

Von der Glühlampe zum Toaster

**Experimente, Selbstlern-Sets,
Vorschläge, Hinweise und Übungen**



Rahmenthema

Geräte und Stoffe im Alltag

Dr. Anke Domrose

Inhaltsverzeichnis

Rahmenthema und Kompetenzen	4
Material und Sicherheit	5
Transformatoren	6
Messgeräte	7
Basteln des eigenen Experimentier-Sets	9
Bestellliste	10
Anleitung zum Zusammenbau	10
Fotos von den Bauteilen	11
Vorschläge und Hinweise für den Unterricht	12
Glühlampe, Batterie und Schaltzeichen	12
Strom – Spannung – Widerstände	14
Projekt: Bau eines Toasters	17
Vorsicht Kurzschluss!	18
Die Leitfähigkeit von Stoffen	19
Schaltungen – Schaltungen – Schaltungen	20
Die Fahrradbeleuchtung	24
Danke und Kontakt	24
Kopiervorlagen	
Bauanleitung für das Experimentier-Set	26
Glühlampe, Batterie und Schaltzeichen	27
Das Morsealphabet	28
Elektrischer Stromkreis und Wasserstromkreis	29
Die verflixte 13 – Rätsel zum Thema Wärmeenergie	30
Der selbstgebaute Toaster - Bauanleitung	31

Vorsicht Kurzschluss!	32
Welche Stoffe leiten den Strom?	33
Familie Sorglos und der elektrische Strom	34
Von Lichterketten und Mehrfachsteckdosen	35
Batterien in Reihen- und Parallelschaltung (Zusatzmaterial)	36
Ein paar „verflichte“ Schaltungen (Zusatzmaterial)	37
Von Heckenscheren und Hochhäusern	38
Verschiedene Ampeln	39
Licht im Treppenhaus (Zusatzmaterial)	40
Noch ein paar Probleme (Zusatzmaterial)	41
Die Fahrradbeleuchtung	42

Rahmenthema und Kompetenzen

Aus dem Rahmenthema „Geräte und Stoffe im Alltag“ grenzt sich das Thema „Geräte im Alltag“ etwas aus, da die Elektrizitätslehre nur wenig Anknüpfungspunkte zu den „Stoffen im Alltag“ und den anderen Rahmenthemen hat. Einen Anknüpfungspunkt bietet sicherlich die Leitfähigkeit als typische Stoffeigenschaft und im weitesten Sinne auch der Magnetismus, wobei die Behandlung des Elektromagnetismus laut Kernlehrplan nicht obligatorisch ist.

Die konzeptbezogenen Kompetenzen, die mit dem vorliegenden Thema abgedeckt werden können, sind:

Schülerinnen und Schüler ...

- ... beschreiben die elektrische Leitfähigkeit als typische Eigenschaft von Metallen (*Bereich: Stoffe, Teilchen*)
- ... erläutern die Wirkung des elektrischen Stroms in Elektrogeräten (*Bereich: Struktur und Funktion*)
- ... beschreiben geeignete Maßnahmen für den sicheren Umgang mit elektrischem Strom (*Bereich: Struktur und Funktion*)
- ... zeigen an Beispielen, dass das Funktionieren von Elektrogeräten einen geschlossenen Stromkreis voraussetzt (*Bereich: Kreisläufe, Strömung*)
- ... planen und realisieren einfache Schaltungen (*Bereich: Kreisläufe, Strömung*)
- ... erläutern an Beispielen, dass elektrische Ströme Energie zwischen Energiewandlern („Quellen“ und „Verbraucher“) transportieren. (*Bereich: Kreisläufe, Strömung*)

Da das Rahmenthema explizit ausweist, dass die Schülerinnen und Schüler Kenntnisse über Energiespeicherung und Energieumwandlungen entwickeln bzw. erweitern sowie den Strom als eine für unseren Alltag wichtige Möglichkeit, Energie zu transportieren, erkennen sollen, sollten die folgenden konzeptbezogenen Kompetenzen aus dem *Bereich Energie* ebenfalls in dieses Thema integriert oder als Ergänzung zum Rahmenthema „Sonne, Wetter, Jahreszeiten“ (Energieumwandlungen, Energienutzung, Wärmetransportmechanismen, Wärmeisolierung...) behandelt werden:

Schülerinnen und Schüler ...

- ... deuten Bewegung und Wärme als Anzeichen für das Vorhandensein von Energie
- ... nennen Beispiele für Energiespeicher in Natur und Technik
- ... geben Beispiele für einfache Energieumwandlungen an.
- ... erläutern an Beispielen, dass Energie, die als Wärme in die Umgebung abgegeben wird, nicht mehr nutzbar ist.
- ... schätzen und vergleichen Energiemengen und Energiebedarfe bei einfachen natürlichen und technischen Vorgängen.
- ... zeigen an Beispielen, dass „Energienutzung“ häufig mit Verbrauch von wertvollen Rohstoffen und Belastung der Umwelt verbunden ist.
- ... finden Möglichkeiten zum „Energiesparen“ in ihren Lebensbereichen.

Das vorliegende Skript zeigt einen Weg auf, wie diese konzeptbezogenen Kompetenzen innerhalb dieses Themas „Geräte im Alltag“ behandelt werden können. Dabei können – je nach individueller Vorgehensweise - viele prozessbezogenen Kompetenzen geschult und gefördert werden.

Material und Sicherheit

Finger weg von der Steckdose!!!

Schülerinnen und Schüler dürfen mit einer **Gleichspannung** von maximal **60 V** und einer effektiven Wechselspannung von maximal 25 V experimentieren! *„Solange diese Werte (25V AC, 60V DC¹) unterschritten werden, ist das Berühren von aktiven Teilen (unter Spannung stehenden Teilen) erlaubt. Es sind dann keine weiteren Schutzmaßnahmen erforderlich.“* (SINTU - Sicherheit im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht an allgemeinbildenden Schulen; ISBN 3-89314-596-6, S. 63 ff).

Im Unterricht der Jahrgangsstufen 5/6 verwenden Sie in der Regel keine Wechselspannung und damit keinen Wechselstrom. Beim Wechselstrom wechselt der Strom ständig seine Richtung, eine Erklärung hierfür erfolgt für die Schülerinnen und Schüler laut derzeitigen Richtlinien und Lehrplänen erst im Physikunterricht der Jahrgangsstufe 10. Beim **Gleichstrom** fließt der Strom immer in eine Richtung. Hier gibt es eine Besonderheit: Die Stromrichtung ist immer festgelegt vom Plus-Pol zum Minus-Pol, man sagt auch, **der Strom fließt vom Plus-Pol zum Minus-Pol**. Tatsächlich fließen jedoch negativ geladene **Elektronen vom Minus-Pol zum Plus-Pol**. Wichtig ist, dass man diese Formulierungen im Sprachgebrauch nicht vertauscht. Den Schülern genügt oft als Erklärungshilfe, dass man erst später entdeckt hat, dass beim elektrischen Strom negativ geladene Elektronen fließen und dass man die ursprüngliche Definition zur Stromrichtung beibehalten hat. Im Chemieunterricht lernt man erst sehr viel später, dass auch positiv geladene Teilchen (Kationen in Lösungen und Schmelzen) zum Ladungstransport beitragen können.

Zum Experimentieren mit Gleichspannung eignen sich Batterien, Akkus und die in der Physik-Sammlung vorhandenen Transformatoren, die zwar über eine Steckdose versorgt werden, mit denen aber verschiedene Spannungen, die deutlich unter den angegebenen Maximalwerten liegen, eingestellt werden können. Aber beachten Sie bitte unbedingt folgendes: Schülerinnen und Schüler dieser Altersstufe sind in der Regel begeistert vom Thema Elektrizitätslehre und möchten viele Dinge auch zuhause selbst erproben und nachmachen. **Geben Sie daher unbedingt schon zu Beginn des Themas den dringenden Hinweis, dass keinesfalls Experimente an der Steckdose durchgeführt werden dürfen und hier Lebensgefahr besteht!**

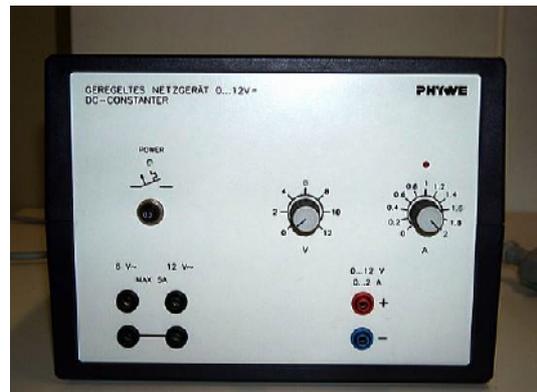
Um dem Drang nach häuslichem Experimentieren Rechnung zu tragen, wird in diesem Skript ein selbstzubastelndes Experimentier-Set vorgestellt, für das eine Flachbatterie mit einer Spannung von 4,5 V notwendig ist. Vorteile dieses Sets sind das eigene Basteln, die Unabhängigkeit von Transformatoren und damit von Stromanschlüssen zuhause und im Klassenzimmer sowie das sehr schnelle Verständnis für den Zusammenbau von Schaltungen. Nachteile sind die Anschaffungskosten pro Schüler in Höhe von ca. 6-8 Euro und bei häufiger Verwendung der Nachkauf von Batterien. Alternativ können diese Sets auch im Klassensatz für eine Schule angeschafft und gegen Pfand ausgeliehen werden. Die Schülerinnen und Schüler bzw. deren Eltern hätten dann nur noch den Kostenbeitrag für die Batterien zu tragen.

Aus eigener Erfahrung kann ich berichten, dass die Begeisterung für das Arbeiten mit diesem Set sehr groß ist, der Zeitbedarf sich aber im Vergleich zum lehrerzentrierten Unterricht erhöht, da viele Fragen, Probleme und Interessen von Seiten der Schülerinnen und Schüler auftreten, deren Diskussion im Unterricht unbedingt notwendig aber eben auch wertvoll ist. Auch bei Verwendung des Sets ist es noch notwendig, einige Versuche zum Thema „Geräte im Alltag“ mit Hilfe von Transformatoren durchzuführen, so z.B. zur Wärmewirkung des elektrischen Stromes (Funktionsweise eines Toasters), zur Erklärung der Begriffe Strom und Spannung und evtl. zur Leitfähigkeit von Stoffen. Im folgenden wird daher die Funktionsweise von Transformatoren, Messgeräten und auch der Bau des Selbstlern-Sets beschrieben. Weitere Hinweise gibt es bei den verschiedenen Versuchen.

¹ AC = Wechselstrom, DC = Gleichstrom

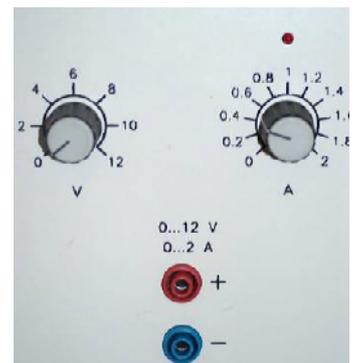
Transformatoren

Die in Ihrer Sammlung vorhandenen Transformatoren können je nach Anschaffungszeitraum und Firma unterschiedliches Aussehen haben. Gut wäre es, wenn Sie sich von einer Kollegin oder einem Kollegen aus dem Fachbereich Physik die vorhandenen Geräte zeigen und erklären lassen. Manchmal sind auch ganze Schülerübungskästen vorhanden, die Sie ebenfalls für die vorgestellten Versuche nutzen können. Hier sind exemplarisch vier Geräte von zwei unterschiedlichen Firmen dargestellt:



Obwohl die Geräte auf den ersten Blick recht unterschiedlich aussehen, haben Sie doch viele Gemeinsamkeiten. Sie benötigen normalerweise nur die **Anschlüsse für Gleichspannung**, welche Sie an der **roten und blauen Farbe** erkennen. An diesen Anschlüssen steht die Information, welche Spannungen eingestellt werden können, z.B. 0 - 24 V. **Die Spannung lässt sich über das mittlere Rad regulieren.** Bei dem Gerät unten links lässt sich die ungefähr eingestellte Spannung direkt am Rad ablesen, hier z.B. ungefähr 5 – 6 V. Es wird die Skala verwendet, die dem ausgewiesenen Spannungsbereich von 0 - 24 V entspricht. Bei den beiden Geräten oben ist am Rad die Information 0 – 100 % angegeben, das bedeutet, wenn Sie eine maximale Spannung von 24 V einstellen können, so ist bei der Einstellung 10 % eine ungefähre Spannung von 2,4 V erreicht. Schülerinnen und Schüler haben bei dieser Skalierung oft Verständnisschwierigkeiten und setzen die Prozentzahl mit der absoluten Spannung gleich.

Bei dem vierten dargestellten Gerät gibt es noch eine Besonderheit: die Spannung kann über den linken Regler erhöht werden, während die Stromstärke über den rechten Regler begrenzt wird. Stellen Sie diesen rechten Regler auf Null, so wird kein Strom fließen, egal wie hoch sie die Spannung wählen. Wählen Sie bei diesem Regler einen mittleren Wert, so können Sie die Spannung erhöhen, bis der eingestellte Grenzwert für die Stromstärke erreicht ist, die darüber befindliche Lampe leuchtet dann auf. Eine weitere Erhöhung der Spannung kann dann wiederum nur erfolgen, wenn Sie diese Stromstärkebegrenzung weiter heraufsetzen.



Bei der Verwendung aller Geräte gehen Sie bitte wie folgt vor:

- Jedes Gerät hat einen Ein-/Ausschalter, stellen Sie diesen zunächst auf „Aus“.
- Drehen Sie das Rad / die Räder am Anfang immer auf null zurück.
- Stecken Sie den Netzstecker ein und bauen Sie die gewünschte Schaltung auf. Verwenden Sie hierfür nur die zugehörigen Steckkabel – andere Kabel könnten z.B. dünner sein und sich bei den benötigten Spannungen zu stark erwärmen, die Isolation könnte schmelzen.
- Stellen Sie das Gerät ein und regulieren Sie dann die Spannung langsam höher.

Tipps für Lehrer- und Schülerversuche mit Transformatoren:

Sollte ein Transformator nicht funktionieren, so könnte er tatsächlich kaputt sein, oft handelt es sich aber um folgende kleinere „Probleme“:

- Der Strom für den Lehrertisch oder die Schülertische wurde nicht angeschaltet oder durch Betätigen des Not-Aus-Schalters von den Schülerinnen und Schüler wieder ausgeschaltet. Lassen Sie sich einen Schlüssel geben und von einem Kollegen einweisen.
- Das Netzkabel des Transformators ist nicht eingesteckt oder wurde von den Schülerinnen und Schüler herausgezogen (immer wieder ein netter Streich bei Schülerversuchen, bei dem auch gleich die Kompetenz des Lehrers getestet wird ;-)).
- Eine Steckdose funktioniert nicht. Probieren Sie eine andere aus.
- Eine Sicherung beim Transformator ist herausgesprungen. Dies passiert vor allem, bei Experimenten, die zur Erwärmung von Drähten führen, da hier eigentlich ein Kurzschluss vorliegt. Suchen Sie nach einem – i.d.R. roten Knopf/Stift, der herausgesprungen ist. Bei den dargestellten Geräten, befinden sich diese Knöpfe/Stifte bei Bild 1 oben links, bei Bild zwei oben links und rechts (dunkelrot) und bei Bild 3 unten links und rechts (dunkelrot). Drücken Sie den herausgesprungenen Knopf/Stift wieder tief ein.
- Die Glühlampe ist defekt oder durchgeglüht. Probieren Sie die Lampe an einer Batterie aus.
- Ein Kabel ist innerhalb der Isolierung durchtrennt (Kabelbruch). Wechseln Sie nacheinander alle Kabel aus.
- Wackelkontakt. Überprüfen Sie alle Kontaktstellen durch Drehen oder erneutes Einstecken.

Messgeräte

Auch bei den Messgeräten gibt es unterschiedliche Bauarten. Ein wesentlicher Unterschied liegt darin, ob Sie ein digitales oder analoges Gerät verwenden. Die Verwendung von analogen Geräten ist empfehlenswert (s. Bild), da die Veränderung von Werten durch den Zeiger besser verfolgt werden kann. Diese Messgeräte sind oft auch so groß, dass die Zahlen noch in der letzten Schülerreihe gesehen werden. Bei der Verwendung aller Messgeräte ist auf folgendes zu achten:

Schließen Sie das Messgerät richtig an.

Wollen Sie die **Stromstärke** messen, so muss das **Messgerät in Reihe** geschaltet werden. Beispiel: Sie verbinden den roten Plus-Pol des Transformators mit dem roten Anschluss des Messgerätes, dann verbinden Sie den blauen Anschluss des



Messgerätes mit der Lampe usw.... bis der Stromkreis wieder mit einem Kabel am blauen Minus-Pol des Transformators endet. Die Geräte sind bei einer Reihenschaltung nacheinander wie Perlen auf einer Schnur „aufgereiht“. **Der rote Anschluss des Messgerätes muss immer am (roten) Plus-Pol des Transformators enden**, egal wie viele Geräte dazwischengeschaltet sind. Im anderen Fall schlägt der Zeiger zur anderen Richtung aus, d.h. in den ggf. nicht vorhandenen negativen Bereich. So kann natürlich nichts abgelesen werden. Der Zeiger schlägt in diesem Fall oft ansatzweise in diese Richtung aus. Diese Schaltung benötigen Sie beispielsweise, wenn Sie die Leitfähigkeit von Wasser, Salz und Salzwasser (s. Experimente) überprüfen möchten.

Wollen Sie die **Spannung** messen, so muss das **Messgerät parallel** geschaltet werden. In diesem Fall bauen Sie zuerst die von Ihnen beabsichtigte Schaltung auf. Stecken Sie zwei Kabel in das Messgerät. Eine **Spannung kann immer nur zwischen zwei Punkten gemessen werden**. Wollen Sie also die Spannung vor und hinter der Lampe messen, so stecken Sie die Kabel des Messgerätes vor und hinter die Lampe in die vorhandenen Kabel. Wollen Sie die Spannung des Transformators messen, so stecken Sie die Kabel des Messgerätes in die Kabel, die an den Transformator angeschlossen sind. Auch hier gilt: schlägt der Zeiger des Messgerätes in die falsche Richtung aus, so müssen die Anschlüsse vertauscht werden.

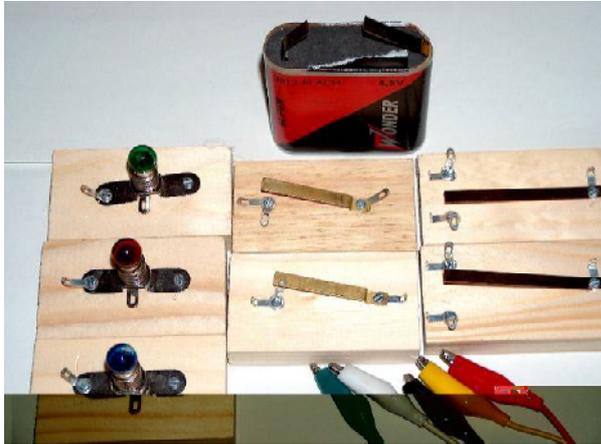
Das Messgerät muss außerdem auf Gleichstrom oder Gleichspannung gestellt werden. Für Wechselstrom und Wechselspannung wird eine geschwungene Linie verwendet, für **Gleichspannung und Gleichstrom eine gerade Linie**. Sie können diese Einstellung an der Seite des Messgerätes verändern (s. Bild 1: Messgerät von der Seite).



Wählen Sie zu Beginn der Messung **immer zuerst den höchsten Messbereich!** Wenn Sie einen zu empfindlichen Messbereich wählen und im Verhältnis hierzu eine sehr hohe Spannung oder Stromstärke anliegt, könnte dies zu einem Defekt des Gerätes führen. Manchmal muss nur die Sicherung ausgetauscht werden, aber auch diese kostet Geld. Den Messbereich können Sie an der anderen Seite des Messgerätes ändern. Im obigen zweiten Bild wurde ein Messbereich von 30 V eingestellt. Dies genügt natürlich, wenn Sie wissen, dass bei dem verwendeten Transformator keine größere Spannung einstellbar ist. Beim dritten Bild erkennen Sie auch von vorn, dass Gleichspannung und ein Messbereich von 30 V eingestellt wurde. Messgeräte sind immer so abzulesen, dass der eingestellte Höchstwert des Messbereiches, bei Vollausschlag des Zeigers erreicht ist. Beispiel: steht der Zeiger bei Bild 3 auf a) 2,2 b) 0,6, so bedeutet das bei diesem eingestellten Messbereich von 30 V, dass eine Spannung von a) 22 V b) 6 V gemessen wird. Wechseln Sie den Messbereich, so kann auch die Skalierung wechseln, z.B. von 0-3 auf 0-10. Von hinten, Bild 4, sehen Sie immer beide Skalen, aber auch hier wird unten links der Messbereich angezeigt, mit dem auch die Skala festliegt.

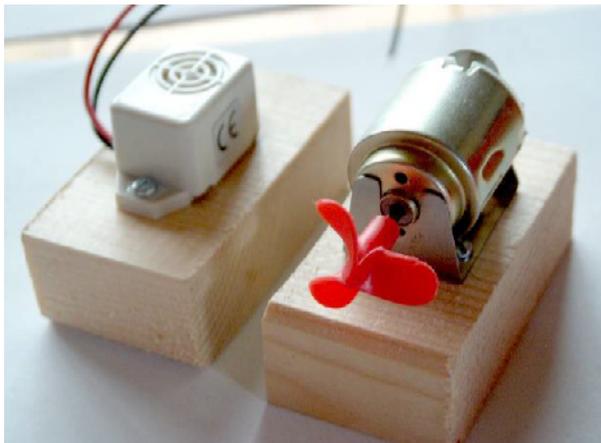
Basteln des eigenen Experimentier-Sets

Die von den Schülerinnen und Schülern selbst zu bauenden Experimentier-Bausteine beruhen auf einer Idee von Bernd Heepmann². Sie können mit Materialien der Firmen „Winkler Schulbedarf“, „Ursula Fau“, „Opitek“, „Conrad Electronic“.... leicht von den Schülern hergestellt werden. Die Adressen von Winkler und Fau sind unten aufgeführt.



Das nebenstehende **Basis-Set** ist für die meisten beschriebenen Experimente ausreichend. Es besteht aus:

- 3 Lampen
- 2 Schaltern
- 2 Umschaltern
- 5 Experimentierkabel mit Krokoklemmen
- 1 Batterie



Als **Erweiterung** kann man noch

- 1 Summer und
 - 1 Motor mit Schiffsschraube
- verwenden.

Für weitere Bauteile sei auf den Artikel von Bernd Heepmann verwiesen.

Winkler Schulbedarf:

Mitterweg 16
94060 Pocking
Tel.: 0180 / 50 60 150 (12 cent/min)
Fax: 0180 / 50 60 160 (12 cent/min)
www.winklerschulbedarf.com

Hinweise:

Sehr preiswert, die Preise sind **inklusive** MWSt.! Gestaffelter Mengenrabatt ist garantiert, der Holzzuschnitt muss selbst erfolgen. Leider nur Federstreifen in 60mm Länge lieferbar (Bild oben rechts), Anpassung an die Länge der Holzklötzchen notwendig

Ursula Fau

Gebr.-Grimm-Straße 11
32791 Lage
Tel.: 05232 / 3115
Fax: 05232 / 68196
www.fau-lehrmittel.de

Hinweise:

Bei den Preisen darauf achten, ob die MWSt. ausgewiesen/berücksichtigt ist
Fertig gepackte Sets lieferbar (größerer Lieferumfang, d.h. mehr Teile, höherer Preis)
Gute Messingstreifen für Schalter
(Bild oben Mitte)

² Naturwissenschaften im Unterricht, Physik 8 (1997) Nr. 40

In dieser Veröffentlichung werden auch weitere und weiterführende Bausteine vorgestellt

Bestellliste:

Basis-Set	Erweitertes Set	Bestellnummer bei Winkler
5 Kabel	5 Kabel	4250 (10 Kabel in einer Packung)
3 Fassungen	3 Fassungen	4082
4 Lämpchen (klar/rot/gelb/grün)	4 Lämpchen (rot, gelb, grün, klar)	4022/4026/4027/4028
7 Holzklötzchen	9 Holzklötzchen	1413 (1 Leiste reicht für 7 Klötzchen)
16 Blechsschrauben	22 Blechschrauben	5924 (100 Stück pro Packung) 2,2 x 6,5 mm
19 Lötösen	19 Lötösen	4139 (100 Stück pro Packung)
4 Messingstreifen	4 Messingstreifen	4105 sehr lang, evt. bei Fau bestellen
	1 Motor mit Halterung und Schiffsschraube	5602 5361
	1 Summer	4220
1 Batterie	1 Batterie	4000 Flachbatterie 4,5 V

Die Glühlämpchen sind farbig erhältlich, aber etwas teurer. Bei Conrad Electronics gibt es auch verschiedene Tauchlacke – diese sind sehr ergiebig, aber das Anmalen ist etwas arbeits- und geruchsintensiv.

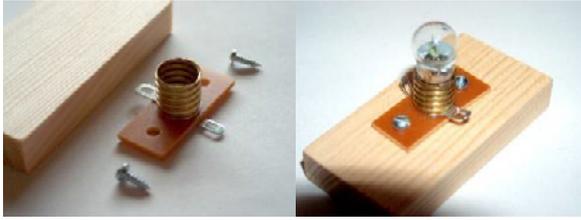
Anleitung zum Zusammenbau

Die Holzleiste(n) müssen zunächst in 7 (Basis-Set) bzw. 9 (Erweitertes Set) Klötzchen mit den ungefähren Maßen 6 cm x 3 cm x 1cm gesägt werden. Evtl. kann dies zuhause mit einer Laubsäge oder innerhalb einer Werken-AG erfolgen. Für den Zusammenbau sollten Sie ein bis zwei Unterrichtsstunden einplanen. Es empfiehlt sich, mit den Schülerinnen und Schülern eine Lampe und einen Schalter gemeinsam zu bauen und den Rest zuhause anfertigen zu lassen.

Teilen Sie die Sets früh genug aus, damit die Schülerinnen und Schüler genügend Zeit zum Zusammenbau haben und sich die fertigen Bauteile ggf. noch mal in der Schule ansehen können. In der Regel beginnen Sie mit Ihrem Unterricht nicht direkt mit den Schaltungen, so dass das komplette Set erst etwas später verwendet wird. Eine Bauanleitung für die Schülerinnen und Schüler befindet sich im Anhang.

Fotos von den Bauteilen:

Lampe:



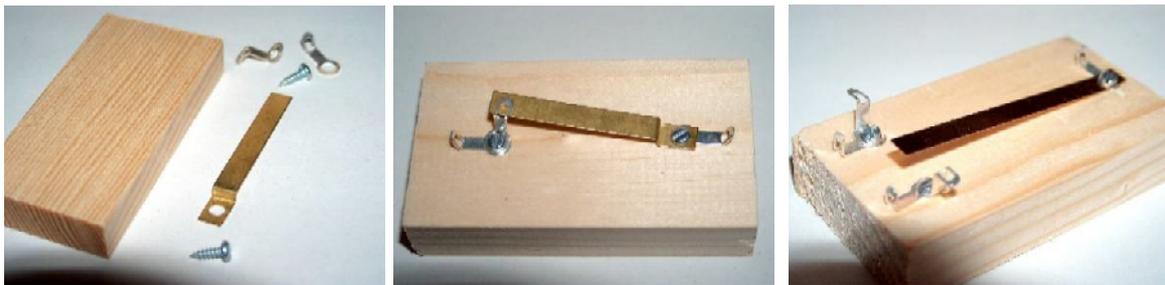
- 1 Fassung (von Fau),
- 2 Blechschrauben (2,2 x 6,5 mm)
- 1 Holzklötzchen (60 x 30 x 10 mm)
- 1 Glühlämpchen

oder etwas günstiger:



- 1 Brückenfassung (von Winkler),
- 2 Blechschrauben (2,2 · 6,5 mm)
- 1 Holzklötzchen (60 · 30 · 10 mm)
- 1 Lötöse
- 1 Glühlämpchen

Schalter:



Für einen einfachen Schalter benötigt man:

- 1 Holzbrettchen s.o.
- 1 Messing bzw. Federstreifen (ca. 40 mm lang oder entsprechendes Holzklötzchen verwenden)
- 2 Blechschrauben s.o.
- 3 Lötösen (2 leicht biegen, die andere winkelartig biegen – als Feststellschalter)

für einen Umschalter benötigt man zusätzlich:

- 1 weitere Blechschraube
- 2 weitere Lötösen (1 leicht biegen, die andere winkelartig biegen)

Motor und Summer:



- 1 Holzklötzchen
- 1 Motor mit Halterung
- 2 - 4 Blechschrauben
- 1 Schiffsschraube

Halterung anschrauben,
Motor und Schraube auf-
bzw. anstecken



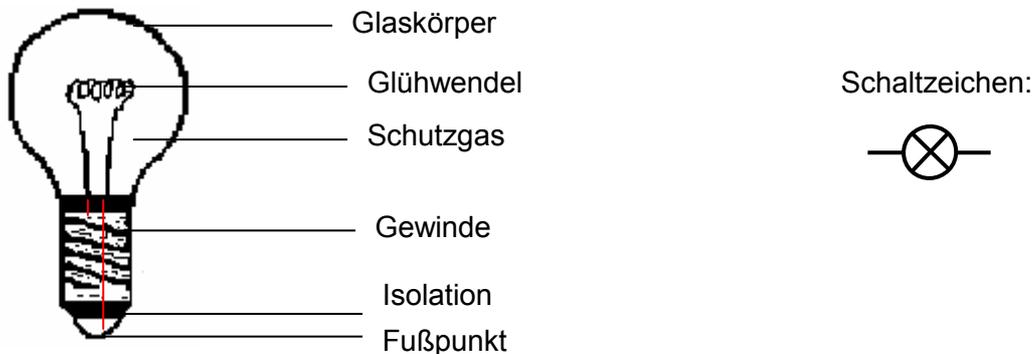
- 1 Holzklötzchen
- 1 Summer
- 2 Blechschrauben

Vorschläge und Hinweise für den Unterricht

Mit dem Thema „Geräte im Alltag“ kann man sicherlich auf unterschiedliche Weise beginnen. An dieser Stelle wird ein Vorschlag für eine unterrichtliche Vorgehensweise gemacht, zu der es im folgenden Hinweise und Lösungen und im Anhang einige Arbeitsblätter und Anleitungen gibt. Selbstverständlich ist es möglich, die Reihenfolge anders zu wählen, zusätzliche Bausteine hinzuzunehmen oder Inhalte anders zu integrieren. Um das Copyright zu beachten, sind den Arbeitsblättern wie auch diesem Skript nur (relativ wenige) selbstgemachte Bilder oder Fotos hinzugefügt worden. Bitte ergänzen Sie die Arbeitsblätter und Materialien ggf. um eigene Beiträge.

Glühlampe, Batterie und Schaltzeichen

Für den Beginn ist es ratsam, die Schülerinnen und Schüler mit den einzelnen Bauteilen und auch den Schaltzeichen hierfür vertraut zu machen. Sie können hierzu das Arbeitsblatt „**Glühlampe, Batterie und Schaltzeichen**“ verwenden. Beim Zeichnen der Glühlampe lernen die Schülerinnen und Schüler möglichst genau zu beobachten, exakt zu zeichnen und Fachbegriffe zu verwenden. Sie stellen fest, wie mühselig das Zeichnen von Originalteilen ist und welche Vereinfachung Schaltzeichen mit sich bringen.



Die Bezeichnung *Glühbirne* ist zwar weit verbreitet, aber fachlich nicht exakt, bitte verwenden Sie die Bezeichnungen Glühlampe oder Glühlämpchen. Ebenso sollte das Zeichnen von Lichtstrahlen an das Schaltzeichen der Lampe vermieden werden. Früher wurde der Glaskörper der Glühlampen luftleer gepumpt (Unterdruck), heute verwendet man Schutzgas. Das ganze dient dem Zweck, den Luftsauerstoff zu verdrängen, welcher zum schnelleren Durchglühen der Glühwendel führt. Bei manchen Lämpchen kann man erkennen, dass ein Ende der Glühwendel mit dem Gewinde verbunden ist, das andere Ende ist mit dem Fußpunkt verbunden (hier beides rot eingezeichnet). Fußpunkt und Gewinde sind durch einen Isolationsring – meist aus schwarzem Kunststoff - getrennt.



Bei der Batterie gibt es eine Besonderheit zu beachten: An der Flachbatterie selbst ist die Metallzunge des Plus-Pols immer kürzer als die des Minus-Pols. Beim Schaltzeichen bedeutet der längere Strich jedoch Plus-Pol!

Bei den Schaltzeichen ist generell zu beachten: Es gibt nur gerade Linien. Die Schaltzeichen sind so wie sie auf dem Arbeitsblatt abgebildet richtig und dürfen höchstens jeweils um 90° gedreht werden, ansonsten ist keine Änderung zulässig. Obwohl es möglich ist, weitere Anschlüsse an einer Batterie anzubringen, ist dies im Schaltbild verboten. Die ganz rechte Darstellung der Batterie (s.o.) ist also falsch. Ebenso dürfen an das Schaltbild einer Lampe keine drei oder vier Anschlüsse gezeichnet werden. Abzweigungen dürfen nur über das Kabel (horizontale oder vertikale Linie) erfolgen und werden mit einem Punkt (Verknüpfung/Kontakt) gekennzeichnet. Bitte setzen Sie auch keine Schaltzeichen auf eine Ecke. Die Schaltskizzen auf den Arbeitsblättern sind alle korrekt, Sie können sich daran orientieren. Die anderen Schaltzeichen können auch erst dann eingeführt werden, wenn sie im Unterricht benötigt werden.

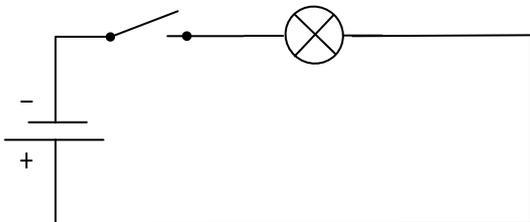
Weitere Beispiele für **falsche** Schaltzeichen /-skizzen:



Die Lösungen für das Arbeitsblatt lauten (von oben nach unten, erst links dann rechts):
Kabel, Kabel mit Verzweigung, Lampe, Messgerät, Motor, Schalter offen, Schalter geschlossen, Umschalter, Batterie, Spannungsquelle (z.B. auch Steckdose oder Transformator)

Stromkreis:

Die Bauteile können auch anders angeordnet sein, die Reihenfolge ist beliebig.



Mit diesen einfachen Kenntnissen lässt sich schon Morse. Hierzu benötigt man das dargestellte Material (Bild oben) aus der Sammlung oder entsprechend eine Lampe, eine Batterie und einen Taster aus dem Experimentier-Set. Das Morsealphabet steht auf dem gleichnamigen Arbeitsblatt. Unten auf dem Blatt steht mit Morsezeichen: Viel Spass!

Strom – Spannung – Widerstände

Aber warum glüht nun eigentlich der Draht in einer Glühlampe?

Mit Hilfe der nachfolgenden Lehrerversuche lässt sich ein großer Teil des Hintergrundwissens zu Strom (Stromstärke), Spannung und „Widerständen“ erarbeiten. Die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärmeenergie wird zugleich als nützlich (Fön, Toaster....) und gefährlich (Kurzschlüsse, Brandrisiko) erfahren.



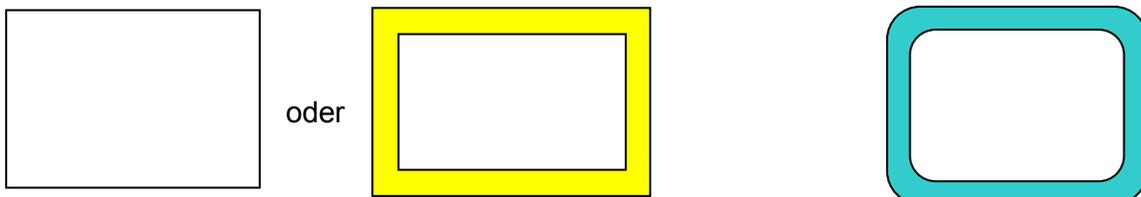
Sie benötigen für den ersten Versuch einen regelbaren Transformator, zwei Isolatoren mit Stativmaterial (s. Bilder), Kabel und Kupferdraht mit einem Querschnitt von 0,2 mm (Sammlung). Spannen Sie den Kupferdraht zwischen die Isolatoren, verbinden Sie die äußeren Isolatoren jeweils über ein Kabel mit dem Transformator (Plus- und Minus-Pol beliebig) und erhöhen Sie am Transformator langsam die Spannung. Bei geringer Spannung beobachtet man zunächst, dass die Drähte schwarz werden und eventuell auch etwas rauchen. Dies liegt daran, dass das Material durch den Luftsauerstoff und die höhere Temperatur oxidiert – genau das, was man durch das Schutzgas in der Glühlampe eben verhindern möchte. Wenn Sie die Spannung weiter erhöhen, fängt der Draht an zu glühen, bis er schließlich durchglüht. Schalten Sie dann den Transformator aus und drehen Sie das Rad wieder auf Null.



Achtung: In einzelnen sehr seltenen Fällen (z.B. wenn die Spannung sehr schnell erhöht wird) ist es möglich, dass ein Draht sehr plötzlich durchglüht. Dies ist nicht weiter schlimm oder gefährlich, wenn Sie folgendes beachten. Beim plötzlichen Durchglühen kann es sein, dass etwas heißes Material abspritzt. Damit dies nicht ins Auge gelangt, sollte bei diesem Versuch vorsichtshalber nicht in Augenhöhe gearbeitet (nicht zu nah mit dem Gesicht herangehen) oder eine **Schutzbrille** getragen werden. Denken Sie besonders daran, wenn Sie Schüler beteiligen.

Um die **Vorgänge in einem elektrischen Stromkreis** zu verstehen, kann man den **Vergleich mit einem Wasserkreislauf** heranziehen. Der Vergleich mit einem Wasserkreislauf hat zwar seine Schwächen und stößt in einigen Punkten schnell an seine Grenzen, aber für den Anfangsunterricht bietet dieses Wassermmodell eine gute und konkrete Möglichkeiten zur Erklärung der Begriffe „elektrischer Strom“ und „elektrische Spannung“. Ein kleines Beispiel aus meinem Unterricht: *„Frau Domrose, woher wissen eigentlich die Elektronen in der Lampe, dass ich ganz hinten im Raum den Schalter anmache?“* Eine Frage, die ich wohl nie vergessen werde und die zeigt, wie konkret und objektbezogen Schülerinnen und Schüler in diesem Alter denken. *„Die können doch nichts wissen, die haben ja kein Gehirn,..-“* Tönte es direkt aus einer anderen Ecke. Ohne Worte nahm ich den kleinen Schlauch, der am Wasserhahn hing, schloss ihn mit meinem Daumen und fragte: *„Woher wissen denn die Wasserteilchen an meinem Daumen, dass ich dahinten den Wasserhahn aufdrehe?“* Aus mehreren Ecken kam sofort: *„...ah, die schubsen sich an!“*

Vergleichen wir also zunächst ein in sich geschlossenes Kabel mit einem gefüllten Wasserrohr:

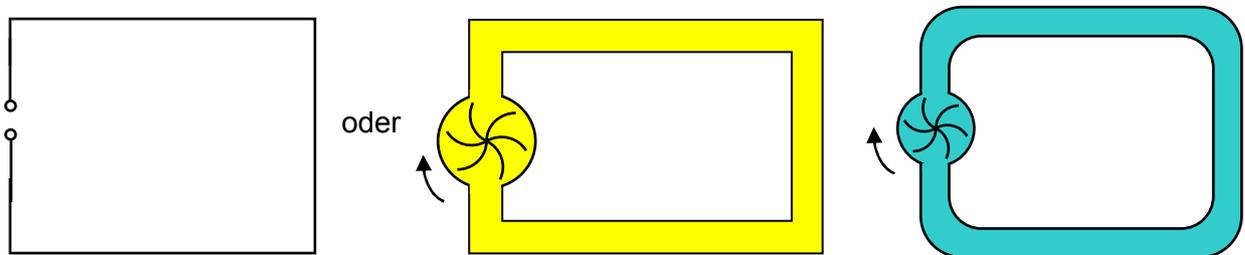


Im Kabel befinden sich Elektronen, im Wasserrohr kleinste Wasserteilchen. Weder im Kabel noch im Wasserrohr herrscht ein Strom. **Strom bedeutet Bewegung von Teilchen.** Erst wenn sich die Wasserteilchen bewegen, wie bei einem Fluss, spricht man von einem Strom und ebenso müssen sich die Elektronen bewegen, damit ein elektrischer Strom vorliegt. Die Formulierung „der Strom fließt“ ist daher eigentlich „doppelt gemoppelt“.

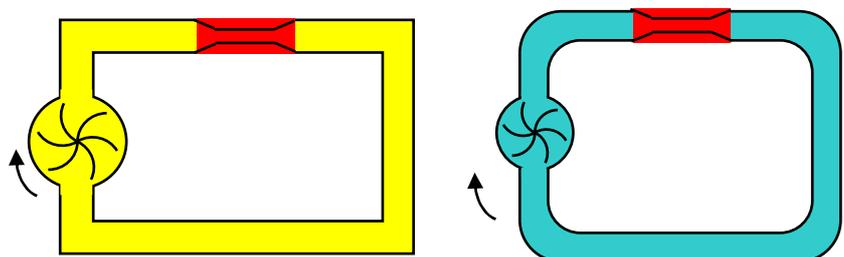
Je mehr Teilchen sich in einer ganz bestimmten Zeit an einer bestimmten Stelle vorbeibewegen, desto größer ist der Strom, wir sagen „die **Stromstärke** ist größer“. Man kann auch das Beispiel eines Verkehrsstroms anwenden. Je mehr Autos innerhalb einer ganz bestimmten Zeit an einer Stelle vorbeikommen, desto größer/stärker ist der Strom.

Hinweis: Bitte führen Sie den Begriff „Elektronen“ ein, ohne auf den Atombau und weitere Ladungsträger einzugehen. Sie können an dieser Stelle postulieren, dass es Stoffe gibt, in denen solche Elektronen relativ frei beweglich sind. Um welche Stoffe es sich hier handelt, wird beim Thema Leitfähigkeit näher erforscht und festgelegt. Sie können hinzufügen, dass man herausgefunden hat, dass diese Elektronen negativ geladen sind, und dass am Plus-Pol Elektronenmangel herrscht. Die Elektronen fließen daher immer vom Minus-Pol zum Plus-Pol, während die Stromrichtung immer vom Plus-Pol zum Minus-Pol angegeben wird (s.o.).

Wie schaffen wir es aber nun, dass sich das Wasser im Kreis bewegt? Wir benötigen eine Pumpe. Je stärker diese Pumpe ist, desto stärker ist der erzeugte Wasserdruck und desto schneller und heftiger werden die Wasserteilchen im Kreis befördert – der Wasserstrom ist groß. Beim elektrischen Stromkreis ist dies genauso, nur dass wir diese Elektronenpumpe (stark vereinfacht) als Transformator (Batterie, Akku) bezeichnen. Je stärker wir diese Elektronenpumpe aufdrehen, desto stärker ist der erzeugte **Elektronendruck, die sogenannte Spannung (!)** und desto schneller und heftiger werden die Elektronen im Kreis befördert – der elektrische Strom ist groß.



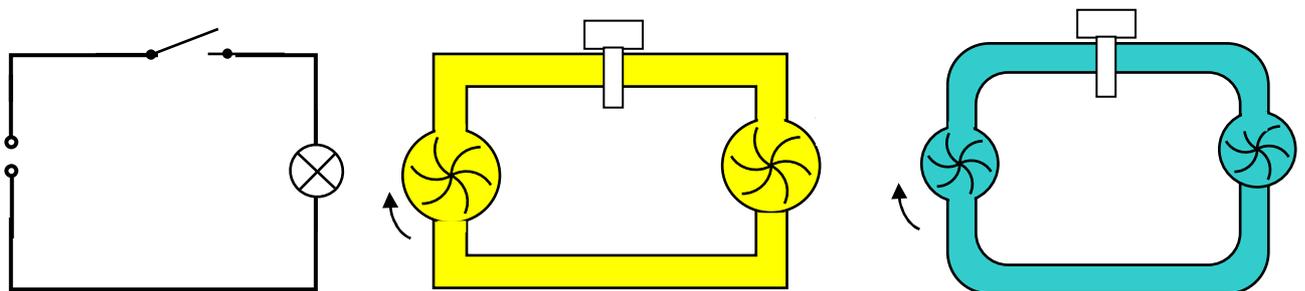
Bauen wir nun in den Wasserkreislauf oder in den Elektronenkreislauf einen Engpass (der Physiker sagt: einen **Widerstand**) ein, so muss die gleiche Zahl an Wasserteilchen oder Elektronen in der gleichen Zeit durch dieses Hindernis hindurch. Hier verhält es sich nicht so wie im Straßenverkehr, wo vor einer Engstelle ein Stau entsteht. Man kann sich eher vorstellen, dass viele Schüler gleichzeitig in einen Bus einsteigen, sich rempeln und schubsen... und da geht es eben heiß her. Der Druck / die Spannung (!) kann hier so groß sein, dass das Wasserrohr an dieser Stelle platzt oder der Draht durchglüht.



Zusätzlicher Hinweis: Mit diesen Vergleichen kann man auch verstehen, warum Hochspannung und auch schon die Spannung an der Steckdose für uns so gefährlich ist. Ist der Wasserdruck in einem Gartenschlauch nicht hoch, so werden wir höchstens nass. Wird der Wasserdruck aber so hoch wie in einem Hochdruckreiniger oder so groß wie in einem Feuerwehrschauch oder einem Hydranten, dann hat das Wasser auch zerstörende Wirkung. Bei Hochspannung kann der Elektronendruck so groß sein, dass sogar die Luft von den Elektronen durchbrochen und überwunden wird. (Drachen steigen lassen an Hochspannungsleitungen, Gewitter...). Wenn dann der Strom durch unseren Körper fließt, ist er so groß, dass unsere Körpertemperatur an diesen Stellen viel zu hoch wird (wie beim Draht) und das endet oft tödlich.

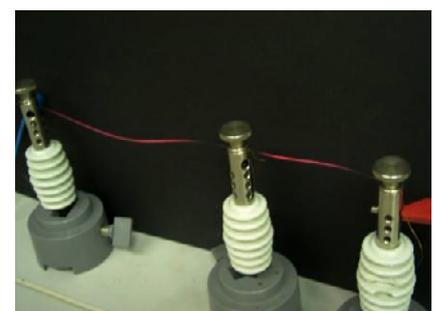
Bauen wir nun in unseren Stromkreis und in unseren Wasserkreis noch einen Schalter bzw. einen Wasserhahn ein, so lässt sich auch erklären, dass der Ort des Schalters – vor oder hinter der Lampe – egal ist. An beiden Stellen wird das Fließen der Wasserteilchen bzw. der Elektronen – mit einem kleinen Unterschied - unterbunden: Ist der Schalter im elektrischen Stromkreis geöffnet fließt kein Strom, ist der Hahn im Wasserkreislauf geöffnet, so fließt ein Strom. An dieser Stelle kann man noch einmal auf die Gefährlichkeit der Spannung an unseren Steckdosen eingehen. Auch wenn kein Gerät angeschlossen ist, irgendwo hinter der Steckdose liegt die riesige Elektronenpumpe „Kraftwerk“ und pumpt die Elektronen mit hohem Druck bis zur Steckdose, wo sie zunächst nicht weiterkommen. Komme ich jedoch in Berührung mit leitenden Teilen, so werde ich Teil des Stromkreises, der Strom kann in diesem Fall durch mich hindurch und durch den Boden hindurch zurück zum Kraftwerk fließen.

Hinweis nur als Lehrerinfo: Die Vorgänge sind stark vereinfacht dargestellt. Tatsächlich liegt an der Steckdose eine Wechselspannung an und nur an einem Anschluss der Steckdose, am sog. Außenleiter (Phase) kann ich einen Stromschlag bekommen, die andere Leitung, der sog. Nullleiter, führt zum Kraftwerk zurück. Aber dennoch kann ich hier Teil der Rückleitung werden.



Statt der Engstelle können wir auch ein Glühlämpchen (dies besteht ja hauptsächlich aus einem dünnen Draht) oder einen Motor in den elektrischen Stromkreis einbringen. Statt der Engstelle im Wasserkreislauf können wir ein Schaufelrad (eine Turbine) einbauen. So wird in einem letzten Schritt klar, dass durch den elektrischen Strom Energie transportiert wird, der Drähte zum Glühen bringt oder Motoren in Bewegung versetzt. Die elektrische Energie, die durch den Strom transportiert wird, wird in Licht, Wärme- und/ oder Bewegungsenergie umgewandelt. Da der Strom durch das Hindernis etwas gebremst wird, fließt er nicht so heftig (ungehindert) wie ohne Hindernis; dies wird noch einmal bei einer Reihenschaltung interessant (s.u.). Sie können zur Übung das Arbeitsblatt „**Elektrischer Stromkreis und Wasserstromkreis**“ verwenden.

Nun noch einmal zurück zu den Versuchen: Warum ist der Draht in einer Glühlampe eigentlich gewandelt? Um diese Frage zu beantworten, kann man einen geraden Draht und einen gewendelten Draht (gleiches Material, gleicher Querschnitt) hintereinander in die Isolatoren spannen. Um eine Glühwendel herzustellen, können Sie den Draht einfach über einen Bleistift wickeln. Die einzelnen Windungen sollten sehr dicht beieinander liegen, dürfen sich aber nicht untereinander berühren. Reguliert man die Spannung nun langsam höher, so glüht der gewendelte Draht eher auf als der gerade, da sich die einzelnen Spiralen stärker gegenseitig aufheizen. Je heißer der Draht, desto größer ist wiederum der Widerstand für die Elektronen. Die Schülerinnen und Schüler sind hier oft sehr clever und es kommt der Einwand, dass der gewendelte Draht ja viel länger ist als das verwendete gerade Stück. Sie können diese Hypothese leicht im Versuch überprüfen und falsifizieren. Spannen Sie hierzu einfach zwei gerade aber unterschiedlich lange Drähte ein. Wenn Sie die Spannung langsam erhöhen glühen beide Drähte gleich intensiv auf und es ist Zufall, welcher Draht zuerst durchglüht. Um diese



Versuche zu ergänzen, können Sie auch den Einfluss des Leiterquerschnitts und des Materials überprüfen. Spannen Sie hierzu einfach Draht mit unterschiedlichem Querschnitt ein, der „dünnere“ Draht leuchtet immer eher auf, da er ja ein größeres Hindernis / einen größeren Widerstand für die Elektronen darstellt. Variieren Sie das Material, erhalten Sie folgende Ergebnisse: Eisendraht leuchtet eher als Konstantandraht und dieser wiederum eher als Kupferdraht der gleichen Stärke auf. Dies liegt daran, dass die unterschiedlichen Materialien unterschiedliche Hindernisse / Widerstände für die Elektronen darstellen. Kupfer bietet offensichtlich den geringsten Widerstand für Elektronen und hat damit von den drei Materialien die beste Leitfähigkeit. Es wird daher in vielen Leitungen verwendet. Nur Silber leitet den Strom noch besser, ist aber wegen des hohen Preises für Kabel und Geräte uninteressant.

Nutzen Sie diese Versuche, um bereits auf diesem Niveau wissenschaftspropädeutisch zu arbeiten. Die Schüler fordern oft von sich aus, dass nur eine Variable (Querschnitt, Länge, Material, Form) geändert werden darf und alle anderen Bedingungen konstant gehalten werden müssen. Es ist schnell einsichtig, dass man sonst keine eindeutigen Ergebnisse erhält.

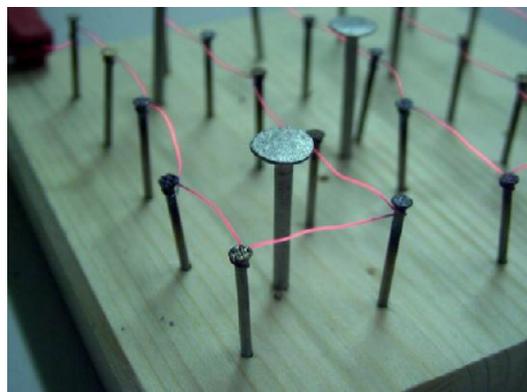
Der „heiße Draht“, d.h. die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärmeenergie wird in vielen Haushaltsgeräten genutzt. Den Schülerinnen und Schülern fallen bestimmt zahlreiche Beispiele hierzu ein. Zur Übung können Sie auch das Rätsel „**Die verflixte 13**“ (Kopiervorlage) verwenden. Sie können nun selbst einen Toaster bauen oder direkt zu den Gefahren eines Kurzschlusses übergehen. Auch die Leitfähigkeit von Stoffen bietet sich als weitere Vorgehensweise an.

Lösung „Die verflixte 13“:

1. Wasserkocher 2. Toaster 3. Kaffeemaschine
4. Strom 5. Glühlampe 6. Herdplatte 7. Heizwendel
8. Spannung 9. Batterie 10. Kupfer 11. Bügeleisen
12. Licht 13. Haartrockner, Lösungswort: Wärmeenergie

Projekt: Bau eines Toasters³

Hierzu benötigt man pro Gruppe eine massive Holzplatte (oder eine Spanplatte mit aufgeklebtem Brandschutzpapier) mit den ungefähren Maßen 15 cm x 15 cm x 2cm, 28 Nägel mit einer Länge von ca. 30 mm, ungefähr 1m Konstantandraht mit einem Durchmesser von 0,4 mm und 6 längere Nägel (ca. 40 mm), z.B. Dachpappennägel, die einen größeren Kopf aufweisen. Außerdem Kabel mit Krokodilklemmen (s. Bild) und einen Transformator, Hämmer, Toastbrot (Butter und Marmelade?). Den Aufbau zeigen die folgenden Bilder und das Arbeitsblatt „Bau eines Toasters“.

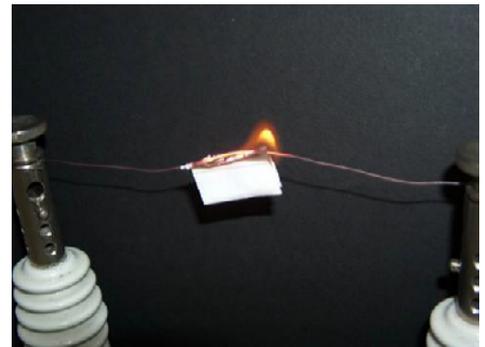


³ Naturwissenschaften im Unterricht Physik 11 (2000) Nr. 59, Gebrauchsgegenstände herstellen, S. 7ff „Bau eines Toasters für Kleinspannungen“ von Christiane Dörich

Wichtig ist folgendes: Die Länge der Nägel, die Größe des Holzbrettes und die Zahl der tatsächlich gebauten Windungen kann verändert werden. Was Sie nicht verändern dürfen, ist das Material Konstantan und die Dicke des Drahtes. Verwenden Sie unbedingt Konstantandraht mit dem Durchmesser 0,4 mm. Nur dieser Draht wird ausreichend heiß und glüht normalerweise bei den verwendeten Spannungen nicht so schnell durch. Verwenden Sie für die Zuleitungen zu den Transformatoren unbedingt die zugehörigen dicken isolierten Kabel! Sind die Zuleitungskabel nur etwas dünner, so wird der Unterschied zum verwendeten Konstantandraht zu gering, die Zuleitungen werden ebenfalls heiß, die Isolation schmilzt....
Verwenden Sie insbesondere nicht die Kabel mit Krokodilklemmen aus dem Experimentier-Set!

Vorsicht Kurzschluss!

Vor- und Nachteile eines Phänomens liegen immer dicht beieinander. Drähte, die beabsichtigt oder unbeabsichtigt glühen, können auch immer einen Brand auslösen. Der Physiker spricht von einem Kurzschluss, wenn der Strom nahezu „ungehindert“ vom Plus-Pol zum Minus-Pol fließen kann. Das ist z.B. der Fall, wenn Plus- und Minus-Pol über ein Kabel oder eine andere leitende Verbindung direkt miteinander verbunden sind, ohne dass der Strom durch eine Lampe oder einen Motor fließen muss – also ohne dass er irgendwo „gebremst“ wird. Eine Batterie wäre in diesem Fall sehr schnell leer. Um die Brandgefahr zu demonstrieren kann man ein Stückchen Papier oder ein Stückchen Serviette auf den heißen Draht legen. Manchmal benötigt man mehrere Versuche, bis man wirklich eine Flamme sieht, aber das Rauchen und Durchglühen sieht man immer.

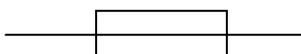


Es ist auch sehr eindrucksvoll, wenn man etwas lockere Stahlwolle mit Hilfe einer Tiegelzange aus der Chemie an einen 9 V –Block hält. Die Spannung reicht in der Regel aus, um die Stahlwolle durch den fließenden Strom in Brand zu setzen. Es besteht allerdings die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler den Versuch durch die einfach zu beschaffenden Teile zuhause nachmachen!

Zur Übung kann das Arbeitsblatt „**Vorsicht Kurzschluss**“ eingesetzt werden. Zur Lösung nimmt man am besten einen bunten Stift und fährt die Kontakte bzw. Linien entlang. Wenn es einen Weg gibt, der direkt vom Plus-Pol zum Minus-Pol führt – und keine Lampe dazwischen liegt – so liegt ein Kurzschluss vor. Dabei ist es gleichgültig, ob der Weg ohne Lampe länger ist, als der Weg durch die Lampe. Welcher Schüler nimmt nicht gerne den längeren Weg durch den Keller, wenn auf dem kürzeren Weg die Mutter mit einer Menge Arbeit lauert? Lösungen:

a) L b) K c) – d) – e) K f) L g) K h) K i) L j) K k) L l) K

Zum Schutz vor dem Überhitzen von Drähten und damit auch vor einem Kurzschluss kann man eine sogenannte Schmelzdraht-Sicherung verwenden. Die Funktionsweise müsste nach den bisherigen Unterrichtsinhalten leicht zu verstehen sein: In den Stromkreis wird eine Sicherung eingebaut, die aus einem sehr dünnen Draht besteht. Erhöht sich nun die Stromstärke in einem Stromkreis, weil kein Widerstand (keine Lampe...) mehr da ist, so schmilzt zuerst dieser dünne Draht durch, bevor sich die anderen Kabel und Zuleitungen zu sehr erhitzen können. Die Sicherung ist danach nicht mehr zu gebrauchen und muss ausgetauscht werden. Das Schaltzeichen für eine Sicherung sieht wie folgt aus:
(Originallänge im Bild: 1-2 cm)



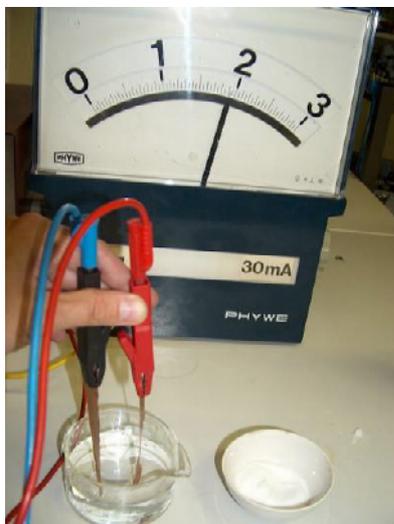
Die Leitfähigkeit von Stoffen

Aber welche Stoffe leiten nun den elektrischen Strom, bzw. in welchen Stoffen sind diese frei beweglichen Elektronen? Um dieses experimentell zu erkunden, können Sie das Arbeitsblatt „**Welche Stoffe leiten den Strom?**“ verwenden. Die notwendige Schaltung ist dort abgebildet. Es ist wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler zwischen Gegenständen und Materialien unterscheiden. Ein Gegenstand kann aus unterschiedlichem Material bestehen und daher leiten oder nicht leiten, Beispiel: Silberlöffel und Plastiklöffel.

Hinweis: Für einige Bauteile in der Physik, z.B. Spulen, wird lackierter Kupferdraht verwendet. Der Lack ist jedoch oft nicht sichtbar, so dass eine Kontrolle nur über die Leitfähigkeit erfolgen kann. Zerstört man diese Lackschicht durch kratzen an einem einzelnen Draht (nicht an den Spulen!), so fließt auch hier ein Strom. Lackierter und unlackierter Draht kann ggf. auch durch die Schülerinnen und Schüler untersucht werden.

Weitere Lösungen: Insgesamt leiten alle Metalle und Graphit (Kohlenstoff) den elektrischen Strom gut. Beispiele für Gegenstände die den elektrischen Strom gut leiten sind, Stromkabel, Weidezaun, Glühwendel usw.. Gegenstände, die den elektrischen Strom nicht gut leiten werden auch als Isolatoren bezeichnet, z.B. Kunststoffgehäuse von Steckdosen und elektrischen Geräten, Kunststoffummantelungen von Stromkabeln, Porzellanisolatoren bei Hochspannungsleitungen, usw. Eine Batterie darf nicht in einer Blechdose aufbewahrt werden, weil beide Kontakte mit dem leitfähigen Eisenblech in Berührung kommen können. Es entsteht ein Kurzschluss, der die Batterie sehr schnell entlädt.

Die Schülerinnen und Schüler werden sehr schnell auf die Idee kommen, dass auch Wasser in Kontakt mit elektrischem Strom sehr gefährlich ist und eine Erklärung erwarten. Hierzu können Sie die folgenden qualitativen Versuche durchführen: Sie benötigen die gleiche Schaltung wie auf dem Arbeitsblatt „Welche Stoffe leiten den Strom?“ Verwenden Sie jedoch als Spannungsquelle einen Transformator und statt der Lampe ein Messgerät. Verbinden Sie den Transformator über ein Kabel mit dem Messgerät, ein weiteres Kabel wird in das Messgerät gesteckt und mit einer Krokodilklemme versehen. Ein drittes Kabel stecken Sie in den noch freien Ausgang des Transformators und versehen es ebenfalls mit einer Krokodilklemme. Mit den Krokodilklemmen „beißen“ Sie nun jeweils in ein zurechtgeschnittenes Kupferblech (Chemie-Sammlung). Sie können die beiden so geschaffenen Elektroden nun in die zu untersuchenden Stoffe bzw. Lösungen halten, am Transformator wird die Spannung auf einen geringen Wert reguliert und die Stromstärke am Messgerät ablesen. Beachten Sie bitte: Wenn Sie die Elektroden in eine Flüssigkeit tauchen, so ist die gemessene Stromstärke nicht nur von der eingestellten Spannung, sondern auch von dem Abstand der Elektroden und der eingetauchten Elektrodenoberfläche abhängig (Sie ändern ja damit den Widerstand der Probe). Die Versuche zeigen somit nur die relative Leitfähigkeit der Proben zueinander.



Bei Leitungswasser erhalten Sie eine relativ geringe Stromstärke, im Bild sind ungefähr 20 mA (Milliampere) abzulesen, bei reinem Kochsalz stellen Sie gar keine Leitfähigkeit fest und beim Mischen beider Proben – bitten Sie am besten einen Schüler etwas Salz in das Leitungswasser zu geben - schlägt der Zeiger heftig und bis zum Anschlag aus. Hier müssen Sie den Messbereich deutlich erhöhen, um überhaupt einen Wert ablesen zu können. Auf dem Bild kann man ungefähr 5 A (Ampere) ablesen. Der Wert ist also in diesem Fall 250x höher als bei Leitungswasser! Sie können den Schülerinnen und Schüler erklären, dass die Teilchen des Kochsalzes im Wasser relativ frei beweglich sind und den elektrischen Strom leiten. Wichtig ist, dass hier keine Elektronen durch die Lösung fließen. Die geringe Leitfähigkeit des Leitungswassers können Sie ebenso mit einem geringen Salzgehalt (Mineralien) erklären. Sie können den Versuch auch mit Mineralwasser und destilliertem Wasser durchführen. Bei destilliertem Wasser sollten Sie jedoch darauf achten, dass auch dieses eine sehr geringe Leitfähigkeit hat, welche Sie den Schülerinnen und Schüler in dieser Altersstufe nicht problemlos erklären können.

Mit diesem Versuch wird deutlich, warum Wasser in Verbindung mit elektrischem Strom für uns so gefährlich ist. Feuchte, insbesondere verschwitzte Haut, die viel Salz enthält, leitet den elektrischen Strom viel besser als trockene Haut. Der Strom, der ggf. durch uns hindurchfließt (wir bestehen auch zu 2/3 aus Wasser und vielen Mineralien), ist deutlich größer, weil wir einen viel geringeren Widerstand haben bzw. wir ein wesentlich geringeres Hindernis für den Strom darstellen.

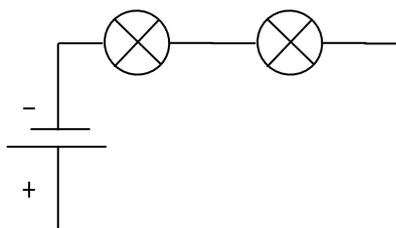
Die Gefahren im Haushalt können Sie auch mit Hilfe des Arbeitsblattes „**Familie Sorglos und der elektrische Strom**“ diskutieren und festigen. Hier sind auch einige Beispiele aufgelistet, die nicht nur den Kontakt mit Wasser betreffen.

Schaltungen – Schaltungen – Schaltungen

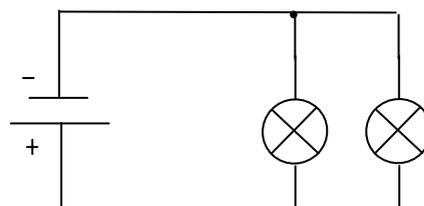
Nun haben wir das nötige Hintergrundwissen, um endlich mit unserem Experimentier-Set oder mit anderen Möglichkeiten für Schülerexperimente loszulegen. Die Arbeitsblätter sprechen in der Regel für sich. Im folgenden sind noch einige Hinweise und Lösungen aufgeführt. Sie sollten auf jeden Fall die Reihen- und Parallelschaltung von Lampen behandeln, ebenso wie die Reihen- und Parallelschaltung von Schaltern (UND-Schaltung und ODER-Schaltung). Ein einfaches Beispiel für eine Umschaltung, z.B. die einfache Rot-Grün-Ampel genügt. Alle weiteren Aufgaben sehen Sie bitte als Zusatzmaterial an, welches Sie in ihren Unterricht einbringen können aber nicht müssen. Wenn Sie das Set einsetzen, bietet es sich an, einige Übungen als Hausaufgabe oder Extraaufgabe mitzugeben oder binnendifferenzierend einzusetzen. Die Schülerinnen und Schüler tüfteln gerne an den etwas kniffligeren Aufgaben herum.

Reihenschaltung und Parallelschaltung von Lampen: „Von Lichterketten und Mehrfachsteckern“

Reihenschaltung:



Parallelschaltung:



Die einzelnen Lampen leuchten schwächer als eine alleine. Wenn man eine Lampe herausdreht, leuchtet die andere nicht weiter.

Anwendung: Lichterkette, Weihnachtsbaumbeleuchtung...

Nachteile: Wenn eine Lampe defekt ist und damit den Stromkreis unterbricht, leuchten die anderen Lampen auch nicht mehr.

Die Spannung muss außerdem der Zahl der Lampen angepasst werden. Moderne Lichterketten haben mehrere Stromkreise mit Reihenschaltung, z.B. jeweils sechs Lampen in Reihe oder verwenden kleine Tricks um die schadhaften Stelle zu überbrücken.

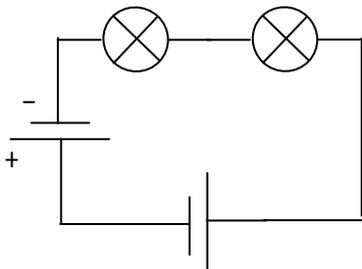
Die einzelnen Lampen leuchten so stark wie eine einzelne Lampe alleine. Wenn man eine Lampe herausdreht, leuchtet die andere weiter.

Anwendung: Mehrfachsteckdosen, Schaltungen im Haushalt, denn die Leistung der einzelnen Geräte darf ja nicht nachlassen, wenn ein anderes ebenfalls eingeschaltet wird. Nachteil: Je mehr Geräte angeschlossen sind, desto größer wird der Strom im gemeinsamen Stromkreis (zeichnen Sie den Stromkreis für jede Lampe einzeln mit einer anderen Farbe ein, die Stromstärken addieren sich an den gemeinsamen Stellen). Folge: Das Zuleitungskabel wird so stark belastet, dass es heiß wird oder die Sicherung springt rechtzeitig heraus.

Die Lampen leuchten bei der Parallelschaltung heller als bei der Reihenschaltung, die Batterie ist aber bei Verwendung von zwei Lampen doppelt so schnell leer.

Reihenschaltung und Parallelschaltung von Batterien (Zusatzmaterial)

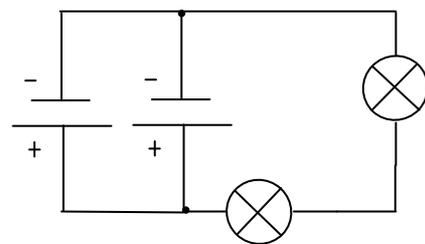
Reihenschaltung der Batterien:



Die Lampen leuchten nun genauso hell wie eine einzelne bei einer Batterie, bzw. genauso hell wie bei einer Batterie und Parallelschaltung.

Verwendet man hier nur eine Lampe, so glüht sie durch.

Parallelschaltung der Batterien:



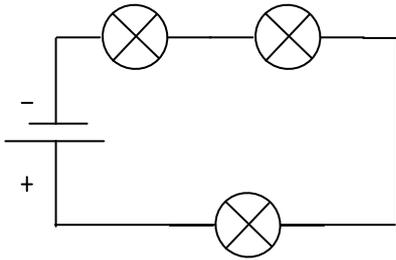
Die Lampen leuchten genauso schwach wie vorher, allerdings ist die Lebensdauer nun wieder so hoch wie bei einer Batterie und einer Lampe.

Verwendet man hier nur eine Lampe so ergibt sich keine sichtbare Veränderung.

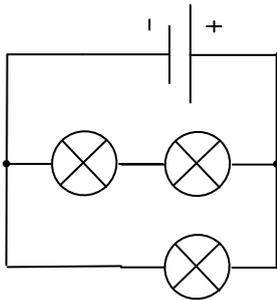
Viele Geräte wie z.B. Kassettenrekorder, Fotoapparate usw. benötigen mehrere Batterien. Diese sind normalerweise in Reihe geschaltet, so dass sich die Gesamtspannung erhöht. Bei vier Batterien á 1,5 V ergibt sich so eine Gesamtspannung von 6 V.

Ein paar „verflixte“ Schaltungen (Zusatzmaterial)

Reihenschaltung:

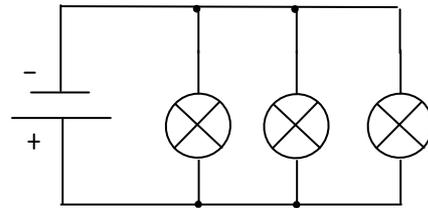


Gemischte Schaltung 1:

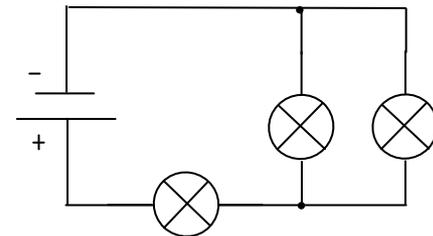


Dreht man eine der oberen Lampen heraus, so leuchtet die andere obere Lampe auch nicht (Reihenschaltung), die untere leuchtet weiter. Dreht man die untere heraus, so leuchten beide Lampen oben weiter (Parallelschaltung)

Parallelschaltung:



Gemischte Schaltung 2:



Dreht man die linke Lampe heraus, so leuchten die anderen beiden nicht weiter (Reihenschaltung). Dreht man eine der anderen beiden Lampen heraus, so leuchten die anderen Lampen weiter (Parallelschaltung)

Bei Aufgabe 2 liegt eine Reihenschaltung von zwei Lampen vor, sie leuchten entsprechend schwach. Legt man den Schalter um, so muss der Strom nicht durch die zweite Lampe fließen, sie leuchtet nicht mehr. Dafür leuchtet die erste Lampe nun stärker.

Bei Aufgabe 3 liegt auf den ersten Blick eine Reihenschaltung vor. Durch die zusätzlichen Kabel werden die Lampen jedoch parallel geschaltet und leuchten heller. (Hoher Schwierigkeitsgrad)

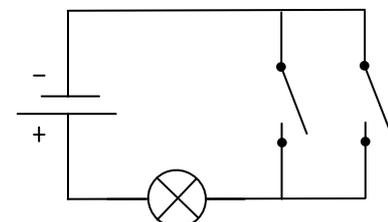
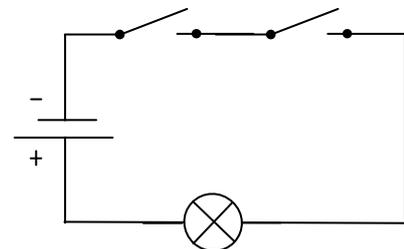
Reihenschaltung und Parallelschaltung von Schaltern: „Von Heckenschere und Hochhäusern“

Bei der UND-Schaltung werden zwei Schalter in Reihe geschaltet. Dabei ist es unerheblich, ob die Schalter vor oder hinter der Lampe sind (oder gemischt).

Namensgebung: Schalter 1 **UND** Schalter 2 muss geschlossen sein, damit die Lampe leuchtet.

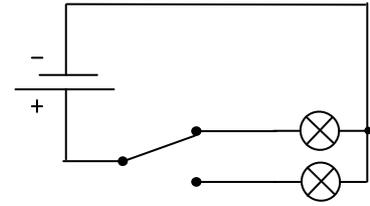
Die Schaltung wird häufig aus Sicherheitsgründen eingesetzt: Mikrowelle, Waschmaschine, Heckenschere, Küchenmaschine. Der zweite Schalter ist oft versteckt in der Tür oder einem Verschluss. Wird die Tür oder der Verschluss eines Gerätes geöffnet – und damit der zweite Schalter – so schaltet sich das Gerät ab bzw. gar nicht erst ein.

Beim den Türklingeln liegt eine ODER-Schaltung vor: Schalter 1 ODER Schalter 2 muss geschlossen sein, damit die Lampe leuchtet bzw. der Summer ertönt.

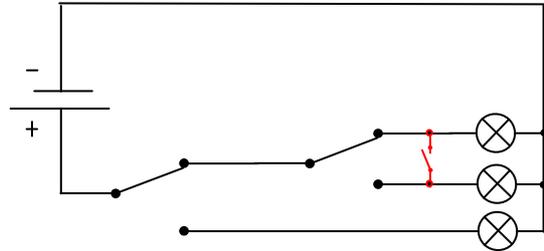


Die Umschaltung: „Verschiedene Ampeln – Nun wird es knifflig...“

1. Rot-Grün-Ampel:



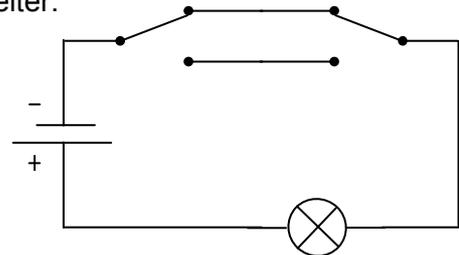
2. Rot-Gelb-Grün-Ampel:
Mit dem roten Schalter lässt sich „Gelb“
Zusätzlich zu rot zuschalten. Somit ist auch
3. gelöst. Um ...
4. zu lösen müssen Sie nur einen Summer
zu der grünen Lampe parallel schalten.



Die Wechelschaltung: „Licht im Treppenhaus“ (Zusatzmaterial)

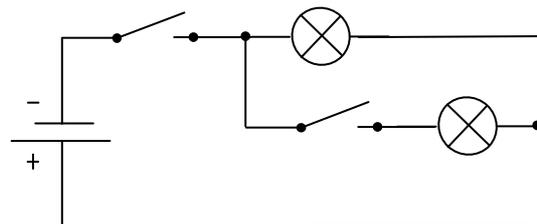
Die Lösung ist eigentlich relativ einfach, allerdings ist man immer geneigt, die Lampe zwischen die Schalter zu bauen und die Schalter immer in die identische Richtung zu legen. Das blockiert oft und man nimmt keine anderen Möglichkeiten in den Blick. Geben Sie nach bestimmten Zeiten einfach ein paar Tipps an die Schülerinnen und Schüler weiter.

- Tipp 1: Du benötigst eine Batterie, zwei Umschalter und eine Lampe
Tipp 2: Du benötigst 5 Kabel
Tipp 3: Die Lampe befindet sich nicht zwischen den Schaltern

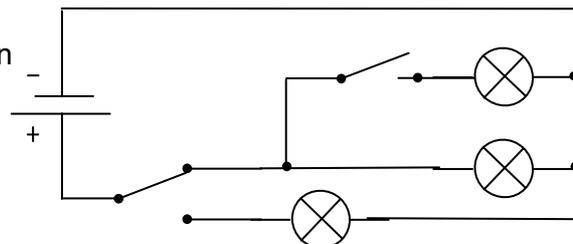


„Noch ein paar Probleme“ (Zusatzmaterial)

1. Der Fön: Heizung und Gebläse müssen parallel geschaltet sein, damit die Leitung des Gebläses beim Zuschalten der Heizung nicht nachlässt.



2. Beleuchtung im Flugzeug: Die untere Lampe entspricht der Hauptbeleuchtung. Durch einen Umschalter kann man auf Notbeleuchtung umschalten (mittlere Lampe). Die Leselampe (ganz oben) lässt sich dann zuschalten.



Die Fahrradbeleuchtung

Wenn man bisher gedacht hat, alles wurde verstanden und gut beherrscht, so kann man dies nun überprüfen. Sie nehmen ein Vorder- oder Rücklicht eines Fahrrades und einen Dynamo und geben den Schülerinnen und Schülern den Auftrag, die Lampe zum Leuchten zu bringen. Die Transferleistung ist hier höher als Sie vielleicht vermuten. Das Rücklicht besteht, wenn man es aufschraubt, hauptsächlich aus einem Glühlämpchen, man sieht aber nur einen Stromanschluss (oben). Die Batterie ist gegen einen Dynamo ausgetauscht worden und auch hier sieht man nur einen Anschluss. Es liegt nahe, diese beiden Anschlüsse miteinander zu verbinden. Dreht man nun am Rad des Dynamos, so passiert – nichts! Wenn keiner der Schülerinnen und Schüler den Aufbau kennt, so haben Sie ggf. eine spannende und interessante Stunde vor sich. Ich habe schon Stunden erlebt, in denen sich die Schülerinnen und Schüler gegenseitig überboten haben, das Rad des Dynamos immer schneller und heftiger zu drehen – ohne Erfolg. Erst wenn den Schülerinnen und Schülern langsam klar wird, dass dieser Weg nicht zur Lösung führt, werden andere Strategien und Lösungsvorschläge entwickelt. Sie können statt des Dynamos auch noch einmal eine Batterie ins Spiel bringen. Hier wird schneller ersichtlich, dass ein Anschluss fehlt und dass ja eigentlich ein Stromkreis gebaut werden muss. Führt man sich dann ein vollständiges Fahrrad vor Augen (Folie?), so wird deutlich, dass die Halterungen von Dynamo und Licht über den leitenden Rahmen miteinander verbunden sind. Sie können dies auch gut mit Hilfe von Stativmaterial nachbauen und statt des im Bild verwendeten schwarzen Kabels eine Stativstange verwenden.

Bei der Straßenbahn und der E-Lok wird der Strom übrigens über die Schienen (und die Erde) zum Kraftwerk zurückgeleitet. Bei Elektrobussen (Gummireifen auf Asphalt) geht dies nicht, sie benötigen eine zweite Oberleitung als Rückleitung für den Strom.



Danke und Kontakt

Zum Schluss ein herzliches Dankeschön an alle Kollegen, die mit Hinweisen und Tipps zur Weiterentwicklung dieses Skriptes beigetragen haben. Für weitere Anregungen bin ich immer dankbar! Mailen Sie mir doch einfach, wenn Sie oder ihre Schülerinnen und Schüler weitere tolle Ideen für Schaltungen, Anwendungen usw. haben. Auf ein gutes Gelingen!

Dr. Anke Domrose: anke@domrose.de