



Energie für Einsteiger

Power für Mail, Maus und Monitor

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

Wissenschaftsjahr 2010

Die Zukunft der
Energie

Achtung, Energie-Vielfraße!

Das Level war Wahnsinn! Jetzt vor den Fernseher, später Autorennen an der Konsole zocken. Auch ihr schaltet Computer, Fernseher und andere Geräte sicher oft an, oder? Es lohnt sich, mehr darauf zu achten. Denn die Geräte benötigen Energie, genauer: Strom. Je mehr sie können, desto mehr Energie verschlingen sie oft.

Mit dem Strom, den ein Computer in etwa fünf Stunden nutzt, könnte man eine Menge anderes tun: zum Beispiel 200 Frühstückseier kochen oder 2500 Männer elektrisch rasieren. Und das ist nur der Strom eines kleinen Computers! Viele Firmen haben Tausende davon und Räume voller riesiger Großrechner. Die benötigen unglaublich viel Strom. Sie verbrauchen ihn nicht – auch wenn wir das oft so sagen. Die Geräte nutzen die elektrische Energie. Dabei entwerten sie sie sozusagen. Wir können sie dann nicht mehr verwenden. Daher müssen Kraftwerke dauernd elektrische Energie bereitstellen. Wissenschaftler tüfteln an stromsparenden Geräten. Das ist nicht einfach. Schließlich sollen die Dinger auch immer mehr können.



Computer

Name?

Er kommt vom englischen Wort „compute“. Das heißt „rechnen“.

Alter?

1941 gab es den ersten Computer, den man programmieren konnte.

Zahl?

Auf der Welt gibt es mehr als eine Milliarde! Experten sagen: In etwa vier Jahren könnten es doppelt so viele sein.

Drei ???



Was im Computer benötigt Strom?

Viel nutzen die Prozessoren, also die rechnenden Bauteile. Grafikkarten benötigen eine Menge – vor allem bei Spiele-PCs. Die Karten wandeln Daten in Bilder auf dem Monitor um. Ältere Monitore nutzen auch viel Energie, Flachbildschirme weniger.

Info

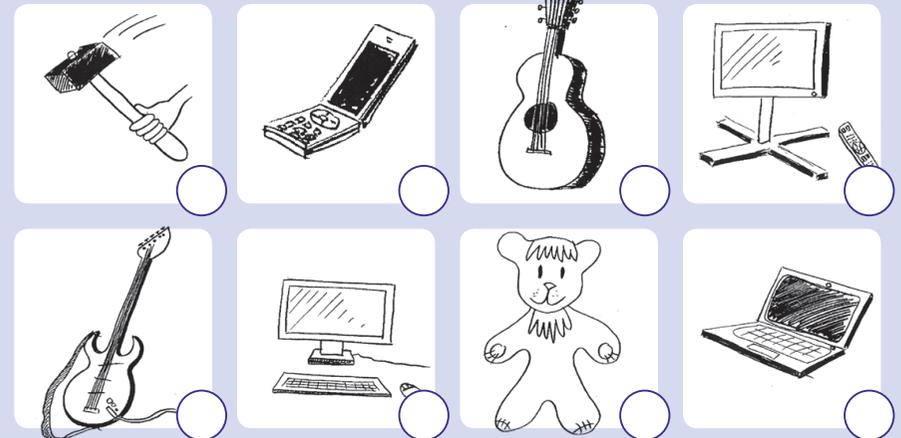


Energie-Detektive

Auch in eurer Schule benötigen viele Geräte elektrischen Strom. Welche? Und wo sind sie? Schaut euch um und macht eine Liste!



Welche Geräte brauchen elektrischen Strom? Kreuze sie an!



Strom oder was?



Serena, 8 Jahre

Strom kommt aus der Steckdose, über Kabel. Damit kann man Geräte steuern. Manche muss man nicht an die Steckdose anschließen, sondern die gehen mit einem Akku oder einer Batterie. Wenn man es anfassen würde, würde man einen Stromschlag kriegen.



Severin, 11 Jahre

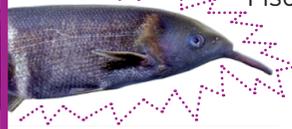
Ein CD-Player braucht Strom, sonst könnte er die CD nicht lesen. Am Stecker sind zwei silberne Stäbchen. Durch das eine fließt der Strom rein, durch das andere wieder raus. Strom ist was Elektrisches, er kommt aus Elektrizitätswerken.



Prof. Knut Neumann, 36 Jahre

Elektrischer Strom entsteht, wenn sich elektrisch geladene Teilchen bewegen – und zwar in eine bestimmte Richtung. Elektrische Energie wird von Elektrizitätswerken bereitgestellt. Strom transportiert diese Energie. Wir nutzen sie, um zum Beispiel den CD-Player zu betreiben. Der Strom fließt aber wieder zum Elektrizitätswerk zurück. Er wird also nicht verbraucht, obwohl wir manchmal von Stromverbrauch sprechen.

Tierisch geladen



Auch Tiere erzeugen Strom! Viele Fische zum Beispiel. **Zitteraale** jagen damit. Schwimmt ein kleiner Fisch in der Nähe, gibt der Zitteraal einen Stromstoß ab und betäubt ihn so. Dann muss er nur noch zuschnappen. **Elefantenrüsselfische** sehen mit Strom. Sie erzeugen ein elektrisches Feld um sich herum. Steine, Pflanzen oder andere Fische verändern das Feld. Dies merkt der Fisch. Mit Stromsignalen unterhält er sich auch mit Artgenossen. Auf dem Foto seht ihr, wie die Tiere aussehen.

Zitronenbatterie

Du brauchst:

- 1 frische Zitrone
- 1 Messer
- 2 Münzen aus unterschiedlichem Metall (z.B. 50 Cent und 5 Cent)
- 1 Kopfhörer

So geht's:

1. Rolle die Zitrone kräftig auf dem Tisch, bis sie weich wird.
2. Ritze sie mit dem Messer zweimal nebeneinander ein.
3. Stecke in jeden Schlitz eine Münze, sodass sie etwa zur Hälfte herausguckt.
4. Setze den Kopfhörer auf. Halte seinen Stecker so, dass er beide Münzen gleichzeitig berührt.
5. Hör gut hin! Es knistert. Das Knistern zeigt, dass Strom fließt!



Erklärung:

Die Münzen sind wie Plus- und Minuspol einer Batterie. Wenn ihr sie verbindet, startet ein chemischer Vorgang: Es lösen sich kleine Teilchen aus dem Metall einer Münze, die Elektronen. Das geht bei manchen Stoffen leichter als bei anderen. Deswegen wandern die Elektronen von der einen Münze zur anderen, wo sie von einem anderen Stoff wieder aufgenommen werden. Diese Bewegung von Elektronen nennen wir elektrischen Strom. Der Kopfhörer wandelt ihn in Töne um. Probiert statt Münzen andere Stoffe aus. Übrigens: Irgendwann müsst ihr die Zitrone wechseln. Essen dürft ihr sie nicht mehr!

Experiment



Auch mal abschalten ...



Spartipps für zu Hause

- **Kleiner ist besser:** Laptops benötigen weniger Energie als große Rechner.
- **Heiß!** – Auch Netzteile selbst nutzen Strom. Zieht sie nach dem Aufladen aus der Steckdose.
- **Richtig abschalten:** Im Ruhezustand benötigen Geräte weiter Strom. Also immer richtig ausschalten.
- **Ohne Bilder:** Bildschirmschoner brauchen viel Strom, schaltet sie am besten ganz ab.
- **Nicht immer im Netz:** Geräte, die Computer ins Internet verbinden, laufen nur mit Strom. Schaltet Router oder Modem aus, wenn ihr sie nicht mehr nutzt.



Wusstest du, dass... ?

... der erste richtig funktionierende Computer vor 69 Jahren gebaut wurde? 1941 war das. Der Berliner Erfinder Konrad Zuse baute die Z3. Sie war der erste Computer, den man programmieren konnte und der Rechenaufgaben fehlerfrei löste. Allerdings war die Z3 etwa so groß wie ein Kleiderschrank und wog so viel wie ein kleines Auto!

Info



Stromausfall

Du brauchst:

- deine Familie oder Freunde
- 1 Taschenlampe

So geht's:

Spielt Stromausfall. Macht für eine halbe Stunde alles aus, das Strom braucht: Licht, Computer, Herd, Fernseher... Wie ist das? Schreibt eine Liste, was euch fehlt und was gut ist. Könntet ihr ohne Strom leben?

Experiment



Wortsalat – Findest Du die Lösungswörter?

H	A	K	A	B	E	L	I	N	G
A	R	P	N	L	T	E	R	O	L
U	D	A	L	I	C	H	T	I	U
M	O	N	I	T	O	R	H	U	L
E	P	R	O	Z	E	S	S	O	R

Ergänze die Sätze.

1. Im kommt Strom zur Lampe.
2. Eine Lampe verwandelt elektrischen Strom in
3. Am Computer braucht auch der, auf dem man liest, viel Strom.
4. Im Computer braucht der rechnende Strom.
5. Bei Gewitter zuckt viel Energie als vom Himmel.

Lehrerseiten

Thema und grundsätzliche Anmerkungen

Das Themenpaket „Power für Mail, Maus und Monitor“ soll Kindern der 3. bis 6. Schulklassen das Thema Energie und Strom nahebringen. Diese Seiten für Lehrkräfte geben didaktische Hinweise für die Arbeit mit dem Material, zu in der Zielgruppe häufigen Präkonzepten zum Thema sowie für mögliche Vertiefungen und weitergehende Arbeit.

Das vorliegende Materialpaket behandelt das Thema Informationstechnologie und Energieverbrauch. Es fokussiert auf Geräte, mit denen Kinder häufig in Kontakt sind: auf Computer, Fernseher, Spielkonsolen usw. und auf deren Stromverbrauch. Davon ausgehend erläutert es das Phänomen „Strom“. Damit haben Kinder in Deutschland zwar täglich zu tun, dennoch denken wohl die wenigsten viel über ihren Stromverbrauch nach. Das Themenpaket gibt dafür Impulse. Es regt zugleich an, dem „Strom“ ein wenig auf die Schliche zu kommen. Es erklärt auf einem ersten, vereinfachten Niveau, was sich hinter dem alltäglichen Phänomen verbirgt. Zugleich soll das Material Kinder dazu animieren, selbst naturwissenschaftliche Phänomene zu untersuchen. Sie können eigenständig herausfinden, mit welchen Stoffen sie eine einfache Batterie bauen können. Dabei lernen sie, einzelne Bedingungen systematisch zu verändern, andere aber konstant zu halten – und mithin nach der naturwissenschaftlichen Methode vorzugehen.

„Strom“ ist im Alltag eine Erscheinungsform von Energie. Wir zahlen für unseren „Stromverbrauch“, obwohl die Physik lehrt, dass man Energie nicht erzeugen oder verbrauchen kann. Unser Stromverbrauch stellt eine Umwandlung von einer Erscheinungsform von Energie in eine andere dar, zum Beispiel in Licht. Diesen

Prozess kann man nicht einfach umkehren, deswegen wird von „Stromverbrauch“ gesprochen.

Lehrplanbezug & Kompetenzen

Kenntnisse über Elektrizität werden durch die Lehrpläne verbindlich vorgegeben. Am Ende des Schuljahrgangs 4 sollten Schülerinnen und Schüler die Kompetenz erlangen, ausgewählte Naturphänomene zu beschreiben und zu erklären. Dazu gehört die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Stromquellen, Leitfähigkeit aber auch mit dem Aspekt „Strom und Energie“ sowie dessen Bedeutung und Sicherheit. Die selbstständige Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen schließt dies ein.

Das Material gibt Anregungen für die Arbeit zu diesem Themenkomplex. Es liefert Anwendungsbeispiele aus dem für Schülerinnen und Schüler relevanten IT-Bereich. Mit den Versuchen „Zitronenbatterie“ und „Stromausfall“ werden Vorschläge für eine adäquate Auseinandersetzung mit der Thematik Elektrizität im Unterricht unterbreitet. Am Ende der Klasse 6 sollten die Schülerinnen und Schüler einfache elektrische Stromkreise beschreiben können und Kenntnisse über Stromkreise auf den Alltag anwenden.



Die erste Seite

Die erste Seite gibt einen kindernahen Einstieg in das Thema und erzeugt so Aufmerksamkeit. Zum für die Zielgruppe interessanten Thema Computer werden zahlreiche Informationen gegeben. Zugleich gibt es zwei erste Anregungen zu Eigenaktivität:

Das **Ankreuzquiz „Welche Geräte brauchen elektrischen Strom?“** kann eine erste Diskussion darüber anstoßen, wo überall Strom gebraucht wird.

Es leitet zudem über zum Teil **„Energie-Detektive“**, bei dem die Kinder in ihrer Umgebung – der Schule – erkunden sollen, wo Strom benötigt wird. Diese Aktivität motiviert und stößt zugleich ein Nachdenken über die Selbstwirksamkeit in Bezug auf Stromnutzung an.

Die zweite Seite

Die zweite Seite greift gezielt das Phänomen Strom auf und gibt erste, der Zielgruppe entsprechende, physikalische Erläuterungen dazu.

Im Teil „**Strom oder was?**“ wird auf Präkonzepte von Kindern eingegangen. Diese können auch in der Klasse thematisiert werden. Präkonzepte lassen sich natürlich nicht verallgemeinern, häufige Aussagen aber sind etwa: Elektrischer Strom wird als etwas Substantielles aufgefasst. Hier gibt es oft Analogien zu Wasser. Strom kann „leergehen“, „mehr oder weniger werden“. Elektrischer Strom wird als gefährlich, unsichtbar und schnell wahrgenommen. Spannungsquellen werden häufig als Stromspeicherquellen verstanden. In einer Batterie ist nach Ansicht einiger Schülerinnen und Schüler Strom enthalten. Strom kann demnach aus Sicht der Kinder verbraucht werden. Ein Energiekonzept liegt hier oftmals nicht vor.

Naturwissenschaftlich wird der elektrische Strom über die Bewegung von Elektronen erklärt. Elektronen sind Bestandteile von Atomen, die aber von einem Atom auf ein anderes übertragen werden können. Für Kabel und Drähte, sogenannte metallische Leiter, besagen einfache Modelle, dass die äußeren Elektronen der Atome nicht nur von einem einzelnen Atomkern angezogen werden, sondern sich relativ frei um die Rümpfe aller benachbarten Atome bewegen können. Schließt man nun ein Kabel an eine Stromquelle an, so erfolgt diese Bewegung gerichtet vom Minus- zum Pluspol der Spannungsquelle.

2

Energie für Einsteiger – Power für Mail, Maus und Monitor Seite 2

Strom oder was?

Serena, 8 Jahre
Strom kommt aus der Steckdose, über Kabel. Damit kann man Geräte steuern. Manche muss man nicht an die Steckdose anschließen, sondern die gehen mit einem Akku oder einer Batterie. Wenn man sie aufladen würde, würde man einen Stromschlag kriegen.

Severin, 11 Jahre
Ein CD-Player braucht Strom, sonst könnte er die CD nicht lesen. Am Stecker sind zwei silberne Stöbchen. Durch das eine fließt der Strom rein, durch das andere wieder raus. Strom ist was Elektrisches, er kommt aus Elektrizitätswerken.

Prof. Knut Neumann, 36 Jahre
Elektrischer Strom entsteht, wenn sich elektrisch geladene Teilchen bewegen - und zwar in eine bestimmte Richtung. Elektrische Energie wird von Elektrizitätswerken bereitgestellt. Strom transportiert diese Energie. Wir nutzen sie, um zum Beispiel den CD-Player zu betreiben. Der Strom fließt aber wieder zum Elektrizitätswerk zurück. Er wird also nicht verbraucht, obwohl wir manchmal von Stromverbrauch sprechen.

Tierisch geladen
Auch Tiere erzeugen Strom! Viele Fische zum Beispiel. Zitteraale jagen damit. Schwimmt ein kleiner Fisch in der Nähe, gibt der Zitteraal einen Stromstoß ab und betäubt ihn so. Dann muss er nur noch zuschnappen. **Blaueisenfische** sehen mit Strom. Sie erzeugen ein elektrisches Feld um sich herum. Sleah, Pflanzen oder andere Fische verändern das Feld. Dies merkt der Fisch. Mit Stromsignalen unterhält er sich auch mit Artgenossen. Auf dem Foto sieht ihr, wie die Tiere aussehen.

Zitronenbatterie

Du brauchst:

- 1 frische Zitrone
- 1 Messer
- 2 Münzen aus unterschiedlichem Metall (z.B. 50 Cent und 5 Cent)
- 1 Kopfhörer

So geht's:

1. Rolle die Zitrone kräftig auf dem Tisch, bis sie weich wird.
2. Ritze sie mit dem Messer zweimal nebeneinander ein.
3. Stecke in jeden Schlitz eine Münze, sodass sie etwa zur Hälfte herausguckt.
4. Setze den Kopfhörer auf. Halte seinen Stecker so, dass er beide Münzen gleichzeitig berührt.
5. Hör gut hin! Es knistert. Das Knistern zeigt, dass Strom fließt!

Experiment

Erklärung:
Die Münzen sind wie Plus- und Minuspol einer Batterie. Wenn ihr sie verbindet, startet ein chemischer Vorgang. Es lösen sich kleine Teilchen aus dem Metall einer Münze, die Elektronen. Das geht bei manchen Stoffen leichter als bei anderen. Deswegen wandern die Elektronen von der einen Münze zur anderen, wo sie von einem anderen Stoff wieder aufgenommen werden. Diese Bewegung von Elektronen nennen wir elektrischen Strom. Der Kopfhörer wandelt ihn in Töne um. Probierst du statt Münzen andere Stoffe aus. Übrigens: Irgendwann müsst ihr die Zitrone wecheln. Essen dürft ihr sie nicht mehr!

Stromfluss kann man auch mit einer selbstgebauten **Zitronenbatterie** erzeugen: Natürlich kann es in der Grundschule nicht Ziel sein, die Reaktionsprozesse in einer Batterie genau zu erklären. Doch Kinder können bei diesem Versuch lernen, einzelne Bedingungen zu verändern (etwa, indem sie ein Metall austauschen und Nägel, Büroklammern oder anderes verwenden), andere aber konstant zu halten (z. B. das andere Metall und die Lösung). So können sie mit einer Untersuchungsreihe herausfinden, welche Kombinationen funktionieren – und welche nicht. Sie lernen dabei eine typische naturwissenschaftliche Arbeitsweise und wenden sie zugleich an.

In einer Batterie laufen chemische Reaktionen ab, bei denen von einem Reaktionspartner Elektronen auf einen anderen übertragen werden. Dazu dürfen die beiden Reaktionspartner nicht direkt in Kontakt kommen. Sie sind über einen metallischen Leiter und eine Elektrolytlösung (z. B. eine Kochsalzlösung) verbunden, sodass sich die Elektronen über einen Leiter bewegen. Voraussetzung ist die Kombination zweier Reaktionspartner, von denen einer Elektronen leichter abgibt als der andere – etwa ein

Weitere Ideen und Erklärungen finden Sie in folgendem Artikel:

Tietjens, K./ Martensen, M./ Parchmann, I. (2007): Storytelling – eine Methode zur Kontextualisierung am Beispiel „Strom durch Chemie“. In: MNU 60/7, 410-415

unedles und ein edleres Metall. Es entstehen neue Stoffe, die Ausgangsstoffe liegen nach gewisser Zeit nicht mehr in ausreichender Menge vor. Deshalb ist die Batterie irgendwann „leer“, obwohl noch alle Atome in ihr enthalten sind! Diese liegen nun allerdings in veränderter Form (z.B. als geladene Teilchen, sogenannte Ionen) und in anderen Verbindungen vor. Dieses Phänomen findet sich analog in der Zitronenbatterie: Nach einer gewissen Zeit funktioniert sie nicht mehr, die Kinder hören über den Kopfhörer kein Knistern mehr. Zudem dürfen sie die Zitrone u. a. wegen der Metallionen nicht essen.

Andere Batterien lassen sich im Unterricht auch bauen. Geeignete Reaktionspartner finden sich etwa im Müll: Dosen, Teelichthülsen oder andere Metallreste. Damit können Kinder eine „Metall-Luft-Batterie“ konstruieren, in der die Atome des unedlen Metalls Elektronen abgeben und der Sauerstoff aus der Luft diese (z. B. an der Oberfläche eines anderen Metalls) wieder aufnimmt. Solche Batterien werden zum Beispiel in Hörgeräten eingesetzt. Zum Aufbau siehe Literaturtipp.

Die dritte Seite

3

Auf dieser Seite bekommen die Kinder praktische Tipps zum stromsparenden Einsatz von IT-Geräten zu Hause. Sie sichern ihr Wissen und werden dazu angeregt, mit Freunden oder der Familie über die Bedeutung elektrischen Stroms im eigenen Alltag zu reflektieren.

Mit dem **Wortquiz** sichern die Lernenden ihr Wissen. Die Lösungswörter sind (sowohl im Wortsalat als auch in den Lückensätzen): KABEL, LICHT, MONITOR, PROZESSOR, BLITZ. Die Kinder können sich in Gruppen weitere Fragen ausdenken und diese in einem Wettbewerb einer anderen Gruppe stellen.

Die **Spartipps für zu Hause** zeigen auf, wie jeder Einzelne dazu beitragen kann, mit Elektrizität sparsam umzugehen. Im Unterricht könnten die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert werden, zu argumentieren, warum derartige Sparmaßnahmen sinnvoll sind. Um hieran weiter zu arbeiten, könnten die Kinder in Gruppen z.B. Expertenbefragungen durchführen.

Der **Infokasten** zum ersten Computer zeigt den Schülerinnen und Schülern, dass Kenntnisse über das Phänomen der Elektrizität uns im Alltag helfen können. Ohne Elektrizität würde es keine Computer geben, deren Bedeutung im beruflichen und privaten Alltag heute immer mehr zunimmt. Dies bewirkt zugleich auch einen erhöhten Bedarf an elektrischer Energie. Es ist auch deshalb notwendig, mit dieser kostbaren Ressource sinnvoll und schonend umzugehen. Dies kann – auch anschließend an das Experiment „Stromausfall“ – im Klassenverband besprochen und diskutiert werden.

Auch mal abschalten...

Wusstest du, dass...?
... der erste richtig funktionierende Computer vor 49 Jahren gebaut wurde? 1941 war das. Der Berliner Erfinder Konrad Zuse baute die Z3. Sie war der erste Computer, den man programmieren konnte und der Rechenaufgaben fehlerfrei löste. Allerdings war die Z3 etwa so groß wie ein Kleinstwagen und weg so viel wie ein kleines Auto!

Info

Spartipps für zu Hause

- **Kleiner ist besser:** Laptops benötigen weniger Energie als große Rechner.
- **Wahl:** Auch Netzteile selbst nutzen Strom. Zieh sie nach dem Aufladen aus der Steckdose.
- **Richtig abschalten:** Im Ruhezustand benötigen Geräte weiter Strom. Also immer richtig ausschalten.
- **Ohne Bilden:** Bildschirmersparer brauchen viel Strom, schalt sie am besten ganz ab.
- **Nicht immer im Netz:** Geräte, die Computer ins Internet verbinden, laufen nur mit Strom. Schalte Router oder Modem aus, wenn ihr sie nicht mehr nutzt.

Stromausfall

Du brauchst:

- deine Familie oder Freunde
- 1 Tischlampe

Sage:
Spielt Stromausfall. Macht für eine halbe Stunde alles aus, das Strom braucht: Licht, Computer, Herd, Fernseher... Wie ist das? Schreib eine Liste, was euch fehlt und was gut ist. Könnt ihr ohne Strom leben?

Experiment

Wortsalat – Findest Du die Lösungswörter?

H	A	K	A	B	E	L	I	N	G
A	R	P	N	L	T	E	R	O	L
U	D	A	L	I	C	H	T	I	U
M	O	N	I	T	O	R	H	U	L
E	P	R	O	Z	E	S	S	O	R

Ergänze die Sätze.

1. Im _____ kommt Strom zur Lampe.
2. Eine Lampe verwandelt elektrischen Strom in _____.
3. Am Computer braucht auch der _____, auf dem man liest, viel Strom.
4. Im Computer braucht der rechnende _____ Strom.
5. Die _____ kann viel Energie aus dem Himmel.

Weiterführende Literatur

Ein Themenheft von „Weltwissen Sachunterricht“ (Heft 3/2007) behandelt die Thematik „Von Licht, Wärme und Bewegung: Energie“. Im Internet: www.weltwissen-sachunterricht.de/aktuell_inhalt-aktuelles-heft.php?bestellnr=23700703

Grygier, P. / Günther, J. / Kircher, E. (Hrsg.) (2007): Über Naturwissenschaften lernen. Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Behrendt, H.: Elektrizität in der Grundschule. In: Lück, G. und Köster, H. (Hrsg.): Physik und Chemie im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.

Das **Experiment „Stromausfall“** regt dazu an, mit Freunden oder Familie über die Bedeutung elektrischen Stroms im Alltag zu reflektieren. Im Unterricht können die Schülerinnen und Schüler darüber diskutieren: Wie wichtig ist Elektrizität für unser heutiges Leben? Wie war dies wohl zu Zeiten Konrad Zuses oder der Urgroßeltern? Und wie könnte die Bedeutung sich in den kommenden Jahrzehnten entwickeln?

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Projektgruppe Wissenschaftsjahr 2010
Bundesministerium für Bildung und Forschung
53170 Bonn

www.zukunft-der-energie.de

Redaktion

Deutsche Presse-Agentur GmbH
dpa +schule
Mittelweg 38
20148 Hamburg

Wissenschaftliche Begleitung

Prof. Dr. Ilka Parchmann, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel
Prof. Dr. Michael Komorek, Universität Oldenburg
Dr. Uwe Rotter, Naturwissenschaften entdecken! / Schulen ans Netz
Dennis Nawrath, Universität Bremen

Fotos

dpa
Corinna Probst
Universität Bonn
privat

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung