

# Lernwerkstatt Elektrizität

## ERLÄUTERUNGEN

### HINWEISE

Mit der Lernwerkstatt sammeln Schülerinnen und Schüler Erfahrungen und Kontextwissen in der Handhabung von Schwachstrom, bezüglich der Energiespeicherung und hinsichtlich der Energiewandlung. Ziel ist die Förderung von Kenntnissen im Anwendungsbereich und das Erkennen der vielfältigen Möglichkeiten der Stromerzeugung im technischen Alltag mit dem Fokus der Förderung von Technikinteresse.

**Achtung:** Unterschied Stark- und Schwachstrom thematisieren.

### STROMKREIS

#### Hinweise

Gründe suchen, warum das Leuchtdiodenlämpchen nicht leuchtet. Grundsätzlich muss der Pluspol am Pluspol der Batterie angeschlossen werden. Bei der 4,5-V-Flachbatterie sind die Pole angeschrieben, bei der Batteriebox führt das rote Kabel zum Pluspol.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Leuchtdioden-Schraubblämpchen haben den benötigten Widerstand im Lämpchen eingebaut und können deshalb im Gegensatz zu den handelsüblichen Leuchtdioden direkt an die 4,5-V-Batterie oder den Akku angeschlossen werden.

### LEITER UND NICHTLEITER

#### Hinweise

Gute Leiter sind Kupfer, Eisen und Aluminium. Isolatoren sind Keramik, Glas und Acrylglas. Halbleiter sind chemische Elemente oder Verbindungen wie Silicium und Germanium. Halbleitermaterialien sind beispielsweise bei Dioden und Widerständen wichtige Bestandteile.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Die Masten von Überlandleitungen sind meist aus Metall. Die Spannung des fließenden Stroms kann bis 400 000 V betragen. Isolatoren aus Glas oder Keramik verhindern den direkten Kontakt der Leitungen mit den Masten.

### KURZSCHLUSS

#### Hinweise

Das Verbindungskabel und die Batterie werden warm, da ein hoher Strom fließt und kein Verbraucher dazwischengeschaltet ist. Auch bei kleinen Spannungen können wegen Kurzschluss Brände entstehen. Kommen die beiden Pole einer Batterie z. B. mit Stahlwolle in Berührung, leitet diese den Strom, die dünnen Drähte beginnen zu glühen. Batterien sind deshalb immer so zu lagern, dass die freien Kontakte nicht andere Batterien oder leitende Materialien berühren.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Jede Stromstärke bedingt einen entsprechenden Leiterquerschnitt. Ist dieser im Verhältnis zur Stromstärke zu klein, erhitzt sich der Draht und kann einen Brand auslösen. Im Schwachstrombereich sind alle handelsüblichen Drähte dick genug, um an Batterien angeschlossen zu werden.

### LEUCHTDIODE

#### Hinweise

Im Handel sind Leuchtdioden (LED, Light-emitting Diode) mit den entsprechenden Vorwiderständen erhältlich. Die Durchlassspannung lässt sich grob an der Farbe ablesen: rot 1,9 V, gelb 2,2 V, blau 3,2 V, weiss 3,3 V, grün 2,8 V. Die Betriebsspannung der Stromquelle minus die Durchlassspannung der LED ergibt die Spannung am Vorwiderstand. Mit dem Ohmschen Gesetz lässt sich der Widerstand berechnen, indem die Spannung durch die Stromstärke geteilt wird (vgl. Lernhilfe Elektrizität, Elektrische Bauelemente) → [tud.ch](http://tud.ch). Vorsicht: Leuchtdioden nie ohne Widerstand anschliessen, sie können explodieren.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Eine LED ist ein Silizium-Halbleiter, der mit Fremdatomen dotiert ist (z. B. Aluminium, Gallium usw.). Wird eine Spannung mit der richtigen Polung an den dotierten Halbleiter angeschlossen, so wird er leitend. Bei falscher Polung sperrt er.

Man kann sich das so vorstellen: Die «Strom-Elektronen» stossen die Elektronen der Fremdatome an. Jetzt springen die Elektronen der Fremdatome auf ein höheres Energieniveau. Die dabei freigesetzte Energie wird direkt in Form von Photonen oder anders ausgedrückt: in einer Lichtwelle, abgegeben.<sup>1</sup>

1 LEDstore o. J.

**SERIENSCHALTUNG****Hinweise**

Die Ausgangsspannung der Batterie oder des Akkus wird bei einer Serienschaltung auf die LED-Lämpchen aufgeteilt, die Widerstände summieren sich. Deshalb leuchten die LED weniger hell als bei einer Parallelschaltung. Beim Ausdrehen des einen LED-Lämpchens wird der Stromkreis unterbrochen und das zweite Lämpchen erlischt. Je nach Batteriespannung der 4,5-V-Batterie funktioniert der Versuch nicht, da der Widerstand eher zu gross ist. Alternativ lassen sich auch Glühlämpchen verwenden.

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

Im Starkstrombereich wird die Eigenschaft der Serienschaltung etwa bei Lichterketten ausgenutzt. Dabei wird häufig ein spannungsabhängiger Widerstand eingebaut, der bei Ausfall eines Glühlämpchens den Strom weiterleitet.

**PARALLELSCHALTUNG****Hinweise**

Bei Parallelschaltung brennen alle LED-Lämpchen gleich hell. Die Batterie wird dadurch schneller verbraucht als bei der Serienschaltung. Da die LED-Lämpchen in unabhängigen Stromkreisen angeschlossen sind, brennen sie auch weiter, wenn eines ausgedreht wird. Beim Einsatz von mehreren Leuchtdioden und einer vorgegebenen Spannungsquelle, beispielsweise von 4,5 V, müssen die LEDs je nach Durchlassspannung seriell bzw. parallel mit entsprechenden Vorwiderständen geschaltet werden. Bei ungleichen elektrischen Bauteilen muss die Parallelschaltung angewendet werden: Wenn man beispielsweise Leuchtdioden zusätzlich zu einem anderen Verbraucher wie einem Elektromotor als Messanzeigen einsetzt, sind sie zwingend parallel zu schalten.

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

Im Wohnungsbau sind alle Schaltungen parallel montiert, damit alle angeschlossenen Stromverbraucher die volle Netzspannung erhalten.

**BATTERIE****Hinweise**

Die erste Generation von Batterien hatte den Nachteil, dass sie gross, schwer und deshalb für den mobilen Einsatz ungeeignet waren. Auch heute noch ist das Gewicht der Batterien bei Elektromobilen ein grosses Thema.

Die Batterie ist ein elektrochemischer Umwandler, der gespeicherte chemische Energie direkt in elektrische Energie überträgt. Batterien unterscheiden sich durch ihre chemische Zusammensetzung.

In einer Batterie liegen die Elektroden, z. B. Kupfer- und Zinkstreifen, in einer Säure. Freie Ladungsträger (Ionen) bewegen sich vom Zink zum Kupfer durch die Flüssigkeit und über den Draht vom Kupfer zum Zink zurück. Allerdings sind heute die meisten Batterien Trockenbatterien: Ein Elektrolyt übernimmt die Funktion der Säure.

**Tipp:** Nur frischen Essig verwenden und nach dem Experiment Elektroden und Gläser unverzüglich reinigen. Oft verwendete Elektroden funktionieren nicht mehr: Die Oxidschicht auf den Elektroden von Zeit zu Zeit mit Stahlwolle abreiben.

Batterien, die ihre gespeicherte chemische Energie vollständig in elektrische Energie umgewandelt haben, sind leer und müssen zur Sammelstelle gebracht werden. Batterien, die man wieder aufladen kann, heissen Akkumulatoren (Akkus). Bei ihnen kann durch Hineinleiten von Strom die chemische Reaktion rückgängig gemacht werden. Informationen zu Batterierecycling finden sich unter [www.innobat.ch](http://www.innobat.ch), Firmenbesuche sind bei der einzigen Batterierecyclingfirma der Schweiz [www.bat-rec.ch](http://www.bat-rec.ch) möglich.

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

Mit Voltas Erfindung von 1800 fand die 200-jährige Vorherrschaft der Reibungselektrizität ein Ende. Man hatte endlich eine stabile Quelle der elektrischen Energie zur Verfügung. Volta nimmt deshalb in der Geschichte der Elektrizität eine einmalige Stellung ein. Die Erfindung der Batterie erfolgte nach 35 Jahren Forschungsarbeit. Die Anwendung der voltaischen elektrochemischen Quelle führte zu einer Kettenreaktion mit weiteren Entdeckungen und Theorien.

**ELEKTROMOTOR****Hinweise**

Das Prinzip eines Elektromotors kann mit diesem Experiment demonstriert werden. Es zeigt die Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie. Die Erklärung für die Rotation sind die beiden Magnetfelder. Eines der Magnetfelder besteht im Magnet selbst, das andere entsteht durch den Elektronenfluss, wenn die beiden Pole der Batterie leitend verbunden werden. Ein geöffneter Elektromotor zeigt die reale Umsetzung: Die Lehrperson kann Analogien herstellen.

**Achtung:** Es handelt sich hier um einen Kurzschluss. Wenn die Schraube nicht ins Rotieren kommt, ist vermutlich die Batterie bereits entladen.

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

20 Jahre nach der Erfindung der Batterie fand man den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus. Hans Christian Oersted schrieb: «Man bringe ein geradliniges Stück des Drahtes in horizontaler Lage über eine frei sich bewegende Magnetnadel.» Dieser Satz ging als die Entdeckung des Elektromagnetismus in die Geschichte der Naturwissenschaft ein.

Die Entdeckung Oersteds ist von einer Legende umhüllt. So soll ein unbeteiligter Zuschauer bei Oersteds physikalischer Demonstration die Bewegung der Magnetnadel zufällig als Erster bemerkt haben. Der Franzose Ampère wiederholte Oersteds Entdeckung.

**FARADAY-TASCHENLAMPE****Hinweise**

Die Taschenlampe ohne Batterie und das Blinklicht am Fahrrad gehören zu Faradays modernen Anwendungen: Die Taschenlampe beruht auf dem faradayschen Gesetz und verwandelt eine einfache Bewegung in Licht. Durch Schütteln bewegt sich ein Magnet in einer Spule und erzeugt Elektrizität. Diese Energie wird in einem Kondensator gespeichert, ähnlich wie bei einer Batterie. Mehr zum Thema «Kondensator» findet sich im Unterrichtsvorhaben Elektromagnetismus. →VIII-08

Fürs Blinklicht am Fahrrad werden an den Speichen zwei Dauermagnete montiert und am Fahrradrahmen eine Spule: Beim Drehen des Rads wird genügend Spannung induziert, um Leuchtdioden kurzzeitig aufleuchten zu lassen. Eine ähnliche Anordnung findet man auf Festplatten von Computern. Hier liegen Dauermagnete eng nebeneinander, verschieden magnetisiert. Wenn die Festplatte rotiert, lässt sich die gespeicherte Information mit einer Lesespule lesen.

Durch Experimente fand Faraday auch heraus, dass sich die Ladung bei elektrischen Leitern nur an der Aussenseite konzentriert. Ein heutiges Auto stellt beispielsweise einen solchen faradayschen Käfig dar. Bei einem Blitzeinschlag sind die Personen im Innern nicht gefährdet. Heute gibt es auch andere praktische Anwendungen des Faradaykäfigs. So schützt bei den Koaxialkabeln für den Fernsehempfang eine Umhüllung aus Kabelgeflecht den Innenleiter vor Störungen. Blitzableiter nutzen den von Faraday entdeckten Effekt der Konzentration von Ladungen an exponierten Stellen.

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

Ein wesentlicher Schritt gelang Michael Faraday 1831: Nachdem er während langer Zeit eine Umkehrung des oerstedschen Elektromagnetismus ge-

sucht hatte, fand er die elektromagnetische Induktion. Er zeigte, wie man mit magnetischen Mitteln zu einer elektrischen Spannung kommt, indem er einen Magnet in eine Drahtspule schob und wieder herauszog. Er nannte dieses Phänomen elektromagnetische Induktion. Damit hatte er einen Stromerzeuger erfunden, der Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelte.

Diese Entdeckungen veränderten die gesamte naturwissenschaftliche Welt und bildeten die Grundlage für den Elektromotor, den Elektromagneten, den Generator und weitere Geräte, die aus unserem Alltag – vom Dynamo zum Autoanlasser, vom Handy zum Computer – nicht mehr wegzudenken sind. Faraday erfand sowohl den ersten Elektromotor wie auch dessen Umkehrung, den Generator.

**DYNAMOTASCHENLAMPE****Hinweise**

Wenn man mit Kindern die nähere Umgebung untersucht, so kann man eine Reihe von Generatoren entdecken, die wir selbst nutzen. Dazu gehören z. B. die beliebten LED-Taschenlampen, deren Akku mit einer Kurbel aufgeladen wird. In der Lampe befindet sich ein kleiner Generator, der den Ladestrom für den Akku erzeugt. Auch die Lichtmaschine im Auto ist ein Generator, genau wie der Dynamo am Fahrrad. Mehr zum Thema «Generator» findet sich im Unterrichtsvorhaben Elektromagnetismus. →VIII-08

**Technikverständnis/Lebensweltbezug**

Elektromotor und Generator sind praktisch identische Maschinen. Nur werden sie entgegengesetzt betrieben. Ein elektrischer Generator wandelt mechanische Energie in elektrische Energie um, während ein Elektromotor elektrische Energie in mechanische umwandelt. Der Dynamo, der in unseren Kraftwerken eingesetzt wird, heisst Generator. Er ist viel grösser als ein Fahrraddynamo, das Funktionsprinzip ist aber dasselbe. Nur werden Elektromagnete statt Permanentmagnete eingesetzt: So lassen sich stärkere Magnetfelder und damit auch mehr Strom produzieren.

**WINDKRAFT****Hinweise**

Die drei wichtigsten Antriebstypen von Generatoren in Kraftwerken sind Wind-, Wasser- und Wärmekraft.

Das Windrad wandelt den Strömungsdruck von bewegter Luft in eine Drehbewegung um. Das heisst, die Energie des Windes wird in elektrische Energie umgewandelt. Eine Windkraftanlage besteht aus

einem Turm und drei Rotorblättern, die an einer Welle befestigt sind, die wiederum mit dem Getriebe verbunden ist. Das Getriebe ist geschützt in einem Gehäuse, der Gondel. Hinter der Gondel ist eine kleine Windfahne mit einem Messgerät montiert. Ein Computer sorgt dafür, dass sich die Gondel in die Windrichtung dreht und die Stellung der Rotorblätter ändert. Ist der Wind zu stark, schaltet der Computer die Anlage aus Sicherheitsgründen aus. Am Ende der Welle ist ein Generator angeschraubt, der mechanische in elektrische Energie umwandelt.

Wasserkraftwerke liegen häufig unterhalb grosser Stauseen. Hinter hohen Mauern wird Wasser gesammelt. Das Wasser des Stausees wird dann in riesigen Rohren durch die Staumauer geleitet. Es durchfließt eine Turbine, die die Kraft des Wassers in elektrischen Strom umwandelt.

Die Dampfturbine wird durch Dampfdruck angetrieben. Dampfturbinen haben einen hohen Wirkungsgrad. Im Dampferzeuger wird Wasser zum Sieden gebracht. Der Dampf wird zur Turbine geleitet und treibt diese an. Die Turbine dreht dann den Generator. Wärmequellen, wie die konventionellen Energieträger Atom und fossile Brennstoffe, sind der zentrale Baustein. Atomenergie gilt als unerschöpflich, ungelöste Probleme bilden der radioaktive Abfall und das Störfallrisiko. Fossile Brennstoffe haben den Nachteil, dass sie irgendwann erschöpft sind. Zudem entsteht bei der Verbrennung Kohlendioxid, das den Treibhauseffekt mitverursacht.

Zu den alternativen Energiequellen, auch erneuerbare oder regenerative Energien genannt, gehören Biomasse, Erdwärme, Solarenergie sowie Wind- und Wasserkraft. Sie gelten als unerschöpflich und produzieren kaum schädliche Abfälle.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Die schweizerische Stromerzeugung beruht heute im Wesentlichen auf Wasserkraft (56 %) und Kernenergie (38 %). Jeweils ca. 3 % entfallen auf neue erneuerbare Energien und konventionelle thermische Kraftwerke (aus: *Zukunft Stromversorgung*, Akademien der Wissenschaften Schweiz 2010).

#### SOLARSPIELZEUGE

##### Hinweise

Solarspielzeuge sind im Trend: Mini-Solartaxi, Solarheuschrecken, Spielzeughelikopter, solarbetriebene Wasserpumpen für den Springbrunnen oder Beleuchtungen für den Garten gibt es für wenig Geld zu kaufen. Einerseits brauchen diese Produkte keine Batterien, andererseits entsprechen sie dem Bedürfnis nach mobiler Stromversorgung. Gleichzeitig sind diese technischen Spielzeuge Abbild heutiger Energiediskussionen und zeigen den Trend zu

erneuerbaren Energien. Die ist ein idealer Anknüpfungspunkt, um das Thema «Solarenergie» anzusprechen und Vor- und Nachteile zu diskutieren.

Solarzellen für die Stromerzeugung bestehen aus Halbleitern, Hauptbestandteil ist häufig das Element Silizium. Fällt Licht auf einen Halbleiter, so wird die elektrische Leitfähigkeit besser. Um mithilfe dieses Effekts Strom zu erzeugen, muss Silizium mit geringen Spuren von anderen Elementen wie Bor, Phosphor oder Indium verunreinigt oder, wie Fachleute sagen, dotiert werden. Packt man nun unterschiedlich dotierte Siliziumschichten übereinander und bestrahlt sie mit Licht, so baut sich zwischen ihnen wie bei einer Batterie eine Spannung auf. Der Wirkungsgrad bei Solarzellen betrug noch vor wenigen Jahren 15 %. Das bedeutete, dass nur 15 % der einfallenden Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wurden. Durch Entwicklungs- und Forschungstätigkeiten steigt der Wirkungsgrad ständig.

#### Technikverständnis/Lebensweltbezug

Solarenergie wird vor allem auch für die Warmwasseraufbereitung. Das Prinzip ist einfach: Trifft Sonnenlicht auf einen dunklen Gegenstand, so erwärmt er sich stark. Dieses Prinzip wird in Sonnenkollektoren ausgenutzt, dabei werden 95 % der Sonnenenergie in Wärme umgewandelt, häufig für den Warmwasserbedarf. Wenn das Sonnenlicht mit Hohlspiegeln eingefangen wird, lassen sich wesentlich höhere Temperaturen erzeugen. Die Flüssigkeit im Brennpunkt der Spiegel kann dann Wasser zu Dampf erhitzen. Dieser wiederum treibt im Wärmekraftwerk eine Turbine bzw. einen Generator an.

Man kann die Sonnenenergie natürlich mithilfe von Fotovoltaik auch direkt in elektrische Energie umwandeln. So decken beispielsweise Satelliten und Raumstationen ihren Energiebedarf. Solarzellen haben viele Vorteile: Silizium ist einer der häufigsten chemischen Grundstoffe der Oberfläche und unbeschränkt vorhanden, Solarzellen haben eine hohe Lebensdauer und erzeugen weder Lärm noch Abgase, sie lassen sich auf Dächer montieren, können abgelegene Alphütten minimal elektrifizieren usw. Gemessen am Gesamtenergieverbrauch ist die elektrische Energiegewinnung durch Fotovoltaik noch nicht bedeutend. Die Produktion von Solarzellen ist noch sehr energieaufwendig. Hauptnachteil bleibt aber die Tatsache, dass Energie nur bei Sonnenschein gewonnen werden kann.

#### INFORMATIONSQUELLEN

[www.lew-forum-schule.de](http://www.lew-forum-schule.de)

[www.kids-and-science.de](http://www.kids-and-science.de)

Brandenberger, C. & Stuber, T. (2006). *Phänomenales Gestalten: Schwachstrom und Magnetismus*. Bern: Schulverlag.