

Der Generator und Energien der Zukunft

Dr. Beate Bathe-Peters, Berlin

Illustrationen von Julia Lenzmann und Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing



© Ascent/Xmedia/Stone/Getty Images Plus

Wie gewinnt man aus alternativen Energien Strom? In diesem Beitrag führen Ihre Schüler Experimente durch und verstehen so, wie mit Generatoren bei Fotovoltaik, Wind- und Wasserkraft Strom gewonnen wird. Sie bewerten die erneuerbaren Energien im gesellschaftlichen Kontext. Eine Lernerfolgskontrolle rundet den Beitrag ab.

Der Generator und Energien der Zukunft

Mittelstufe (Niveau)

Dr. Beate Bathe-Peters, Berlin

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier, Barbing

Hinweise zu Energien der Zukunft	1
M 1 Energiequellen einander zuordnen	6
M 2 Konventionelle versus erneuerbare Energien	7
M 3 Wasserkraft	9
M 4 Windkraft	10
M 5 Fotovoltaik	11
M 6 Das Prinzip eines Generators	12
M 7 Die elektromagnetische Induktion	13
M 8 Das Prinzip einer Dampfturbine	14
M 9 Die Biogasanlage	15
M 10 Rätsel	17
M 11 Die Geothermie	18
M 12 Bist du fit? – Teste dein Wissen!	19

Hinweise zu Energien der Zukunft

Früher war der Müller auf den Wind angewiesen, um sein Korn zu malen. Segelschiffe fuhren nur, wenn der Wind blies. Pumpsysteme wurden mit Wasserkraft betrieben. Die Wäsche bleichte in der Sonne und zum Kochen und Heizen reichten die Kohle- und Ölvorkommen aus, die man hatte.

Mit der Industrialisierung ist der Bedarf an Energie stark gestiegen. Wir benötigen jede Sekunde Unmengen an Energie, für Arbeitsprozesse zu Hause und in Fabriken, aber auch zum Wohnen. Außerdem soll die Energie jederzeit verfügbar sein. Daher verbrennen wir fossile Brennstoffe (Erdöl, Erdgas, Kohle) und nutzen Kernspaltungsprozesse, um Strom zu erzeugen.

Fossile Brennstoffe sind nicht unbegrenzt verfügbar. Außerdem führt die Verbrennung fossiler Rohstoffe zu einem gewaltigen Anstieg von Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre. Dieser Anstieg ist eine Ursache für die allmähliche globale Erwärmung und den daraus resultierenden **Klimawandel**, dessen bedrohliche Auswirkungen sich immer deutlicher abzeichnen. Für radioaktiven Müll haben wir bislang kein Endlager.

Pol- und Gletscherschmelze, Treibhauseffekt, die **Verknappung der Ressourcen** und die ungelöste Frage, was man mit radioaktivem Müll macht, lassen die Menschen nach Alternativen suchen: Energien, die immer und unbegrenzt verfügbar sind und deren Nutzung uns nicht – langfristig gesehen – schadet.

Wie sieht ein zukunftsfähiges Energiekonzept aus?

Die Frage, welche Alternativen es zu konventionellen Energien gibt, lässt sich recht einfach beantworten: **Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft**, die **Geothermie** und die Nutzung von **Biomasse** zählt man zu den erneuerbaren Energien.

Die Fotovoltaik nützt das größte Kraftwerk unseres Planetensystems, die Sonne. Gerade in sonnenreichen Gegenden im Süden Deutschlands (wie dem Kaiserstuhl) bietet es sich an, auf dem Dach Sonnenkollektoren zu installieren und so zumindest einen Teil des Warmwasserverbrauchs zu decken.

Geothermie ist, bei kostengünstiger Installation, ebenfalls ein wichtiger Energielieferant für Einfamilienhäuser, Schulen und Fabriken. Windparks (auch offshore) erzeugen heute einen nicht unerheblichen Anteil am gesamten Energieverbrauch Deutschlands. Mit der Verbrennung von Biomasse decken inzwischen gesamte Dörfer mehr als die Hälfte ihres Jahresstromverbrauchs und Wärmebedarfs. Die vorbildlichsten Bioenergiedörfer in Deutschland sind die Gemeinden Asche, Mengersberg und Fuchstal-Leeder, die den bundesweiten Wettbewerb *Bioenergiedörfer 2019* gewonnen haben.

Die Windenergie sowie die Wasser- und Wärmeenergie dienen als Antrieb für Generatoren und werden so zur Erzeugung von Strom genutzt. Die Wärme verwendet man aber auch direkt zum Heizen.

Auch aus der Geothermie kann man Wärme gewinnen. Wenn ein Grundwasserreservoir auf dem Grundstück vorhanden ist, ist dies über zwei Brunnen realisierbar und äußerst effizient. Die Sonnenenergie wird zum Heizen und zur Stromerzeugung über Hybrid- und Fotovoltaikanlagen genutzt. Unter anderem aufgrund der Subventionen vonseiten des Staates hat diese alternative Energiequelle einen hohen Bekanntheitsgrad erlangt und wird von vielen Privathaushalten genutzt. Biomasse kann man verbrennen. Die dabei entstehenden Biogase nutzt man, um Wärme und Strom zu erzeugen.

Mithilfe erneuerbarer Energien kann man daher nachhaltig wirtschaften. Eine nachhaltige Wirtschaft sichert die Bedürfnisse der Gegenwart, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können (Abschlussbericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung/Brundtland-Kommission).

Reichen alternative Energien aus, um unseren Bedarf zu decken?

Befürworter der Kernenergie führen an, dass alternative Energien niemals ausreichen können, um unseren Bedarf zu decken. Klar ist: Erneuerbare Energien müssen möglichst effizient genutzt werden, um ihren Einsatz marktwirtschaftlich rentabel zu machen. Darüber hinaus ist es aber unerlässlich, Energie zu sparen, beispielsweise durch geeignete Dämmung des Hauses.

Bevor Sie mit Ihrer Klasse das Pro und Kontra erneuerbarer Energien diskutieren, vermitteln Sie mit diesem Beitrag die physikalischen Techniken, um aus Sonnenenergie, Wasser, Wind und Biomasse Strom zu erzeugen.

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Grenzen Sie zunächst gemeinsam mit den Lernenden die alternativen Energien von den konventionellen Energien ab (**M 1**). Stellen Sie dann die physikalischen Prinzipien vor, mit denen aus alternativen Energien Strom gewonnen wird. Klären Sie zunächst die Funktionsweise des Generators (**M 6/M 7**). Hierzu sollten die Schüler schon das Prinzip der elektromagnetischen Induktion kennen. Ein Wasser- und ein Windrad bauen die Schüler in **M 3–M 4**. Wasser und Wind sind Lieferanten für elektrische Energie. Zur Nutzung der Wärme, die durch alternative Energiequellen erzeugt wird, lernen die Schüler die Dampfturbine kennen (**M 8**). Die Erzeugung der Bioenergie leistet einen nicht unerheblichen Beitrag der alternativen Energien zur Deckung des Strombedarfs (**M 9**). Aber auch die Erdwärme (**M 11**) und die direkte Sonneneinstrahlung (**M 5**) werden gewinnbringend genutzt.

Bei dem Thema *Alternative Energien* handelt es sich um ein äußerst komplexes und umfangreiches Gebiet. Jeder Energieform kann man einen eigenen Artikel widmen. Geben Sie Ihren Schülern in dieser Unterrichtseinheit einen Überblick über alle alternativen Energieformen.

Eine Vertiefung: Ideen für Projektarbeit und Exkursionen

Eine Vertiefung der Themen *Wind-, Wasser- und Sonnenenergie* sowie *Biogas* ist bei genügend Zeit sehr interessant. Die Grundlagen für eine solche Vertiefung sind dann bereits in der Klasse gelegt.

Ihre Schüler erforschen in Eigenrecherche eine Energiequelle im Internet, in Zeitungen oder Zeitschriften mit anschließender Präsentation als **Referat, Plakat, Rollenspiel** oder Ähnliches. Das Thema bietet sich als Projektarbeit an, die als Vorbereitung auf die Projektprüfungen dienen kann. Hierzu sind nachfolgende Ideen hilfreich.

- Oft werden Energiequellen auch kombiniert. Zum Beispiel ist eine Solaranlage oft nicht ausreichend, um die Beheizung eines Hauses zu gewährleisten. Zusätzlich nutzt man dann einen Kamin oder greift auf die Ölheizung zurück. Es gibt aber auch Hybridanlagen, die mehrere Energiequellen zur Stromerzeugung kombinieren.
- Energiebilanzen zu den einzelnen Energieformen liefern weitere Informationen. Werten Sie diese mit der Klasse aus und bereiten Sie die Statistiken entsprechend didaktisch auf.

- Stellen Sie z. B. die Frage, wie viele Stunden Ihre Schüler mit einem gewissen Energiebetrag Computer spielen könnten. Berücksichtigen Sie bei der Betrachtung der Energiebilanzen auch die Energiebeträge, die für die Herstellung der einzelnen Bauteile nötig sind.
- Untersuchen Sie aktuelle Energieprojekte, wie die Offshorewindparks in der Nord- und Ostsee oder die Planung des Energieprojektes *Sahara-Sonne*.
- Auch Argumente von Kritikern der Stromerzeugung mithilfe alternativer Energien finden in einer Klassendiskussion Beachtung (z. B. Vogelschutz bei Windkraftanlagen, Auswirkungen eines Staudammes auf den Fluss wie die Änderung der Fließgeschwindigkeit des Wassers).
- Bei den Überlegungen zu alternativen Energien darf die Einsparung von Energie in Form von Dämmung im Haushalt nicht fehlen. Intelligente Belüftungssysteme in Energiesparhäusern, aber auch Stoßlüften als energiesparende Ergänzungsmaßnahme stellen einen direkten Bezug zur Lebenswelt Ihrer Schüler dar.
- Wenn es die Zeit erlaubt, gehen Sie mit Ihrer Klasse auf eine Exkursion. Bieten Sie Ihren Schülern einen Einblick in die Realität. Erkunden Sie Betriebe. Besuchen Sie z. B. ein Kernkraft- oder Kohlekraftwerk, um sich über konventionelle Energiegewinnung zu informieren.
- Über Vereine oder Firmen können Sie Zutritt zu einem Windpark, Solarfeld, Wasserkraftwerk oder einer Produktionsanlage bekommen. Wenden Sie sich an die zuständigen Personen aus Vertrieb oder Marketing. Außerdem gibt es auf Baumessen Informationen und Besichtigungen.

Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
F 1, F 2, E 2, K 1	... sammeln, welche Möglichkeiten es gibt, Energie zu gewinnen,	I
F 3, E 1, E 2, K 4	... verstehen das Prinzip des Generators,	II
F 4, E 8, K 5	... basteln ein Wasser- und ein Windrad,	II
F 4, E 7, K 1, K 7	... bauen eine einfache Biogasanlage und einen Fingergrill,	II
F 3, F 4, K 7,	... lösen ein Rätsel zu den erneuerbaren Energien,	III
F 4, K 1, B 1, B 2	... diskutieren Pro und Kontra erneuerbarer Energien.	I, III

Mediathek

- ▶ **Thomas Bürke, Roland Wengenmayr (Hrsg.): Erneuerbare Energie: Alternative Energiekonzepte für die Zukunft. 1. Auflage. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2007.**
Ein Fachbuch mit vielen farbigen Illustrationen, die beeindrucken. Es verschafft einen Überblick über alternative Energien, zeigt ihre Vor- und Nachteile auf und bietet interessante Informationen über die Geschichte und die Zukunftsaussichten der einzelnen Energiequellen.
- ▶ **Ulrich E. Stempel: Grundlagen der Solarenergie: Schaltungen und Experimente rund um die Photovoltaik. Maßnahmen zur Leistungserhöhung. Band 1. Franzis Verlag, Poing 2007.**
Dieses Buch beinhaltet Experimente mit dem Steckbrett. Geeignet, um sich Anregungen für Schüler- oder Lehrerversuche zu holen.
- ▶ **Robert Gasch, Jochen Twele: Windkraftanlagen: Grundlagen, Entwurf, Planung und Betrieb. 6. Auflage. Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2009.**
Dieses Fachbuch bietet eine Vertiefung in die alternative Energiequelle Windkraft. Empfehlenswert für Projekte oder Ausarbeitungen, um sich dieser zukunftsfähigen Energiequelle detaillierter zu widmen.
- ▶ <http://www.alternative-energie-24.de/>
Diese Website ist ein Informationsportal zu alternativen Energieformen wie Solarstrom, Wärme, Windenergie, Geothermie, Biomasse und Wasserkraft. Des Weiteren bietet sie Tipps zum Energiesparen und aktuelle Neuigkeiten.
- ▶ <https://productlabel.vinylplus.eu/wp-content/uploads/2018/07/Renewable-energy-germany-and-EU.pdf>
Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Hier finden Sie Zahlen zur statistischen Verteilung der Energieträger. Zum Beispiel soll aktuell der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung mindestens 35 Prozent betragen.
- ▶ https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/erneuerbare-energien-in-zahlen-2017.pdf?__blob=publicationFile&v=27
Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2017, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- ▶ <http://www.labbe.de/zzebra/index.asp?themaId=232&titelId=3502>
Das Entzünden von Papier mit einer Lupe/einem Brennglas ist ein einfacher, aber wirkungsstarker Versuch. Einzige Voraussetzung ist ein sonnenintensiver Tag.
- ▶ <http://www.leuschner.business.t-online.de/basiswissen/SB123-01.htm>

M 2 Konventionelle versus erneuerbare Energien

Dein Körper benötigt Energie, um die Funktion der Organe aufrechtzuerhalten und die Körpertemperatur konstant (auf etwa 37 °C) zu halten. Diesen Energiebedarf bezeichnet man als **Grundumsatz**. Je nach Aktivität benötigst du aber mehr Energie. Sprintest du im Sportunterricht eine 100-m-Strecke, benötigen deine Muskeln kurzzeitig durchschnittlich das 100-Fache an Energie.

Zur Erinnerung



Energie ist nicht dasselbe wie Leistung

Im Haushalt sprechen wir oft von *Energie*, an den Geräten ist aber die Leistung angegeben. Die Leistung beschreibt die Arbeit pro Zeiteinheit $P = W/t$. Sie wird in Watt [W] gemessen, die Energie hingegen in Joule [J]. Eine veraltete Einheit für die Energie ist die Kalorie [cal].

Zum Umrechnen¹ gilt Folgendes:

$$1 \text{ kcal} = 4187 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$$

Aufgaben

1. Ein Junge im Alter zwischen 15 und 18 Jahren benötigt als Gesamtumsatz (Gesamtumsatz = Grundumsatz + Leistungsumsatz) im Durchschnitt 3100 kcal/Tag, ein Mädchen 2500 kcal/Tag. Die Einheit *kcal* benutzen wir aber nur noch für Nährwertangaben. Berechne, welcher Leistung der Gesamtumsatz entspricht.

Im täglichen Leben benötigen wir aber mehr Energie, denn wir bedienen uns zahlreicher Geräte, die Energie verbrauchen (Verbrauch eines Single-Haushalts (Einzelperson) pro Jahr circa 1500 kWh Strom²).

2. Rechne den Gesamtumsatz eines Jungen um in die Einheit kWh/Tag, berechne den Energiebedarf eines Jungen in einem Jahr und vergleiche mit dem Verbrauch eines Single-Haushalts.

¹ <http://www.novafeel.de/ernaehrung/joule-kalorien-umrechnen.php>

² <http://www.stromvergleich.de/durchschnittlicher-stromverbrauch>

3.

a) Beschrifte die Bilder auf der Farbfolie (**M 1**) mit den nachstehenden Begriffen:**Tipp:**

Braunkohle und Erdgas kommen nicht vor. Aber diese Energiequellen gibt es natürlich auch.

Solarenergie	Kernkraft	
Wasserkraft	Erdöl	Steinkohle
Windkraft	Biomasse	Erdwärme

b) Entscheide, ob es sich um eine konventionelle (nicht erneuerbare) oder alternative (erneuerbare) Energie handelt. Die konventionellen Energien kreist du rot ein, die alternativen grün. Begründe deine Entscheidung, um welche Energiequelle es sich handelt.

M 3 Wasserkraft

Mithilfe der Wasserkraft erzeugt man Strom. Wie genau nutzt man diese Wasserkraft?

Aufgabe

Baue einen Antrieb zur Nutzung der Wasserkraft. Schreibe deine Vermutungen in dein Heft, wie dieser Antrieb beschaffen sein muss, um den Generator anzutreiben.

Schülerversuch: Modell Wasserrad

🕒 Vorbereitung: 10 min Durchführung: 5 min

Materialien

- Schere
- scharfes Messer
- Korken
- Joghurtbecher
- 2 Zahnstocher
- 2 Wäscheklammern
- Wasserhahn

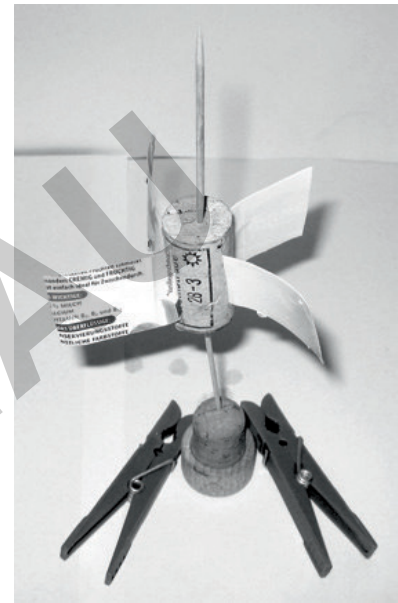


Foto: Dr. Beate Bathe-Peters

Versuchsvorbereitung

Schneide aus der Seitenwand des Joghurtbechers vier „Flügel“ heraus. Danach schneide den Korken an vier Seiten längs mit dem Messer ein und stecke die Flügel in diese Schnitte. Nun stecke an jeder Seite einen Zahnstocher in den Korken. Die Wäscheklammern bilden die Halterung.

Versuchsdurchführung

Öffne den Wasserhahn leicht. Halte das Wasserrad so, dass es sich dreht.

Versuchsergebnis

Erkläre in deinem Heft, wie du das Wasserrad halten musst, damit es sich dreht.

Theoretische Weiterüberlegung

Erläutere, wie das Wasserrad (Wasserturbine) an den Generator angebunden werden kann.

M 4 Windkraft

Aufgabe

- Baue einen geeigneten Antrieb für den Generator zur Nutzung der Windkraft. Erkläre in deinem Heft, welche Aufgabe er erfüllen muss und wie du ihn dir vorstellst.
- Begründe den Unterschied zu dem Aufbau eines konventionellen Windrades.

Schüler-/Partnerversuch: Modell Windrad

🕒 Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

Materialien

- Schere
- Papier (quadratisch)
- Klebstoff
- Schaschlikstab
- 2 Schießgummis
- 2 Wäscheklammern

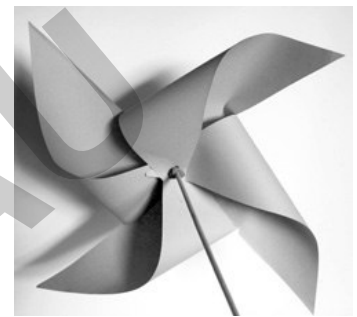
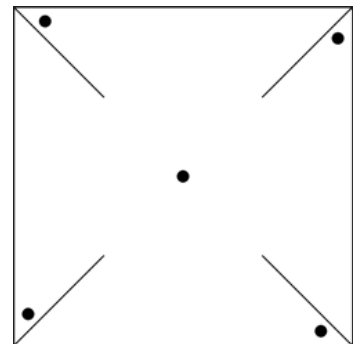


Foto: Dr. Beate Bathe-Peters

Versuchsvorbereitung



Schneide ein quadratisches Papier gemäß der nebenstehenden Zeichnung ein, loche es und stecke es zum Windrad zusammen, indem du z. B. den Schaschlikstab nacheinander durch alle vier äußeren Löcher und zum Schluss durch das Loch in der Mitte steckst. Mit einem Gummi vor und hinter dem Rad fixierst du es. Montiere das Windrad auf dem Stab. Die Wäscheklammern dienen als Halterung.



Grafik: Dr. W. Zettlmeier

Versuchsdurchführung

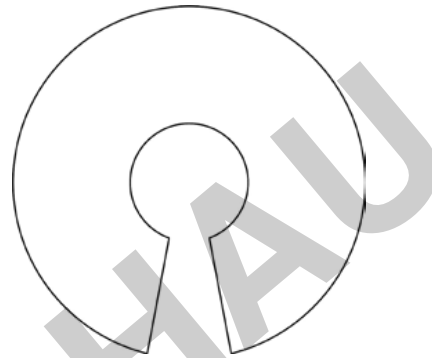
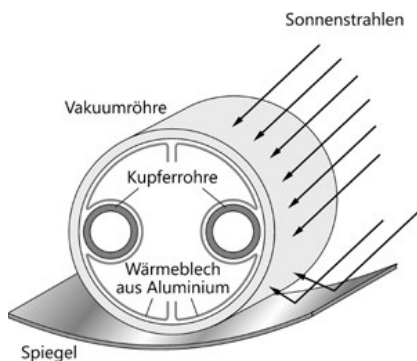
Blase das Windrad auf verschiedene Weise an und demonstriere seine Funktion. Nutze für deinen Aufschrieb dein Heft.

Versuchsergebnis

Erläutere, von welchen Faktoren es abhängt, wie lange und wie schnell sich das Rad dreht.

M 5 Fotovoltaik

Solaranlagen: technische Anlage zur Gewinnung von Energie aus der Sonnenenergie		
Thermische Solaranlage: Wärmeenergie (niedrige Temperatur), hauptsächlich für den Haushalt (Sonnenkollektoren, Solarkocher)	Hybridanlage: Wärme und Strom	Fotovoltaikanlage: elektrischer Strom
	Thermisches Solarkraftwerk: (Wärme im industriellen Maßstab)	



Prinzip einer Vakuumpumpe und Vorlage Fingergrill; Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

Schülerversuch: Fingergrill

🕒 Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

Materialien

- | | | |
|--|------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> festes Papier | <input type="checkbox"/> Schere | <input type="checkbox"/> Sonne und Lampe |
| <input type="checkbox"/> Alufolie | <input type="checkbox"/> Klebstoff | |

Versuchsvorbereitung: Übertrage die Vorlage *Fingergrill* auf das feste Papier und die Alufolie. Schneide beide Teile aus und klebe sie zusammen. Nun biege aus dem Ring einen Trichter, der um deinen Finger passt.

Versuchsdurchführung: Ziehe den Fingergrill über deine Fingerspitze. Halte den Finger in die Sonne oder unter die Lampe. Daneben hältst du einen anderen Finger ohne Fingergrill. Breche den Versuch rechtzeitig ab, wenn du deine Beobachtung gemacht hast.

Versuchsbeobachtung und Versuchsergebnis: Schreibe deine Versuchsbeobachtung und dein Ergebnis in dein Heft.

M 6 Das Prinzip eines Generators

Mit Energie kann man Arbeit verrichten. Einfachstes Beispiel: Du fährst bei Dunkelheit Fahrrad und erzeugst durch kräftiges Strampeln mit deinem Dynamo Strom für die Fahrradbeleuchtung.

Wie funktioniert dein Kraftwerk?

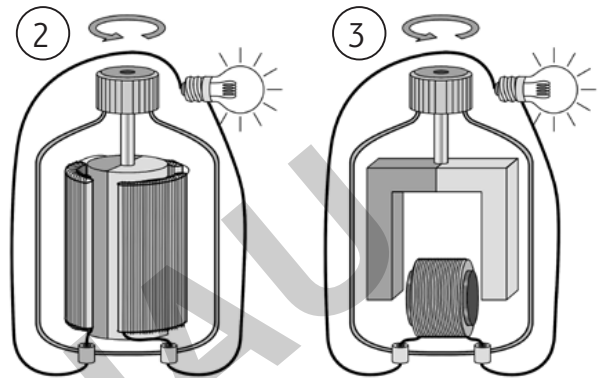


Abb. 1: Wie viel Energie liefert wohl ein Dynamo am Fahrrad? © Patrick Daxenbichler/iStock/Getty Images Plus; Abb. 2: Prinzipieller Aufbau; Abb. 3: Alternativer Aufbau mit Eisenkern; Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

Beim Dynamo am Fahrrad wird Bewegungsenergie in elektrischen Strom umgewandelt. Die Drehbewegung des Antriebsrades am Reifen bewirkt eine Drehung des Magneten, der sich im Zentrum einer Spule befindet. So ändert sich ständig das magnetische Feld in dem elektrischen Leiter und es wird eine Wechselspannung induziert. Der Dynamo stellt also einen kleinen Generator dar.

In einem Kraftwerk befindet sich ein viel größerer Generator, der nach dem gleichen Prinzip wie dein Fahrraddynamo arbeitet.

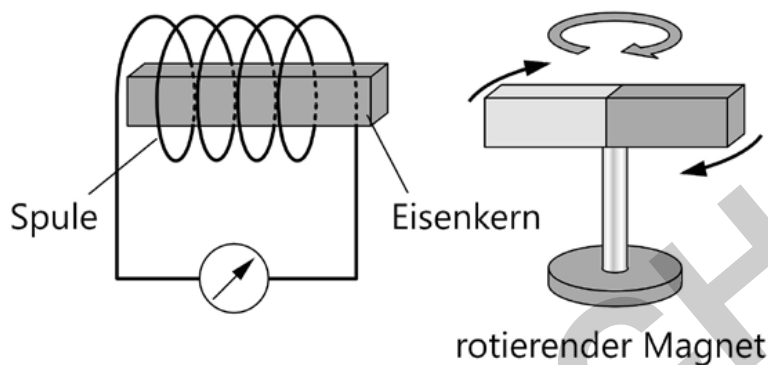
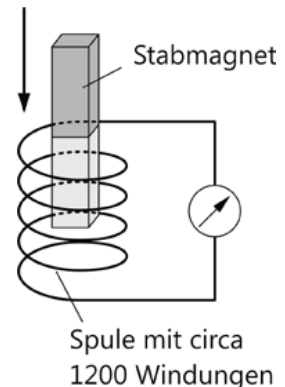
Aufgabe

Beschreibe den Aufbau und die Funktionsweise des Dynamos mit Eisenkern, den du auf dem Bild ganz rechts siehst.

M 7 Die elektromagnetische Induktion

Die Änderung des Magnetfeldes in einer Spule kann durch Einführen eines Magneten in das Innere einer Spule erzeugt werden. In letzterem Fall kann der Effekt z. B. durch einen Eisenkern noch verstärkt werden.

Prinzipiell besteht nicht nur ein Fahrraddynamo aus den Elementen *Magnet* und *Spule*, sondern man findet diese Bauteile auch in den großen Generatoren in einem Kraftwerk wieder.



Grafiken: Dr. W. Zettlmeier

Im Generator eines Kraftwerks dreht sich der Magnet an den Spulen vorbei. Im Allgemeinen wird im Kraftwerk statt eines Dauermagneten ein Elektromagnet verwendet, der es erlaubt, viel stärkere Magnetfelder zu erzeugen. Je nach Typ und Verwendungszweck des Generators sind die Anordnung, die Anzahl der verwendeten Spulen und der Aufbau unterschiedlich. Das Prinzip, dass durch Rotation Strom erzeugt wird, findet man aber immer wieder. Wie wird nun diese Rotation erzeugt? Wodurch wird der Generator angetrieben?

Aufgabe

Notiere alle Ideen, wie man einen Generator antreiben kann, ohne die eigene Muskelkraft (wie beim Fahrraddynamo) zu gebrauchen.