat meist die Daten 6 V, 2,4 W (Stromstärke 0,4 A), die Rücklichtlampe die Daten 6 V, 0,6 W (Stromstärke 0,1 A).

Die Schaltung ist eine *Parallelschaltung*. Sie erkennen das z.B. daran, dass der Scheinwerfer weiter leuchtet, wenn das Rücklicht ausfällt. Die Schaltskizze sieht so aus:



In der Realität ist an jeder Lampe nur ein Kabel zu erkennen. Die zweite leitende Verbindung erfolgt über den Metallrahmen des Rades bzw. ein aus Metall bestehendes Schutzblech. Eine solche Verbindung wird in der Elektrotechnik auch „Masse“ genannt.

Ausnahme: Wenn das hintere Schutzblech aus Kunststoff besteht, führen *zwei* Kabel zum Rücklicht.

Fehlersuche an einer defekten Fahrradbeleuchtung:

Prüfen Sie, ob

- die Kabel am Dynamo und an den Lampen Kontakt haben,
- die Lämpchen in Ordnung sind (direkt an eine funktionierende Flachbatterie halten),
- die Lämpchen Kontakt in ihren Fassungen haben (kritisch ist meist der Fußkontakt, der eher verschmutzt oder korrodiert ist als der Gewindekontakt),
- die drei Masseanschlüsse nicht unterbrochen sind, d.h.
    - das Gehäuse des Dynamos Kontakt mit dem Rahmen hat,
    - das Scheinwerfergehäuse Kontakt mit dem Rahmen hat und
    - das Rücklicht leitend mit dem Schutzblech verbunden ist.

Bei diesen Untersuchungen ist ein *Durchgangsprüfer* außerordentlich hilfreich. Er besteht im einfachsten Fall aus Batterie und Lämpchen. Die meisten modernen Vielfachmessgeräte haben aber auch einen oder mehrere *Widerstandsmessbereiche.* Bei einer leitenden Verbindung sollten dann näherungsweise 0 Ω angezeigt werden, bei einer funktionierenden Lampe ca. 15 Ω (Scheinwerfer) bzw. ca. 60 Ω (Rücklicht). Wenn Sie z.B. zwischen dem Zuleitungskabel des Scheinwerfers und dem Rahmen einen Widerstand von 15 Ω messen, ist das ein Indiz dafür, dass der Scheinwerfer völlig in Ordnung ist. Wenn er nicht leuchtete, war vermutlich das Kabel nicht richtig am Dynamo befestigt.

Versuch 17: Die elektrische Weihnachtsbaumbeleuchtung

An Weihnachtsbäumen finden Sie oft eine elektrische Beleuchtungsanlage.

1. Zeichnen Sie ein Schaltbild dieser Anlage auf!
2. Überlegen Sie, für welche Betriebsspannung die einzelnen Glühlampen ausgelegt sein sollten. Schrauben Sie ein Lämpchen heraus und überprüfen Sie Ihre Überlegung.
3. Welche elektrische Leistung hat die Anlage insgesamt?

Ergänzende Hinweise:

1. Eine handelsübliche Lichterkette ist unter Umständen nicht kindersicher. Wenn man nämlich eine Lampe herausschraubt, hat man zwischen den Kontakten der kleinen Fassung 230 V! Erklärung: Normalerweise teilen sich die zehn stromdurchflossenen Lampen die Netzspannung und jede Lampe wird daher mit der richtigen Spannung betrieben. Mit anderen Worten: Wenn die Lampen leuchten, liegen an den Kontakten jeder Fassung 23 V. Wenn aber kein Strom fließt, bilden die Lampen beiderseits der offenen Stelle nur eine Leitung bis zur Steckdose. In dieser Leitung wird keine Energie umgesetzt, also wird auch die Spannung auf dem Wege von der Steckdose bis zur offenen Stelle nicht geändert.
2. Es gibt auch Lichterketten, die beim Ausfall eines Lämpchens weiter leuchten. Diese Ketten sind etwas komplizierter gebaut: Parallel zu den einzelnen Lämpchen sind so genannte VDR-Widerstände[3] oder spannungsabhängige Widerstände eingebaut, die normalerweise einen so hohen Widerstand haben, dass kein nennenswerter Strom hindurchfließt. Sobald aber nach dem Ausfall eines Lämpchens 230 V am Widerstand liegen (siehe oben), wird der VDR-Widerstand leitend.

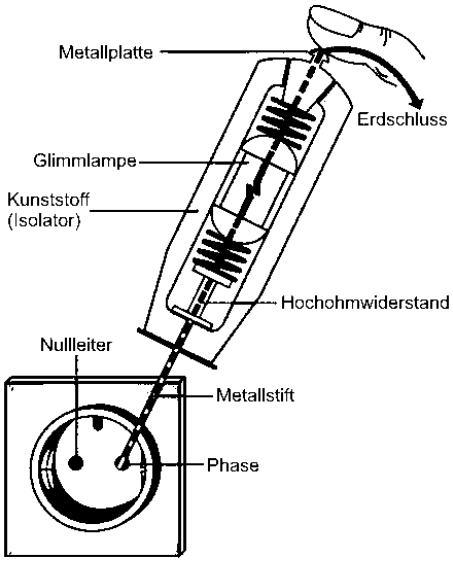
[3] VDR ist die Abkürzung für voltage dependent resistor. Die englische Fachsprache vermeidet übrigens ein Problem, das wir im Deutschen haben: „Widerstand“ bedeutet bei uns sowohl das Bauteil Widerstand als auch die Eigenschaft Widerstand. Im Englischen heißt das Bauteil *resistor,* die Eigenschaft aber *resistance.*

Versuch 18: Der Phasenprüfer

Arbeiten an der elektrischen Hausinstallation dürfen nur von einer Fachkraft ausgeführt werden. Gleichwohl haben wir oft die Situation, dass wir zunächst prüfen wollen, woran der Fehler liegt, bevor wir den Elektriker rufen, oder dass wir eine Lampe anbringen oder eine defekte Verlängerungsleitung untersuchen wollen.

Dafür sind zwei Geräte hilfreich, nämlich der *Durchgangsprüfer* (siehe Versuch 1) und der *Phasenprüfer.*

Ein „Phasenprüfer" besteht aus einem kleinen Schraubendreher, in den ein Glimmlämpchen und ein sehr großer Vorwiderstand eingebaut sind. Dieses Gerät darf man gefahrlos in eine der Öffnungen einer Steckdose stecken oder an die Schrauben der Lüsterklemmen des Anschlusses einer Wand- oder Deckenlampe halten[4].



Versuch: Stecken Sie einen Phasenprüfer erst in den einen, dann in den anderen Kontakt einer Steckdose. Berühren Sie dabei den schwarzen Knopf am oberen Ende mit einem Finger. Wenn Sie das Glimmlämpchen leuchten sehen, heben Sie den Finger von dem schwarzen Knopf ab. Leuchtet es immer noch?

Anwendung:

Der Phasenprüfer hilft Ihnen zu erkennen, ob eine Leitung unter Spannung steht oder nicht. Sie wollen z.B. eine neue Lampe anbringen und möchten sicher sein, dass die Anschlussdrähte an der Decke spannungslos sind, wenn der Schalter ausgeschaltet ist (das sollte bei einem richtig installierten Schalter der Fall sein, der den Phasenleiter abschaltet). Wenn Sie an beiden Stellen der Lüsterklemme kein Leuchten feststellen, können Sie beide Drähte gefahrlos anfassen.

Zweites Beispiel: Sie hatten den Elektriker im Haus und wollen kontrollieren, ob der Lehrling eine bestimmte Steckdose wieder richtig angeschlossen hat. Dann muss der Phasenprüfer an einer der beiden Steckeröffnungen leuchten, an der zweiten und am Schutzleiter darf er dagegen nicht leuchten.

Um zu prüfen, ob der Schutzleiter ordnungsgemäß angeschlossen ist, brauchen Sie einen *Durchgangsprüfer*. Der Schutzleiter muss leitende Verbindung mit der Erde (Wasserleitung, Heizung) haben.

Ergänzende Hinweise:

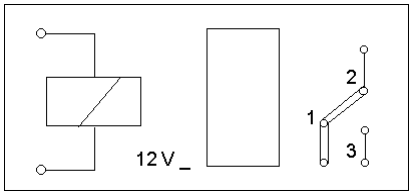
Sie haben gelernt, dass eine Lampe nur dann leuchtet, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Wie ist das hier, wenn Sie einen Phasenprüfer benutzen? Stehen Sie nicht mit isolierenden Sohlen auf einem Kunststofffußboden?

Des Rätsels Lösung liegt darin, dass es sich um *Wechselstrom* handelt. Über den Phasenprüfer lädt sich Ihr Körper hundertmal in der Sekunde positiv und wiederum hundertmal in der Sekunde negativ gegen die Erde auf. Dafür müssen jeweils viele Elektronen auf Ihre Körperoberfläche und zurück fließen. Der damit verbundene Wechselstrom ist zwar so gering, dass Sie nichts spüren, er reicht aber aus, um das Glimmlämpchen zum Leuchten zu bringen.

[4] Abbildung aus: http://www.av-medien.net/html/katalog/elektrizitaet.htm.

Versuch 19: Das Relais

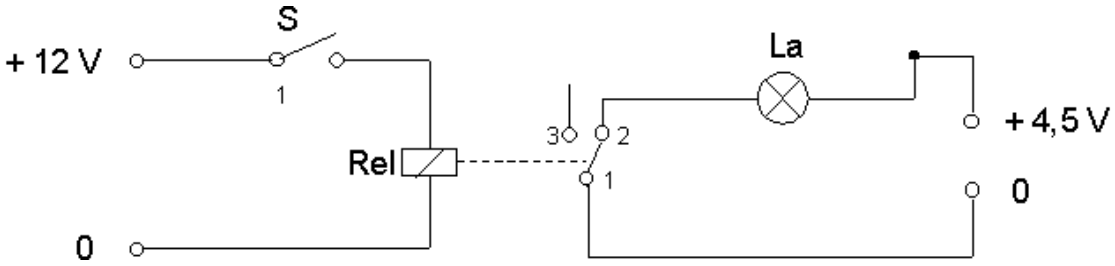
Ein Relais besteht aus einem Elektromagneten, der ein kleines Eisenteil anzieht und damit einen Umschalter betätigt. Im Kasten „discitron“ finden Sie ein Relais mit folgender Beschriftung:



Der linke Anschluss gehört zum *Steuerstromkreis* des Relais. Wird die Spule an eine Spannung von 12 V gelegt (die Polung ist gleichgültig), so zieht der Elektromagnet seinen eisernen „Anker“ an, der wiederum den rechts dargestellten Schalter von der Ruhestellung 1-2 auf die neue Stellung 1-3 umschaltet.

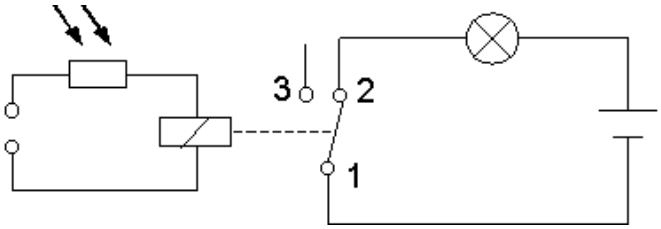
Versuch:

Bauen Sie mit Hilfe der auf 12 V eingestellten „Kleinspannung“ eines Netzgerätes die angegebene Schaltung auf. Wenn Sie es richtig gemacht haben, sollte beim *Schließen* des Schalters S (im Steuerstromkreis) das Lämpchen *ausgeschaltet* werden. Im Sinne der Logik ist das eine *Verneinung (Negation)*: Das Lämpchen leuchtet, wenn der Schalter *nicht* geschlossen ist.



Anwendung:

Eine entsprechende Schaltung wird benötigt, um eine Außenbeleuchtung automatisch einzuschalten, wenn es draußen dunkel wird. Dazu enthält der Steuerkreis einen lichtempfindlichen Widerstand (Photowiderstand). Wenn Sie eine entsprechende Schaltung aufbauen wollen, können Sie das Bauteil mit dem schwarzen aufgesteckten Lichtschutzzylinder verwenden.



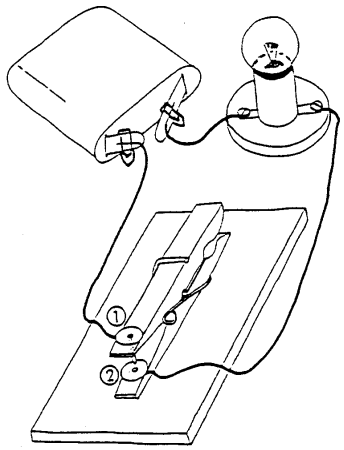
Relais werden immer dann verwendet, wenn man einen Stromkreis, in dem viel Strom fließt, durch einen schwachen Steuerstrom ein- oder ausschalten will, z.B. die Heckscheibenheizung im Auto. Im vor-elektronischen Zeitalter waren die Telefonselbstwählanlagen voller Schränke, in denen Hunderte von Relais arbeiteten. Die aller ersten Computer von Konrad Zuse enthielten gar Tausende von Relais.

Versuch 20: Einen einfachen Schalter bauen

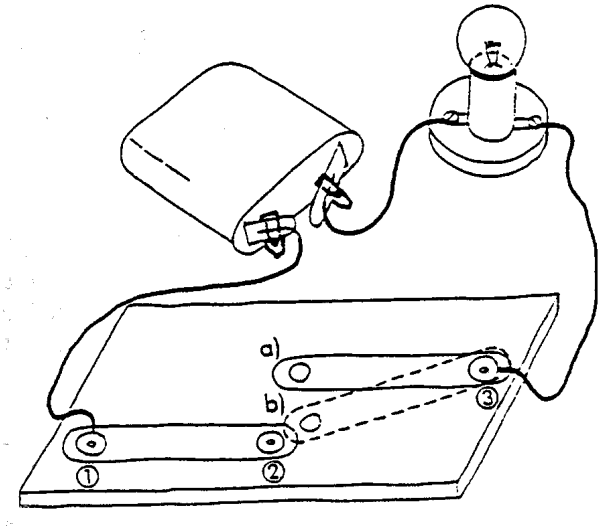
Auf diesem Blatt sind drei verschiedene Bauanleitungen für einfache Schalter wiedergegeben. Vielleicht möchten Sie es selber einmal versuchen?

Weisen Sie bitte die Kinder darauf hin, dass man solche Schalter nur mit Batterien benutzen darf, niemals mit Geräten, die aus der Steckdose betrieben werden!

(Aulas et al. 1995, S. 153)



Material: eine hölzerne Wäscheklammer, 2 Reißnägel, ein kleines Holzbrett.
Führt den Leitungsdraht von der Batterie zur Wäscheklammer und befestigt ihn dort mit einem Reißnagel (1). Mit dem zweiten Reißnagel befestigt ihr den Leitungsdraht von der Fassung und die Klammer auf dem Holzbrett (2). Die Spitze des oberen Reißnagels muss den Kopf des unteren berühren, wenn ihr die Klammer zudrückt. Lasst ihr die Klammer in Ruhestellung, ist der Stromkreis unterbrochen. Drückt ihr die Klammer zu, schließt sich der Stromkreis und die Lampe leuchtet.



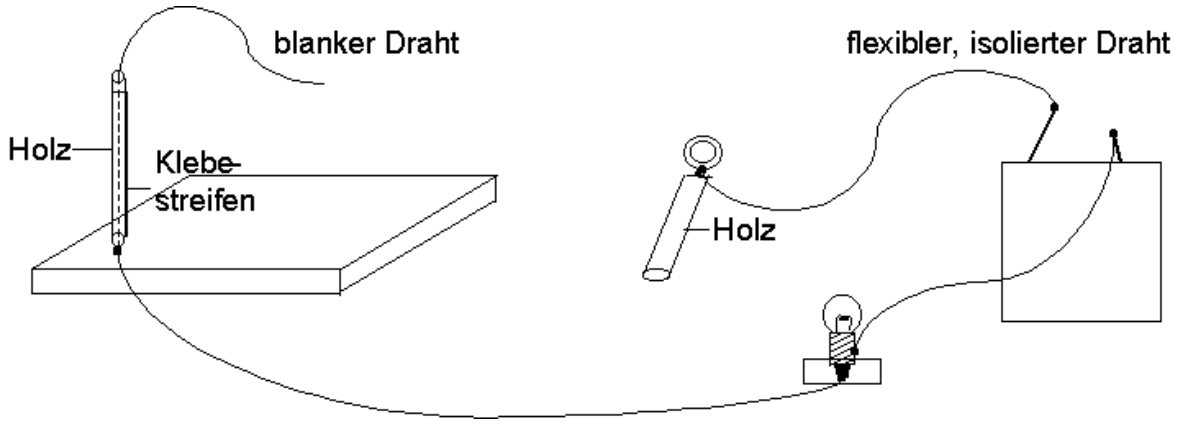
Material: Schnellhefter-Klammern aus Metall, 3 Reißnägel aus Metall, ein kleines Holzbrett. An den Stellen (1), (2) und (3) heftet ihr die Schnellhefter-Klammern mit Reißnägeln auf das Brett. An Stelle (1) befestigt ihr den Leitungsdraht von der Batterie und an Stelle (3) den Leitungsdraht der Fassung. In Stellung (a) unterbricht der Schalter den Stromkreis: Die Lampe leuchtet nicht. In Stellung (b) ist der Stromkreis geschlossen: Die Lampe leuchtet.

Versuch 21: Elektrische Geschicklichkeitsspiele

Im einfachsten Fall bestehen diese Spiele aus einem Stromkreis mit Batterie, Lämpchen und einem speziellen Schalter. Die Aufgabe besteht darin, einen Teil des Schalters auf bestimmte Weise zu bewegen, ohne den anderen (feststehenden) Teil des Schalters zu berühren. Bei jedem Berührfehler leuchtet das Lämpchen auf. Bausätze für solche Spiele gibt es z.B. bei Fa. Opitec.

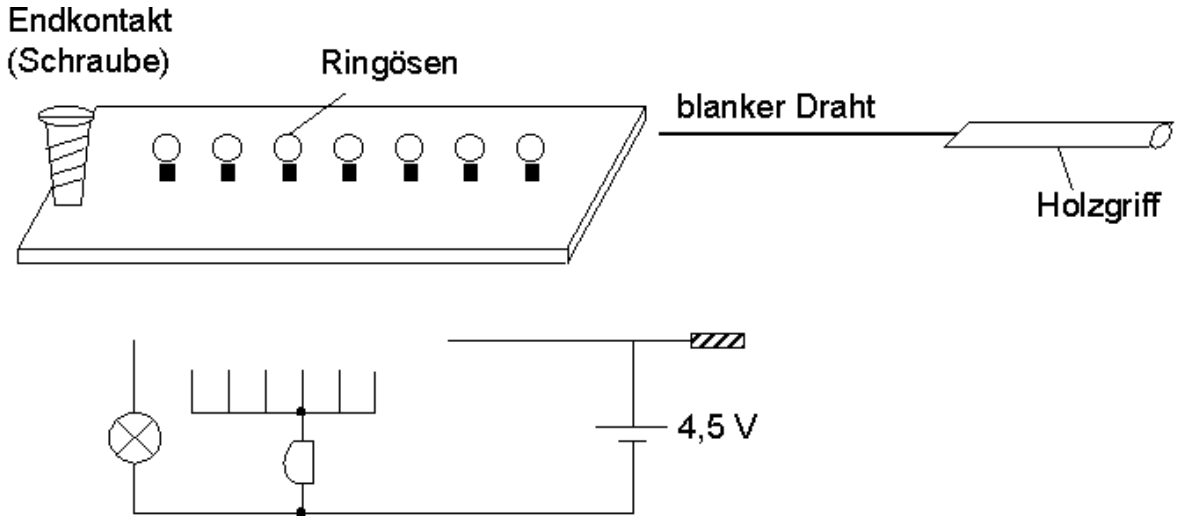
Erste Variante:

Eine Ringöse soll ohne Berührung über einen gebogenen blanken Draht geführt werden.



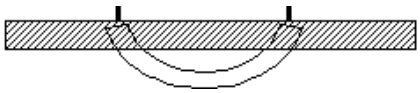
Zweite Variante:

Ein gerader Draht soll durch eine Reihe von Ringösen gefädelt werden. Wenn der Endkontakt erreicht ist, leuchtet eine Lampe, bei Fehlern (Berühren der Ösen) ertönt der Summer.



Versuch 22: Elektroquiz

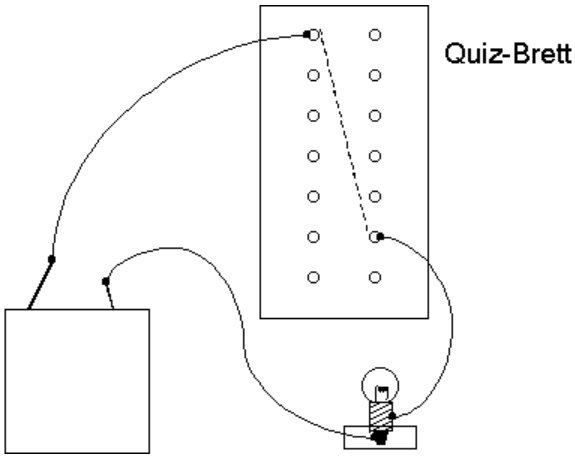
Das Spielgerät besteht aus einem Kästchen, auf dem sich jeweils Paare von Kontakten gegenüberstehen. Im einfachsten Falle realisiert man diese Kontakte durch Kabel, die nur am durchgesteckten Ende abisoliert sind:



Von oben sieht das Brett dann beispielsweise so aus:

Europäische Hauptstädte

London	○	○	Frankreich
Oslo	○	○	Italien
Kiew	○	○	Niederlande
Amsterdam	○	○	Schweden
Lissabon	○	○	Spanien
Wien	○	○	Frankreich
Paris	○	○	Estland
Brüssel	○	○	Österreich
Tallinn	○	○	Ukraine
Stockholm	○	○	Norwegen
Madrid	○	○	England
Rom	○	○	Belgien

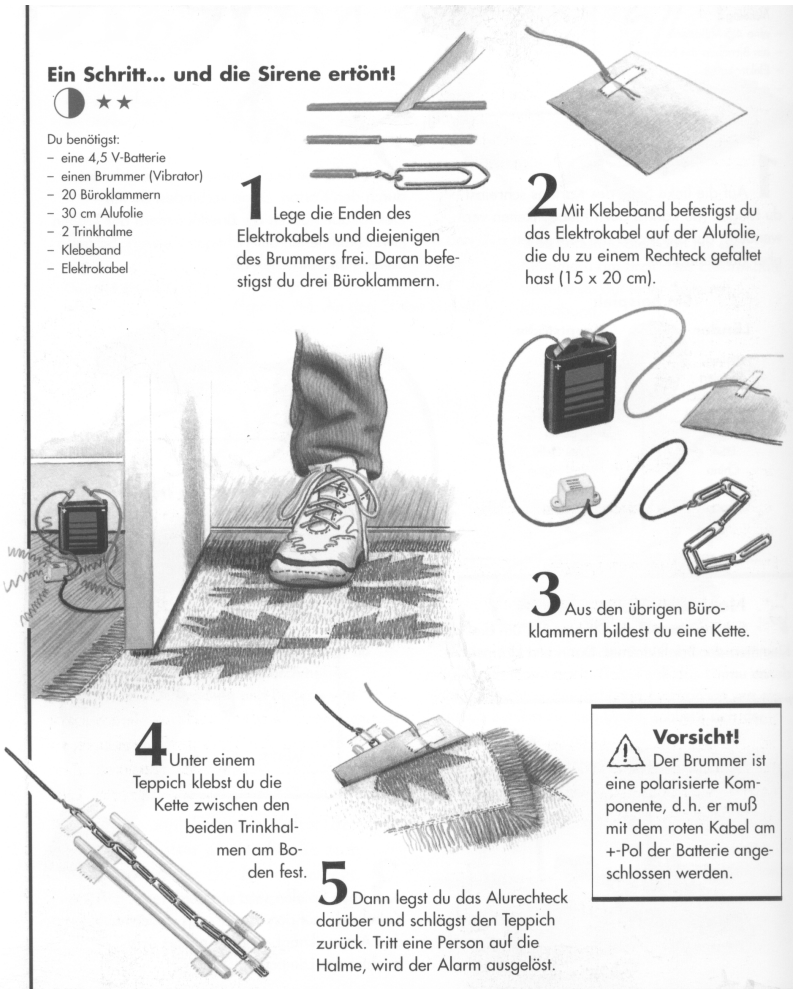


Zum Betrieb des Spiels gehören noch eine Batterie, ein Lämpchen und eine Verbindungsleitung, mit der man jeweils die richtigen zusammengehörigen Kontakte berühren muss. Das Lämpchen leuchtet nur dann, wenn man richtig geraten hat.

Man kann das fertige Brett auch für andere Zusammenhänge aus dem Unterricht benutzen, wenn man entsprechende Auflageblätter herstellt.

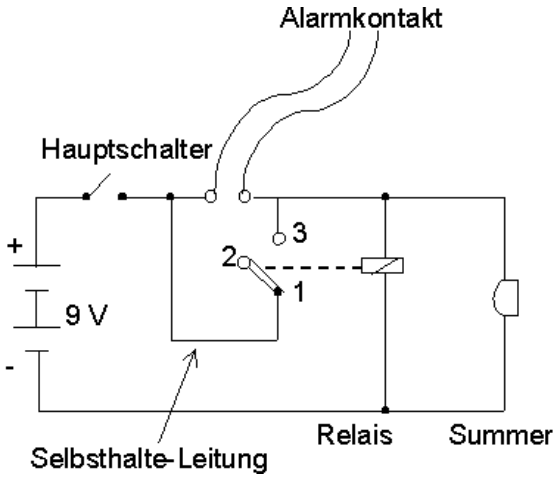
Versuch 23: Die Alarmanlage

Alarmanlagen sind für Grundschulkinder offenbar eine hochinteressante Angelegenheit. Das Ausdenken raffinierter Kontakte macht ihnen viel Spaß und ihre Lösungen sind oft sehr originell. Die Kopie aus einem Bastelbuch (Aulas et al. 1995, S. 162) gibt eine Anregung, die Sie umsetzen können.



Die Alarmanlage mit Relais:

Diese Schaltung für fortgeschrittene Alarmtechniker ist richtig professionell. Sobald der Einbrecher den Kontakt zwischen den beiden Drähten hergestellt hat, ertönt der Summer. Wenn der Kontakt geöffnet wird, geht der Alarm aber weiter! Durch die Spule des Relais fließt nämlich über den umgeschalteten Relaiskontakt (1-3) weiterhin Strom. Man nennt das in der Elektrotechnik eine *Selbsthalteschaltung.*



Versuch 24: Ein ganz einfacher Elektromotor

Die wesentlichen Teile eines Gleichstrom-Elektromotors sind eine stromdurchflossene Spule, die den *Läufer* oder *Rotor* bildet, ein feststehender Dauermagnet (in der Elektrotechnik *Ständer* oder *Stator* genannt) und eine Steuereinrichtung, die den Strom jeweils im richtigen Moment umkehrt, der *Stromwender.* Ohne den Stromwender dreht sich die Spule nämlich nur so weit, bis der Nordpol des von ihr gebildeten Elektromagneten dem Südpol des Dauermagneten gegenübersteht, und dann steht der Motor still.

Wir machen es einfacher und bauen eine Urform der Steuereinrichtung aus dem 19. Jahrhundert nach. Die ersten Elektromotoren hatten nämlich nur einen periodisch arbeitenden Schalter, der den Rotor jeweils für eine halbe Umdrehung einschaltete.

Material:

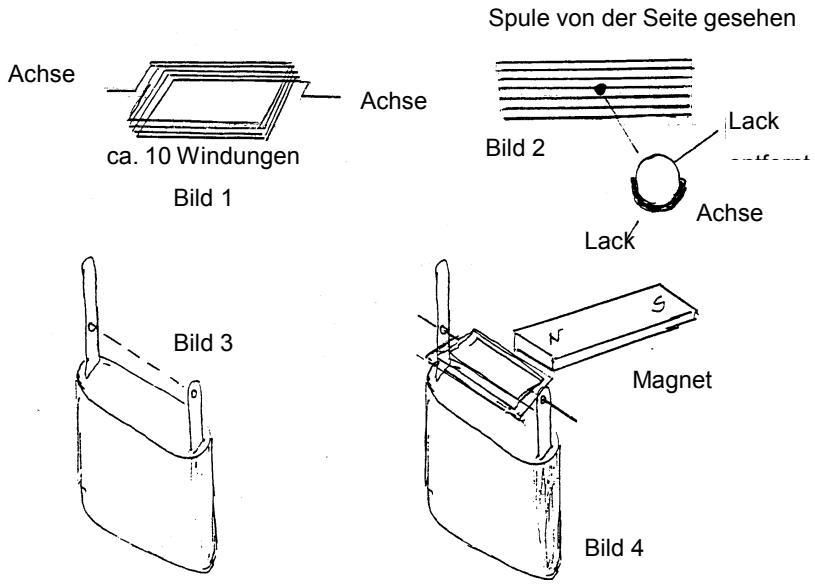
- Steifer Kupferlackdraht, ungefähr 50 cm lang,
- Flachbatterie,
- kräftiger Stabmagnet aus der Physiksammlung,
- Handbohrmaschine mit Bohrer 1,5 - 2 mm ∅.

Zusammenbau:

Aus dem Draht wird eine Spule mit zwei Anschlüssen hergestellt (Bild 1). Die Anschlüsse werden nach der Detailzeichnung (Bild 2) *halbseitig* abgeschmirgelt. In die Kontaktbleche der Batterie werden zwei Löcher in gleicher Höhe gebohrt (Bild 3). Die Spule wird in die Bohrungen gesteckt und der Magnet mit der Hand senkrecht zur Spule gehalten, so dass die Spule sich gerade noch frei drehen kann (Bild 4). Mit der Hand die Spule anwerfen (spielt die Richtung des Anwerfens eine Rolle?) ... viel Erfolg!

Erklärung:

Versuchen Sie bitte, selber eine Erklärung für die Funktionsweise dieses einfachsten denkbaren Motors zu finden.



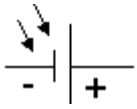
Versuch 25: Die Solarbatterie

Nutzen Sie verschiedene Solarzellen und Solarbatterien sowie einige Geräte, die Sie mit Solarzellen bzw. -batterien betreiben können: Elektromotoren, ein Walkman, Glühlämpchen. Für die Beleuchtung benötigen Sie eine normale Lichtquelle.

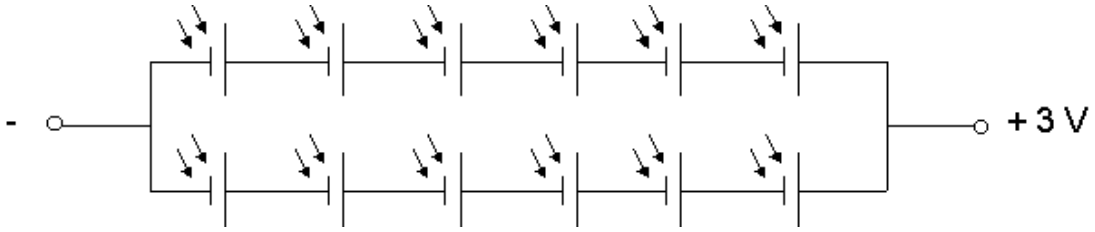
Eine *Solarzelle* liefert bei voller Beleuchtung eine Spannung von ca. 0,5 V. Das ist für die meisten Anwendungen zu wenig. Man muss daher mehrere Solarzellen in Reihe schalten. So etwas nennt man dann eine *Solarbatterie* oder einen *Solargenerator.* In der Regel reicht auch die Stromstärke nicht aus, die eine einzelne Solarzelle liefern kann. Vergleichen Sie bitte Versuch 11: Bei der Reihenschaltung von Batterien wird zwar die Spannung erhöht, die maximal erreichbare Stromstärke (der Kurzschlussstrom) aber nicht. Um die Stromstärke zu erhöhen, muss man daher auch Solarzellen parallel schalten. Die meisten Solarbatterien sind daher als gemischte Reihen- und Parallelschaltung aufgebaut.

Beispiel: Eine kleine Batterie aus je zwei parallel geschalteten Solarzellen und sechs in Reihe liegenden solchen Paaren.

Das Schaltbild einer Solarzelle deutet den Lichteinfall an:



Beispiel für die Schaltung einer kleinen Solarbatterie:



Versuchsanregungen:

Untersuchen Sie die Solarzellen und -batterien mit einem Spannungs- und Strommesser. Stellen Sie fest, welche Spannung bei schwacher bzw. starker Beleuchtung geliefert wird und welcher Kurzschlussstrom jeweils erreicht wird.

Versuchen Sie, das eine oder andere Gerät mit Solarstrom zu betreiben. Achten Sie dabei auf den richtigen Anschluss von + und -.

Literaturhinweise

Aulas, F. et al. (1995). Erstaunliche Experimente. Spielerisch Wissen entdecken. Bechtermünz Verlag.

Bliester, W. (1997). Automaten verändern die Hausarbeit. Sachunterricht im 4. Schuljahr. Die Grundschulzeitschrift, 108. S. 17-19.

Eckert, R. (1994) Unsere Armbanduhren – 2. Teil Die Funkarmbanduhr. SMP, 22. S. 916.

Gross Berhag. Physik. (1983). Ernst Klett Verlag.

Lips, S., Nachtigäller, I. (2000). Tannenbaumbeleuchtung. Ein forschendes Unterrichtsbeispiel. Die Grundschulzeitschrift, 139. S. 20-22.

Möller, K. (1997). „Geht dir ein Licht auf?“ Entdeckendes Lernen am Beispiel „Elektrischer Strom“. Die Grundschulzeitschrift, 108. S. 12-16.

Schlautmann, H. (1998). Vorsicht Strom! SWZ, 26. S. 41-46.

Soostmeyer, M. (1996). Zur Situationsorientierung des Sachunterrichts. SWZ, 24. S. 43-47.

Projektleitung und Koordination:

Prof. Dr. Reinhard Demuth
Dr. Margot Janzen
Renate Weschenfelder

Förderung:

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BLK Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung

Ministerium für Bildung Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein

IPN an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, Telefon: +431 - 880-1261
Telefax: +431 - 880-5468, E-mail: prosa@ipn.uni-kiel.de