BADEN-WÜRTTEMBERG STIFTUNG
Wir stiften Zukunft

MINT-EnergieBox

Handreichung für Lehrkräfte

Unterrichtsmaterial für Klasse 7 bis 10
(Sekundarstufe)

Solare Zukunft

Impressum:

Solare Zukunft e.V.
Haierweg 27
79114 Freiburg
Tel. 0761-1373680
www.solarezukunft.org

Autor/innen:
Irina Wellige, Rolf Behringer, Christian Sauer

Gefördert durch die Baden-Württemberg Stiftung

Inhalt

1 Einführung ... 4

1.1 Hintergrund ... 4

1.2 Hinweise zum Unterrichtsmaterial ... 4

1.3 Didaktische Hinweise ... 5

1.4 Lernziele ... 6

2 Materialliste ... 7

3 Experimentieranleitungen ... 10

3.1 Photovoltaik ... 11

3.2 Solarthermie ... 38

3.3 Windenergie ... 66

3.4 Wasserenergie ... 78

3.5 Geothermie ... 89

3.6 Bioenergie ... 99

3.7 Energiesparen ... 115

4 Glossar ... 137

5 Literaturliste ... 142

5.1 Sachbücher ... 142

5.2 Schulbücher ... 142

5.3 Unterrichtsmaterialien ... 142

5.4 Informationsbroschüren (zum Bestellen oder Download im Internet) ... 145

5.5 Online-Spiele und Quizz ... 146

5.6 Übersicht der Video-Clips aus den Experimentieranleitungen ... 146

5.7 Filme ... 147

5.8 Interessante Links für den Unterricht ... 149

5.9 CO_2-Rechner ... 150

5.10 Informationsangebote zu Ausbildung und Studium im Bereich EE ... 151

1 Einführung

1.1 Hintergrund

Die Bedeutung des Themas Energie im gesellschaftlichen Diskurs wächst stetig. Wir haben einen enormen Energiebedarf und der Energiehunger steigt weiterhin, angesichts sich rasch entwickelnder Industrienationen wie Indien, China und Brasilien und der wachsenden Weltbevölkerung. Die fossilen Energieträger, die momentan noch den Großteil unseres Energiebedarfs abdecken, gehen zuneige. Treibhauseffekt und Klimawandel bedrohen Mensch und Umwelt. Die Atomenergie stellt angesichts ihrer technischen Gefahren und der ungelösten Entsorgungsproblematik keine sichere Alternative dar.

Eine Umstellung in Richtung einer nachhaltigen Energieversorgung ist absolut notwendig! Diese Umstellung wird als **Energiewende** bezeichnet. Seit dem Atomunglück in Fukushima im März 2011 hat die deutsche Bundesregierung erneut den Atomausstieg und somit die Energiewende für Deutschland beschlossen. Die Energiewende beinhaltet zum einen den konsequenten Ausbau der erneuerbaren Energien. Aber auch die Verbreitung energiesparender Technologien und Verhaltensweisen sowie die Steigerung der Energieeffizienz sind wesentlicher Bestandteil, denn die „gar-nicht-erst-verbrauchte“ Kilowattstunde ist immer noch am umweltfreundlichsten. Die Lebenswelt der Kinder und Jugendlichen wird durch diese Situation nicht nur privat sondern auch beruflich geprägt und beeinflusst. Das eigene Energieverhalten muss sich wandeln, neue Berufsperspektiven entstehen, die Arbeitswelt und die Lebenswelt verändern sich.

Um die Energiewende und damit zusammenhängende Herausforderungen für die Zukunft zu meistern, muss schon früh das Bewusstsein und die Wahrnehmung geschärft werden. Die Vermittlung von technischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen ist wesentlicher Bestandteil. Wissen und Bewerten dient als Grundlage für nachhaltiges Gestalten der Umwelt.

1.2 Hinweise zum Unterrichtsmaterial

Die MINT-EnergieBox soll Lehrkräfte der Klassen 7 bis 10 darin unterstützen, die Thematik anschaulich in den fächerübergreifenden Unterricht, insbesondere der Fächer Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik, einzubinden. In der MINT-EnergieBox sind die benötigten Spezialmaterialien, didaktische Hinweise und fachliche Erklärungen enthalten. Bei einigen Versuchen sind zusätzlich Verbrauchsmaterialien notwendig, was auf dem jeweiligen Arbeitsblatt mit einem * - Symbol entsprechend gekennzeichnet ist.

Die **MINT-EnergieBox** enthält Material, um insgesamt 43 Experimente zu folgenden Themen durchzuführen:

- Sonnenenergie - Photovoltaik (7 Experimente)
- Sonnenenergie – Solarthermie (6 Experimente)
- Windenergie (1 + 17 aus leXsolar)
- Wasserenergie (2 Experimente)
- Geothermie (3 Experimente)

- Bioenergie (3 Experimente)
- Energiesparen (4 Experimente)

Zu den Versuchen liegen Experimentieranleitungen vor, die in zwei verschiedenen Schwierigkeitsstufen (Level I und Level II) ausgearbeitet sind.

Durch das Experimentieren können sich Schüler/innen die Themen im Handeln erschließen. Experimente fordern nicht nur zum aktiven Mitmachen auf, sondern können spannend sein und veranschaulichen theoretisch gelernte Sachverhalte. Wer selbst Hand anlegt und gemeinsam mit anderen zum Gelingen eines Experiments beiträgt, behält dies lange in Erinnerung.

Ergänzend zu der MINT-EnergieBox gibt es ein **eLearning Modul**, das auf der Plattform www.izt.de/moodle zugänglich ist.
In dem **eLearning Bereich für Schüler/innen** steht den Schüler/innen ein **online-Kurs** zur Verfügung. Der online-Kurs bietet ausführliche Informationen zu den einzelnen Themenbereichen inklusive Aufgaben, sowie Videoclips und ein Glossar. Der online-Kurs eignet sich zur Vor- oder Nachbereitung einer praktischen Experimentiereinheit im Unterricht.
In dem **eLearning Bereich für Lehrkräfte** stehen Arbeitsblätter und Lehrerhandreichung als Download zur Verfügung.

1.3 Didaktische Hinweise

Die Schüler/innen sollen angeregt und befähigt werden die Energiewende aktiv mitzugestalten. Dies wird durch konkrete Handlungen und eine Änderung der gewohnten Verhaltensweisen umgesetzt, die nur auf der Basis von fundiertem Wissen möglich ist. Dieses Wissen erarbeiten sich die Schüler/innen in den Experimenten selbst. Das Durchführen der Experimente wird je nach Auswahl der Experimente, Einbindung in den Rahmenlehrplan und Schulart und Schulstufe variieren. Eine Möglichkeit ist die Durchführung in Form des **Stationenlernens** oder als **Lerntheke**. Es wird empfohlen die Experimente in **Gruppenarbeit** durchzuführen. Die Arbeit in Kleingruppen regt zu Diskussionen und produktivem Gestalten an und kann zu selbstständigen Präsentationen führen.

Um eine nachhaltige Auseinandersetzung mit der Thematik zu gewährleisten, ist eine entsprechende **Vor- bzw. Nachbereitung** der Experimente sinnvoll. Es gibt eine Vielzahl von Unterrichtsmaterialien, Filmen, Computerspielen zu der Thematik, die ergänzend zu dem praktischen Experimentieren mit der MINT-EnergieBox hinzugezogen werden können (siehe Literaturliste). Auch das zu der MINT-EnergieBox gehörige eLearning Modul eignet sich dazu.

1.4 Lernziele

- Die Schüler/innen können die erneuerbaren Energien erkennen und unterscheiden.
- Die Schüler/innen erlernen die technischen und naturwissenschaftlichen Grundlagen der erneuerbaren Energien, können Potenziale berechnen oder abschätzen und auch mögliche Risiken und Gefahren diskutieren.
- Die Schüler/innen lernen die praktischen Einsatzbereiche der erneuerbaren Energien kennen und sind somit in der Lage diese nachhaltigen Energieformen aktuell zu verstehen und möglicherweise in Zukunft zu nutzen.
- Die Schüler/innen können sich als Multiplikator/innen engagieren, indem sie ihre Kenntnisse externen Gruppen zugänglich machen (Eltern, Geschwister, Mitschüler/innen, Lehrkräfte).
- Die Schüler/innen erkennen den Zusammenhang von Lebensstil und Energieverbrauch und die daraus entstehenden Konsequenzen für die Umwelt. Sie werden angeregt aktiv in ihrem Lebensumfeld mit Energiesparmaßnahmen tätig zu werden.

Abkürzungen:

CO_2	Kohlendioxid	LED	Light Emitting Diode
CPV	Concentrating Photovoltaics	PKW	Personenkraftwagen
EE	Erneuerbare Energien	PV	Photovoltaik
kWh	Kilowattstunde		

***** Ein Teil der für die Versuche benötigten Materialien ist in der MINT-EnergieBox enthalten. Für einige Versuche werden zusätzlich noch Verbrauchsmaterialien oder andere Materialien benötigt. Auf den jeweiligen Arbeitsblättern sind die Materialien, die nicht in der Box enthalten sind mit einem ***** gekennzeichnet.

Photovoltaik kann nach der neuen Rechtschreibung auch Fotovoltaik geschrieben werden. In unseren Unterlagen verwenden wir die alte Schreibweise, da sich von ihr auch die heute noch gängige Abkürzung PV ableitet (Photovoltaikanlage heißt kurz PV-Anlage).

Haftungsausschluss: Der Verein Solare Zukunft weist darauf hin, dass die Experimente auf eigene Verantwortung durchgeführt werden.

2 Materialliste

Photovoltaik	
MINT-EnergieBox	
3	Solarmodule
2	Steckverbindungen
4	Kabel (2 rot, 2 schwarz)
1	Grundplatte mit Goldcap-Kondensator
1	Grundplatte mit Tongenerator (Summer)
1	Grundplatte mit roten LED
1	Grundplatte mit Elektromotor mit Propeller
1	Multimeter
1	Hintergrundinformation "Reihen- und Parallelschaltung" laminiert
1	Hintergrundinformation "Messungen mit dem Mulitmeter" laminiert
1	Hintergrundinformation "Kondensatoren als kleine Stromspeicher" laminiert
1	Hintergrundinformation "Photovoltaikanlagen" laminiert
Verbrauchsmaterial	
künstliche Lichtquelle (falls keine Sonne scheint)	

Solarthermie	
MINT-EnergieBox	
1	Fresenellupe
1	Schutzbrille
1	Kollektormodell
2	Absoprtionsflächen (weisses und schwarzes Blech)
1	Musterholzstück
1	Solarauto
1	Thermometer mit Meßfühler
1	Holzwäscheklammer
1	Hintergrundinformation "Parabolspiegel mit Solarkocher" laminiert
1	Hintergrundinformation "Solarthermische Anlagen" laminiert
1	Anleitungstext "Solarkollektor" laminiert
Verbrauchsmaterial	
ein oder mehrere Holzstücke (siehe Muster in der Box)	
Filzstift	
500 Watt-Strahler	
Gießkanne mit Wasser	
Stoppuhr	

Windenergie	
MINT-EnergieBox	
1	Experimentierbox (leXsolar wind)
1	Gerät zur Spannungsversorgung
1	Windmesser
1	Abbildung Windatlas laminiert
1	CD-ROM (Schülerheft und Lehrerheft von leXsolar wind)
1	Schülerheft "leXsolar wind" ausgedruckt
1	Lehrerheft zu "leXsolar wind" ausgedruckt
Verbrauchsmaterial	
kein Verbrauchsmaterial	

Wasserenergie	
MINT-EnergieBox	
1	Wasserturbine
2	Kabel (1 rot, 1 schwarz)
1	Grundplatte mit Tongenerator (Summer)
1	Grundplatte mit roten LED
1	Solardusche mit Schlauch, Düse und Schlauchklemme
1	Anleitungstext "Wasserturbine" laminiert
1	Hintergrundinformation "Wasserenergie" laminiert
1	Hintergrundinformation "Wasserenergie: Arten von Wasserkraftwerken" laminiert
Verbrauchsmaterial	
Gießkanne mit Wasser	

Geothermie	
MINT-EnergieBox	
1	Geothermie Film
3	Poster laminiert
1	Zeitungs-Artikel laminiert
1	Broschüre Erneuerbare Energien
1	Lehrerhandreichung
Verbrauchsmaterial	
kein Verbrauchsmaterial	

Bioenergie

MINT-EnergieBox

1 Stirlingmotor in Holzkiste
1 Zauberlicht (2 Schwimmer und Docht)
1 Teelichtglas
1 Hintergrundinformation "Bioenergie" laminiert
1 Hintergrundinformation "Stirlingmotor" laminiert

Verbrauchsmaterial

Pflanzenöl
Feuergzeug
Feuerfeste Unterlage
Küchenrolle
Handtuch

Energiesparen

MINT-EnergieBox

1 Energiekostenmessgerät
1 Luxmeter
1 Karten Verbraucher (Wasserkocher, Ladegerät, Föhn, Radio)
1 Steckerleiste mit Schalter
1 LED (3 Watt)
1 Energiesparlampe (15 Watt)
1 Glühbirne (60 Watt)
1 Stehlampe
1 Hintergrundinformation "Energiekostenmonitor"
1 Hintergrundinformation "Energiesparen"
1 Arbeitsblatt "Raumtemperaturen"

Verbrauchsmaterial

Verbraucher, die auf Karten abgebildet sind (Wasserkocher, Ladegerät, Föhn, Radio)
Messbecher
Stoppuhr

3 Experimentieranleitungen

3.1 Photovoltaik

Experiment 1: Solarstrom: Reihen- und Parallelschaltung (Level 1)
Solarstrom: Reihen- und Parallelschaltung (Level 2)

Experiment 2: Solarstrom: "Töne" aus Solarstrom (Level 1)
Solarstrom: "Töne" aus Solarstrom (Level 2)

Experiment 3: Solarstrom: Licht aus Solarstrom (Level 1)
Solarstrom: Licht aus Solarstrom (Level 2)

Experiment 4: Solarstrom: Speicherung von Solarstrom (Level 1)
Solarstrom: Speicherung von Solarstrom (Level 2)

Experiment 5: Solarstrom: Gespeicherte Energie Nutzen - Motor (Level 1)
Solarstrom: Gespeicherte Energie Nutzen - Motor (Level 2)

Experiment 6: Solarstrom: Gespeicherte Energie Nutzen - Motor und Summer (Level 1)
Solarstrom: Gespeicherte Energie Nutzen - Motor und LED (Level 2)

Experiment 7: Solarstrom: Berechnung Photovoltaikanlage (Level 1)
Solarstrom: Berechnung Photovoltaikanlage (Level 2)

Solar-Experimentier-Set

Hinweise

Mit dem Solarstrom-Experimentier-Set lassen sich sieben verschiedene Experimente durchführen.

Das Solarstrom-Experimentier-Set enthält:

- 3 Solarmodule
- 2 Steckverbindungen
- 2 rote Kabel, 2 schwarze Kabel
- 1 Grundplatte mit einem Goldcap-Kondensator
- 1 Grundplatte mit einem Tongenerator (Summer)
- 1 Grundplatte mit einer LED (rot leuchtend)
- 1 Grundplatte mit einem Elektromotor mit Propeller
- 1 Multimeter

Hier noch ein paar **wichtige Hinweise** zum sachgerechten Umgang mit dem Solarstrom-Experimentier-Set:

- Bitte geht sorgsam mit den Materialien um.
- Falls die Sonne nicht scheint, könnt ihr ersatzweise eine künstliche Lichtquelle verwenden. Bitte achtet bei der Auswahl eurer Lichtquelle auf ausreichende Stärke der Einstrahlung (z.B. Halogenstrahler ab 50 Watt Leistung)
- Falls eine künstliche Lichtquelle verwendet wird, wahrt bitte einen Mindestabstand zu der Lichtquelle (je nach Stärke der Lichtquelle, mindestens 30 cm), da die Solarmodule sehr heiß werden können (Achtung, Verbrennungsgefahr) oder sogar schmelzen können.
- Achtet darauf, dass alle Solarmodule gleich stark mit Licht beschienen werden, denn das am schwächsten beschienene Modul schwächt das gesamte System.
- Achtet bei den Messungen mit dem Multimeter darauf, die Solarmodule nicht abzudecken, es sei denn, es ist Teil des Versuchs.
- Achtet bei den Experimentieranleitungen vor allen Dingen auf das richtige Anschließen der Kabel.

Elektrizitätslehre:
Reihenschaltung und Parallelschaltung

Hintergrundinformation

Bei Reihenschaltung auf die Farben achten!
Die drei Zellen in Reihe schalten, d.h. schwarz an rot und schwarz an rot.
Die Enden der Reihenschaltung zur LED müssen dann schwarz zu schwarz und rot zu rot verbunden werden. (Siehe Foto auf der nächsten Seite)

Beispiele für Reihenschaltungen sind:
- Lichterketten vom Tannenbaum (die mit den Schraubkerzen)
- Solarzellen eines Solarmoduls
- Batterien im CD-Player

Theorie:
Bei **Reihenschaltung** addiert sich die Spannung (U). Die Einheit für Spannung ist Volt (V).
Ein einzelnes Solarmodul in diesem PV-Set hat 1 V.
Zwei Zellen in Reihe ergeben 2 V.
Drei in Reihe 3 V usw.

Bei der Reihenschaltung erhöht sich die Spannung und somit die Drehzahl des Motors! Die Stromstärke bleibt erhalten (entspricht der Kraft bzw. dem Drehmoment).

Bei der **Parallelschaltung** bleibt die Spannung (U) erhalten und die Stromstärke (I) addiert sich. Die Einheit für Stromstärke ist Ampere (A).

Bei der Parallelschaltung erhöht sich die Stromstärke und somit die Kraft (Drehmoment) des Motors! Die Spannung bleibt erhalten (entspricht der Drehzahl).

In unserem Beispiel (unter Annahme von Standardtestbedingungen, also einer Einstrahlungsstärke von 1000 W/m² und einer Temperatur von 25°C):
Eine Zelle hat 1 Volt und 200 mA (Milliampere).
Werden drei Zellen parallel geschaltet so erhält man 0,6 A bei 1 Volt.

Daraus lässt sich die **Leistung (P)** errechnen. Die Leistung wird in Watt (W) angegeben.

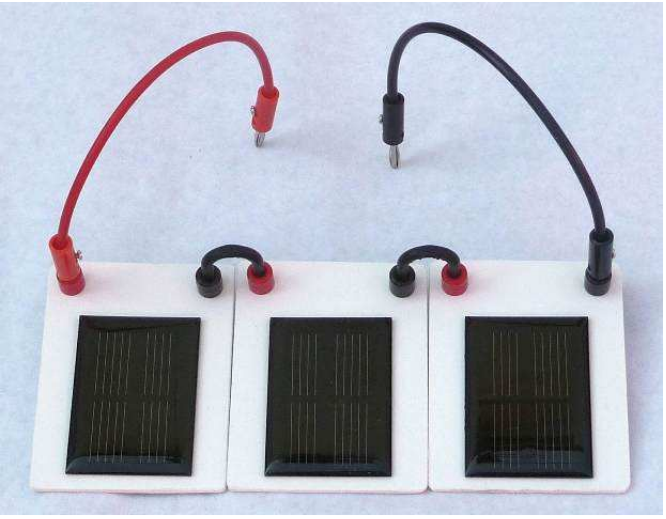
Formel: P = U x I sprich: Leistung (P) = Spannung (U) mal Stromstärke (I)

Für ein einzelnes unserer Solarmodule sieht die Rechnung folgendermaßen aus:
0,2 A (Ampere) x 1 V (Volt) = 0,2 W (Watt)

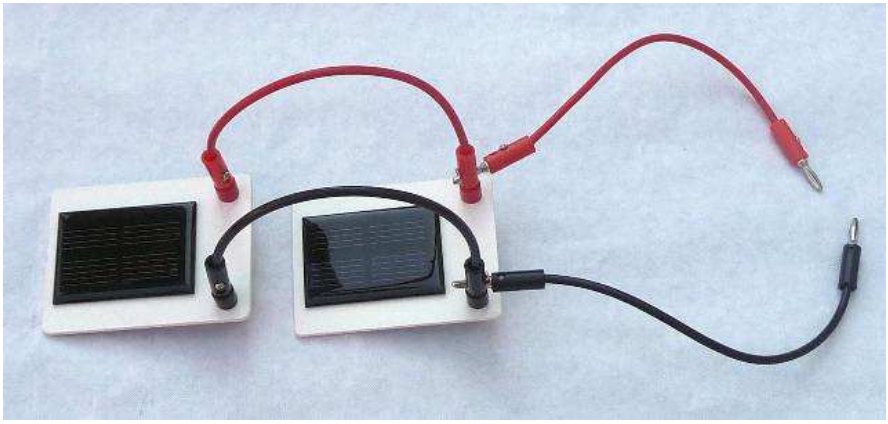
Reihen- und Parallelschaltung

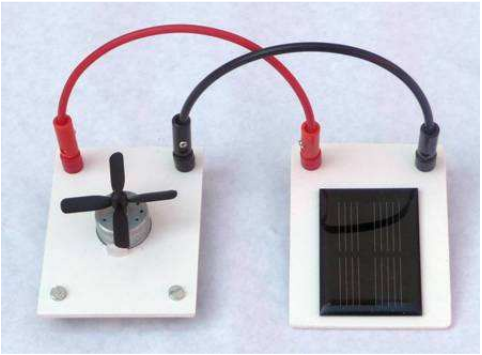
Hintergrundinformation

Reihenschaltung



Parallelschaltung





Solarstrom

Reihen- und Parallelschaltung

Experiment 1 | Level 1

Material:
3 Solarmodule, 1 Motor, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:

Schließt ein Solarmodul an den Motor an.

a) Beobachtet was passiert!

Versuch 2:

Schließt erst zwei und dann drei Solarmodule an den Motor an (siehe Foto auf Hintergrundinformation).

a) Was passiert bei Reihenschaltung?
b) Was passiert bei Parallelschaltung?

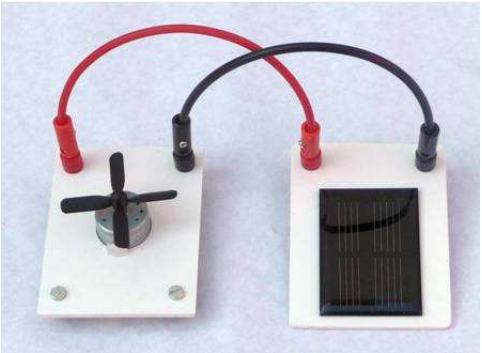
Beobachtung, Erklärung:

_____

_____

_____

_____



Solarstrom

Reihen- und Parallelschaltung

Experiment 1 **Level 2**

Material:
3 Solarmodule (jeweils Spannung 1 V, Stromstärke 0,2 A), 1 Motor, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:
Schließt ein Solarmodul an den Motor an.

a) Beobachtet was passiert!

Versuch 2:
Schließt erst zwei und dann drei Solarmodule an den Motor an (siehe Foto auf Hintergrundinformation)

a) Was passiert bei Reihenschaltung?
b) Was passiert bei Parallelschaltung?
c) Welche Spannung (U) und Stromstärke (I) werden bei Reihenschaltung erreicht?
d) Welche Spannung (U) und Stromstärke (I) werden bei Parallelschaltung erreicht?
e) Welche Leistungen ergeben sich aus unseren Schaltungen?

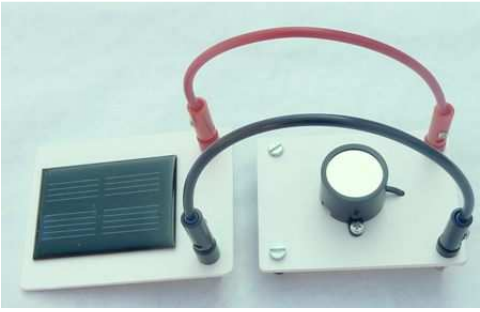
Beobachtung, Erklärung, Ergebnis:

_____

_____

_____

_____



Solarstrom

„Töne“ aus Solarstrom

Experiment 2 | Level 1

Material:
3 Solarmodule, 1 Summer, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:
Schließt zwei Solarmodule in Reihe an den Summer.

a) Verändert den Winkel zur Lichtquelle.
b) Deckt eine Solarzelle ab.
c) Was passiert jeweils?

Versuch 2:
Führt den Versuch mit drei Solarmodulen durch.

a) Was passiert?

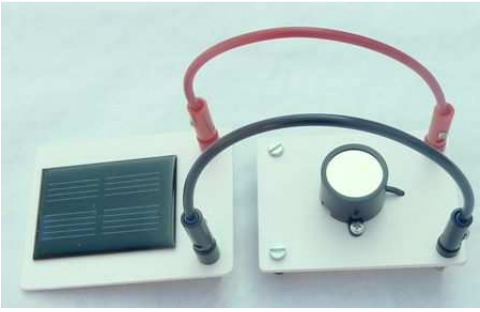
Beobachtung, Erklärung:

_____

_____

_____

_____



Solarstrom

„Töne“ aus Solarstrom

Experiment 2 **Level 2**

Material:
3 Solarmodule, 1 Summer, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:
Schließt zwei Solarmodule in Reihe an den Summer

a) Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
b) Deckt eine Solarzelle ab. Was passiert?

Versuch 2:
Führt den Versuch mit drei Solarmodulen durch

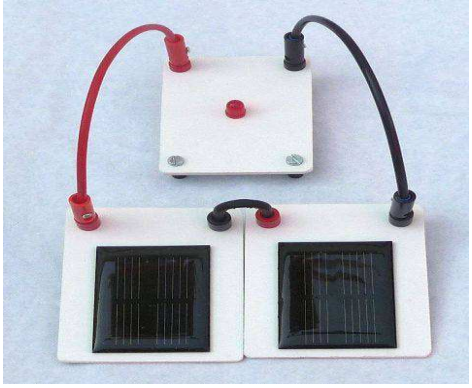
a) Was passiert?
b) Führt den Versuch mit zwei dann mit einem Solarmodul durch.
c) Welche Spannung benötigt der Summer mindestens um zu summen?

Beobachtung, Erklärung:

_____

_____

_____



Solarstrom

Licht aus Solarstrom

Experiment 3 **Level 1**

Material:
3 Solarmodule, 1 rote LED, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:
Schließt drei Solarmodule in Reihe an die LED.

a) Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
b) Deckt eine Solarzelle ab (Zellen vollständig abdecken!). Was passiert?

Versuch 2:
Schließt erst zwei dann ein Solarmodul in Reihe an die rote LED.

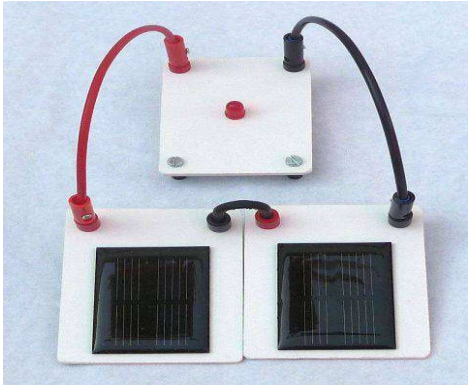
a) Was passiert jeweils?

Beobachtung, Erklärung:

_____

_____

_____



Solarstrom

Licht aus Solarstrom

Experiment 3 | Level 2

Material:
3 Solarmodule, 1 rote LED, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Reihen- und Parallelschaltung“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:
Schließt drei Solarmodule in Reihe an die rote LED.

a) Verändert den Winkel zur Lichtquelle. Was passiert?
b) Deckt eine Solarzelle ab. (Zelle vollständig abdecken!) Was passiert?

Versuch 2:
Schließt erst zwei dann ein Solarmodul in Reihe an die rote LED.

a) Was passiert jeweils?
b) Messt jeweils die Spannung mit dem Multimeter.
c) Bei welcher Spannung beginnt die Leuchtdiode zu leuchten? Findet es heraus, indem ihr die Spannung misst und dabei den Abstand oder Winkel der Solarmodule zur Lichtquelle verändert, bis die Leuchtdiode anfängt zu leuchten.

Beobachtung, Erklärung, Ergebnis:

_____

_____

_____

Elektrizitätslehre:
Messungen mit dem Multimeter

Hintergrundinformation

Mit dem Multimeter können unter anderem Stromstärke (I) und Spannung (U) gemessen werden.

Messung der Spannung (I, in Volt V):
Zur Messung der Spannung muss das rote Kabel in die mittlere Buchse (VΩmA°C) und das schwarze Kabel in die rechte Buchse (COM) gesteckt werden.
Um den für die Experimente richtigen Messbereich für die Spannung einzustellen, muss der Schalter auf 20 V gedreht werden.
Die Spannung wird im Stromkreis zwischen Plus und Minus gemessen.
Bei Reihenschaltung: Den Fühler des roten Kabels an das Plus des ersten Solarmoduls und den Fühler des schwarzen Kabels an das Minus des letzten Solarmoduls halten.

Messung der Stromstärke (U, in Ampere A):
Zur Messung der Stromstärke muss das rote Kabel in die linke Buchse (10A MAX) und das schwarze Kabel in die rechte Buchse (COM) gesteckt werden, die mittlere Buchse bleibt frei.
Um den für die Experimente richtigen Messbereich für die Stromstärke einzustellen, muss der Schalter auf 200 mA gedreht werden.
Bei Reihenschaltung: Die Stromstärke wird im Stromkreis in Reihe gemessen. Dafür muss der Stromkreis an einer beliebigen Stelle unterbrochen werden, also z.B. zwischen Minus des letzten Solarmoduls und Minus des Verbrauchers.

Elektrizitätslehre:
Betrieb von Leuchtdioden

Hintergrundinformation

Eine Leuchtdiode (engl. light-emitting diode LED) ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement.
Fließt durch die Leuchtdiode in Durchlassrichtung Strom, so leuchtet sie in einer Farbe, die abhängig vom Halbleitermaterial und der Dotierung ist.
Leuchtdioden finden heute vermehrt Anwendung, da sie elektrische Energie sehr effizient in Licht umwandeln können.
Die Helligkeit einer LED wächst mit der Leistungsaufnahme.

Beispiele für den Einsatz von Leuchtdioden:

- Taschenlampen, Fahrradlampen
- Glühbirnen
- Scheinwerfer von Automobilen
- Poweranzeigen bei elektronischen Geräten
- Standby-Anzeigen bei elektronischen Geräten

Solarstrom

Speicherung von Solarstrom

Experiment 4 **Level 1**

Material:
3 Solarmodule, 1 GoldCap Kondensator, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrund-information „Messungen mit dem Multimeter“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt! Multimeter korrekt anschließen (rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C)!

Schließt drei Solarmodule in Reihe an den Kondensator.

a) Platziert die Solarmodule mit dem Kondensator in der Sonne bzw. unter der künstlichen Lichtquelle.
b) Schließt den Multimeter an den Kondensator an und messt die Spannung.
c) Lasst die Anordnung ca. 15 Minuten dem Licht ausgesetzt und messt alle drei bis fünf Minuten die Spannung. Welche Spannungswerte habt ihr gemessen? Beendet das Aufladen des Kondensators spätestens bei einer Spannung von 2,3 Volt. Das ist die Nennspannung des Kondensators.

Beobachtung, Messung:

_____

_____

_____

Solarstrom

Speicherung von Solarstrom

Experiment 4 **Level 2**

Material:
3 Solarmodule, 1 GoldCap Kondensator, 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrund-information „Messungen mit dem Multimeter“, Sonne bzw. künstliche Lichtquelle*

Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt! Multimeter korrekt anschließen (rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C)!

Schließt drei Solarmodule in Reihe an den Kondensator.

a) Platziert die Solarmodule mit dem Kondensator in der Sonne bzw. unter der künstlichen Lichtquelle.
b) Schließt den Multimeter an den Kondensator an und messt die Spannung.
c) Notiert im Minutenabstand die Spannungswerte und stellt sie in einem Diagramm dar (Spannung (V) über der Zeit (h)). (Benutzt dafür die Rückseite.)
d) Lasst die Anordnung ca. 15-20 Minuten dem Licht ausgesetzt und beendet das Aufladen des Kondensators spätestens bei einer Spannung von 2,3 Volt. Das ist die Nennspannung des Kondensators.

Beobachtung, Messung:

_____

_____

_____

Elektrizitätslehre:
Kondensatoren als kleine Stromspeicher

Hintergrundinformation

Kondensatoren sind passive elektrische Bauelemente, die elektrische Ladung und damit verbunden elektrische Energie speichern können. Diese Fähigkeit wird **Kapazität** genannt.
Kondensatoren werden in nahezu jedem elektronischen Gerät eingesetzt, z.B. als kleiner Pufferspeicher.

Die Kapazität eines Kondensators wird in Farad (F) angegeben. Die Einheit Farad ergibt sich aus

$$1F = \frac{A \cdot s}{V}$$

Das bedeutet, wenn ein Kondensator durch einen Strom von einem Ampere in einer Sekunde auf eine Spannung von einem Volt aufgeladen wird, dann hat er eine Kapazität von einem Farad.

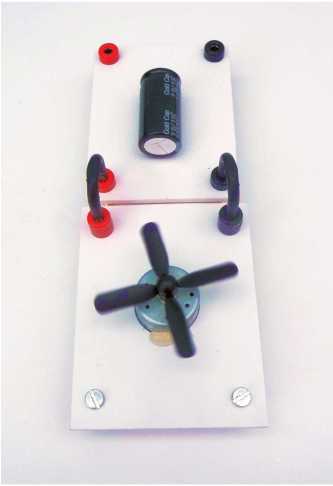
Für die Versuchsdurchführung ist es wichtig, beim Anschließen auf die richtige Polung zu achten, da sich der Kondensator sonst entlädt!
Halte den Fühler des roten Kabels an das Minus des Kondensators und den Fühler des schwarzen Kabels an das Plus des Kondensators.

Wenn die Anordnung stimmt, geben die drei Solarmodule Strom an den Kondensator ab. Dies kann mit einem Universalmessgerät (Multimeter) sehr leicht gemessen werden.
Einstellung: Gleichspannung! Messbereich bis 20 Volt.

Wenn alles richtig angeschlossen ist, steigt die Spannung langsam und kontinuierlich an.

Eine Verpolung während des Messens mit dem Multimeter ist nicht schlimm. Man sieht dann in der Regel ein Minus vor dem Messwert.

Achtung! Beim Messen keinen Kurzschluss erzeugen, sonst entlädt sich der Kondensator sofort. Kurzschluss entsteht, wenn der Plus- und Minuspol miteinander verbunden wird. Dann war das Warten umsonst. ☹



Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen
(Motor)

Experiment 5 **Level 1**

Material:
1 Motor, 1 rote LED, 1 GoldCap Kondensator (aufgeladen),
2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!
Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!

Schließt den Motor an den Kondensator an.

a) Messt die Spannung und danach die Stromstärke.

Versuch 2:
Schließt die rote LED zusätzlich an den Kondensator an.

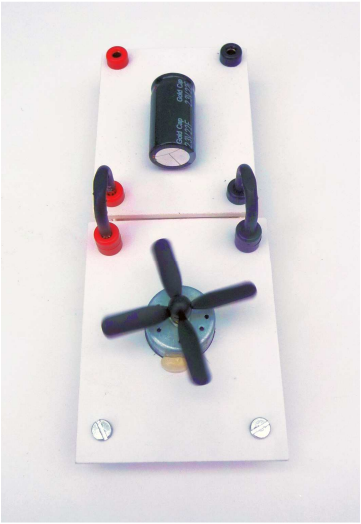
a) Was geschieht mit der LED?
b) Bei welcher Spannung geht diese aus?
c) Was geschieht weiter mit dem Motor?

Beobachtung, Messung:

_____

_____

_____



Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen
(Motor)

Experiment 5 **Level 2**

Material:
1 Motor, 1 GoldCap Kondensator (aufgeladen), 2 Steckverbindungen, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

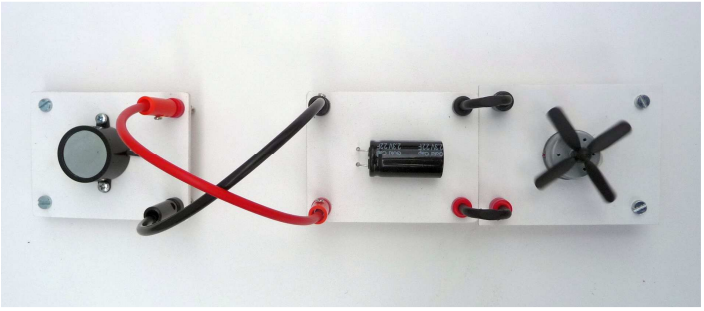
Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!
Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!

Schließt den Motor an den Kondensator an.

a) Messt die Spannung und danach die Stromstärke und notiert euch die Werte minütlich über einen Zeitraum von fünf Minuten.
b) Tragt die gemessenen Werte in ein Diagramm ein (Spannung/Strom über der Zeit).
c) Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger und messt dabei die Stromstärke. Was passiert?
d) Notiert die gemessenen Werte der Spannung bei blockiertem Propeller minütlich über einen Zeitraum von fünf Minuten und tragt sie ebenfalls in das Diagramm ein.
e) Vergleicht eure Messung aus d) mit der Messung aus a). Was fällt auf?

Beobachtung, Messung:



Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen
(Motor und Summer)

Experiment 6 **Level 1**

Material:
1 Summer, 1 Motor, 1 GoldCap Kondensator (auf 1,3 Volt aufgeladen), 2 Steckverbindungen, 1 rotes Kabel, 1 schwarzes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!
Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!

Schließt den Motor an den Kondensator an nachdem dieser auf 1,3 Volt aufgeladen wurde.

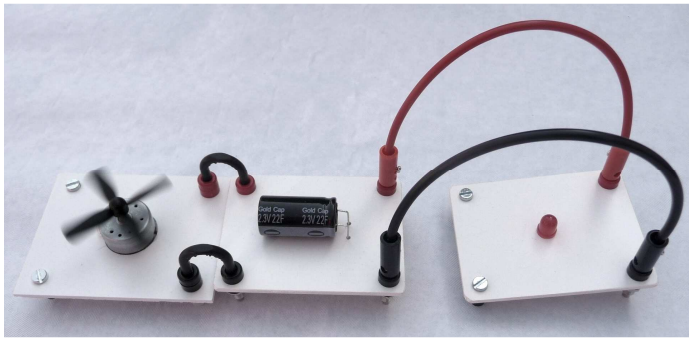
a) Schließt zusätzlich den Summer an den Kondensator.
b) Messt die Spannung und danach die Stromstärke.
c) Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger, und messt weiterhin die Spannung. Wie verändert sich der Summton?
d) Bei welcher Spannung geht der Summer aus?

Beobachtung, Messung:

_____

_____

_____



Solarstrom

Gespeicherte Energie nutzen
(Motor und LED)

Experiment 6 **Level 2**

Material:
1 Motor, 1 rote LED, 1 Summer, 1 GoldCap Kondensator (auf 1,8 Volt aufgeladen), 2 Steckverbindungen, 1 schwarzes Kabel, 1 rotes Kabel, Messgerät (Multimeter), Hintergrundinformation „Messungen mit dem Multimeter“ und „Kondensatoren als kleine Stromspeicher“

Versuch 1:

Achtung!! Kondensator nicht kurzschließen, da er sich sonst sofort entlädt!
Multimeter korrekt anschließen (Spannung: rotes Kabel in mittlere Buchse VΩmA°C, Strom: rotes Kabel in linke Buchse 10A MAX)!

Schließt den Motor an den Kondensator an.

a) Schließt die rote LED zusätzlich an den Kondensator an.
b) Messt die Spannung und danach die Stromstärke.
c) Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger.
d) Was geschieht mit der LED?
e) Bei welcher Spannung geht diese aus?
f) Wie könnte die LED als Ladestandsanzeige für den Kondensator genutzt werden?

Versuch 2:
Schließt zu dem Motor den Summer (parallel) an den Kondensator an.

a) Messt die Spannung und danach die Stromstärke.
b) Blockiert nun den Propeller, der auf dem Motor steckt, mit dem Finger, und messt weiterhin die Spannung.
c) Wie verändert sich der Summton?
d) Bei welcher Spannung geht der Summer aus?

Beobachtung, Messung: (Benutzt auch die Rückseite.)

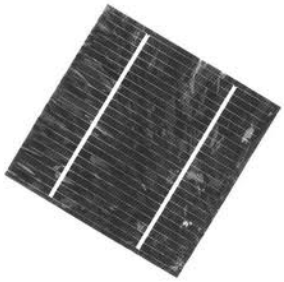
Elektrizitätslehre
Photovoltaikanlagen

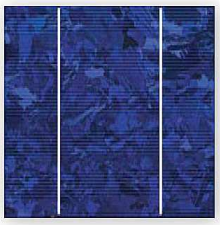
Hintergrundinformation

Photovoltaikanlagen (auch Solaranlagen) nutzen den sogenannten photovoltaischen Effekt, um das auf die Photovoltaikzellen (auch Solarzellen) auftreffende Licht in elektrische Energie umzuwandeln. Mehrere Photovoltaikzellen, die in Reihe geschaltet sind, nennt man Photovoltaikmodule (auch Solarmodule, siehe Hintergrundinformation „Elektrizitätslehre: Reihenschaltung und Parallelschaltung“).

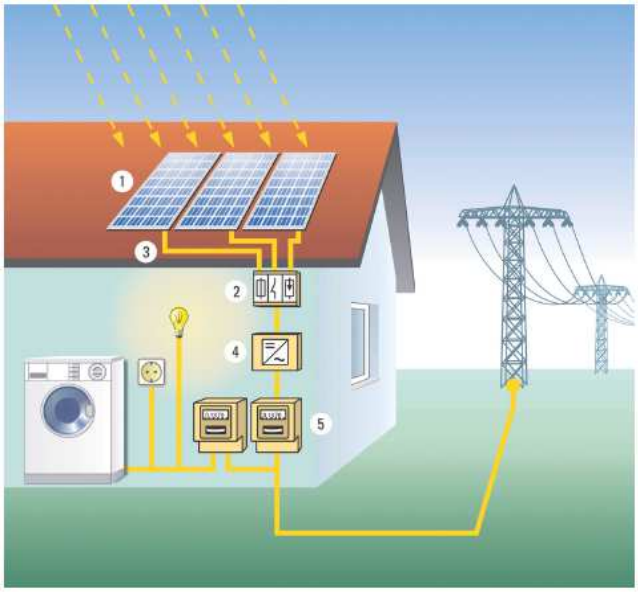
Die meisten Photovoltaikmodule auf den Hausdächern sehen aus der Nähe blau oder schwarz aus. Das ist allerdings nicht die Farbe des Siliziums, aus dem die Photovoltaikzellen gegossen werden, denn Silizium ist eher grau. Die Module werden in der Herstellung mit einer blauen oder schwarzen Antireflektionsschicht überzogen, damit sie das auftreffende Sonnenlicht möglichst vollständig aufnehmen können.

In den folgenden Bildern seht ihr eine Solarzelle aus Silizium, einmal mit und einmal ohne Antireflektionsschicht.





Eine Photovoltaikanlage ist folgendermaßen aufgebaut:



Quelle: DGS Berlin

1. Solarmodule

2. Generatoranschluss-kasten (mit Schutztechnik)

3. Gleichstrom-verkabelung (DC)

4. Wechselrichter

5. Zählerschrank mit Stromkreisverteilung, Bezugs- und Einspeisezähler und Hausanschluss

Die **Gleichstromverkabelung** dient dazu, den von den **Solarmodulen** erzeugten Strom zu den Stromverbrauchern zu leiten. Im **Generatoranschlusskasten** wird die Gleichstromverkabelung zur Weiterführung gebündelt. Entsprechende Schutztechnik (wie Sicherungen) sorgen für Sicherheit, zum Beispiel im Fall eines Kurzschlusses. Der **Wechselrichter** ist eine wichtige Komponente, er wandelt den Gleichstrom, der von den Solarmodulen kommt, in Wechselstrom um. Denn der Großteil unserer elektrischen Geräte wird mit Wechselstrombetrieben. Im **Zählerschrank** wird der erzeugte Strom der Solaranlage gezählt, das ist wichtig für die Abrechnung der Einspeisevergütung, die im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) festgelegt ist. Im Zählerschrank sitzt auch der Zähler, der unseren Strombezug misst. Dort befindet sich auch der Hausanschluss an das Stromnetz, aus dem wir zusätzlichen Strom beziehen und in das wir überschüssigen Strom aus unserer Photovoltaikanlage einspeisen.

Die im EEG geregelte Einspeisevergütung bedeutet, dass der Besitzer einer Photovoltaikanlage für jede Kilowattstunde Strom, die mit der Photovolataikanlage erzeugt und ins öffentliche Stromnetzt eingespeist wird, einen bestimmten Betrag erhält. Als das EEG im Jahr 2000 eingeführt wurde, betrug die Vergütung pro kWh bei Kleinanlagen bis 10 kWp über 50 Cent. Seither ist der Betrag konstant gesunken. Parallel dazu sind auch die Kosten der Photovoltaikanlagen konstant gesunken. Informationen zu den aktuellen Vergütungssätzen sind auf der homepage der Bundesnetzagentur zu finden: www.bundesnetzagentur.de.

Inzwischen werden immer größere Solaranlagen gebaut, die auf Dächern keinen Platz mehr finden. Sie haben eine Fläche von Hunderten Fußballfeldern und werden auf Grünflächen oder sogenannten Konversionsflächen (z.B. ehemalige Militär- oder Industriegelände) gebaut.

Video-Clips zu großen Solaranlagen (Solarparks) findet ihr unter

- http://www.youtube.com/watch?v=vV4EZR9QrKE
- http://www.youtube.com/watch?v=MBLvNZQqRk4

Weitere Informationen zu Photovoltaikanlagen findet ihr im eLearning-Modul oder unter

- http://www.bmu.de/bildungsservice/doc/44371.php
- http://www.solarsupport.org

Solarstrom

Berechnung Photovoltaikanlage

Experiment 7 **Level 1**

Berechnung einer kleinen Photovoltaik-Dachanlage (PV-Anlage).
Lest zuerst die Hintergrundinformation „Photovoltaikanlage“ durch.

Annahme:
20 Solarmodule mit je 80 Watt Leistung
Maße der Module: 0,8 m² je Modul
Jährliche Energieausbeute: 1100 Kilowattstunden pro Kilowatt

Fragen zur Berechnung:

a) Was ist die Gesamtleistung bezogen auf die Herstellerangaben (80 W) der PV-Anlage in Kilowatt (kW)?
b) Welche Fläche muss das Hausdach mindestens aufweisen, damit alle Module darauf Platz finden?
c) Welche Energiemenge wird jährlich von der PV-Anlage produziert?
d) Könnten wir theoretisch unseren gesamten Stromverbrauch durch die PV-Anlage decken, wenn wir pro Jahr 1600 Kilowattstunden Energie verbrauchen?
e) Warum wird es uns nicht gelingen, 100% des erzeugten Stroms aus unserer PV-Anlage selbst zu verbrauchen?

Antworten:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Solarstrom

Berechnung Photovoltaikanlage

Experiment 7 **Level 2**

Berechnung einer großen Photovoltaik-Dachanlage (PV-Anlage).
Lest zuerst die Hintergrundinformation „Photovoltaikanlage“ durch.

Material:
900 Solarmodule mit je 80 Watt
Maße der Module: 0,7 m² je Modul
Wirkungsgrad der Module: 14 %
Jährliche Einstrahlung: 1100 Kilowattstunden pro Quadratmeter

Fragen zur Berechnung:

a) Wie groß ist die Gesamtleistung in der PV-Anlage in Kilowatt (kW)?
b) Wie groß muss das Dach mindestens sein, damit alle Module darauf Platz finden?
c) Welche Energiemenge wird jährlich von der PV-Anlage produziert? Rechne dafür zunächst die jährliche Einstrahlung in die Energieausbeute (Kilowattstunden pro Kilowatt) nach folgender Formel um:

$$Energieausbeute = Einstrahlung \bullet Flaeche_pro_Kilowatt \bullet Wirkungsgrad = 1100\frac{kWh}{m^2} \bullet \frac{0{,}7m^2}{0{,}08kW} \bullet 0{,}14$$

d) Wir sind ein industrieller Stromverbraucher und Eigentümer der PV-Anlage. Könnten wir theoretisch unseren gesamten Stromverbrauch durch die PV-Anlage decken, wenn wir pro Jahr 100.000 kWh Energie verbrauchen?
e) Warum wird es uns nicht gelingen, 100% des erzeugten Stroms aus unserer PV-Anlage selbst zu verbrauchen?
f) Warum ist es gut, dass die PV-Anlage an das Stromnetz angeschlossen ist?

g) Angenommen, der Tag ist sonnig und die Außentemperaturen gleich und die Solarmodule werden der Sonne nachgeführt, d.h. sie würden immer senkrecht zur Sonne stehen: an welchem Tag im Jahr wird unsere PV-Anlage am meisten Strom erzeugen? Und an welchem Tag am wenigsten?

Antwort, Berechnungen:

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

Experiment 1: Reihen- und Parallelschaltung
Versuch 1:
a) Der Propeller dreht sich.

Versuch 2:
a) Der Propeller dreht sich schneller, je mehr Solarmodule in Reihe geschaltet werden.
b) Der Propeller dreht sich gleich schnell, aber mit mehr Kraft.
c) Spannung U = 3 V, Stromstärke I = 0,2 A
d) Spannung U = 1 V, Stromstärke I = 0,6 A
e) Leistung P = U x I = 0,6 A x 1 V (parallel) oder 0,2 A x 3 V (in Reihe) = 0,6 W

Experiment 2: „Töne“ aus Solarstrom
Versuch 1:
a und b) Der Ton verändert sich.

Versuch 2:
a) Der Ton wird lauter.
c) Der Summer summt auch noch bei einem angeschlossenen Solarmodul. Das heißt er benötigt mindestens die Spannung von einem Solarmodul, also 1 V.

Experiment 3: Licht aus Solarstrom
Versuch 1:
a) veränderter Winkel: Lichtstärke ändert sich
b) Zellenabdeckung: Licht geht aus (Zellen ganz abdecken!)

Versuch 2:
a) Das Licht leuchtet bei zwei Zellen schwächer, bei einer Zelle leuchtet es nicht mehr.
c) Die rote LED beginnt bei ca. 1,65 V zu leuchten.

Experiment 4: Speicherung von Solarstrom
Versuch 1:
d) Es können Spannungswerte zwischen 0 bis max. 2,5 Volt gemessen werden.

Experiment 5: Gespeicherte Energie nutzen (Motor)
Versuch 1:
a) Spannung: Die Spannung, bis zu der wir unseren GoldCap-Kondensator vorher geladen haben, Strom: 0,3 Ampere
c) Die Stromstärke erhöht sich.
e) Die Spannung fällt bei d) viel schneller ab als bei a)

Versuch 2:
b) Die rote LED leuchtet.
c) bei 1,6 Volt

Experiment 6: Gespeicherte Energie nutzen (Motor und Summer) (Level 1)
Versuch 1:
d) Der Summton wird tiefer und schwächer.
e) bei ca. 1 Volt

Experiment 6: Gespeicherte Energie nutzen (Motor und LED) (Level 2)
Versuch 1:
d) Die rote LED leuchtet
e) bei 1,6 Volt
f) Die LED leuchtet beim Laden des Kondensators ab einer Spannung von ca. 1,65 Volt bzw. beim Entladen des Kondensators bis zu einer Spannung von ca. 1,65 Volt. Die LED kann uns also zeigen, wann der Kondensator auf 1,65 Volt geladen oder entladen ist, und uns so einen Hinweis auf den Ladestand des Kondensators geben.

Versuch 2:
c) Der Summton wird tiefer und schwächer
d) bei ca. 1 Volt

Experiment 7 Berechnung Photovoltaikanlage (Level 1)
a) 80 Watt (W) x 20 = 1600 W = 1,6 Kilowatt (kW)
b) 0,8 Quadratmeter (m²) x 20 = 16 m²
c) 1,6 kW x 1100 Kilowattstunden(kWh) je Kilowatt (kW) = 1760 kW
d) ja
e) Die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage und unser Stromverbrauch werden nicht in jedem Moment gleich sein (zum Beispiel abends oder nachts, wenn die Sonne nicht scheint, wir aber immer noch Strom verbrauchen).

Experiment 7 Berechnung Photovoltaikanlage (Level 2)
a) 80 Watt (W) x 900 = 72.000 W = 72 Kilowatt (kW)
b) 0,7 Quadratmeter (m²) x 900 = 630 m²
c) Energieausbeute = 1347,5 kWh/kW,
jährliche Stromerzeugung = 1347,5 kWh/kW x 72 kW = 97.020 kWh = 97 MWh
d) ja
e) Die Stromerzeugung der Photovoltaikanlage und unser Stromverbrauch werden nicht in jedem Moment gleich sein (zum Beispiel abends oder nachts, wenn die Sonne nicht scheint, wir aber immer noch Strom verbrauchen).
f) Damit der Strom, den wir nicht selbst verbrauchen können, in das Stromnetz eingespeist werden kann. So kann er von anderen Stromkunden verbraucht werden.
g) 21. Juni (Sommersonnenwende, Höchststand der Sonne), 21. Dezember (Wintersonnenwende, niedrigster Stand der Sonne)

3.2 Solarthermie

Experiment 1: Lupenversuch: Gebündeltes Sonnenlicht (Level 1)
Lupenversuch: Gebündeltes Sonnenlicht (Level 2)

Experiment 2: Lupenversuch: bei Bewölkung (Level 1)
Lupenversuch: bei Bewölkung (Level 2)

Experiment 3: Sonnenwärme: Absorption (Level 1)
Sonnenwärme: Absorption (Level 2)

Experiment 4: Parabolspiegel als Solarkocher (Level 1)
Parabolspiegel als Solarkocher (Level 2)

Experiment 5: Solarkollektor (Level 1)
Solarkollektor (Level 2)

Experiment 6: Planung und Amortisation von Solarkollektoren (Level 1)
Planung und Amortisation von Solarkollektoren (Level 2)

Solarwärme

Hintergrundinformation

Welche Experimente gehören dazu?

- Fresnel Lupenversuch
- Absorptionsversuch
- Parabolspiegel als Solarkocher
- Sonnenkollektor
- Planung und Amortisation von Solarkollektoren (theoretisch)

Was soll gelernt werden?

Allgemein
Mit den Versuchen soll die Nutzbarkeit der solaren Wärmestrahlung demonstriert werden. Mit den eindrücklichen Experimenten wird deutlich, dass diese Sonnenenergie bereits mit einfachsten Mitteln genutzt werden kann.

Sonnenkollektor-Modell
Das Sonnenkollektor-Modell ist ein vereinfachtes Modell von Solarkollektor-Anlagen (auch Solarthermischen Anlagen) wie sie auf Hausdächern verwendet werden. Der schwarz gefärbte Untergrund und die schwarz gefärbten Rohre absorbieren das Licht und wärmen die Materialien somit innerhalb kurzer Zeit auf. Das Wasser wird im Kollektor erwärmt und transportiert die Wärme in den Warmwasserspeicher. Bei Hausanlagen in unseren Breiten wird ein Warmwasserspeicher über einen Wärmetauscher erwärmt, d.h. die Wärme aus dem Kollektor wird über einen eigenen Kreislauf vom Dach in den Keller gepumpt. Von dort aus kann das warme Wasser zum Duschen, Waschen und zum Heizen genutzt werden.

Absorptionsversuch
Beim Absorptionsversuch wird der Unterschied zwischen hellen Oberflächen, die das Licht **reflektieren** und dunklen Oberflächen, die das Licht verschlucken (=**absorbierende**) deutlich. Die Licht absorbierende Fläche wird innerhalb eines kurzen Zeitraums sehr warm, während sich bei der hellen Oberfläche nicht viel ändert. Die „lichtsammelnde“ Wirkung kann durch zusätzliche Reflektion verstärkt werden.
Ein schwarzer Körper wird in der folgenden Abbildung als theoretischer Idealkörper bezeichnet, der die gesamte auftreffende Einstrahlung absorbiert und in Wärme umwandelt, wohingegen ein weißer Körper als theoretischer Idealkörper die gesamte auftreffende Einstrahlung reflektiert (siehe folgende Abbildung).

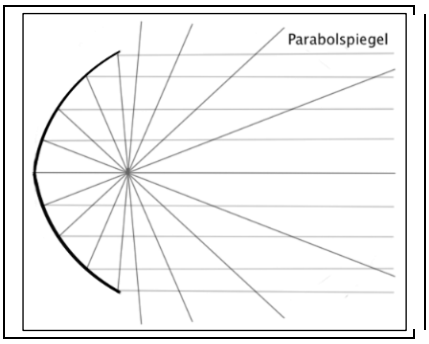
Quelle: mit freundlicher Genehmigung durch dwu-Unterrichtsmaterialien

Als Ergänzung zu dem Absorptionsversuch (Experiment 3) ist auch die Solardusche dem Themenbereich „Wasserenergie“ (Teil des Modells Wasserturbine) geeignet.

Parabolspiegel als Solarkocher

Es gibt zwei verschiedene Solarkochertypen. Die Solaröfen sind gut wärmegedämmt und absorbieren die Sonnenstrahlen im Inneren. Die Sonnenstrahlen gelangen durch eine oder zwei Glasscheiben auf die schwarze Oberfläche im Inneren und werden in Wärme umgewandelt. Diese Wärme wird im Innenraum „gefangen“, so dass Temperaturen von bis zu 180°C erreicht werden können. Dadurch eignet sich der Solarofen zum kochen und backen.

Der Parabolspiegel erreicht seine Temperatur durch die Bündelung der Sonnenstrahlen. So entsteht ein Brennpunkt in dem ein schwarzer Topf oder eine Pfanne zum Kochen und Frittieren genutzt werden kann. Hier sind Temperaturen über 300°C möglich.



Quelle: www.STAGEinUSE.de

Schefflerspiegel einer Dampfküche für 30 000 Mahlzeiten

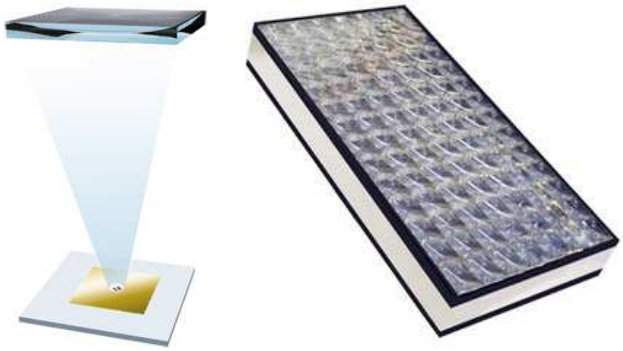
Solarkocher sind keine Spielzeuge, sondern werden zum Zubereiten von Mahlzeiten genutzt. Das funktioniert in unserer Gegend genauso wie in südlicheren Ländern, in denen Solarkocher mit Parabolspiegeln weiter verbreitet sind und auch in Großküchen zum Zubereiten von Hunderten Mahlzeiten eingesetzt werden.

Fresnel Lupenversuch

Lupen haben die Eigenschaft, Lichtstrahlen zu bündeln (siehe Abbildung weiter unten). Durch diese Eigenschaft eignen sich Lupen nicht nur dazu, kleine Gegenstände schärfer und größer erscheinen zu lassen, sondern auch um Punkte mit großer Hitze (Brennpunkt) entstehen zu lassen. Dies kann dazu dienen ein Feuer zu entfachen oder Zeichen in eine Holzoberfläche zu brennen.

Fresnel Lupen werden heute auch genutzt, um Licht auf hocheffiziente Photovoltaikzellen gebündelt zu konzentrieren. Diese Technologie nennt man konzentrierende Photovoltaik (**c**oncentrating **p**hoto**v**oltaics CPV). Diese Photovoltaikmodule können einen viel höheren Anteil des auftreffenden Sonnenlichtes in elektrische Energie umwandeln als übliche Photovoltaikmodule, sie sind also viel effizienter. Gleichzeitig wird die Fläche der Photovoltaikzelle viel kleiner, man spart also Material.

Die linke Abbildung zeigt das Prinzip der gebündelten Strahlung auf eine kleine Photovoltaikzelle. In der Mitte ist ein CPV Modul zu sehen. Wie viele Fresnel Linsen zählt ihr? Die rechte Abbildung zeigt ein Kraftwerk mit konzentrierenden Photovoltaikmodulen. Wichtig für den Einsatz von CPV Modulen ist ein möglichst hoher Anteil an direkter Sonneneinstrahlung, denn diffuse Sonneneinstrahlung (z.B. bei Bewölkung) können die Fresnel Linsen nicht konzentrieren. Deshalb müssen diese Solarmodule exakt der Sonne nachgeführt werden.



Quelle: Soitec

Hinweise für Lehrkräfte

Worin besteht die Verbindungen zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler?
Schülerinnen und Schüler werden die Erfahrung gemacht haben, dass dunkle Flächen sich bei Sonneneinstrahlung schneller erhitzen als hellere Flächen. Dies wird ihnen beispielsweise durch dunkle Kleidung oder dunkle Autos im Sommer bekannt sein. Schülerinnen und Schüler mögen aber durch die enorme Wirkung auf schwarzen Flächen oder im Brennpunkt verwundert sein.
Lupen und Spiegel werden Schülerinnen und Schüler zunächst einmal nur zur Verbesserung der Sehfähigkeit kennen. Älteren Schülerinnen und Schülern kann die Funktionsweise eines Lasers bekannt sein, bei dem mit Hilfe von Spiegeln oder Diamanten Licht gebündelt und damit in seiner Energie verstärkt wird.

Lupenversuch

Hinweise

Mit der Lupe wird Licht gebündelt und in seiner Stärke und Helligkeit intensiviert. Bitte seid daher vorsichtig und blickt nicht durch die Lupe in die Sonne oder die Lampe, da sonst Gefahr für eure Augen bestehen kann.

Bei Verwendung mit Sonnenlicht besteht erhöhte Gefahr für die Augen! Unbedingt eine Sonnenbrille benutzen!

Hinweise zum Aufstellen und Transport:
Zum Lupenversuch gehören die Fresnel-Lupe, Schutzbrillen, Mini-Solarautos, Holzstückchen, schwarzer Filzstift und gegebenenfalls ein starker Halogen-Strahler.

Hinweise zum Betrieb:
Unbedingt Schutzbrillen benutzen!
Bei Verwendung des Halogen-Strahlers darauf achten, dass das Kabel sicher verlegt ist und keine Person darüber stolpern kann.
Vorsicht! Ein Halogen-Strahler kann bereits nach kurzer Nutzungsdauer sehr heiß werden und nach Benutzung noch eine ganze Weile heiß bleiben.

Lupenversuch

Gebündeltes Sonnenlicht

Experiment 1 **Level 1**

Material:
Fresnel-Lupe, Schutzbrille, Stück Holz*, Filzstift*

Achtung! Gefahr für die Augen. Immer Sonnenbrille benutzen! Nie in die Sonne blicken!

Versuch:

a) Brennt mit der Lupe euren Namen in ein Stück Holz. Schreibt euren Namen mit einem schwarzen Filzstift vor. Findet heraus, wie es am besten funktioniert.

b) In welchem Abstand zum Holz müsst ihr die Lupe halten? Wie nennt man diesen Abstand?

_____

c) In welchem Winkel zur Sonne müsst ihr die Lupe halten?

_____

d) Was passiert mit den Sonnenstrahlen wenn sie durch die Lupe fallen? Macht eine Skizze! (Benutzt dafür die Rückseite.)

Lupenversuch

Gebündeltes Sonnenlicht

Experiment 1 | Level 2

Material:
Fresnel-Lupe, Schutzbrille, Stück Holz*, Filzstift*

Achtung! Gefahr für die Augen. Immer Sonnenbrille benutzen! Nie in die Sonne blicken!

Versuch:

a) Brennt mit der Lupe euren Namen in ein Stück Holz. Schreibt euren Namen mit einem schwarzen Filzstift vor.

b) In welchem Abstand zum Holz müsst ihr die Lupe halten? Wie nennt man diesen Abstand?

_____

c) In welchem Winkel zur Sonne müsst ihr die Lupe halten?

_____

d) Wo kommen solche Lupen zum Einsatz?

_____

_____

e) Wie verlaufen die Sonnenstrahlen wenn sie durch die Lupe fallen? Macht eine Skizze! (Benutzt dafür die Rückseite.)

f) Warum müssen CPV Module (siehe Hintergrundinformation „Solarwärme“) immer exakt dem Lauf der Sonne nachgeführt werden?

_____

_____

Lupenversuch

Bei Bewölkung

Experiment 2 | Level 1

Material:

Fresnel-Lupe, Schutzbrille, Solarauto, künstliche Lichtquelle (500 W-Strahler in 80 cm Höhe)*, Stoppuhr *

Versuch:

a) Versucht mit der Lupe das kleine Solarauto unter der Lampe im Kreis fahren zu lassen.

b) In welchem Abstand zum Auto müsst ihr die Lupe halten?

_____

_____

c) In welchem Winkel zur Lampe müsst ihr die Lupe halten?

_____

d) Wie viele Kreise könnt ihr mit dem Auto in 30 Sekunden fahren?

_____

_____

e) Wie verlaufen die Lichtstrahlen wenn sie durch die Lupe fallen? Macht eine Skizze! (Benutzt dafür die Rückseite.)

Lupenversuch

Bei Bewölkung

Experiment 2 | Level 2

Material:

Fresnel-Lupe, Schutzbrille, Solarauto, künstliche Lichtquelle (500 W-Strahler in 80 cm Höhe)*, Stoppuhr *

Versuch:

a) Versucht mit den Lupen das kleine Solarauto unter der Lampe im Kreis fahren zu lassen.

b) In welchem Abstand zum Auto müsst ihr die Lupe halten?

_____

_____

c) In welchem Winkel zur Lampe müsst ihr die Lupe halten?

_____

_____

d) Wie viel Kreise könnt ihr mit dem Auto in 30 Sekunden fahren?

_____

_____

e) Wie verlaufen die Lichtstrahlen wenn sie durch die Lupe fallen? Macht eine Skizze! (Benutzt dafür die Rückseite.)

f) Wie verändert sich die Stromerzeugung durch CPV Module (siehe Hintergrundinformation Solarwärme) bei Bewölkung? Warum?

_____

_____

Solarwärme

Absorption

Experiment 3 **Level 1**

Material:

Absorptionsflächen (schwarzes und weißes Blech), Thermometer mit Messfühler, Holzwäscheklammer

Versuch:

a) Im Schatten: Nehmt das schwarze und das helle Blech. Fühlt mit der Hand die Temperatur. Benutzt dafür am besten immer die gleiche Hand. Schätzt zuerst die Temperatur und messt danach die Temperatur.

geschätzt: gemessen:

b) In der Sonne: Nehmt das Thermometer und messt die Temperatur der Bleche nach ca. ein bis zwei Minuten indem ihr den Fühler mit der Wäscheklammer auf die Oberseite des Blechs klemmt.

Schätzt zuerst die Temperatur und messt danach die Temperatur.

geschätzt: gemessen:

c) Wie erklärt ihr euch den Temperaturunterschied?

_____

_____

Solarwärme

Absorption

Experiment 3 **Level 2**

Material:

Absorptionsflächen (schwarzes und weißes Blech), Thermometer mit Messfühler, Holzwäscheklammer

Versuch:

a) Im Schatten: Nehmt das schwarze und das helle Blech. Fühlt mit der Hand die Temperatur. Benutzt dafür am besten immer die gleiche Hand. Schätzt zuerst die Temperatur und messt danach die Temperatur.

geschätzt: gemessen:

b) Legt die Bleche zur gleichen Zeit in die Sonne. Nehmt das Thermometer und messt die Temperatur der Bleche im Abstand von einer Minute. Befestigt den Messfühler mit der Wäscheklammer auf der Oberfläche des Bleches. Zwischendurch könnt ihr die Temperatur auch fühlen. Notiert die Messwerte in die folgende Tabelle. Die Starttemperatur sollte bei beiden Blechen möglichst gleich sein.

Minuten	0	1	2	3
Temperatur schwarzes Blech				
Temperatur blankes Blech				

Wie erklärt ihr euch den Temperaturunterschied?

_____

_____

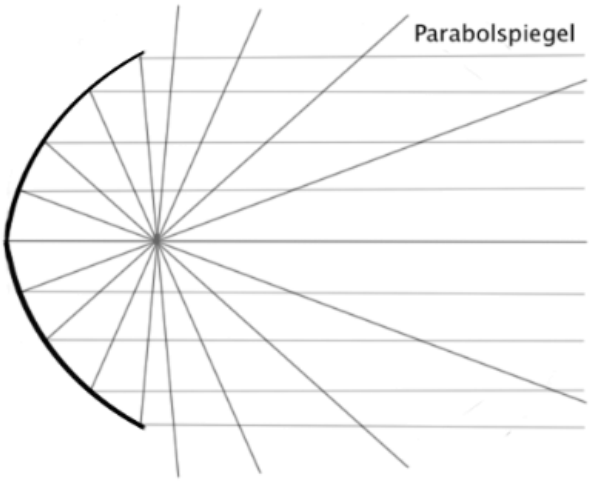
Parabolspiegel als Solarkocher

Experiment 4 | Level 1

Bitte lest zuerst die Hintergrundinformation „Parabolspiegel als Solarkocher“ durch und beantwortet dann folgende Fragen:

Fragen:

a) An welcher Stelle sollte im Parabolspiegel der Topf aufgestellt werden? Warum? Zeichnet den Topf in das folgende Bild ein.



b) Welche der drei folgenden Situationen ist am besten geeignet, um mit dem Parabolspiegel zu kochen?

1. Der Himmel ist bedeckt, es regnet.
2. Der Himmel ist sonnenklar, kleine Wolken ziehen vorbei, es ist windstill.
3. Der Himmel ist sonnenklar, es windet stark.

c) Nennt einen wirtschaftlichen, einen ökologischen und einen sozialen Vorteil, den der Bau und Einsatz von Solarkochern bringt.

Parabolspiegel als Solarkocher

Experiment 4 | Level 2

Bitte lest zuerst die Hintergrundinformationen „Parabolspiegel als Solarkocher“ durch und beantwortet dann folgende Fragen:

Fragen:

a) Wie kann man einen Parabolspiegel umbauen, damit sich die Position des Brennpunkts verändert?

_____

_____

b) Welche der drei folgenden Situationen ist am besten geeignet, um mit dem Parabolspiegel zu kochen?
   a. Der Himmel ist bedeckt, es regnet.
   b. Der Himmel ist sonnenklar, kleine Wolken ziehen vorbei, es ist windstill.
   c. Der Himmel ist sonnenklar, es windet stark.

c) Nennt drei wirtschaftliche, drei ökologische und drei soziale Vorteile, die der Bau und Einsatz von Solarkochern bringt.

_____

_____

_____

d) Welche Sicherheitsvorkehrungen müssen beim Kochen mit dem Parabolspiegel getroffen werden?

_____

_____

_____

Solarkollektor

Anleitungstext

Zur Durchführung der Versuche braucht ihr das Solarkollektor-Modell (Kollektor, Schläuche, Behälter), zwei Thermometer, eine Gießkanne und Wasser.

Das Modell benötigt starke Lichteinstrahlung. Am besten ist natürlich Sonnenlicht. Der Versuchsaufbau sollte im Schatten stattfinden.

Stellt den Kollektor auf und richtet ihn so nach der Lichtquelle aus, dass die Lichtstrahlen senkrecht auf den Kollektor fallen.

Der **Thermosiphon-Effekt** wird zur Umwälzung des Wassers in einem Solarkollektor genutzt, ohne dass eine zusätzliche Pumpe benötigt wird. Allein durch Erwärmung steigt das Wasser im Solarkollektor auf, und durch nachströmendes kaltes Wasser entsteht ein Kreislauf, der ohne zusätzlichen Antrieb in Bewegung bleibt.

Verbindet nun den Kollektor und den Behälter mit den Schläuchen. Verbindet den oberen Behälterauslauf mit dem oberen Kollektoranschluss und den unteren Behälterauslauf mit dem unteren Kollektoranschluss (siehe Foto).

Füllt mit der Gießkanne den Behälter bis zur Markierung mit Wasser. Der Füllstand muss höher sein als der obere Auslauf.

Das Thermometer hat einen Messfühler. Achtet darauf, dass der Messfühler genau an der zu messenden Stelle positioniert ist, damit ihr realistische Werte erhält.
Auf die Kupferstäbe und das Wasser darf während des Experiments kein Schatten fallen; auch nicht durch Personen.

Solarkollektor

Experiment 5 | Level 1

Material:
Solarkollektor-Modell, Thermometer mit Messfühler, Anleitungstext „Solarkollektor“, Gießkanne mit Wasser*

Nachdem ihr alles wie im Anleitungstext „Solarkollektor“ beschrieben vorbereitet habt, startet mit der ersten Messung. Dazu wird der Messfühler des Thermometers in den oberen Einlauf bzw. unteren Auslauf am Behälter gehalten (siehe Foto).

Versuch:

a) Messet die Temperatur am oberen Einlauf und direkt danach am unteren Auslauf. Benutzt dafür das Thermometer mit dem Messfühler.
b) Tragt die Ergebnisse entsprechend der Zeitvorgabe in die Tabelle ein.
c) Ihr könnt die Unterschiede auch mit der Hand fühlen. Benutzt für das Fühlen an den Schläuchen immer die gleiche Hand.

Messung (immer nach einer Minute)

Zeit	0 Min	1 Min	2 Min	3 Min	10 Min
Temperatur oben					
Temperatur unten					

d) Warum sind das Blech und die Rohre hinter dem Glas schwarz?

_____

_____

e) Vergleicht die gemessenen Temperaturen an der Wasseroberfläche des Wasserbehälters und im unteren Bereich des Behälters. Gibt es Unterschiede?

_____

_____

Solarkollektor

Experiment 5 | Level 2

Material:
Solarkollektor-Modell, Thermometer mit Messfühler, Anleitungstext „Solarkollektor“, Gießkanne mit Wasser*

Nachdem ihr alles wie im Anleitungstext „Solarkollektor“ beschrieben vorbereitet habt, startet die erste Messung. Dazu wird der Messfühler des Thermometers in den oberen Einlauf bzw. unteren Auslauf am Behälter gehalten (siehe Foto).

Versuch:

a) Messt die Temperatur am oberen Einlauf und direkt danach am unteren Auslauf. Benutzt dafür das Thermometer mit dem Messfühler.
b) Tragt die Ergebnisse entsprechend der Zeitvorgabe in die Tabelle ein.
c) Ihr könnt die Unterschiede auch mit der Hand fühlen. Benutzt für das Fühlen an den Schläuchen immer die gleiche Hand.

Messung (immer nach einer Minute)

Zeit	0 Min	1 Min	2 Min	3 Min	10 Min
Temperatur oben					
Temperatur unten					

d) Warum sind das Blech und die Rohre hinter dem Glas schwarz?

_____

_____

e) Fertigt eine Skizze des Solarkollektormodells an und zeichnet die Fließrichtung des Wassers ein. (Benutzt die Rückseite oder ein Extrablatt.)

f) Warum zirkuliert das Wasser?

_____

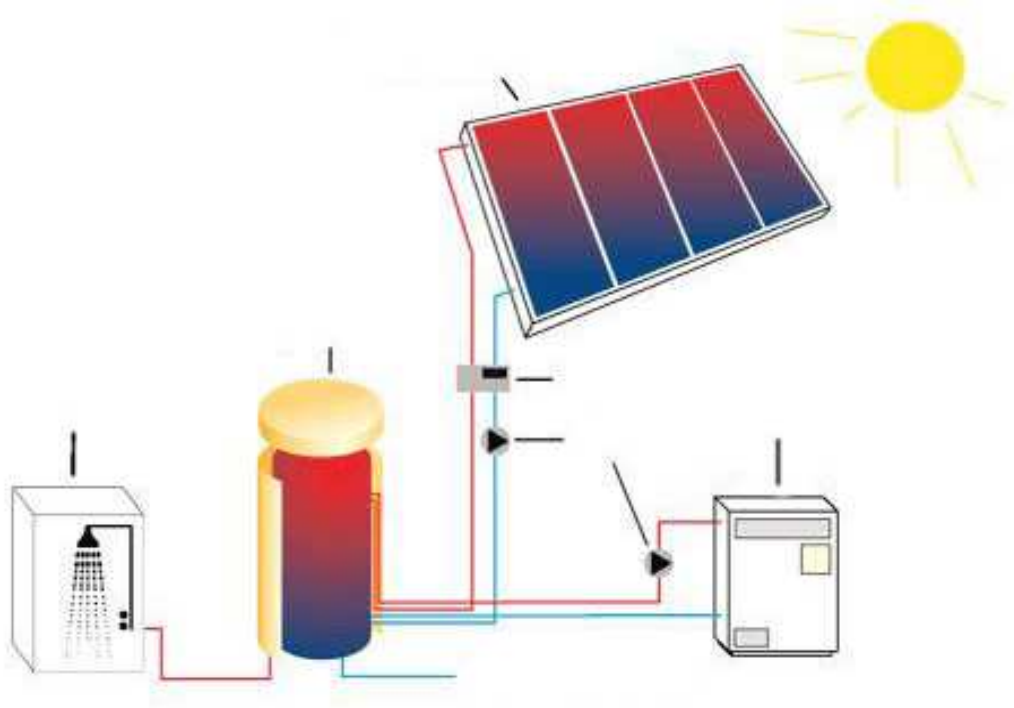
_____

g) Vergleicht die gemessenen Temperaturen an der Wasseroberfläche des Wasserbehälters und im unteren Bereich des Behälters. Gibt es Unterschiede?

_____

_____

h) Benennt in dem folgenden Schema die Komponenten einer Solarkollektoranlage auf einem Hausdach.



Quelle: AWA Solar- und Gebäudetechnik GmbH

Solarthermische Anlagen

Hintergrundinformation

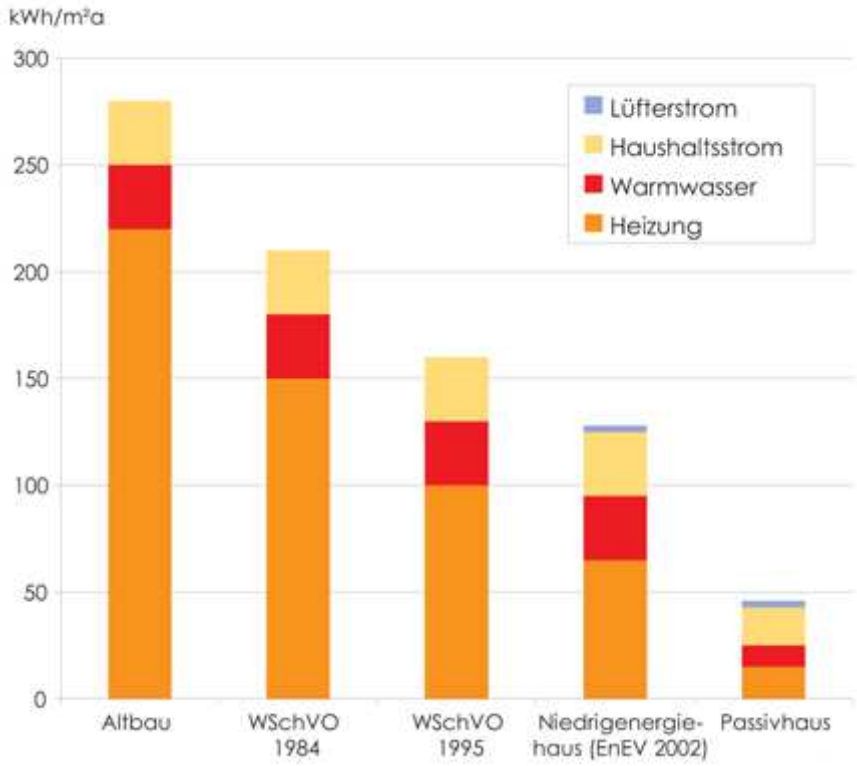
Die Solarkollektor-Anlagen auf Hausdächern zur Warmwasserbereitung heißen auch solarthermische Anlagen oder werden oft auch einfach nur Solaranlage genannt. (Dabei ist zu unterscheiden, dass es Solaranlagen zur Warmwasserbereitung gibt – wovon hier die Rede ist- und Solaranlagen zur Stromerzeugung, die sogenannten Photovoltaikanlagen.)

Solarthermische Anlagen finden sich vielerorts, z.B. auf Hausdächern zur Warmwasser- und Heizungswasserbereitung in Form von Solartkollektoren. Sie helfen die Kosten für Heizung und Warmwasser zu senken, da die Öl- oder Gasheizung oder der Warmwasserboiler durch das zusätzliche Warmwasser aus dem Solarkollektor weniger oft in Betrieb sind. Da die Sonnenenergie umsonst ist und der Brennstoff für die Heizung (z.B. Gas) oder der Strom für den Warmwasserboiler bezahlt werden müssen, ist es nur eine Frage der Zeit, bis sich der solarthermische Kollektor amortisiert hat. Die **Amortisationszeit** beschreibt den Zeitraum, in dem die Anschaffungskosten für die Solarkollektor-Anlage durch die dadurch eingesparten Heizkosten gedeckt sind. Qualitativ hochwertige solarthermische Anlagen haben eine technische Lebensdauer von mindestens 30 Jahren. Investitionen in solarthermische Anlagen werden vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) finanziell gefördert.

Es gibt solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung. Damit wird ausschließlich das Brauchwasser erwärmt, das wir zum Duschen, Waschen usw. benutzen. Dann gibt es noch solarthermische Anlagen zur Heizungsunterstützung. Diese erwärmen auch noch das Wasser, das durch die Heizungen fließt. Daher sind sie größer dimensioniert.

In Altbauten werden üblicherweise eher kleine solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung eingebaut. Das liegt daran, dass in diesen alten Gebäuden aufgrund schlechterer Wärmedämmung und anderer Gründe der Heizwärmebedarf sehr hoch ist und nicht durch eine solarthermische Anlage gedeckt werden kann.

In Neubauten werden oft auch größere solarthermische Anlagen eingebaut, die neben der Warmwasserbereitung zum Duschen, Baden etc. auch heißes Wasser zum Heizen liefern. Das liegt daran, dass der Heizwärmebedarf in Neubauten viel geringer ist. In der folgenden Grafik seht ihr einen Vergleich des Energieverbrauchs in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr in Alt- und Neubauten:



Quelle: Büro für energieeffizientes Bauen - Dipl.-Ing. Architektin Birgit Wordtmann

Neben den „kleinen“ solarthermischen Anlagen gibt es auch sehr große Anlagen, sogenannte **solarthermische Kraftwerke**. Diese werden zur Stromerzeugung genutzt. Zunächst wird, wie bei den kleinen Anlagen, eine Flüssigkeit stark erwärmt. Die Flüssigkeit besteht bei diesen Kraftwerken aus einem speziellen Öl, das sehr heiß werden kann. Mit der Wärme wird Dampf erzeugt, der dann eine Dampfturbine mit einem Generator antreibt. Der Generator erzeugt dann Strom, der in das Stromnetz eingespeist wird. Ein Beispiel für eine solche Anlage ist das Solarkraftwerk Andasol in Südspanien. (siehe Abbildungen)

Quelle: Solar Millennium

Das Solarkraftwerk Andasol in Südspanien besteht aus Parabolspiegelrinnen, in deren Brennlinie ein Absorberrohr befestigt ist. Darin wird ein Spezialöl auf 400°C erhitzt, das wiederum über einen Wärmetauscher Wasser zu Dampf erhitzt. Der Wasserdampf treibt über eine Turbine einen Generator an, der den erzeugten Strom in das Stromnetz einspeist. Das Kraftwerk hat eine Leistung von 150 Megawatt und bedeckt eine Fläche von 70 Fußballfeldern.

Andere solarthermische Kraftwerke (auch Solarturmkraftwerke genannt) haben halbkreisförmig angeordnete Spiegel, die das Sonnenlicht an einen Absorber an der Spitze eines Turms spiegeln. Dort wird wiederum Wasser verdampft, das eine Turbine antreibt, die mit einem Generator verbunden ist.

Einen Videoclip zum Solarkraftwerk Andasol findet ihr unter:

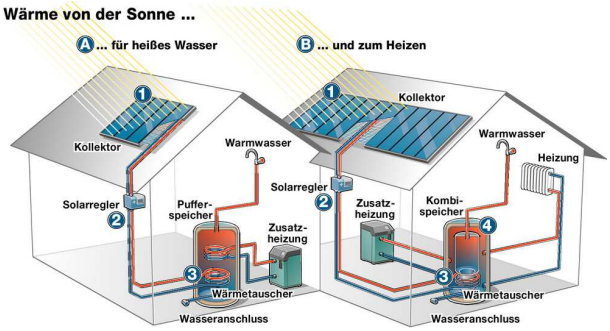
- http://www.youtube.com/watch?v=Gyrj8GqrRZs (6:40)

Einen Videoclip zu einem solaren Turmkraftwerk findet ihr unter:

- http://www.youtube.com/watch?v=GhV2LT8KVgA (2:37)

Links zum Thema Solarthermische Anlagen, Preise und Förderung findet ihr unter:

- http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/index.html
- http://www.bva-solar.de/sww/pdf/solarwaerme/0451-SWW_0311_066-083_Solarthermie_Marktuebersicht%20Solarthermie-Pakete.pdf



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Planung und Amortisation von Solarkollektoren

Experiment 6 **Level 1**

Bitte lest zuerst die Hintergrundinformation „Solarthermische Anlagen“ aufmerksam durch und beantwortet dann folgende Aufgaben:

Aufgabe1:
Angenommen ihr installiert auf dem Dach eines Altbaus eine kleine solarthermische Anlage mit einer Fläche von 5 m² für einen 4-Personen-Haushalt. Die Installationskosten betragen insgesamt 3000 Euro. Mit der Anlage könnt ihr 60% des Warmwasserbedarfs abdecken. Mit der Ölheizung verbraucht ihr jährlich ca. 4000 Liter Heizöl, davon 10% für Warmwasser. Der Heizölpreis lag im Jahr 2011 bei ca. 0,85 Euro/Liter.

a) Wie hoch sind die jährlichen Heizkosten (mit der Ölheizung)?

_____

b) Wie hoch sind die Heizkosten, die ihr pro Jahr durch die solarthermische Anlage einsparen können?

_____

c) Wie hoch sind die Heizkosten, die ihr nach 15 Jahren eingespart habt?

_____

d) Vergleicht die Ersparnis nach 15 Jahren mit den Installationskosten für die Anlage. Was fällt euch auf?

_____

Aufgabe 2:
Angenommen ihr installiert auf dem Dach eines Passivhauses eine solarthermische Anlage mit einer Fläche von 5 m² für einen 4-Personen-Haushalt. Die Installationskosten betragen insgesamt 3000 Euro. Mit dem Solarkollektor könnt ihr 50% des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser abdecken. Mit der Ölheizung verbraucht ihr jährlich ca. 400 Liter Heizöl. Der Heizölpreis lag im Jahr 2011 bei ca. 0,85 Euro/Liter.

a) Was sind die jährlichen Heizkosten (mit der Ölheizung)?

_____

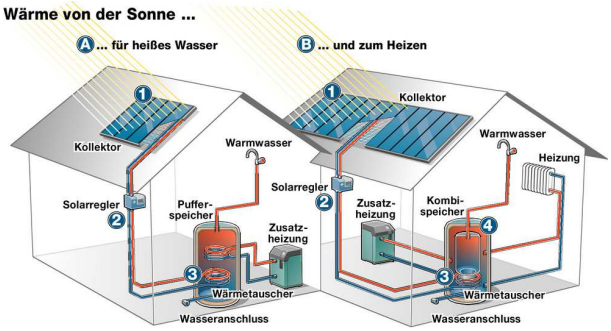
b) Wie hoch sind die Heizkosten, die ihr pro Jahr durch die solarthermische Anlage einsparen könnt?

_____

c) Welches ist der wesentliche Unterschied zu der vorigen Aufgabe, in der ihr die solarthermische Anlage bei einem Altbau gerechnet habt?

_____

_____



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien

Planung und Amortisation von Solarkollektoren

Experiment 6 **Level 2**

Bitte lest zuerst die Hintergrundinformation „Solarthermische Anlagen“ aufmerksam durch und beantwortet dann folgende Aufgaben:

Aufgabe1:
Berechnet mit Hilfe der Grafik aus der Hintergrundinformation „Solarthermische Anlagen“ den jährlichen Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser für

a) einen Altbau mit 150 m² Wohnfläche
b) ein Passivhaus mit 150 m² Wohnfläche
c) Heizöl hat einen Heizwert von 10 kWh/Liter. Wie viele Liter Heizöl verbraucht man pro Jahr in dem Altbau, und wie viele in dem Passivhaus?

_____

_____

_____

Aufgabe 2:
Angenommen ihr installiert auf dem Dach eines Altbaus eine kleine solarthermische Anlage mit einer Fläche von 5 m² für einen 4-Personen-Haushalt. Die Installationskosten betragen insgesamt 3000 Euro. Mit der Anlage könnt ihr 60% des Warmwasserbedarfs abdecken. Mit der Ölheizung verbraucht ihr jährlich ca. 4000 Liter Heizöl, davon 10% für Warmwasser. Der Heizölpreis lag im Jahr 2011 bei ca. 0,85 Euro/Liter.

a) Wie hoch sind die jährlichen Heizkosten (mit der Ölheizung)?

_____

b) Wie hoch sind die Heizkosten, die ihr pro Jahr durch die solarthermische Anlage einsparen könnt?

c) Nach wie vielen Jahren hat sich die solarthermische Anlage amortisiert?

_____

d) Nach wie vielen Jahren hat sich die solarthermische Anlage amortisiert, wenn man eine Steigerung des Heizölpreises von 10 Cent pro Liter im Jahr auf Basis des Heizölpreises aus dem Jahr 2011 annimmt?

_____

Aufgabe 3:
Angenommen ihr installiert auf dem Dach eines Passivhauses eine solarthermische Anlage mit einer Fläche von 5 m² für einen 4-Personen-Haushalt. Die Installationskosten betragen insgesamt 3000 Euro. Mit dem Solarkollektor könnt ihr 50% des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser abdecken. Mit der Ölheizung verbraucht ihr jährlich ca. 400 Liter Heizöl. Der Heizölpreis lag im Jahr 2011 bei ca. 0,85 Euro/Liter.

a) Wie hoch sind eure jährlichen Heizkosten (mit der Ölheizung)?

_____

b) Wie hoch sind die Heizkosten, die ihr pro Jahr durch die solarthermische Anlage einsparen könnt?

_____

c) Nach wie vielen Jahren hat sich die solarthermische Anlage amortisiert?

_____

d) Nach wie vielen Jahren hat sich die solarthermische Anlage amortisiert, wenn man eine Steigerung des Heizölpreises von 10 Cent/Jahr auf Basis des Heizölpreises aus dem Jahr 2011 annimmt?

_____

e) Welches ist der wesentliche Unterschied zu der vorigen Aufgabe 2), in der ihr die solarthermische Anlage bei einem Altbau gerechnet habt?

_____

_____

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

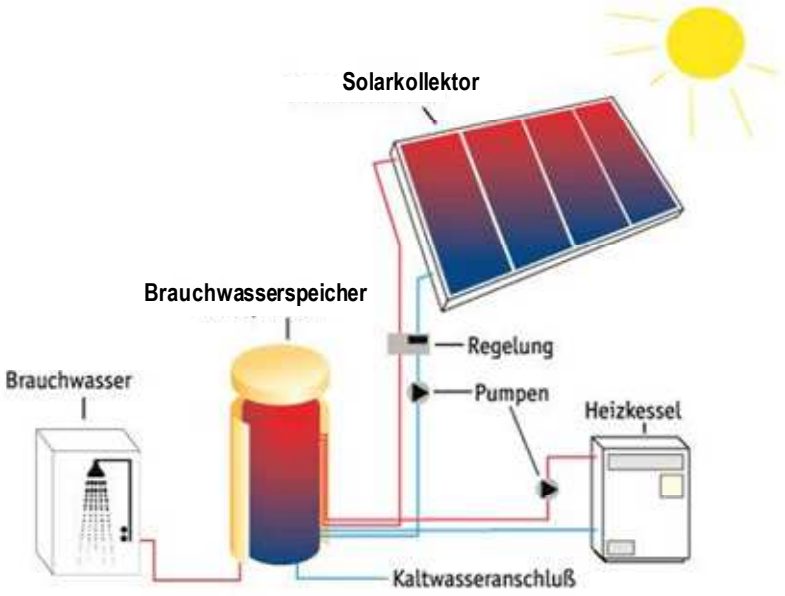
Experimente 1: Lupenversuch
b) optimaler Abstand ist 30 cm, der Abstand nennt sich Brennweite
c) optimaler Winkel: orthogonal (rechtwinklig) zu den Lichtstrahlen der Sonne
d) Level 2 In der CPV-Technologie (siehe Hintergrundinformation)
f) Level 2 Andernfalls konzentrieren die Fresnel-Lupen das einfallende Sonnenlicht nicht mehr exakt auf die aktive Modulfläche, und die Stromerzeugung verringert sich erheblich

Experiment 2: Lupenversuch – Bei Bewölkung
b) Abstand s.o.
c) Winkel s.o.

Experiment 3: Solarwärme - Absorption
b) Schwarz absorbiert das Sonnenlicht, d.h. es wandelt die auftreffenden Sonnenstrahlen in Wärme um

Experiment 4: Parabolspiegel mit Solarkocher
a) Level 1: Im Brennpunkt, da der Kocher an dieser Stelle am wärmsten wird.
Level 2: Durch eine andere Krümmung des Parabolspiegels.
b) Antwort 2
c) wirtschaftlich: z.B. Einsparung von Brennstoffen zum Kochen (Holz, Gas etc.), Unabhängigkeit von Brennstoffimporten, vor Ort hergestellte Kocher werden für Einheimische bezahlbar
ökologisch: z.B. CO_2 wird eingespart, Dünger muss nicht mehr verbrannt werden und dient wieder der Landwirtschaft, Baumbestände werden geschont
sozial: z.B. Bau von Solarkochern schafft Arbeits- und Ausbildungsplätze, weniger gesundheitsschädliches Kochen am offenen Feuer mit Rauch, Entlastung von Frauen und Kindern beim beschwerlichen Holzsammeln
d) Augenschutz gegen Blendung durch reflektiertes Sonnenlicht tragen; vor Verbrennungen schützen, da Topf und Deckel im Brennpunkt sehr heiß werden

Experiment 5: Solarkollektor
d) Die Farbe Schwarz absorbiert („schluckt“) Wärme am besten
e) (Aufgabe g bei Level II) Das Wasser oben im Behälter ist wärmer als unten.
f) Durch den Thermosiphon-Effekt (warmes Wasser hat eine geringere Dichte als kaltes Wasser und steigt auf, kaltes Wasser sinkt ab).
h)



Experiment 6: Planung und Amortisation von Solarkollektoren

Level 1:
1) a) 3400 Euro/Jahr
b) 204 Euro/Jahr
c) 3060 Euro
d) Die eingesparten Heizkosten liegen nach 15 Jahren höher als die ursprünglichen Installationskosten, die solarthermische Anlage hat sich also nach 15 Jahren amortisiert.
2) a) 340 Euro/Jahr
b) 170 Euro/Jahr
c) Die Heizkosten sind insgesamt viel niedriger, da man im Passivhaus nur einen Bruchteil des Wärmebedarfs von dem Altbau (10%) habt.

Level 2:
1) a) Altbau = 250 kWh/m²a * 150 m² = 37.500 kWh pro Jahr (kWh/a)
b) Passivhaus = 25 kWh/m²a * 150 m² = 3750 kWh pro Jahr (kWh/a)
c) Altbau: 3750 l Heizöl, Passivhaus: 375 l Heizöl
2) a) 3400 Euro/Jahr
b) 204 Euro/Jahr
c) 15 Jahre
d) 11 Jahre
3) a) 340 Euro/Jahr
b) 170 Euro/Jahr
c) 18 Jahre
d) 11 Jahre
e) Die Heizkosten sind insgesamt viel niedriger, da man im Passivhaus nur einen Bruchteil des Wärmebedarfs von dem Altbau (10%) hat.

3.3 Windenergie

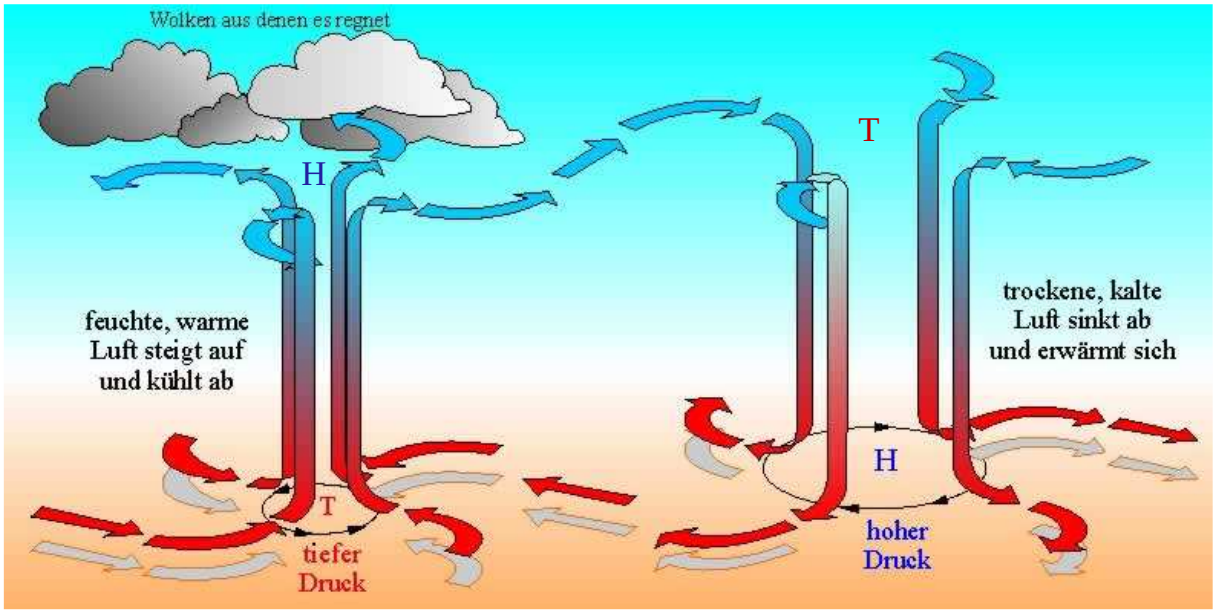
Experiment 1: Windkraftanlage. Potentiale der Windkraft berechnen (Level 1)
Windkraftanlage. Potentiale der Windkraft berechnen (Level 2)

Die MINT-EnergieBox enthält das Lehrsystem **"leXsolar-Wind"** mit dem sich 17 Versuche (Level 1 und 2) durchführen lassen**.** Es enthält ein Schülerheft mit den Versuchs-anleitungen und ein Lehrerheft mit Hintergrundinformationen und den Lösungen zu den Versuchen. Beide liegen in der MINT-EnergieBox als Ausdruck und elektronisch (CD-ROM) vor.

Windenergie

Hintergrundinformation

Wie entsteht Wind? Indem sich die Luft durch die Sonneneinstrahlung erwärmt, beginnt warme Luft aufzusteigen (das kennen wir vom Heißluftballon), und an anderen Orten sinkt kältere Luft ab. Dort, wo sich die warme Luft in der Atmosphäre sammelt, erhöht sich durch die großen Luftmengen der Druck, und es entsteht ein Hochdruckgebiet. Durch die nun fehlende Luft am Boden sinkt dort der Luftdruck und es bildet sich ein Tiefdruckgebiet. Die erwärmte Luft in der Atmosphäre kühlt jedoch wieder ab und sinkt wieder zu Boden. Dadurch entsteht ein Hochdruckgebiet in Bodennähe. Nun beginnt sich die Luft vom Hochdruckgebiet am Boden in Richtung des Tiefdruckgebiets am Boden zu bewegen. Die dadurch entstehenden Luftbewegungen nennen wir Wind. Je größer der Druckunterschied, desto stärker weht der Wind. Das Prinzip könnt ihr der folgenden Abbildung entnehmen:



Quelle: nach LMU München

Früher hat man die Energie des Windes für Segelschiffe und für Mühlen genutzt. Heute nutzen wir die Energie des Windes in Windkraftanlagen, um elektrische Energie zu erzeugen. Alte und moderne Windräder haben jedoch wenig gemeinsam. In den alten Windrädern oder Windmühlen wurde Mehl gemahlen oder Holz gesägt. Moderne Windräder sind viel größer und wandeln die Windenergie in elektrische Energie um.

Die Flügel der **moderne Windkraftanlagen** werden Rotorblätter genannt. Meist haben sie drei Rotorblätter, manchmal auch zwei, in seltenen Fällen auch nur ein Rotorblatt. Die Rotorblätter werden an der Rotornabe zusammen gehalten. Rotornabe und Rotorblätter bilden den Rotor. Der Rotor ist an einer Gondel befestigt, die auf einem hohen Turm steht. In der Gondel befindet sich ein Generator, der den Strom erzeugt. Moderne Windkraftanlagen sind riesig. Die größten Anlagen haben

heutzutage eine Nabenhöhe (das ist die Höhe vom Boden bis zur Rotornabe) von bis zu 140 m und einen Durchmesser der Rotorblätter bis zu 125 m.

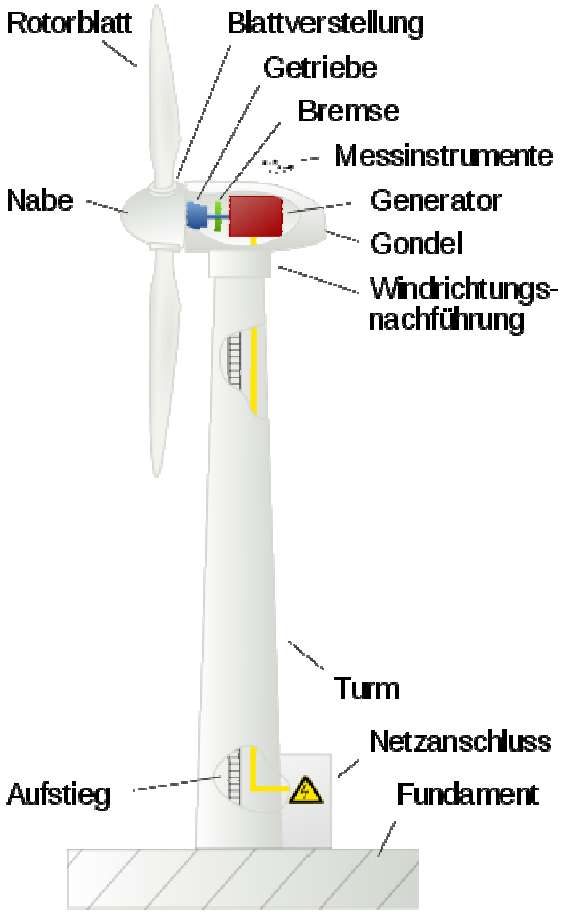
Früher

Quelle: Carsten Plein, wikimedia

Heute

Quelle: Drenaline, wikimedia

Im Folgenden seht ihr die schematische Darstellung einer Windkraftanlage:



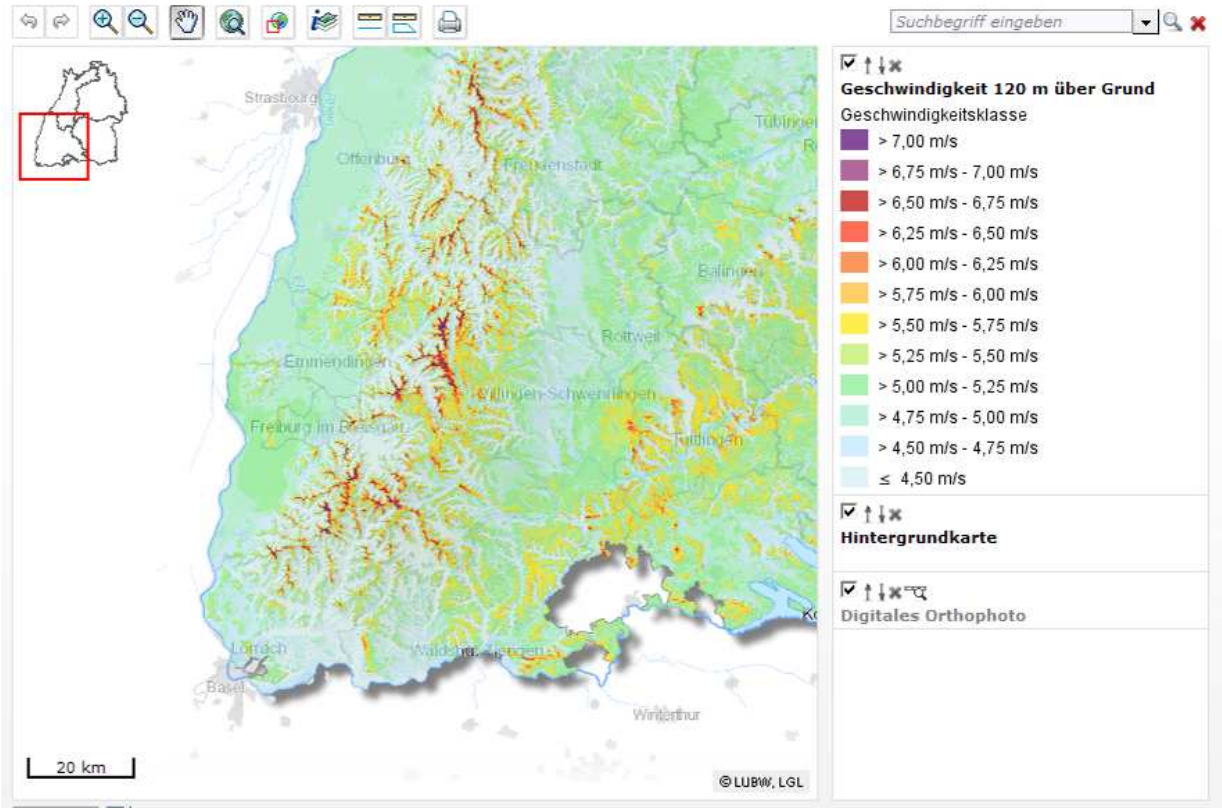
Der Wind drückt auf die speziell aerodynamisch geformten **Rotorblätter**, die an der **Nabe** befestigt sind, und setzt sie in Bewegung. Auf der **Welle**, die an der Nabe befestigt ist, sitzt ein **Getriebe**, das die langsame Rotation der Rotoren in eine schnelle Rotation übersetzt. Auf der sich schnell drehenden Welle hinter dem Getriebe sitzt ein **Generator**, der die Rotationsenergie in elektrische Energie umwandelt. Das Gehäuse, das auf dem **Turm** der Anlage sitzt, nennt man **Gondel**. Dort sind auch **Messinstrumente** zur Messung z.B. der Windgeschwindigkeit, und Vorrichtungen zur **Nachführung** der Gondel installiert. Dadurch kann die Gondel nachgeführt werden kann, wenn sich der Wind dreht. Die elektrische Energie wird durch starke Kabel abgeleitet, die im Turm der Windkraftanlage verlegt sind. Am Fuß der Anlage, wo auch der **Aufstieg** in Form von Leitern beginnt, befindet sich der **Netzanschluss**, an dem der erzeugte Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird.

Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c3/Windkraftanlage.svg/368px-Windkraftanlage.svg.png © by Arne Nordmann (norro)

Die Energie, die die Windkraftanlage erzeugen kann, ist abhängig von der Windstärke. Instrumente zur Messung der Windstärke nennt man **Anemometer**.

Windkraftanlagen werden an Orten aufgestellt, an denen der Wind möglichst stark und über das gesamte Jahr gleichmäßig weht, z.B. auf Höhenzügen von Gebirgen oder an der Küste. Diese Orte nennt man windhöffig.

Um geeignete Orte für den Bau von Windkraftanlagen zu finden, ist ein sogenannter Windatlas hilfreich. Er zeigt uns an welchen Orten der Wind mit welcher Geschwindigkeit weht. In der folgenden Abbildung seht ihr einen Auszug aus dem Windatlas für Baden-Württemberg:

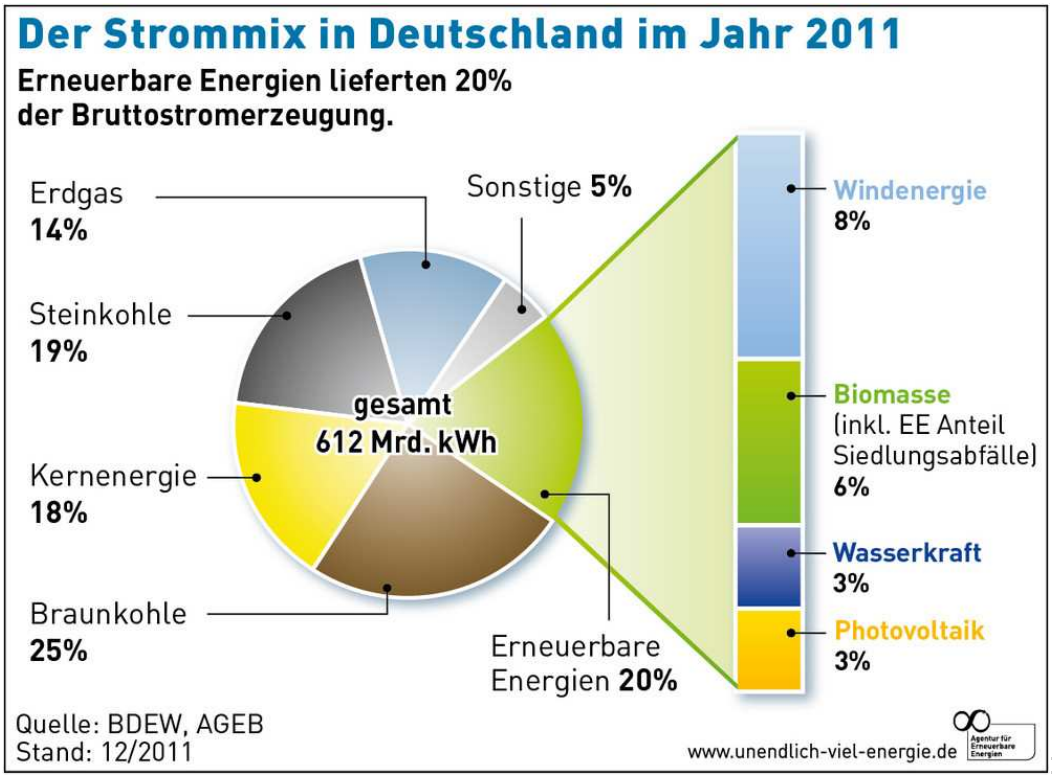


Quelle: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz LUBW

Findet ihr auf dem Auszug die Orte mit hohen Windgeschwindigkeiten?

Inzwischen werden Windkraftanlagen sogar in das Meer (offshore) gebaut, da der Wind dort am stärksten und beständigsten weht. Dafür muss der Turm allerdings mit starken Fundamenten im Meeresboden verankert werden. Gleichzeitig stellt die salzhaltige Meeresluft hohe Anforderungen an das Material, da salzhaltige Luft sehr korrosiv (rostbildend) wirkt. Die elektrische Energie wird über Seekabel abgeleitet und auf dem Festland in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Unklar ist, ob die Vibrationen der Windkraftanlagen, die über den Turm ins Wasser übertragen werden, die Meeresbewohner stören, und ob die Bewegung der Rotoren über Wasser die Flugrouten von Zugvögeln stört.

Im Energiemix in Deutschland spielt die Windenergie eine bedeutende Rolle, wie die folgende Grafik zeigt:



Quelle: BDEW,AGEB

Hier findet ihr einige Video-Clips zum Aufbau und Betrieb von Windenergieanlagen:

- Onshore-Windenergieanlagen (5:44): http://www.youtube.com/watch?v=AjvQrDjj7Do
- Offshore-Windenergieanlagen (2:58): http://www.youtube.com/watch?v=N5VQNgkJo5w

Modell einer Windkraftanlage

Anleitungstext

In der MINT-ExperimentierBox findet ihr den Experimentierkasten leXsolar-Wind, sowie, ein Gerät zur Spannungsversorgung und ein Gerät zur Messung der Windgeschwindigkeit (Anemometer).

In dem Experimentierkasten leXsolar-Wind sind folgende Bauteile enthalten:

- Grundeinheit
- Winderzeuger mit Schiene
- Windgenerator auf Modulplatte
- LED-Modul (Leuchtdiode)
- Messgeräte mit Kabel (Spannungs- und Strommessgerät)
- Savoniusrotor (mit Generatormodul)
- Widerstandsmodul (R = 30 Ω)
- Kondensatormodul (C = 220 mF)
- Potentiometermodul (R = 0 Ω …1 kΩ)
- Anemometer

Hinweise zur Handhabung

Bei der Durchführung der Experimente mit dem Experimentierkasten leXsolar-Wind sind einige Hinweise zum Umgang mit Geräten und Bauteilen zu beachten.

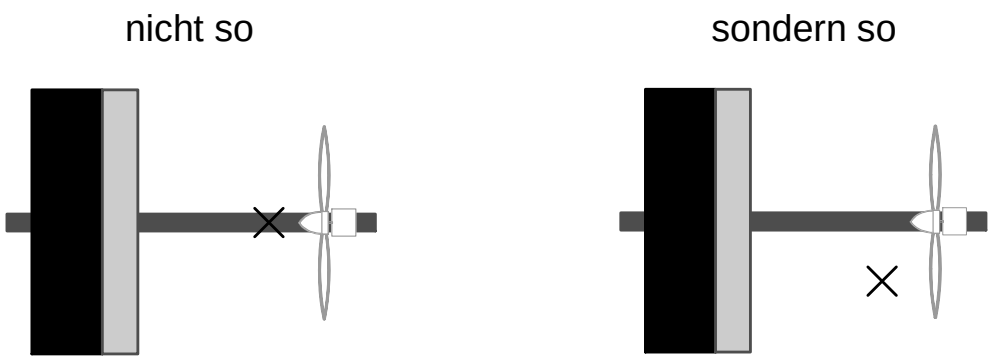
1. Umgang mit der Schiene:
Beim Entnehmen der Schiene aus der Box (bzw. dem Koffer) sollte darauf geachtet werden, dass die Schiene nahe dem Standfuß angefasst wird. Wird sie zu weit vom Standfuß entfernt angefasst und herausgeholt, so kann der Standfuß abbrechen.

2. Aufbau der Grundeinheit mit Schiene und Winderzeuger:
Zuerst wird die Grundeinheit aufgebaut und auf den linken Steckplatz das Grundmodul des Windgenerators befestigt. Dabei sollte der Windgenerator selbst noch nicht aufgesteckt werden. Als nächsten Schritt steckt man die Schiene so auf das Grundmodul auf, dass sie links neben der Grundeinheit auf der Tischplatte steht und horizontal ausgerichtet ist. Erst jetzt wird der Winderzeuger auf der Schiene befestigt. Je nachdem, welches Experiment durchgeführt werden soll, muss nun der Windgenerator oder der Savoniusrotor mit Motormodul auf der Grundeinheit befestigt werden.

ACHTUNG!
Beim Abbau der Geräte sollte darauf geachtet werden, dass zuerst der Winderzeuger aus dem Aufbau entfernt wird, bevor die Schiene von der Grundeinheit gelöst werden kann. Es kann sonst zum Abbrechen des Standfußes durch das Gewicht des Winderzeugers kommen.

3. Polarität einzelner Bauteile im Gesamtaufbau:
Beim Aufbau von Generator und den Bauelementen müssen die Polaritäten beachtet werden. Der Windgenerator dient dabei als Spannungsquelle. Rechts befindet sich der positve und links der negative Pol. Es muss bei den Modulen, bei denen eine Polarität angegeben ist, darauf geachtet werden, dass stets Plus an Plus und Minus an Minus angeschlossen wird (genauso wie bei Anschluss an eine herkömmliche Spannungsquelle). Ebenso ist die Polarität des Windgenerators für den Anschluss der Messgeräte zur Spannungs- und Strommessung von Bedeutung und muss dabei beachtet werden.

4. Messung der Windgeschwindigkeit (mit dem Windgeschwindigkeitsmesser):
Wird die Windgeschwindigkeit mithilfe des Windgeschwindigkeitsmessers gemessen, so ist darauf zu achten, dass die Windgeschwindigkeit nicht in der Mitte (direkt vor der Nabe), sondern links oder rechts der Nabe gemessen wird. Beachte dazu die folgende Abbildung.



Allerdings wird die **Messung der Windgeschwindigkeit** immer **ohne Windgenerator** durchgeführt. Der Rotor in der Darstellung dient nur der Veranschaulichung der Position.

Im Folgenden finden sich Experimente, die mit dem Experimentierkasten lexsolar-Wind und dem Anemometer (Windmesser) durchgeführt werden können.

Die MINT-EnergieBox enthält das **Lehrsystem "leXsolar-Wind".**
Es enthält ein Schülerheft mit den Versuchsanleitungen und ein Lehrerheft mit Hintergrundinformationen und den Lösungen zu den Versuchen. Beide liegen in der MINT-EnergieBox als Ausdruck und elektronisch (CD-ROM) vor.

Inhaltsverzeichnis Schülerheft
Dieses Heft enthält die Experimentieranleitungen sowie die zugehörigen Vorlagen zur Auswertung für folgende Experimente:

1.1 Abstandsabhängigkeit der Windgeschwindigkeit (phänomenologisch) 10
1.2 Abstandsabhängigkeit der Windgeschwindigkeit (Spannungsmessung) 11
1.3 Abstandsabhängigkeit der Windgeschwindigkeit (Leistungsmessung) 13
2.1 Anlaufgeschwindigkeit an einer Windkraftanlage 15
2.2 Vergleich der Anlaufgeschwindigkeit zwischen Savonius- und Dreiblattrotor 17
3.1 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten eines Verbrauchers 19
3.2 Veränderung der Generatorspannung durch Zuschalten verschiedener Verbraucher** 21
4 Untersuchung der Windgeschwindigkeit hinter dem Rotor* 23
5.1 Energiebilanz an einer Windkraftanlage 25
5.2 Berechnung des Wirkungsgrades einer Windkraftanlage 27
6 Speicherung elektrischer Energie 29
7.1 Energieumwandlungen an einer Windkraftanlage** 31
7.2 Untersuchungen an Farbscheiben mithilfe einer Windkraftanlage** 32
8.1 Vergleich zwischen Savonius- und Dreiblattrotor (phänomenologisch) 33
8.2 Vergleich zwischen Savonius- und Dreiblattrotor (Spannungsmessung) 35
8.3 Vergleich zwischen Savonius- und Dreiblattrotor (Leistungsmessung) 37
9.1 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblattrotoren (phänomenologisch) 40
9.2 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblattrotoren (Spannungsmessung) 42
9.3 Vergleich von Zwei-, Drei und Vierblattrotoren (Leistungsmessung) 44
10 Kennlinien einer Windkraftanlage 46
11.1 Einfluss der Windrichtung (phänomenologisch) 48
11.2 Einfluss der Windrichtung (Spannungsmessung) 49
11.3 Einfluss der Windrichtung (Leistungsmessung) 51
12.1 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (phänomenologisch) 53
12.2 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (Spannungsmessung) 54
12.3 Einfluss des Anstellwinkels der Rotorblätter (Leistungsmessung) 56
12.4 Anlaufgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Anstellwinkel der Rotorblätter 58
13.1 Einfluss der Flügelform (phänomenologisch) 61
13.2 Einfluss der Flügelform (Spannungsmessung) 62
13.3 Einfluss der Flügelform (Leistungsmessung) 63

Die mit * gekennzeichneten Versuche sind nur möglich mit der Erweiterung „Windstärkemesser“
Die mit ** gekennzeichneten Versuche sind nur möglich mit der Erweiterung „MOM“ (Messen ohne Messgerät). Dies ist nicht in der MINT-EnergieBox enthalten.

Auf den Seiten 3 bis 9 des Schülerheftes finden sich nähere Erläuterungen zu den Anleitungen und zur Durchführung der Experimente, damit die Experimente sicher zum Erfolg führen.

Es folgt eine Liste mit Experimenten, die mit dem Experimentierkasten „leXsolar-Wind“ und dem Anemometer (Windmesser) durchgeführt werden können.

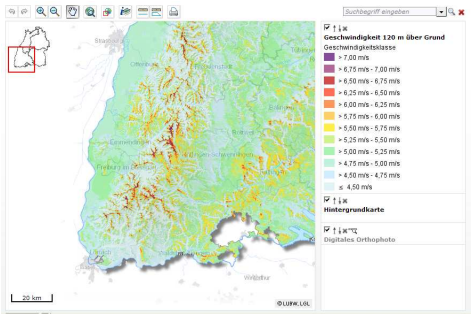
Die Experimente sind ihrem Anspruch nach in Level 1 und Level 2 unterteilt. Experimente, die optional durchgeführt werden können, sind grau eingefärbt.

Level 1

Experiment 1.1: Veränderung der Windgeschwindigkeit durch Verändern des Abstandes (phänomenologisch)
Experiment 2.1: Anlaufwindgeschwindigkeit an einer Windkraftanlage
Experiment 3.1: Veränderung der erzeugten Spannung durch Zuschalten eines Verbrauchers (mit Widerstand)
Experiment 4.1: Untersuchung der Windgeschwindigkeit vor und hinter dem Rotor (im Leerlauf)
Experiment 6: Speicherung elektrischer Energie
Experiment 7.1: Energieumwandlungen an einer Windkraftanlage
Experiment 8.1: Vergleich zwischen Savoniusrotor und Dreiblattrotor (phänomenologisch)
Experiment 9.1: Vergleich von Zwei-, Drei- und Vierblattrotoren (phänomenologisch)
Experiment 10: Kennlinien einer Windkraftanlage
Experiment 11.1: Einfluss der Windrichtung auf die Leistung des Windrotors (phänomenologisch)

Level 2

Experiment 1.2: Veränderung der Windgeschwindigkeit durch Verändern des Abstandes (Spannung)
Experiment 1.3: Veränderung der Windgeschwindigkeit durch Verändern des Abstandes (Leistung)
Experiment 2.2: Vergleich der Anlaufgeschwindigkeit zwischen Savonius- und Dreiblattrotor
Experiment 3.2: Veränderung der erzeugten Spannung durch Zuschalten eines Verbrauchers (mit Hupe, Glühlampe und Motor)
Experiment 4.2: Untersuchung der Windgeschwindigkeit vor und hinter dem Rotor (mit Widerstand und Glühlampe)
Experiment 5.1: Berechnung des Wirkungsgrades einer Windkraftanlage
Experiment 5.2: Energiebilanz an der Windkraftanlage
Experiment 6: Speicherung elektrischer Energie
Experiment 7.2: Untersuchungen an Farbscheiben mithilfe einer Windkraftanlage
Experiment 8.2: Vergleich zwischen Savoniusrotor und Dreiblattrotor (Spannung)
Experiment 8.3: Vergleich zwischen Savoniusrotor und Dreiblattrotor (Leistung)
Experiment 9.2: Vergleich von Zwei-, Drei- und Vierblattrotoren (Spannung)
Experiment 10: Kennlinien einer Windkraftanlage
Experiment 11.2: Einfluss der Windrichtung auf die Leistung des Windrotors (Spannung)
Experiment 11.3: Einfluss der Windrichtung auf die Leistung des Windrotors (Leistung)



Windkraft

Potenziale der Windkraft berechnen

Experiment 1 **Level 1**

Material:
Abbildung Windatlas laminiert

Einleitung:
Die jährliche Stromerzeugung einer Windenergieanlage berechnet sich aus der Anzahl Volllaststunden (das sind die Stunden, in denen die Windenergieanlage mit ihrer Nennleistung läuft) multipliziert mit der Nennleistung der Anlage. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist zur Berechnung der Jahresstromerzeugung nicht geeignet, da sie keine Aussage liefert, wie oft der Wind mit dieser Geschwindigkeit über das Jahr weht. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist aber ein guter Indikator für die prinzipielle Eignung eines Standorts zum Bau einer Windenergieanlage.

Aufgaben:
Schaut euch das Kartenmaterial aufmerksam an und lest euch den Einleitungstext zu Experiment 1 durch. Beantwortet dann folgende Fragen:

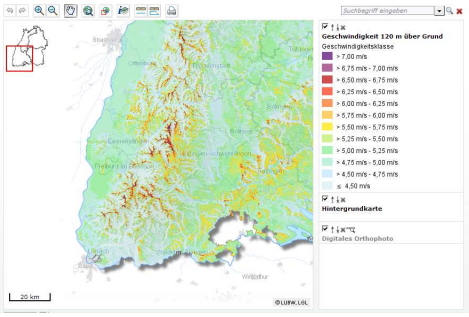
a) Wo finden sich auf der Karte die Gebiete mit den höchsten Windgeschwindigkeiten? Warum weht der Wind dort am stärksten?

_____

b) Berechnet die jährliche Stromerzeugung einer Windkraftanlage mit 2 Megawatt (MW) Leistung an einem Standort, an dem die Anlage im Jahr 2000 Volllaststunden erreicht.

_____

_____



Windkraftanlage

Potenziale der Windkraft berechnen

Experiment 1 **Level 2**

Material:
Abbildung Windatlas laminiert

Einleitung:
Die jährliche Stromerzeugung einer Windenergieanlage berechnet sich aus der Anzahl Volllaststunden (das sind die Stunden, in denen die Windenergieanlage mit ihrer Nennleistung läuft) multipliziert mit der Nennleistung der Anlage. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist zur Berechnung der Jahresstromerzeugung nicht geeignet, da sie keine Aussage liefert, wie oft der Wind mit dieser Geschwindigkeit über das Jahr weht. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit ist aber ein guter Indikator für die prinzipielle Eignung eines Standorts zum Bau einer Windenergieanlage.

Aufgaben:
Schaut euch das Kartenmaterial aufmerksam an und lest euch den Einleitungstext zu Experiment 1 durch. Beantwortet dann folgende Fragen:

a) Wo finden sich auf der Karte die Gebiete mit den höchsten Windgeschwindigkeiten? Warum weht der Wind dort am stärksten?

_____

b) Berechnet die jährliche Stromerzeugung einer Windkraftanlage mit 2 Megawatt (MW) Leistung an einem Standort, an dem die Anlage im Jahr 2000 Volllaststunden erreicht.

_____

c) Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr 3.500 Kilowattstunden Strom. Wie viele Haushalte lassen sich mit der 2 MW Windkraftanlage rechnerisch versorgen?

_____

_____

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

Experiment 1: Windkraft - Potenziale der Windkraft berechnen

a) Auf den Höhenzügen des Schwarzwalds. Die Windgeschwindigkeit nimmt mit steigender Höhe zu.
b) 4 Gigawattstunden, das sind 4.000 Megawattstunden oder 4.000.000 Kilowattstunden
c) 1142 Haushalte

3.4 Wasserenergie

Experiment 1: Wasserturbine: Stromerzeugung (Level 1)
Wasserturbine: Stromerzeugung (Level 2)

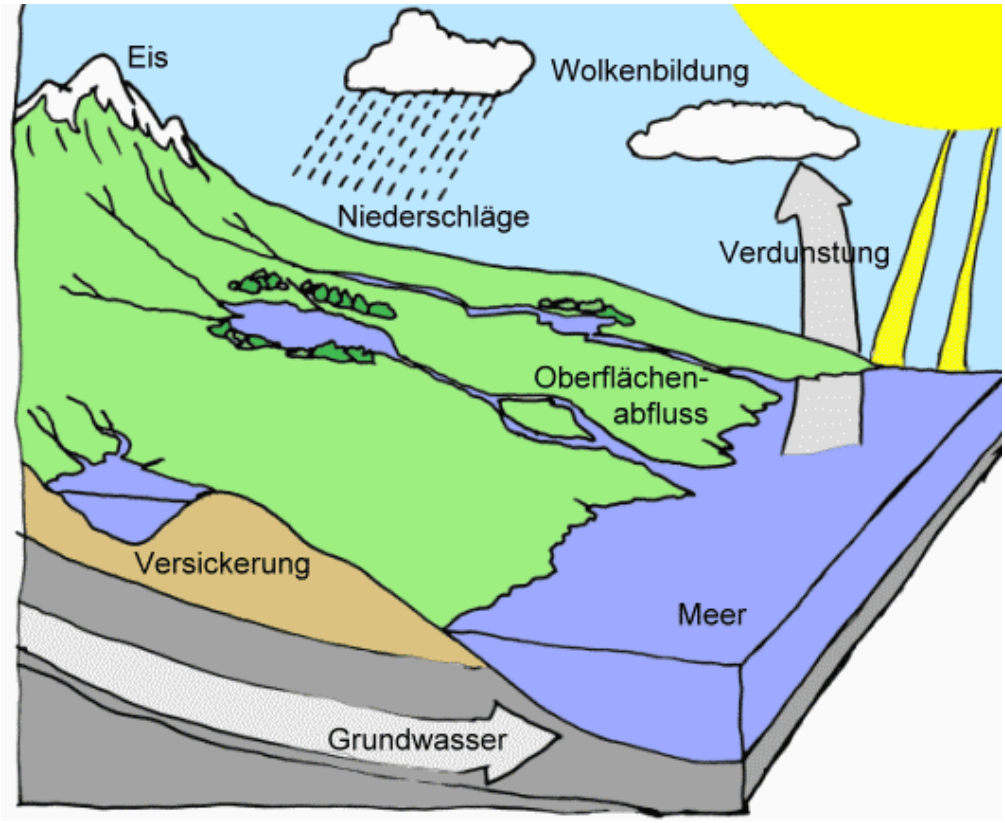
Experiment 2: Wasserenergie: verschiedene Arten der Nutzung (Level 1)
Wasserenergie: verschiedene Arten der Nutzung (Level 2)

Wasserenergie

Hintergrundinformation

Der Kreislauf des Wassers

Wie kommt es zu den großen Bewegungen des Wassers auf der Erde? Die größten Wassermengen finden sich im Meer. Scheint die Sonne auf Wasserflächen, beginnt das Wasser zu verdunsten, es wird also gasförmig und steigt als Wasserdampf in die Atmosphäre auf. Dort bilden sich Wolken, die durch die Kraft des Windes weggetrieben werden. An anderen Stellen kühlt der Wasserdampf ab und fällt als Wasser in Form von Niederschlägen aus den Wolken wieder auf die Erde zurück. Dort sammelt es sich in Flüssen, Seen und im Grundwasser. Die Flüsse fließen wiederum zurück in das Meer, der Kreislauf schließt sich. Dieser Kreislauf bleibt durch die Energie der Sonne in Bewegung. In der folgenden Abbildung seht ihr ein Schema zum Wasserkreislauf der Erde:



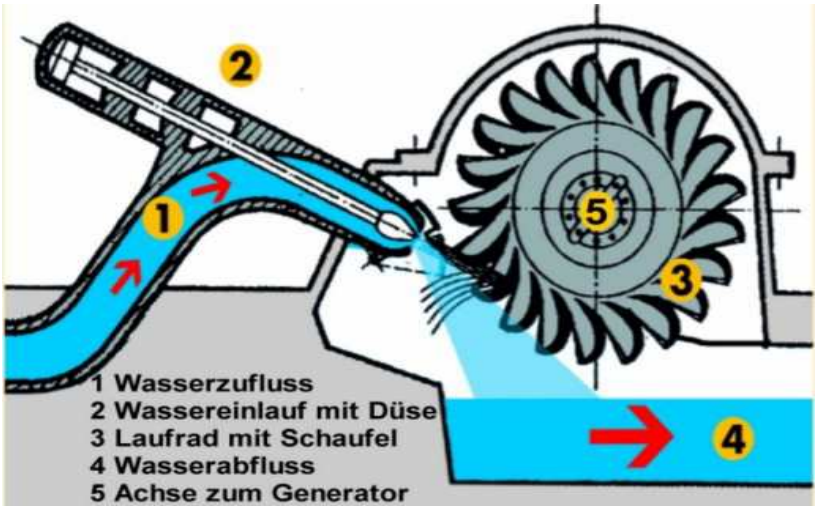
Quelle: www.oekosystem-erde.de

Nutzung der Wasserkraft

Schon früher wurde die Kraft des Wassers genutzt, um in Wassermühlen Mehl zu mahlen oder Sägewerke zu betreiben. Die modernen Wasserkraftwerke gewinnen aus der Kraft des Wassers elektrische Energie. Sie nutzen die **Bewegungsenergie** des Wassers, wie im Folgenden am Beispiel eines Speicherkraftwerks mit Pelton-Turbine beschrieben: Wasser wird in ein steiles Fallrohr eingeleitet. In einem engen Rohr fließt das Wasser schnell und mit viel Druck. Am Ende des Rohrs befindet sich das Rad des Wasserkraftwerks, die Wasserturbine. Das Wasser strömt auf die

Turbinenschaufeln und dreht sie. Die Turbine sitzt auf einer Welle, auf der auch ein Generator befestigt ist. Die Rotationsenergie der drehenden Turbine wird über die Welle auf den Generator übertragen, der die Rotationsenergie in elektrische Energie umwandelt. Aus dem Generator wird die elektrische Energie in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

Im Folgenden seht ihr ein Schaubild zur Funktion einer Wasserturbine, am Beispiel einer Pelton-Turbine:



Quelle: FIZ Karlsruhe. BINE Informationsdienst, Bonn (Hrsg.): Wasserkraft. BasisEnergie 18/

Das Wasser fließt durch ein Rohr (1) und eine Düse. Dadurch strömt es schnell und mit hohem Druck auf die Schaufelräder der Turbine (3). Die Turbine dreht sich durch den Wasserstrahl. Wenn die Turbine sich dreht, dreht sich auch die Achse (4). Die Achse dreht dann den Generator, der den Strom erzeugt. Unterhalb der Turbine fließt das Wasser aus dem Wasserkraftwerk ab.

Arten von Wasserkraftwerken
Es gibt verschiedene Typen von Wasserkraftwerken. Man unterscheidet **Laufwasserkraftwerke, (Pump)Speicherkraftwerke, Wellen- und Gezeitenkraftwerke und Strömungskraftwerke.**

Laufwasserkraftwerke werden **an Flüssen gebaut.** In Deutschland sind 80 % der Wasserkraftwerke Laufwasserkraftwerke. Laufwasserkraftwerke sind häufig mit einem **Wehr** ausgestattet, mit dem das Wasser etwas aufgestaut wird. Dadurch erhöht sich der Wasserstand vor dem Kraftwerk und das Wasser strömt mit höherer Geschwindigkeit und höherem Druck auf die Wasserturbinen. So kann mehr Strom erzeugt werden.

Speicherkraftwerke sind Wasserkraftwerke, die **im Gebirge** gebaut werden. Man baut große Staumauern und staut das Wasser von zufließenden Bächen, so dass ein großer Stausee entsteht. Das Speicherkraftwerk wird so genannt, weil das Wasser im See gespeichert wird. Um elektrische Energie zu erzeugen wird das Wasser aus dem See durch lange Druckleitungen unter der Staumauer hindurch geleitet. Die Rohre reichen häufig bis weit ins Tal hinab. Im Maschinenhaus wird das Wasser auf eine Wasserturbine geleitet, die einen Generator antreibt, der die Rotationsenergie der Wasserturbine in elektrische Energie umwandelt. Eine spezielle Form der

Wasserspeicherkraftwerke sind die **Pumpspeicherkraftwerke**. Sie pumpen zu Zeiten, in denen mehr Strom erzeugt als gleichzeitig verbraucht wird, mit einer elektrischen Pumpe Wasser hinauf in den Speicher (Stausee). Der **Vorteil** der Speicherkraftwerke ist, dass der Strom dann erzeugt werden kann, wenn er benötigt wird, und in Pumpspeichern dann gespeichert werden kann, wenn, er nicht benötigt wird. Die Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen und Laufwasserkraftwerke hingegen erzeugen nur Strom, wenn die Sonne scheint, der Wind weht und das Wasser fließt. Der **Nachteil** ist, dass für Speicherkraftwerke riesige Stauseen angelegt werden müssen, die große Auswirkung auf die Landschaft und auch auf die Menschen haben. Häufig müssen Menschen deswegen umgesiedelt werden. Bei den Video-Clips findet ihr einen kritischen Beitrag zu den Risiken und Auswirkungen des Baus eines großen Staudamms in Brasilien.

Wellen- und Strömungskraftwerke sowie Gezeitenkraftwerke werden üblicherweise im bzw. am Meer gebaut.

Wellenkraftwerke nutzen die Bewegungsenergie von Oberflächenwellen, die überwiegend durch Wind entstehen, der über die Wasserfläche streicht und sie damit in Bewegung bringt. Es gibt unterschiedliche Technologien zur Nutzung dieser Bewegungsenergie, z.B. durch hydraulische Zwischenschritte. Diese Wellenkraftwerke sehen wie überdimensionale Seeschlangen aus, die auf dem Wasser liegen.

Gezeitenkraftwerke nutzen den Höhenunterschied des Meeresspiegels zwischen Ebbe und Flut, den sogenannten Tidenhub (Gezeitenkraftwerke), und wandeln diese Energie in elektrische Energie um.
Die Gezeiten sind auf die Anziehungskräfte zwischen Erde und Mond bzw. Sonne zurückzuführen. Gezeitenkraftwerke werden an Orten gebaut, an denen der Tidenhub wegen einer spezieller Küsten- oder Meeresbodenform besonders groß ist, wie z.B. in der Bucht bei St. Malo (Bretagne, Frankreich).Dort beträgt der Tidenhub durchschnittlich 16 Meter, und dort ist auch ein großes Gezeitenkraftwerk installiert.

Meeresströmungskraftwerke wandeln die natürlichen Meeresströmungen in elektrische Energie um. Meeresströmungen wie z.B. der Golfstrom sind sehr kontinuierlich und lassen sich sehr gut vorhersagen. Strömungskraftwerke sind prinzipiell wie Windkraftwerke aufgebaut, also mit Rotor und Generator, nur werden sie unter Wasser installiert. Aufgrund der niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten drehen sie sich sehr langsam.

Hier findet ihr ein paar Video-Clips zum Thema Wasserkraft:

- Strom aus dem Fluss, das Laufwasserkraftwerk (2:14): www.youtube.com/watch?v=e1VWLGP7o_g
- Modernisierung eines Laufwasserkraftwerks (6:25): www.youtube.com/watch?v=EiwCbAWmhZc
- Brasilien: Der Monster-Staudamm: Todesstoß für Amazonien? (7:39): http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/3517136?documentId=8459062
- Strom aus den Bergen: das Speicherkraftwerk (3:40): www.youtube.com/watch?v=Rt7eJFvMqbg
- Strömungskraftwerk und Wellenkraftwerk (8:00): http://www.youtube.com/watch?v=yM2EoirCQf0

Weitere Infos zum Thema Wasserkraft findet ihr im eLearning-Modul oder unter:

- BINE Informationsdienst Wasserkraft (PDF): http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/44285/BINE_Wasserkraft.pdf?command=downloadContent&filename=BINE_Wasserkraft.pdf
- KlimaNet Unterrichtsmaterial „Die Kraft des Wassers nutzen“ (PDF): http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/51486/Sekundarstufe_Wasserkraft.pdf?command=downloadContent&filename=Sekundarstufe_Wasserkraft.pdf
- Deutsche Energie-Agentur dena, Thema Energie – Wasserkraft http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/wasserkraft/

Wasserturbine

Anleitungstext

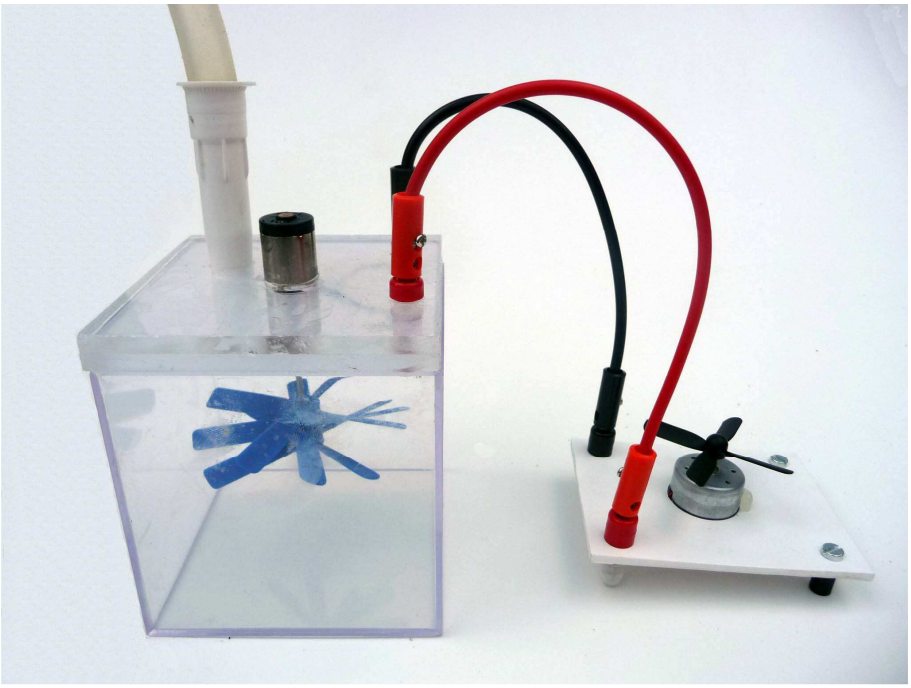
Zu dem Versuch mit der Wasserturbine gehören folgende Materialien: Wasserturbine, Solardusche, Schlauchklemme, eine LED-Leuchte, ein Summer sowie eine Gießkanne mit genügend Wasser.

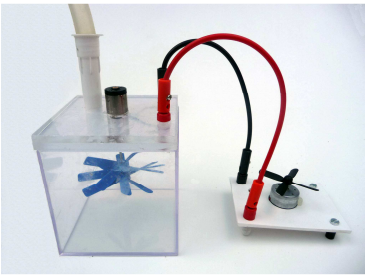
Stellt die Wasserturbine auf den Boden (im Freien) oder oberhalb eines Wasserablaufs oder Sammelbehälters, z.B. Waschbecken oder Eimer (drinnen). **Achtung! Das verbrauchte Wasser läuft unten aus der Wasserturbine wieder hinaus!**

Haltet das offene Schlauchende nach oben und füllt Wasser in den Wassersack (Solardusche). Nutzt die Schlauchklemme, um den Zufluss aus dem Wassersack zu unterbrechen. Steckt nun das offene Schlauchende in die Düse der Wasserturbine. Wenn alles richtig angeschlossen ist (siehe Foto), könnt ihr die Schlauchklemme lösen. Das Wasser fließt dann durch den Schlauch und treibt die Turbine an.

Wenn die Turbine sich schnell genug dreht, leuchtet die LED bzw. summt der Summer, je nachdem, welcher Verbraucher angeschlossen ist.

Wenn das Wasser durchgelaufen ist, muss es nachgefüllt werden. Ihr könnt den Zufluss auch durch die Schlauchklemme kurzzeitig unterbrechen, zum Beispiel wenn ihr einen Versuchsumbau macht.





Wasserturbine

Stromerzeugung

Experiment 1 **Level 1**

Material: 1 Wasserturbine, 1 Grundplatte LED; 1 Grundplatte Summer, 1 Solardusche mit Schlauch, Anleitungstext „Wasserturbine“, Gießkanne mit Wasser*

Versuch:
Baut den Wasserturbinen-Versuch auf wie im Anleitungstext „Wasserturbine“ beschrieben. Schließt die LED an. Positioniert die Solardusche nun in einer Höhe von ca. 1.50 Meter oberhalb der Turbine und lasst nun das Wasser durch die Turbine laufen.

a) Was passiert?

_____

Positioniert nun den Eimer in einer Höhe von ca. 1 Meter oberhalb der Turbine und lasst wieder das Wasser durch die Turbine laufen.

b) Was hat sich verändert?

_____

Wiederholt den Versuch, diesmal mit dem Summer.

c) Was beobachtet ihr diesmal?

_____

_____

d) Welche Faktoren beeinflussen generell die Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbine?

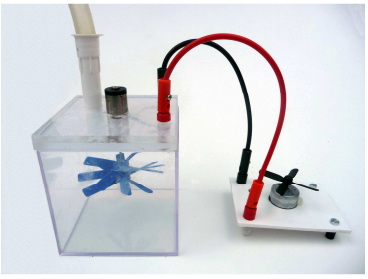
_____

_____

e) Wo kommen Wasserturbinen zum Einsatz?

_____

_____



Wasserturbine

Stromerzeugung

Experiment 1 **Level 2**

Material: 1 Wasserturbine, 1 Grundplatte LED, 1 Solardusche mit Schlauch, Multimeter, Anleitungstext „Wasserturbine“, Gießkanne mit Wasser*

Versuch:
Baut den Wasserturbinen-Versuch auf wie im Anleitungstext „Wasserturbine“ beschrieben. Schließt die LED an.

Positioniert den gefüllten Eimer nacheinander in einer Höhe von ca. 1.50 / 1 / 0.50 Meter oberhalb der Turbine und lasst das Wasser durch die Turbine strömen. Messt dabei die Stromspannung bei jeder Höhe.

a) Was fällt auf? Warum ist das so?

_____

_____

_____

Tragt eure Messergebnisse in ein Diagramm ein (Benutzt dazu ein Extrablatt oder die Rückseite dieses Blattes).

b) Wie verhält sich die LED während des Experiments?

_____

c) Welche Faktoren beeinflussen generell die Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbine?

_____

_____

d) Wo kommen Wasserturbinen zum Einsatz?

_____

_____

Quelle: Energiedienst / E. Meyer

Wasserenergie

Verschiedene Arten der Nutzung

Experiment 2 **Level 1**

Lest euch die Hintergrundinformation „Wasserenergie“ aufmerksam durch und beantwortet dann folgende Fragen:

a) Welche Formen der Wasserenergienutzung kennt ihr?

_____

_____

b) Welche Formen der Wasserkraft sind auf Anziehungskräfte zwischen Erde und Mond bzw. Sonne zurückzuführen, welche auf die Sonnenenergie?

_____

_____

c) Was ist der Vorteil von Speicherkraftwerken gegenüber von Laufwasserkraftwerken?

_____

_____

Quelle: Energiedienst / E. Meyer

Wasserenergie

Verschiedene Arten der Nutzung

Experiment 2 **Level 2**

Lest euch die Hintergrundinformation „Wasserenergie“ aufmerksam durch und beantwortet dann folgende Fragen:

a) Welche Formen der Wasserenergienutzung kennt ihr?

_____

_____

b) Welche Formen der Wasserkraft sind auf Anziehungskräfte zwischen Erde und Mond bzw. Sonne zurückzuführen, welche auf die Sonnenenergie?

_____

_____

c) Was ist der Vorteil von Speicherkraftwerken gegenüber von Laufwasserkraftwerken?

_____

_____

d) Was ist der Vorteil und was die Nachteile von Pumpspeicherkraftwerken?

_____

_____

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

Experiment 1: Wasserturbine – Stromerzeugung (Level 1)

a) Die LED leuchtet.
b) Die LED leuchtet schwächer.
c) Der Summer tönt lauter, je höher der Eimer über der Turbine positioniert wird.
d) Fallhöhe des Wassers, Wassermenge
e) In Laufwasser- und Speicherkraftwerken, in Gezeitenkraftwerken

Experiment 1 „Wasserturbine – Stromerzeugung“ (Level 2)

a) Die Spannung steigt, je höher der Eimer über der Turbine positioniert wird. Der Grund dafür ist, dass sich durch steigende Fallhöhe des Wassers der Wasserdruck auf die Turbine und damit die Rotationsgeschwindigkeit erhöht. Dies führt zu einem Anstieg der Ausgangsspannung am Elektromotor, dem Generator.
b) Die LED leuchtet heller, je höher der Eimer über der Turbine positioniert wird
c) Fallhöhe des Wassers, Wassermenge
d) In Laufwasser- und Speicherkraftwerken, in Gezeitenkraftwerken

Experiment 2 „Wasserenergie - Verschiedene Arten der Nutzung“

a) Laufwasserkraftwerke, (Pump)Speicherkraftwerke, Wellenkraftwerke, Strömungskraftwerke, Gezeitenkraftwerke
b) Anziehungskräfte: Gezeitenkraftwerk
Sonnenenergie: Laufwasserkraftwerk, Speicherkraftwerk, Wellenkraftwerk, Strömungskraftwerk
c) Speicherkraftwerke sind im Gegensatz zu Laufwasserkraftwerken steuerbar, sie können also genau dann eingesetzt werden, wenn Strom gebraucht wird.
d) Vorteil: Pumpspeicherkraftwerke können überschüssigen Strom speichern, indem Wasser aus dem Tal in den höher gelegenen Stausee gepumpt wird, um zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Stromerzeugung genutzt zu werden.
Nachteil: Für Pumpspeicherkraftwerke müssen riesige Stauseen angelegt werden, die große Auswirkung auf die Landschaft und auch auf die Menschen haben. Häufig müssen Menschen deswegen umgesiedelt werden.

3.5 Geothermie

Experiment 1: Geothermie: Grundlagen(Level 1)
Geothermie: Grundlagen(Level 2)

Experiment 2: Geothermie: Film „ Geothermie am Oberrhein“ (Level 1)
Geothermie: Film „ Geothermie am Oberrhein“ (Level 2)

Experiment 3: Geothermie: Risiken (Level 1)
Geothermie: Risiken (Level 2)

Geothermie

Hintergrundinformation

Vor langer Zeit war die Erde eine glühend heiße Kugel. Langsam hat sie sich an der Oberfläche abgekühlt, im Inneren jedoch ist sie immer noch sehr heiß. Die Geothermie nutzt diese Erdwärme zur Energiegewinnung. „Geos“ bedeutet auf Griechisch die „Erde“ und „Thermos“ bedeutet „Wärme“. Geothermie bedeutet also Erdwärme. Je tiefer man in die Erde bohrt, umso heißer wird es. Die Temperatur der Erde nimmt pro 100 Meter Tiefe um etwa 3 ℃ zu. An manchen Orten mit besonderen Gesteinsformationen steigt die Temperatur mit zunehmender Tiefe auch schneller an. Solche Orte sind für eine Nutzung der Erdwärme besonders geeignet, z.B. zum Heizen oder zur Stromerzeugung. Das beiliegende **Poster „Bohrung Urach 3“** ist ein Beispiel für solch einen Ort in Baden-Württemberg.

Jede Form der Nutzung der Geothermie findet nahe der Erdoberfläche und innerhalb der Erdkruste statt, die ca. 40 km dick und maximal 1100 ℃ heiß ist. Der innere Kern der Erde ist jedoch 6371 km von der Erdoberfläche entfernt und bis zu 5000 ℃ heiß! Den inneren Aufbau der Erde könnt ihr aus den beiliegenden Materialien weiter verstehen.

Es gibt unterschiedliche Arten der Nutzung der Erdwärme: Oberflächen- und Tiefengeothermie. Einen Überblick über geothermische Nutzungssysteme findet ihr in dem beiliegenden **Poster „Geothermische Nutzungssysteme“.**

Prinzipiell wird die Erdwärme nutzbar gemacht, indem Wasser in Bohrungen gepumpt wird, sich in der Tiefe erwärmt, wieder herausgepumpt wird und dann bei kleinen Anlagen durch Wärmepumpen als Brauchwasser oder zum Heizen oder bei großen Anlagen zur Stromerzeugung in Dampfturbinen genutzt werden kann.

Bei der **Oberflächengeothermie** wird in eine Tiefe von bis zu 400 m, meist jedoch nur 10-60 m gebohrt. Entsprechend gering ist der Temperaturanstieg (auf etwa 10 bis 15 ℃), der nutzbar gemacht werden kann. Eine W ärmepumpe hebt diesen geringen Temperaturanstieg durch Verdampfen, Verdichten und Verflüssigen eines Wärmeträgers weiter an, sodass man die Energie für das Brauchwasser oder zum Heizen nutzen kann.

Bei der **Tiefengeothermie** wird in größere Tiefen gebohrt (1500 bis 3000 Meter). Entsprechend größer ist der Temperaturanstieg (meist über 60 ℃), und auch die Menge an erwärmtem Wasser ist größer. So können durch Nutzung der Tiefengeothermie ganze Dörfer beheizt oder in einem Dampfturbinenkraftwerk Strom erzeugt werden.

Hier findet ihr ein paar Video-Clips zum Thema Geothermie:
Quo vadis, Geothermie? (8:22):

http://www.ardmediathek.de/ard/servlet/content/3517136?documentId=9914960

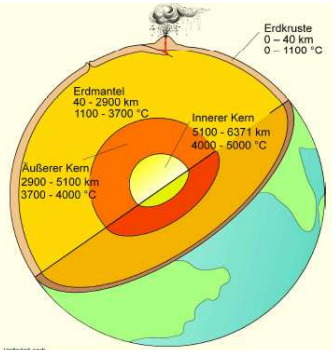
Energie aus der Erde (14:38):
http://www.planet-schule.de/sf/php/02_sen01.php?sendung=7976

Film „Geothermie am Oberrhein“ (6:00):
http://www.tiefegeothermie.de/fileadmin/user_upload/Filme/Geothermie.wmv

Weitere Informationen zum Thema Geothermie findet ihr im eLearning Modul oder unter:

Bundesverband Geothermie e.V. - Geothermie - Energie aus dem heißen Planeten.
http://www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/51486/Geothermie.pdf?command=downloadContent&filename=Geothermie.pdf

BMU-Broschüre: Geothermische Stromerzeugung
http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47599/4594/



Geothermie

Grundlagen

Experiment 1 **Level 1**

Lest euch die Hintergrundinformation zur Geothermie aufmerksam durch und schaut die beiliegenden Poster zum Thema Geothermie an. Bearbeitet dann die folgenden Aufgaben:

Aufgaben

a) Wie heiß ist es im Inneren der Erde?

_____

b) Welche geothermisch interessante Region gibt es in Baden-Württemberg?

_____

c) Welche geothermischen Nutzungssysteme gibt es? Welche davon gehören zur Oberflächengeothermie, welche zur Tiefengeothermie?

_____

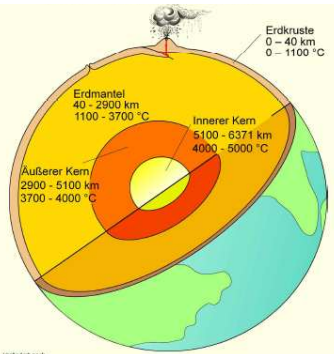
_____

_____

d) Um wie viel Grad Celsius nimmt die Erdtemperatur durchschnittlich je 100 Meter Tiefe zu? Gilt das auch für die Bohrung Urach 3?

_____

_____



Geothermie

Grundlagen

Experiment 1 **Level 2**

Lest euch die Hintergrundinformation zur Geothermie aufmerksam durch und schaut die beiliegenden Poster zum Thema Geothermie an. Die Zunahme der Erdtemperatur mit zunehmender Tiefe nennt man **Temperaturgradient**. Bearbeitet dann die folgenden Aufgaben:

Aufgaben

a) Wie heiß ist es im Inneren der Erde?

_____

b) Welche geothermisch interessante Region gibt es in Baden-Württemberg?

_____

c) Welche geothermischen Nutzungssysteme gibt es? Welche davon gehören zur Oberflächengeothermie, welche zur Tiefengeothermie?

_____

_____

_____

d) Um wie viel Grad Celsius nimmt die Erdtemperatur durchschnittlich je 100 Meter Tiefe zu? Gilt das auch für die Bohrung Urach 3?

_____

_____

e) Bis zu welcher Tiefe ist der Temperaturgradient bei der Bohrung Urach 3 am größten?

_____

Geothermie

Film „Geothermie am Oberrhein“

Experiment 2 **Level 1**

Seht euch den Film „Geothermie am Oberrhein“ an.
Lest euch dann die Aufgaben durch, schaut den Film noch mal an und beantwortet die Fragen. Macht euch dabei Notizen.

Aufgaben

a) Warum ist der Oberrheingraben als Region besonders zur Nutzung der Geothermie geeignet?

_____

_____

b) Wie tief muss bei Kehl/Straßburg gebohrt werden, um Geothermie zu nutzen?

_____

c) Welche Temperatur hat das Thermalwasser in Kehl?

_____

d) Wie tief muss man in Freiburg bohren, um Hydrogeothermie zu nutzen?

_____

e) Wie heiß ist hier das Gestein?

_____

Geothermie

Film „Geothermie am Oberrhein“

Experiment 2 **Level 2**

Seht euch den Film „Geothermie am Oberrhein“ an.
Lest euch dann die Aufgaben durch, schaut den Film noch mal an und beantwortet die Fragen. Macht euch dabei Notizen.

Aufgaben

a) Warum ist der Oberrheingraben als Region besonders zur Nutzung der Geothermie geeignet?

_____

_____

b) Wie tief muss bei Kehl/Straßburg gebohrt werden, um Geothermie zu nutzen?

_____

c) Welche Temperatur hat das Thermalwasser in Kehl?

_____

d) Wie tief muss man in Freiburg bohren, um Hydrogeothermie zu nutzen?

_____

e) Wie heiß ist hier das Gestein?

_____

f) Wofür kann Erdwärme genutzt werden?

_____

_____

Geothermie

Risiken

Experiment 3 **Level 1**

Lest euch aufmerksam den Zeitungsartikel aus der Badischen Zeitung „Erst muss die Erde zur Ruhe kommen“ durch und bearbeitet dann die folgenden Aufgaben.

Aufgaben

a) Welche Energieversorgung wurde für das Rathaus Staufen geplant?

_____

b) Was ist bei der Ausführung der Bohrarbeiten in der Tiefe passiert?

_____

_____

c) Was sind die Folgen davon?

_____

_____

_____

d) Wann wird eine Sanierung der Altstadt möglich sein?

_____

Geothermie

Risiken

Experiment 3 **Level 2**

Lest euch aufmerksam den Zeitungsartikel aus der Badischen Zeitung „Erst muss die Erde zur Ruhe kommen“ durch und bearbeitet dann die folgenden Aufgaben.

Aufgaben

a) Welche Energieversorgung wurde für das Rathaus Staufen geplant?

_____

b) Was ist bei der Ausführung der Bohrarbeiten in der Tiefe passiert?

_____

_____

c) Was sind die Folgen davon?

_____

_____

_____

d) Wann wird eine Sanierung der Altstadt möglich sein?

_____

e) Welche allgemeinen Risiken der Nutzung der Geothermie leitet ihr aus dem Beispiel Staufen ab?

_____

_____

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

Experiment 1: Geothermie - Grundlagen

a) Bis zu 5000 ℃
b) Der südliche Oberrheingraben
c) Erdwärmekollektoren, Zweibrunnen-System, flache Erdwärmesonde (Oberflächengeothermie)
tiefe Erdwärmesonde, hydrothermale Dublette, Hot-Dry-Rock (Tiefengeothermie)
d) 3 ℃. Bei der Bohrung Urach 3 nimmt die Temperatur schneller zu, um ca. 8 ℃ bis in eine Tiefe von 500 Meter und um ca. 4 ℃ bis in große Tiefen.
e) In einer Tiefe von bis zu 400 Metern.

Experiment 2: Film „Geothermie am Oberrhein“

a) Im Oberrheingraben verlaufen oberflächennahe heiße Thermalwasserströme. Weiterhin ist die Erdkruste hier sehr dünn, und damit steigt die Temperatur in der Tiefe schneller an, um bis zu 4 ℃ je 100 Meter Tiefe.
b) Bis zu 3000 Meter tief
c) 150 ℃
d) Bis zu 5000 Meter tief
e) 180 ℃
f) Erdwärme kann zur Stromerzeugung genutzt werden, aber auch zur Bereitstellung von Heizwärme, z.B. für Wohnhäuser oder große Wärmeabnehmer wie Schwimmbäder Seniorenheime oder Krankenhäuser, zur Bereitstellung von Prozesswärme für die Industrie oder von Brauchwasser z.B. für Haushalte.

Experiment 3: Geothermie - Risiken

a) Wärme und Kühlung für das Rathaus über oberflächennahe geothermische Bohrlöcher
b) Eine bis dahin unbekannte in 60 bis 100 Meter Tiefe liegende Anhydritschicht (Anhydrit=Calciumsulfat und mit dem Gips verwandt) wurde durchbohrt. Grundwasser drang ein und ließ diese Schicht aufquellen.
c) In Folge hebt sich die Erdoberfläche um das Rathaus um 30 cm pro Jahr. Die Folge davon ist, dass die Bauwerke auf dieser Fläche Risse bekommen, instabil werden und inzwischen einsturzgefährdet sind – ein enormer wirtschaftlicher Schaden ist entstanden.
d) Erst wenn die Erde zur Ruhe gekommen ist.
e) Das Bohren in unbekannten Erdschichten kann unvorhersehbare Folgen haben. Weiterhin können bei der Bohrung auch technische Fehler gemacht werden, wie in dem Artikel angedeutet, mit unvorhersehbaren Folgen.

3.6 Bioenergie

Experiment 1: Arten von Bioenergie: Energieverbrauch (Level 1)
Arten von Bioenergie: Energieverbrauch (Level 2)

Experiment 2: Tank oder Teller? Flächenkonkurrenz von Bioenergie (Level 1)
Tank oder Teller? Flächenkonkurrenz von Bioenergie (Level 2)

Experiment 3: Pflanzenöl treibt Stirlingmotor an (Level 1)
Pflanzenöl treibt Stirlingmotor an (Level 2)

Bioenergie

Hintergrundinformation

Bioenergie ist von der Natur **gespeicherte Sonnenenergie** und wird aus dem Rohstoff **Biomasse** gewonnen. Biomasse sind Pflanzen und Lebewesen, also alles was wächst, sowie deren Abfall- und Restprodukte. Bioenergie steckt also zum Beispiel in Sonnenblumen, Raps, Weizen, Laub, Stroh und Holz oder aber auch in einem Kuhfladen und in der Gülle von Schweinen. Die **Bioenergie von Pflanzen und Tieren** kann man nutzen, um daraus Wärme, Strom und Kraftstoffe zu erzeugen.

Biokraftstoffe

Aus Biomasse kann man **Biokraftstoffe** herstellen. Biokraftstoffe werden aus sogenannten Energiepflanzen hergestellt. Das sind Pflanzen, die viel Öl enthalten, also z.B. Raps, Mais, Zuckerrüben, Zuckerrohr, Soja, Getreide oder Ölpalmen. Pflanzenöl z.B. Raps- oder Maisöl kann man verbrennen. Aus Pflanzenöl kann man Biodieselkraftstoff herstellen und Fahrzeuge, Blockheizkraftwerke oder Stirlingmotoren zur Wärme und Stromgewinnung antreiben.

Auch aus fester Biomasse, z.B. Holz, kann man Biokraftstoffe herstellen. Durch Erhitzen und unter Luftabschluss lässt sich aus Holz das sogenannte Holzgas gewinnen. Vor einiger Zeit gab es sogar Autos, die mit Holzgas betrieben wurden, das aus Holzscheiten oder Holzkohle direkt im Auto hergestellt wurde. Das war vor allem in Zeiten knapper Versorgung mit Diesel und Benzin praktisch.

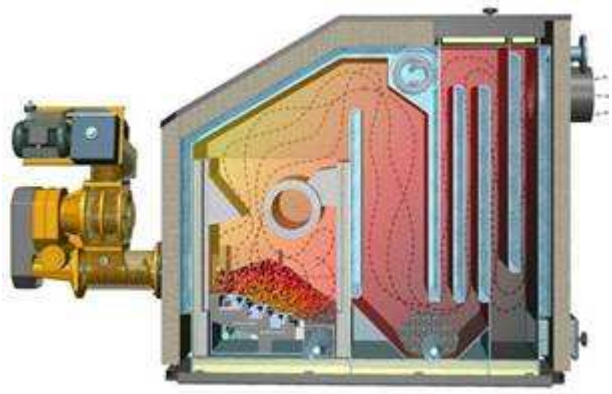
Hier findet ihr ein paar Video-Clips zum Thema Umwandlung von Bioenergie:
- Herstellung von Biodiesel (2:02) www.youtube.com/watch?v=D0jGqbcKfhk
- Holzvergaser und BHKW (6:59) www.youtube.com/watch?v=7jEEBsX7lTI

Weitere Infos zum Thema Bioenergie findet ihr im eLearning Modul oder z.B. unter:
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe – Bioenergie http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie.html

Wärme aus Bioenergie

Bioenergie kann direkt genutzt werden. Schon vor tausenden von Jahren haben die Menschen das Feuer genutzt. Es war wichtig für die Zubereitung der Nahrung und für die Herstellung von einfachen Werkzeugen (Messer, Axt, Pfeilspitzen) und Kochgeschirr (Krüge, Schalen und Trinkgefäße). In den letzten Jahrzehnten wurde Erdöl und Erdgas immer teurer. Deshalb wurden neue Heizanlagen entwickelt, die Holzstücke sehr effizient verbrennen. Ein Beispiel ist die Holzpelletheizung.

Links unten im Bild ist ein Sack Holzpellets abgebildet. Diese werden in modernen Heizkesseln (rechtes Bild) verbrannt.



Quelle: CARMEN e.V., www.carmen-ev.de

Die kleinen Holzstückchen ermöglichen, dass die Heizungen vollautomatisch betrieben werden können, indem die Holzpellets über eine Förderschnecke vom Lagerraum in den Heizkessel transportiert werden. Im Heizkessel werden sie dann verbrannt. Es muss also niemand Holz nachlegen, wie das in alten Öfen der Fall ist. Außerdem brennen die kleinen Holzpellets leichter, als ein großes Stück Holz.

Hier findet ihr einen Video-Clip über die Herstellung von Holzpellets:
- Holzpellets-Herstellung (3:27) http://www.youtube.com/watch?v=RP-ToORxKRs

Biogas

Die Bioenergie in Reststoffen und Abfallprodukten der Landwirtschaft kann genutzt werden, indem daraus **Biogas** erzeugt wird. Reststoffe und Abfallprodukte sind Laub, Stroh aber auch Kuhfladen, Schweinegülle und der Inhalt der Biotonne.

Diese Biomasse wird zur Herstellung von Biogas in einen großen Tank gekippt. Dann wird sie mit Wasser vermischt und der Tank luftdicht verschlossen. Der Tank muss warm gehalten werden. Nach kurzer Zeit beginnen die Bakterien, die sich in dem Gemisch von Natur aus befinden, die Biomasse zu fressen. Die Bakterien erzeugen im Tank ein Gas, das Biogas. Dieser Vorgang heißt **Fermentation** oder auch einfach Verfaulung. Das entstandene Biogas ist reich an Energie, die genutzt werden kann, um daraus **Wärme** oder auch **elektrischen Strom** zu erzeugen.

Hier findet ihr einige Video-Clips zum Thema Biogasanlage:
- Bau einer Biogasanlage (10:56): http://www.youtube.com/watch?v=KPiSbMuM_ek
- Funktionsweise einer Biogasanlage (2:47): http://www.youtube.com/watch?v=po5sDVbV8_M

Hier findet ihr weiterführende Infos zum Thema Biogas:
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe – Biogas http://mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie/biogas.html

Pro & Kontra

Viele Kritiker beklagen, dass zu der Herstellung von Biotreibstoffen Nahrungsmittel genutzt werden, denn wichtige Energiepflanzen sind Getreide, Mais und Soja. Stattdessen werden sie in den Motoren unserer Fahrzeuge verbrannt. In den Medien wird dieses Dilemma unter der Überschrift „**Tank oder Teller**“ diskutiert.

In Deutschland wird nur aus einem sehr kleinen Teil (3,5%) des angebauten Getreides Biotreibstoff hergestellt. Während 60% des angebauten Getreides als Futter für Tiere angebaut wird! Es ist also sehr unwahrscheinlich, dass Nahrungsmittel durch die Herstellung von Biotreibstoff in Deutschland knapp werden.

Nachteilig ist jedoch, dass Deutschland Biotreibstoff aus anderen Ländern importiert. Und bedrohlich ist auch, dass immer mehr Länder auf der Welt Biotreibstoffe nutzen wollen. In vielen anderen Ländern ist die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln nicht so gut, wie hier bei uns.

Biotreibstoffe dürfen nicht zur Konkurrenz für Nahrungsmittel werden!

In vielen Ländern wird - wie hier auf dem Foto - Wald gerodet, um Platz für den Anbau von Ölpalmen zu schaffen. Warum ist das problematisch?

Die Regenwälder sind wichtig für das Gleichgewicht unseres Klimas. In ihnen sind große Mengen Kohlendioxid (CO_2) gespeichert. Durch Brandrodung gelangt CO_2 in die Luft und verstärkt so den Treibhauseffekt und den Klimawandel. Der Regenwald bildet die Lebensgrundlage für Ureinwohner und viele Tier- und Pflanzenarten.

Arten von Bioenergie

Energieverbrauch

Experiment 1 | Level 1

Lest die Hintergrundinformation „Bioenergie“ aufmerksam durch. Beantwortet dann folgende Fragen:

a) Woraus kann Bioenergie gewonnen werden?

_____

_____

_____

_____

b) Welche Arten der Energiegewinnung aus Bioenergie gibt es?

_____

_____

_____

_____

_____

c) Worin bestehen die Gefahren bei der Nutzung von Bioenergie?

_____

_____

_____

_____

_____

Arten von Bioenergie

Energieverbrauch

Experiment 1 | Level 2

Lest die Hintergrundinformation „Bioenergie“ aufmerksam durch. Beantwortet dann folgende Fragen:

a) Woraus kann Bioenergie gewonnen werden?

_____

_____

_____

_____

b) Welche Arten der Energiegewinnung aus Bioenergie gibt es?

_____

_____

_____

_____

_____

c) Worin bestehen die Gefahren bei der Nutzung von Biotreibstoff?

_____

_____

_____

_____

_____

Cornelia Menichelli / pixelio.de

Tank oder Teller?

Flächenkonkurrenz
von Bioenergie

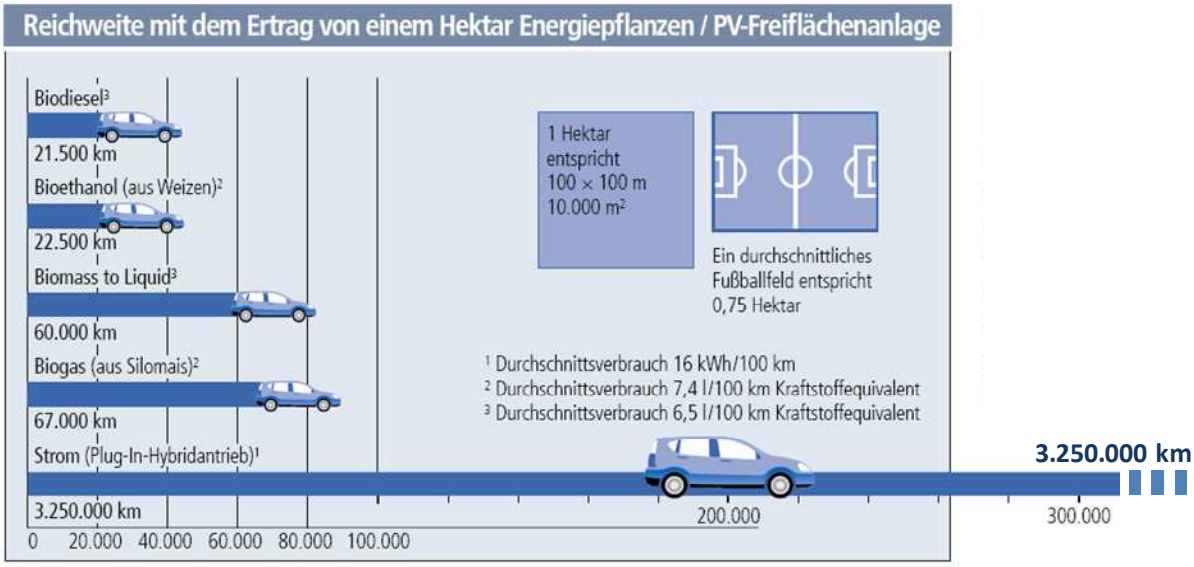
Experiment 2 | Level 1

Lest euch die folgenden Aussagen durch und betrachtet die Grafik.

„Für eine Tankfüllung Bio-Ethanol wird so viel Getreide benötigt (240 kg Mais ist gleich 100l Ethanol), dass ein Mensch ein ganzes Jahr davon leben könnte."
Quelle: www.agrarkoordination.de/fileadmin/dateiupload/PDF-Dateien/Agrarkraftstoffe.pdf, Seite 14

„In den USA wird Bioethanol überwiegend aus Mais hergestellt. Mexiko importiert einen Großteil seines benötigten Mais aus den USA. In Mexiko löste ein sprunghafter Anstieg der Bioethanol-Produktion Anfang 2007 die sogenannte „Tortilla-Krise" aus, da der Mais knapp und damit immer teurer wurde. Tortillas (Fladenbrot) sind ein Grundnahrungsmittel in Mexiko und werden aus Maismehl hergestellt."

„Wenn ein Bauer einen Hektar Raps anbaut, kann er pro Jahr etwa 16.000 Kilowattstunden (kWh) Energie ernten. Wenn er auf derselben Fläche eine Photovoltaik-Anlage errichtet, kann er 400.000 kWh Solarstrom produzieren. Wenn er aber auf seinem Acker ein Windrad installiert, erntet er sechs Millionen KWh Windstrom."
Quelle: http://www.sonnenseite.com/Erneuerbare+Energien,Lernen+aus+dem+Biosprit-Desaster,5,a9808.html



Quelle: PHOTON Holding GmbH

Beantwortet nun folgende Fragen:

a) Welche Konkurrenzen in der Flächennutzung könnt ihr aus den ersten drei Aussagen ableiten?

_____

_____

_____

b) Welche alternativen Antriebsmöglichkeiten für Autos gibt es neben Biokraftstoffen?

_____

_____

_____

c) Wie weit kann man mit Biodiesel fahren, der aus einem Hektar Rapsanbau hergestellt wird, und wie weit mit dem Strom aus einer Photovoltaik-Freiflächenanlage, die auf einem Hektar Fläche gebaut wurde?

_____

_____

_____

Cornelia Menichelli / pixelio.de

Tank oder Teller?

Flächenkonkurrenz
von Bioenergie

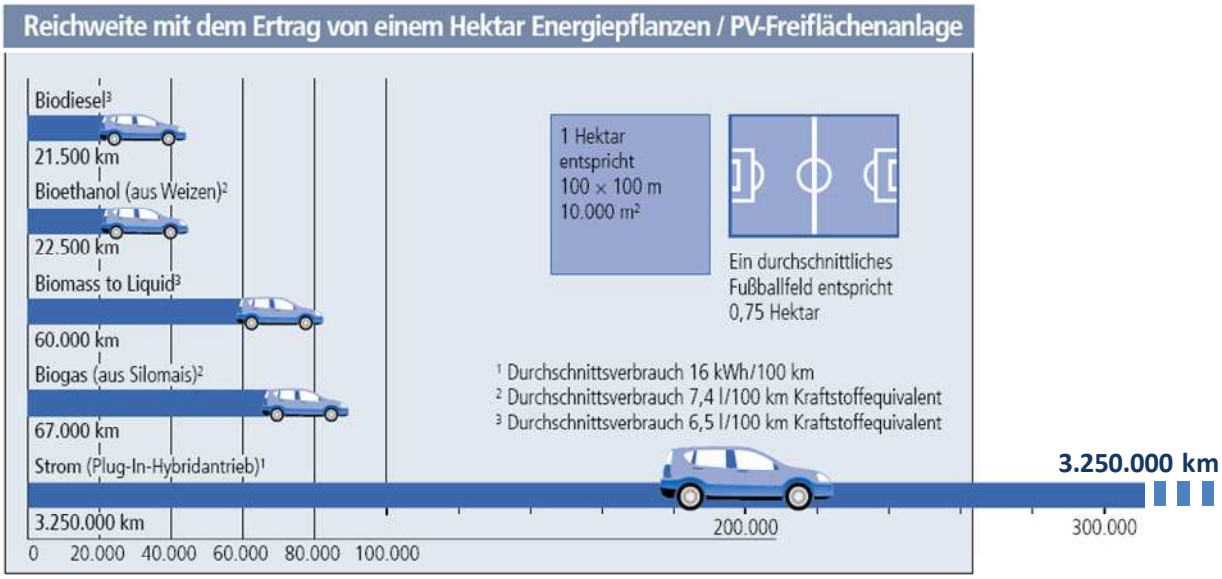
Experiment 2 | Level 2

Lest euch die folgenden Aussagen durch und betrachtet die Grafik.

„Für eine Tankfüllung Bio-Ethanol wird so viel Getreide benötigt (240 kg Mais ist gleich 100l Ethanol), dass ein Mensch ein ganzes Jahr davon leben könnte."
Quelle: www.agrarkoordination.de/fileadmin/dateiupload/PDF-Dateien/Agrarkraftstoffe.pdf, Seite 14

„In den USA wird Bioethanol überwiegend aus Mais hergestellt. Mexiko importiert einen Großteil seines benötigten Mais aus den USA. In Mexiko löste ein sprunghafter Anstieg der Bioethanol-Produktion Anfang 2007 die sogenannte „Tortilla-Krise" aus, da der Mais knapp und damit immer teurer wurde. Tortillas (Fladenbrot) sind ein Grundnahrungsmittel in Mexiko und werden aus Maismehl hergestellt."

„Wenn ein Bauer einen Hektar Raps anbaut, kann er pro Jahr etwa 16.000 Kilowattstunden Energie ernten. Wenn er auf derselben Fläche eine Photovoltaik-Anlage errichtet, kann er 400.000 KWh Solarstrom produzieren. Wenn er aber auf seinem Acker ein Windrad installiert, erntet er sechs Millionen KWh Windstrom."
Quelle: http://www.sonnenseite.com/Erneuerbare+Energien,Lernen+aus+dem+Biosprit-Desaster,5,a9808.html



Quelle: PHOTON Holding GmbH

Beantwortet nun folgende Fragen:

a) Welche Konkurrenzen in der Flächennutzung könnt ihr aus den ersten drei Aussagen ableiten?

_____

_____

_____

b) Welche alternativen Antriebsmöglichkeiten für PKWs gibt es neben Biokraftstoffen?

_____

_____

c) Um wieviel größer ist die Energieausbeute, wenn man den Anbau von Raps mit der Installation einer Photovoltaikanlage/einem Windrad auf derselben Fläche vergleicht?

_____

_____

d) Um wieviel größer ist die Reichweite eines PKW, wenn man die Antriebsmöglichkeit Biodiesel, hergestellt aus einem Hektar Energiepflanzen, mit der Antriebsmöglichkeit Solarstrom von einer Photovoltaikanlage vergleicht, die auf einem Hektar Fläche installiert ist?

_____

_____

e) Wie könnten sich die Unterschiede der Vergleichsrechnungen aus den Aufgaben c) und d) erklären lassen?

_____

_____

_____

Stirlingmotor

Hintergrundinformation

Der Stirlingmotor wird auch Heißluftmotor genannt, weil ausschließlich Wärme benötigt, damit er funktioniert. Deshalb können Stirlingmotoren auch durch in einem Parabolspiegel gebündeltes Sonnenlicht angetrieben werden (siehe Abbildung unten).

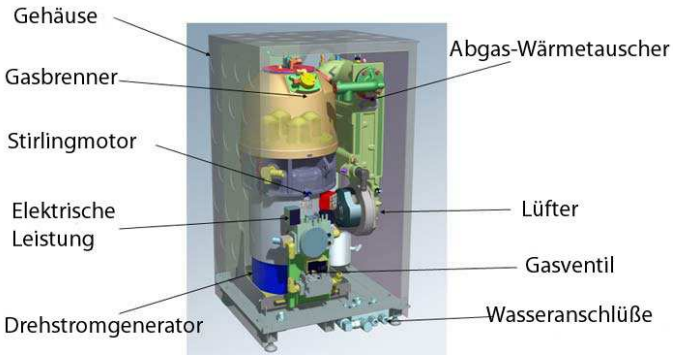
Ein weiterer Vorteil des Stirlingmotors im Vergleich zu Verbrennungsmotoren ist die freie Wahl des Brennstoffs: es können sowohl feste, flüssige als auch gasförmige Brennstoffe verwendet werden, um den Stirling anzutreiben.

Der Stirlingmotor ist eine Wärmekraftmaschine in Form eines geschlossenen Systems, in dem ein Arbeitsmedium (z.B. ein Gas oder Luft, wie in dem Modell aus der MINT-EnergieBox) an einer Stelle durch eine externe Wärmequelle erhitzt wird, an einer anderen Stelle wieder abkühlt, und dabei mechanische Arbeit verrichtet, die über einen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden kann.

Beispiel für ein Solar-Stirlingmotor:

Quelle: Global Energy Network Institute

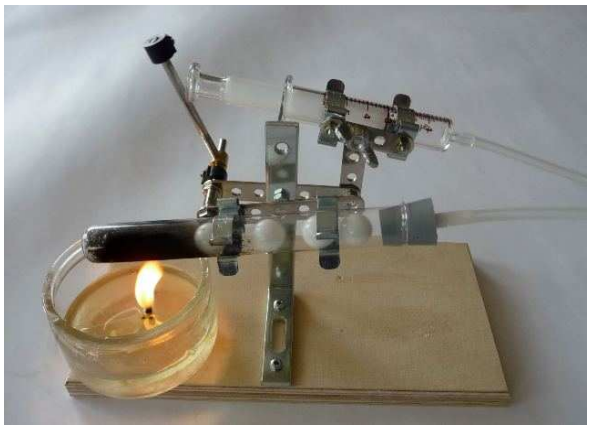
Schema eines Stirlingmotor



Quelle: http://www.bhkw-prinz.de

Das derzeit größte mit Holz befeuerte Biomasse-Heizkraftwerk in Deutschland, in dem Stirlingmotoren zum Einsatz kommen, steht in Thüringen. Dort erzeugen vier Stirling-Motoren mit einer elektrischen Leistung von 140 kW(el) pro Jahr 4000 MWh Wärme und 1000 MWh Strom. Damit könnte man 1140 Haushalte mit Strom und 1000 Passivhäuser mit Wärme versorgen*. Die Wärme wird vor Ort in einem Kur- und Wellness-Resort genutzt.

* Annahmen:
Stromverbrauch eines durchschnittlichen Haushalts: 3.500 kWh/Jahr
Wärmebedarf eines Passivhauses mit 150 m²: 4.000 kWh/Jahr



Pflanzenöl treibt Stirlingmotor an

Experiment 3 **Level 1**

In diesem Experiment wird Pflanzenöl mit einer Öllampe verbrannt und mit der Wärme der Flamme ein Stirlingmotor angetrieben.

Wichtig: Das Experiment sollte vor der eigentlichen Durchführung getestet werden, um sicherzustellen, dass der Stirlingmotor richtig eingestellt ist. Nach dem Experiment bitte das Glas von Ruß reinigen!

Material:
Stirlingmotor, Teelichtglas, Zauberlicht, Hintergrundinformation „Stirlingmotor“, Pflanzenöl*, Feuerzeug*, Feuerfeste Unterlage*, Küchenrolle (zum Aufwischen)*, Handtuch*

Vorsicht hier wird es heiß! Kein Öl verschütten! Brandgefahr! Legt ein Handtuch bereit, um ggf. eine entstehende Flamme zu ersticken.

Versuch:
Stellt den Stirlingmotor auf die feuerfeste Unterlage. Füllt das Glas zu 2/3 mit Wasser und gießt dann eine Schicht von 1 bis 2 cm Pflanzenöl obenauf. Schneidet ein ca. 5 cm langes Stück Docht ab und steckt ihn in das Zauberhütchen. Legt das Zauberhütchen auf die Ölschicht. Entzündet das Zauberhütchen und positioniert es wie auf dem Foto.

Fragen:

a) Wo kommen Stirlingmotoren zum Einsatz?

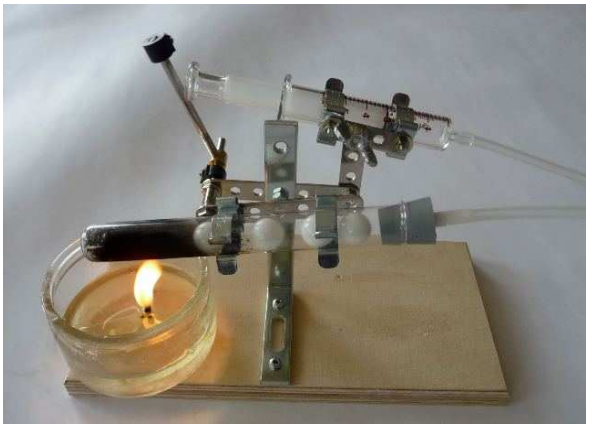
_____

_____

b) Was ist der Vorteil von Stirlingmotoren gegenüber Verbrennungsmotoren?

_____

_____



Pflanzenöl treibt Stirlingmotor an

Experiment 3 **Level 2**

In diesem Experiment wird Pflanzenöl mit einer Öllampe verbrannt und mit der Wärme der Flamme ein Stirlingmotor angetrieben.

Wichtig: Das Experiment sollte vor der eigentlichen Durchführung getestet werden, um sicherzustellen, dass der Stirlingmotor richtig eingestellt ist. Nach dem Experiment bitte das Glas von Ruß reinigen!

Material:
Stirlingmotor, Teelichtglas, Zauberlicht, Hintergrundinformation „Stirlingmotor“, Pflanzenöl*, Feuerzeug*, Feuerfeste Unterlage*, Küchenrolle (zum Aufwischen)*, Handtuch*

Vorsicht hier wird es heiß! Kein Öl verschütten! Brandgefahr! Legt ein Handtuch bereit, um ggf. eine entstehende Flamme zu ersticken.

Versuch:
Stellt den Stirlingmotor auf die feuerfeste Unterlage. Füllt das Glas zu 2/3 mit Wasser und gießt dann eine Schicht von 1 bis 2 cm Pflanzenöl obenauf. Schneidet ein ca. 5 cm langes Stück Docht ab und steckt ihn in das Zauberhütchen. Legt das Zauberhütchen auf die Ölschicht. Entzündet das Zauberhütchen und positionieret es wie auf dem Foto.

Fragen:

a) Wo kommen Stirlingmotoren zum Einsatz?

_____

_____

b) Was ist der Vorteil von Stirlingmotoren gegenüber Verbrennungsmotoren?

_____

_____

_____

c) Erzeugt Deutschlands größtes Holz-Heizkraftwerk mit Stirlingmotor mehr Strom oder mehr Wärme? Was geschieht mit der Wärme?

_____

_____

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Experiment 2: Tank oder Teller (Level 2)
c) 25 mal größer
d) 151 mal größer
e) Die Energieausbeute einer Photovoltaikanlage ist wesentlich höher als die Energieausbeute aus Biomasse. Weiterhin haben Elektromotoren (bis zu 90%) einen viel höheren Wirkungsgrad als Verbrennungsmotoren (ca. 30%).

Experiment 3: Pflanzenöl treibt Stirlingmotor an
a) Stirlingmotoren liefern Wärme z.B. für einzelne Wohngebäude oder mehrere Wohngebäude, die über ein Nahwärmenetz verbunden sind. Die Abwärme kann auch für größere Wärmeabnehmer, z.B. für Schwimmbäder, Seniorenwohnheime, Krankenhäuser genutzt werden. Der Strom wird üblicherweise in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

b) Stirlingmotoren benötigen ausschließlich Wärme, damit sie funktionieren. Deshalb können Stirlingmotoren auch durch in einem Parabolspiegel gebündeltes Sonnenlicht oder durch Verbrennung von festen, flüssigen oder gasförmigen biologischen Brennstoffen angetrieben werden.

c) Deutschlands größtes Holz-Heizkraftwerk mit Stirlingmotor erzeugt mehr Wärme als Strom. Die Wärme wird vor Ort in einem Kur- und Wellness-Resort genutzt.

3.7 Energiesparen

Experiment 1: Energiekostenmonitor: Energieverbrauch (Level 1)
Energiekostenmonitor: Energieverbrauch (Level 2)

Experiment 2: Clever Energie nutzen !! Wo steckt das Einsparpotential? (Level 1)
Clever Energie nutzen !! Wo steckt das Einsparpotential? (Level 2)

Experiment 3: Energieeffiziente Beleuchtung: LED, Energiesparlampe oder Glühbirne? (Level 1)
Energieeffiziente Beleuchtung: LED, Energiesparlampe oder Glühbirne? (Level 2)

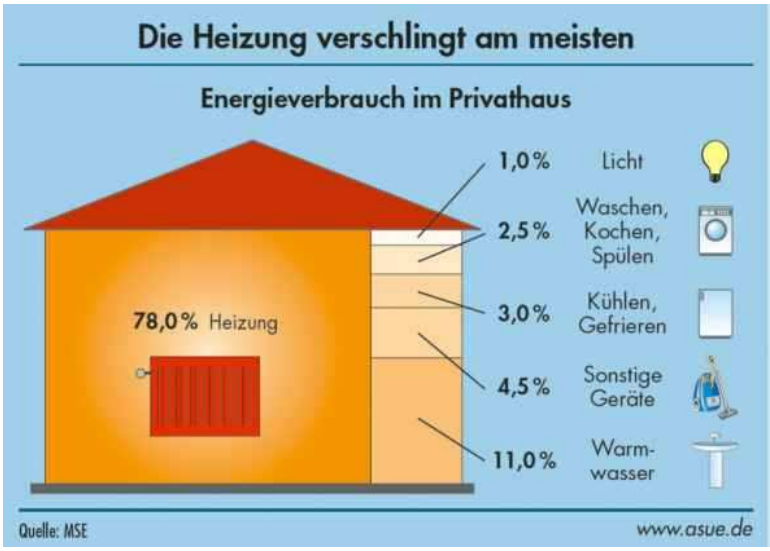
Experiment 4: Energieeffizientes Heizen: Was machen die Temperaturen? (Level 1)
Energieeffizientes Heizen: Was machen die Temperaturen? (Level 2)

Energiesparen (sinnvolle Energienutzung)

Hintergrundinformation

Wenn wir unseren Energiebedarf auch in Zukunft sichern wollen ist neben der Nutzbarmachung erneuerbarer Energien auch ein **Umdenken hinsichtlich der Nutzung von Energie** notwendig**.**

Ein Beispiel: Die Abbildung zeigt, welche Anteile der Energieverbrauch in einem Privathaushalt einnehmen. Was verbraucht am meisten Energie?
Bei diesem Haus handelt es sich um ein schlecht wärmegedämmtes Haus, wie sie vor ca. 30 bis 50 Jahren gebaut wurden.



Quelle: MSE, www.asue.de

Die Erzeugung von Wärme verbraucht sehr viel Energie. Die Heizung nimmt mit 78 % den größten Anteil am Energieverbrauch im Haushalt ein. Es gibt auch viele elektrische Geräte, die Wärme erzeugen, z.B. Wasserkocher, Spülmaschine, Waschmaschine oder Föhn. Diese Geräte benötigen besonders viel elektrische Energie, also Strom.

Das **Energiesparen** und eine **Steigerung der Energieeffizienz** helfen uns auf dem Weg zur sinnvollen Energienutzung:

Energiesparen bedeutet eine **Senkung des Energieverbrauchs** indem unnötiger Energieverbrauch erkannt und vermieden wird. Zum Beispiel den sogenannten Standby Verbrauch vieler Elektrogeräte, die auch nach dem Ausschalten weiterhin ein wenig Strom verbrauchen. Da es allein in Deutschland viele Millionen solcher kleiner Standby-Geräte gibt, müssen 2-3 Atomkraftwerke eingeschaltet bleiben.

Mit der **Steigerung der Energieeffizienz** ist eine **ergiebigere Nutzung der Energie** gemeint. Vor allem veraltete Elektrogeräte „fressen" eine Menge Energie, während neuere Geräte mit der gleichen Funktion viel weniger Energie verbrauchen. Tauscht man ein altes durch ein neueres Gerät mit geringerem Energieverbrauch aus, so erhöht man die Energieeffizienz. Die Heizung ist ein weiteres Beispiel: Das Heizen verbraucht im Privathaushalt am meisten Energie. Dies ist vor allen bei alten Gebäuden der Fall. Durch den Einsatz von Isolierglasfenstern und einer Wärmedämmung der Hauswände kann dieser Anteil um ein vielfaches verringert und die Energieeffizienz des Gebäudes gesteigert werden. Nach der Sanierung lohnt es sich besonders die alte Heizung zu ersetzen, da diese in der Regel nicht mehr zu dem geringen Heizbedarf des Hauses passt.

Standby
Es gibt Geräte, die mehrere Auszustände besitzen. Sie können in Standby (= Bereitschaft) geschaltet werden (z.B. TV mit Fernbedienung) oder ganz aus, über einen Schalter, der manchmal nicht so leicht zu erreichen ist (z.B. hinten am PC) . Man erkennt Stand-by oft daran, dass ein kleines Licht (meistens eine rote LED) leuchtet, eine Uhrzeit angezeigt wird oder ähnliches. Viele Geräte verbrauchen somit Energie, auch wenn sie keine sinnvolle Aufgabe erfüllen.

Scheinaus
Geräte, die wirklich ausgeschaltet sind, verbrauchen keine Energie. Es gibt aber Geräte, die ausgeschaltet zu sein scheinen und trotzdem Energie verbrauchen. Dies nennt man Scheinaus, da es nur so scheint als seien die Gerät ausgeschaltet. Herausfinden kannst du nur durch eine Messung mit einem Messgeräte, das ein Messbereich ab 1 Watt hat.

Energiekostenmonitor

Anleitungstext

Ein Energiekostenmonitor ist ein Messgerät zum Messen der elektrischen Leistung und des Stromverbrauchs sowie der Kosten (auch Energiekostenmessgerät oder Strommessgerät). Man kann sie an vielen Orten kaufen, z.B. im Baumarkt oder im Elektronik-Fachhandel.

Aber Achtung! Viele der billigen Energiekostenmonitore können keinen Standby-Verbrauch erkennen. Somit besteht die Gefahr, dass man die Energieverluste in der Wohnung erst gar nicht entdeckt.

Hinweise zum Aufstellen und Transport:
Die Energiekostenmonitore und Steckdosenleisten befinden sich in der MINT-EnergieBox. Weiterhin werden zum Messen einige Verbraucher benötigt, die selbst mitgebracht werden müssen. Zu messende Verbraucher sind auf den beiliegenden Karten abgebildet.

Hinweise zur Nutzung:
Es werden Stromanschlüsse (Standard Steckdosen) benötigt.

Hinweise zur Wartung:
Gelegentlich müssen die Referenzwerte in den Energiekostenmonitoren neu eingestellt werden. Dies passiert, wenn durch bestimmte Tasten-kombinationen am Gerät die alten Werte gelöscht oder geändert wurden.

Energiekostenmonitor

Energieverbrauch

Experiment 1 **Level 1**

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, diverse Verbraucher (siehe Karten)*, Hintergrundinformation „Energiekostenmonitor“ und „Energiesparen“

a) Bevor ihr den Stromverbrauch mit dem einen Energiekosten-monitor messt, schätzt wie viel Watt die einzelnen Verbraucher benötigen. Tragt die Namen der elektrischen Verbraucher nach dem von euch geschätzten Verbrauch in die Tabelle ein.

b) Messt die elektrischen Verbraucher mit dem Energiekostenmonitor und tragt die gemessenen Werte in die Tabelle ein.

a) Messt die Leistungsaufnahme im Standby der hier vorhandenen Geräte und tragt sie in die entsprechende Spalte der Tabelle ein.

c) Prüft alle elektrischen Verbraucher mit dem Energiekostenmonitor auf Scheinaus und tragt gegebenenfalls ihren Verbrauch in die entsprechende Spalte der Tabelle ein.

d) Schaltet nun die Steckdosenleiste aus und messt die Standby- und Scheinaus-Geräte nochmals. Was fällt euch auf?

Elektrische Verbraucher	Schätzung (Betrieb) in Watt	Messung (Betrieb) in Watt	Messung (Standby) in Watt	Messung (Scheinaus) in Watt

e) Überlegt, ob es bei euch zuhause elektrische Geräte gibt, die unnötigerweise Strom verbrauchen? Wenn ja, welche?

_____

_____

_____

f) Welche Möglichkeiten kennt ihr, um den Stromverbrauch im Haushalt zu senken?

_____

_____

_____

_____

Energie-Monitor

Energieverbrauch

Experiment 1 **Level 2**

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, diverse Verbraucher (siehe Karten)*, Hintergrundinformation „Energiekostenmonitor“ und „Energiesparen“

a) Bevor ihr den Stromverbrauch mit dem einen Energiekosten-monitor messt, schätzt wie viel Watt die einzelnen Verbraucher benötigen. Tragt die Namen der elektrischen Verbraucher nach dem von euch geschätzten Verbrauch in die Tabelle ein.

b) Messt die elektrischen Verbraucher mit dem Energiekostenmonitor und tragt die gemessenen Werte in die Tabelle ein.

c) Messt die Leistungsaufnahme im Standby der hier vorhandenen Geräte und tragt sie in die entsprechende Spalte der Tabelle ein.

d) Prüft alle elektrischen Verbraucher mit dem Energiekostenmonitor auf Scheinaus und tragt gegebenenfalls ihren Verbrauch in die entsprechende Spalte der Tabelle ein.

e) Schaltet nun die Steckdosenleiste aus und messt die Standby- und Scheinaus-Geräte nochmals. Was fällt euch auf?

Elektrische Verbraucher	Schätzung (Betrieb) in Watt	Messung (Betrieb) in Watt	Messung (Standby) in Watt	Messung (Scheinaus) in Watt

f) Welche Geräte sind dauerhafte Verbraucher?

_____

_____

g) Überlegt, welche weiteren elektrischen Geräte es gibt, die unnötigerweise Strom verbrauchen?

_____

_____

h) Wie lässt sich dieser unnötige Energieverbrauch vermeiden?

_____

_____

i) Bei den hier gemessenen Geräten habt ihr auch solche mit Scheinaus kennengelernt. Woran kann man bei diesen Geräten erkennen, dass sie ohne eine Aufgabe zu erfüllen, dennoch Energie verbrauchen?

_____

_____

Bei den folgenden Berechnungen gehen wir der Einfachheit halber davon aus, dass die Standby-Geräte 24 Stunden in Betrieb sind. Korrekterweise müsste man die Zeit abziehen, in der die Geräte tatsächlich in Betrieb sind. Das heißt wenn ein Fernseher 4 Stunden am Tag in Betrieb ist, dann müsste man von den 24 Stunden am Tag 4 Stunden abziehen. Wir verzichten darauf, weil das Nutzerverhalten sehr unterschiedlich ist. Sicher wäre es interessant das Nutzerverhalten in der Klasse zu besprechen und eine exakte Berechnung durchzuführen.

Berechnung 1:
Berechnet wie viel Strom durch Standby verbraucht wird. Nehmt an, dass in einem Haushalt Geräte mit einer Leistungsaufnahme von 20 W im Standby-Modus vorhanden sind. Wie viel wird dabei an einem Tag und im Jahr verbraucht? (Benutzt für die Rechnungen ein Extrablatt oder die Rückseite.)

Berechnung 2:
Rechnet das Ergebnis hoch auf eine kleinere Stadt mit etwa 29 850 Einwohnern. Geht davon aus, dass in jedem Haushalt vier Personen leben. Wie hoch ist der Energieverbrauch in einem Jahr durch Standby in dieser Stadt?

Berechnung 3:
Wie viel kostet dieser Standby-Verlust im Jahr, wenn ein Strompreis von 20 Cent pro Kilowattstunde (kWh) als Grundlage genommen wird?

Berechnung 4:
Rechnet den Energieverbrauch durch Standby und Scheinaus für Deutschland aus. Deutschland hat etwa 81 758 000 Einwohner. Nehmt an, jeder Einwohner verbraucht 28 Watt durch Standby und 5 Watt durch Scheinaus (das Umweltbundesamt schätzt den Jahresenergieverbrauch durch Standby und Scheinaus in Deutschland auf über 20 Mrd. Kilowattstunden). Wie viele Atomkraftwerke lassen sich durch die Vermeidung von Standby einsparen, wenn ein Atomkraftwerk (AKW) 10 Mrd. kWh pro Jahr liefert?

Clever Energie nutzen !!

Wo steckt das Einspar-Potential?

Experiment 2 **Level 1**

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, Wasserkocher*, Messbecher*, Stoppuhr*

a) Schätzt die Leistungsaufnahme des Wasserkochers, bevor ihr die Messung macht.

_____

b) Überprüft anschließend eure Schätzung, indem ihr den Wasserkocher an den Energiekostenmonitor anschließt, ihn kurz einschaltet und die Leistungsaufnahme messt. Schaltet den Wasserkocher danach aus!

_____

Messung und Berechnung mit dem Wasserkocher:

c) Füllt 0,5 Liter Wasser in den Wasserkocher und bringt das Wasser zum Kochen. In der Regel schaltet der Wasserkocher selbst aus, wenn das Wasser kocht.

d) Wie lange dauert es, bis das Wasser kocht?

_____

e) Wie viele kWh oder Wh wurden für die 0,5 Liter benötigt? Die Leistungsaufnahme des Wasserkochers habt ihr anfangs gemessen.

_____

f) Füllt eine Tasse in den Wasserkocher. Wie viel ml entsprechen einer Tasse?

_____

g) Führt die Messung erneut durch und vergleicht die Werte.

_____

h) Macht eine Hochrechnung für ein Scenario, das ihr in der Gruppe beschließt: Wie oft wird am Tag oder in der Woche Wasser gekocht? Wie viel Wasser wird dabei gekocht und wie viel Wasser wird davon tatsächlich genutzt? Die meisten Menschen füllen zu viel Wasser in den Kocher, das heißt es wird mehr Wasser zum Kochen gebracht, als benötigt wird.

i) Ermittelt auf Grund eurer Schätzung die Differenz zwischen insgesamt gekochtem und tatsächlich benötigtem Wasser und berechnet, wie viele kWh auf die Art pro Jahr unnötig verbraucht werden.

Notizen zum Scenario:

Berechnung:

Clever Energie nutzen !!

Wo steckt das Einspar-Potential?

Experiment 2 **Level 2**

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, Wasserkocher*, Messbecher*, Stoppuhr*

a) Schätzt die Leistungsaufnahme des Wasserkochers, bevor ihr die Messung macht.

_____

b) Überprüft anschließend eure Schätzung, indem ihr den Wasserkocher an den Energiemonitor anschließt, ihn kurz einschaltet und die Leistungsaufnahme messt. Schaltet den Wasserkocher danach aus!

_____

Messung und Berechnung mit dem Wasserkocher:

c) Füllt 0,5 Liter Wasser in den Wasserkocher und bringt das Wasser zum Kochen. In der Regel schaltet der Wasserkocher selbst aus, wenn das Wasser kocht.

d) Wie lange dauert es, bis das Wasser kocht?

_____

e) Wie viele kWh oder Wh wurden für die 0,5 Liter benötigt? Die Leistungsaufnahme des Wasserkochers habt ihr anfangs gemessen.

_____

f) Füllt eine Tasse Wasser in den Wasserkocher. Wie viel ml entsprechen einer Tasse?

_____

g) Führt die Messung erneut durch und vergleicht die Werte.

_____

h) Macht eine Hochrechnung für ein Scenario, das ihr in der Gruppe beschließt: Wie oft wird am Tag oder in der Woche Wasser gekocht? Wie viel Wasser wird dabei gekocht und wie viel Wasser wird davon tatsächlich genutzt? Die meisten Menschen füllen zu viel Wasser in den Kocher, d.h. es wird mehr Wasser zum Kochen gebracht, als benötigt wird.

i) Ermittelt auf Grund eurer Schätzung die Differenz zwischen insgesamt gekochtem und tatsächlich benötigtem Wasser und berechnet, wie viele kWh auf die Art pro Jahr unnötig verbraucht werden.

j) Rechnet aus, welche Summe jährlich eingespart werden könnte, wenn ein Strompreis von 20 Cent pro Kilowattstunde als Grundlage genommen wird?

Notizen zum Scenario:

Berechnung:

Energieeffiziente Beleuchtung

LED, Energiesparlampe oder Glühbirne?

Experiment 3 **Level 1**

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, Luxmeter, Schreibtischlampe, LED, Energiesparlampe, Glühbirne

Ein **Luxmeter** ist ein Gerät zur Messung der Beleuchtungsstärke einer Lichtquelle. Die Beleuchtungsstärke wird in Lux angegeben.

a) Schätzt den Energieverbrauch der drei Leuchtmittel vor dem Messen und tragt die gemessenen Werte in die Tabelle.

b) Schraubt nun alle drei Leuchtmittel nacheinander in die Lampe und messt nacheinander den Energieverbrauch der drei Leuchtmittel. Tragt die gemessenen Werte ebenfalls in die Tabelle ein.

c) Messt nun nacheinander die Beleuchtungsstärke der drei Leuchtmittel in Lux und tragt die Werte ebenfalls in die Tabelle ein. Haltet dabei das Luxmeter in einem Abstand von ca. 30 cm zur Lampe. Achtet dabei darauf, dass die Lampe in Richtung des Luxmeters gerichtet ist und dass der Abstand zwischen Lampe und Luxmeter bei allen Messungen gleich bleibt!

Verbraucher	Schätzung In Watt	Messung In Watt	Beleuchtungs-stärke in Lux

d) Was fällt euch beim Vergleich des Energieverbrauchs und der Beleuchtungsstärke der drei Leuchtmittel auf?

_____

_____

Energieeffiziente Beleuchtung

LED, Energiesparlampe oder Glühbirne?

Experiment 3 | Level 2

Material: Steckdosenleiste, Energiekostenmonitor, Luxmeter, Schreibtischlampe, LED, Energiesparlampe, Glühbirne

Ein **Luxmeter** ist ein Gerät zur Messung der Beleuchtungsstärke einer Lichtquelle. Die Beleuchtungsstärke wird in Lux angegeben.

a) Schätzt den Energieverbrauch der drei Leuchtmittel vor dem Messen und tragt die gemessenen Werte in die Tabelle.
b) Schraubt nun alle drei Leuchtmittel nacheinander in die Lampe und messt nacheinander den Energieverbrauch der drei Leuchtmittel. Tragt die gemessenen Werte ebenfalls in die Tabelle ein.
c) Messt nun nacheinander die Beleuchtungsstärke der drei Leuchtmittel in Lux und tragt die Werte ebenfalls in die Tabelle ein. Haltet dabei das Luxmeter in einem Abstand von ca. 30 cm zur Lampe. Achtet dabei darauf, dass die Lampe in Richtung des Luxmeters gerichtet ist und dass der Abstand zwischen Lampe und Luxmeter bei allen Messungen gleich bleibt!

Verbraucher	Schätzung In Watt	Messung In Watt	Beleuchtungs-stärke in Lux

d) Was fällt euch beim Vergleich des Energieverbrauchs und der Beleuchtungsstärke der drei Leuchtmittel auf?

_____

_____

e) Berechnet, welche Strommengen (Wh oder kWh) verbraucht werden, wenn über einen Zeitraum von 1000 Stunden (Annahme, dass diese Leuchtdauer dem Jahresverbrauch dieser Lampe entspricht)...

1. …eine LED leuchtet.
2. …eine Energiesparlampe leuchtet.
3. …eine herkömmliche Glühbirne leuchtet.

_____

_____

_____

f) Berechnet aus dem Stromverbrauch, den ihr in der vorigen Aufgabe ermittelt habt, welche Strommengen sich pro Jahr im Vergleich zu der Glühlampe

1. mit einer LED
2. mit einer Energiesparlampe

einsparen lassen.

_____

_____

Energieeffizientes Heizen

Was machen die Temperaturen?

Experiment 4 **Level 1**

Material: Thermometer, Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“ (nur in der Heizperiode durchführen)

Lest zunächst aufmerksam das Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“ durch. Beginnt dann mit einem Rundgang durch die Schule und messt die Raumtemperaturen an den verschiedenen Orten in eurer Schule, wie in dem Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“ genannt.

a) Notiert euch die gemessenen Temperaturen in der Tabelle.
b) Bildet danach die Differenz zu den zulässigen Werten.
c) Tragt die Differenzwerte ebenfalls in die Tabelle ein.

Verbraucher	**Empfohlene Temperatur**	**Gemessene Temperatur**	**Differenz**
	Alle Temperaturen in ℃		
Unterrichtsräume/Hörsäle während der Nutzung	20 ℃		
Unterrichtsräume/Hörsäle bei Nutzungsbeginn	17 bis 19 ℃		
Turnhallen	17 ℃		
Umkleideräume	22 ℃		
Wasch- und Duschräume	22 ℃		
medizinische Untersuchungsräume	24 ℃		
Werkräume (z. B. Handwerken)	18 ℃		
Werkstätten	17 ℃		
Lehrküchen mit Unterricht	18 ℃		
Flure/Treppenhäuser	12 ℃		
Toiletten	15 ℃		

Erarbeitet in der Gruppe auf Basis eurer Messungen und der Differenz zur empfohlenen Temperatur einen Handlungsvorschlag für den Energiemanager eurer Schule (z.B. den Hausmeister) wie das Heizenergiemanagement an eurer Schule verbessert werden kann.

Durch eine Absenkung der Raumtemperatur um 1 ℃ läs st sich etwa 6% der Wärmeenergie einsparen!

Überreicht dem Heizungs-Verantwortlichen euren Handlungsvorschlag zur Verbesserung des Heizenergiemanagement an eurer Schule!

Energieeffizientes Heizen

Was machen die Temperaturen?

Experiment 4 **Level 2**

Material: Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“, Thermometer

Lest zunächst aufmerksam das Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“ durch. Beginnt dann mit einem Rundgang durch die Schule und messt die Raumtemperaturen an den verschiedenen Orten in eurer Schule, wie in dem Arbeitsblatt „Raumtemperaturen“ genannt.

a) Notiert euch die gemessenen Temperaturen in der Tabelle.
b) Bildet danach die Differenz zu den zulässigen Werten.
c) Tragt die Differenzwerte ebenfalls in die Tabelle ein.

Verbraucher	**Empfohlene Temperatur**	**Gemessene Temperatur**	**Differenz**
	Alle Temperaturen in ℃		
Unterrichtsräume/Hörsäle während der Nutzung	20 ℃		
Unterrichtsräume/Hörsäle bei Nutzungsbeginn	17 bis 19 ℃		
Turnhallen	17 ℃		
Umkleideräume	22 ℃		
Wasch- und Duschräume	22 ℃		
medizinische Untersuchungsräume	24 ℃		
Werkräume (z. B. Handwerken)	18 ℃		
Werkstätten	17 ℃		
Lehrküchen mit Unterricht	18 ℃		
Flure/Treppenhäuser	12 ℃		
Toiletten	15 ℃		

Erarbeitet in der Gruppe auf Basis eurer Messungen und der Differenz zur empfohlenen Temperatur einen Handlungsvorschlag für den Energiemanager eurer Schule (z.B. den Hausmeister) wie das Heizenergiemanagement an eurer Schule verbessert werden kann.

Durch eine Absenkung der Raumtemperatur um 1 ℃ läs st sich etwa 6% der Wärmeenergie einsparen!

e) Berechnet, wie viel Heizkosten eingespart werden können, wenn die durchschnittlichen gemessenen Temperaturen um 1,5 °C über den empfohlenen Temperaturen liegen! Gehe von einem jährlichen Heizölverbrauch von 100.000 Liter an einer Schule aus. Der Heizölpreis lag im Jahr 2011 bei ca. 0,85 Euro/Liter.

Überreicht dem Heizungs-Verantwortlichen euren Handlungsvorschlag zur Verbesserung des Heizenergiemanagement an eurer Schule!

Lösungen zu den Arbeitsblättern

Lösungen

Experiment 1: Energie-Monitor - Energieverbrauch
f) Nun verbrauchen auch die Stand-By und Schein-aus Geräte keinen Strom mehr.
j) Netzstecker ziehen oder Steckdosenleiste mit Schalter benutzen und ausschalten.
k) z.B. Geräte brummen oder sind warm.
l) Netzstecker ziehen oder Steckdosenleiste mit Schalter benutzen und ausschalten
Berechnung 1) pro Tag: 480 Wh, pro Jahr: 175.200 Wh = 175,2 kWh
Berechnung 2) pro Jahr: 1.307.430 kWh = 1307,43 MWh
Berechnung 3) = 1.307.430 kWh * 0,20 Euro/kWh = 261.486 Euro
Berechnung 4) 33W x 24 h x 365 Tage =289 kWh pro Jahr. 289 kWh x 81758000= 23,6 Mrd. kWh jährlich. Das entspricht der jährlichen Stromerzeugung von mehr als 2 Atomkraftwerken!

Experiment 3: Energieeffiziente Beleuchtung - LED, Energiesparlampe oder Glühbirne? (Level 2)
e) LED: 3 kWh, Energiesparlampe: 15 kWh, Glühlampe 60 kWh
f) LED im Vergleich zur Glühlampe 57 kWh, Energiesparlampe im Vergleich zur Glühlampe 45 kWh

Experiment 4: Energieeffizientes Heizen - Was machen die Temperaturen?
e) 100.000 Liter x 0,85 €/Liter = 85.000 €
davon 9 % ⇨ 85.000 € x 0,09 = <u>7.650 € Ersparnis</u>

4 Glossar

Absorption
Oberflächen von Materialien reflektieren und absorbieren Licht in unterschiedlichem Maße. Ein Spiegel reflektiert fast alle Lichtstrahlen und bleibt deshalb in der Sonne relativ kühl. Ein schwarzes Blech hingegen absorbiert (lateinisch absorbere, (ab-/auf)saugen) die meisten Lichtstrahlen und wird deshalb sehr heiß.

Amortisationszeit
Die Amortisationszeit beschreibt den Zeitraum, in dem die Anschaffungskosten für eine Investition (z.B. eine solarthermische Anlage) durch die dadurch an anderer Stelle eingesparten Kosten gedeckt sind.

Atmosphäre
Dies ist eine Schicht aus Gasen, die unsere Erde umgibt und für eine mittlere Temperatur sorgt, so dass Leben auf der Erde möglich ist. Sie ist ungefähr 700 km dick. Ohne Atmosphäre hätten wir auf der Erde Temperaturen wie im Weltall.

Bioenergie
Energie, die aus Pflanzen und Tierexkrementen gewonnen wird. Beispielweise aus Holz oder aus Zuckerrüben, aber auch aus der Gülle von Kühen, Schweinen oder dem Mist von Hühnern. Zu Bioenergie zählen z.B. Brennholz, Holzpellets, Biogas, Pflanzenöl.

Biogas
Biogas ist eine Unterform von Bioenergie. Es wird zum Heizen und Kochen genutzt. Man kann auch Strom daraus gewinnen. Biogas bildet sich, wenn Pflanzen, pflanzliche Reste und tierische Reste ohne Luftzufuhr verrotten. Tierische Reste können auch Gülle und Mist sein. Das passiert unter natürlichen Bedingungen z. B. in Sümpfen. Heute wird Biogas auch in großen Behältern hergestellt, in die man tierische und pflanzliche Reste hinein füllt und luftdicht abschließt, sogenannte Fermenter. Die Biogasbildung kann man solange fortsetzen wie man tierische und pflanzliche Abfälle zur Verfügung hat. Biogas ist also eine erneuerbare Energie.

CO_2 (kurz für Kohlendioxid)
CO_2 ist die chemische Formel für Kohlendioxid, ein Gas (Treibhausgas), das beim Verbrennen von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen, wie Öl, Kohle oder Gas entsteht. Es ist auch in der Atmosphäre enthalten. Dort verhindert es, dass die von der Erde aufsteigende Wärme in das Weltall entweicht. Das nennt man **natürlichen Treibhauseffekt**. Je mehr CO_2 in die Atmosphäre gelangt, desto mehr der aufsteigenden Wärme wird in der Atmosphäre gehalten und die Temperatur der Erdatmosphäre steigt an. Das nennt man den **vom Menschen verursachten Treibhauseffekt**.

Diode/Leuchtdiode
Eine Leuchtdiode wird oft – abgekürzt – auch LED (Light emitting Diod) genannt. Es ist eine Lichtquelle, die nicht – wie eine Glühlampe – heiß wird, wenn sie leuchtet. Sie hat eine viel längere Lebensdauer als eine Glühlampe und verbraucht wesentlich weniger Strom.

Leuchtdioden gibt es in verschiedenen Farben. Heute (2012) gibt es schon sehr viele LED Produkte, die Glühbirnen und Energiesparlampen ersetzen können.

Dynamo
Mit einem Dynamo kann man Strom erzeugen und so eine Lampe zum Leuchten bringen, wie z.B. an einem Fahrrad. Das funktioniert so: Der Reifen dreht das Rädchen am Dynamo. Dieses Rädchen sitzt auf einer Achse. Auf der Achse befinden sich sehr viele Kupferdrahtwicklungen. Die Achse mit der Wicklung wird Spule genannt.
Um die Spule herum befinden sich Magnete. Wenn sich die Spule zwischen den Magneten dreht, beginnt Strom in den Kupferdrähten zu fließen. Und dieser Strom lässt die Fahrradlampen leuchten.

Energie
Wir brauchen Energie, um uns mit Auto, Bahn oder Flugzeug fortzubewegen, zum Heizen und für Beleuchtung. Außerdem brauchen wir Energie, um uns selbst zu bewegen und am Leben zu halten. Es gibt verschieden Energieformen: elektrische Energie, mechanische Energie oder Wärmeenergie. Energie wird in unterschiedlichen Einheiten angegeben, z. B. als Wattstunde (Wh), Kilowattstunde (kWh) oder Joule (J). Ein Joule ist eine Wattsekunde (Ws). 1 kWh = 1.000 Wh = 3.600.000 J.

Erdgas
Erdgas gehört zu den fossilen Energieträgern. Es ist ein energiereiches, brennbares Gas, das vor vielen Millionen Jahren tief in der Erde entstanden ist. Es hat sich durch Zersetzung von abgestorbenen Kleinstlebewesen und Pflanzenteilen gebildet. Der Hauptanteil ist Methangas (CH_4).

Erdöl
Erdöl ist ein in der Erdkruste vorkommender fossiler Energieträger. Es hat sich ähnlich wie Erdgas vor vielen Millionen Jahren gebildet und besteht aus einem Gemisch aus zahlreichen unterschiedlichen Kohlenwasserstoffen. Es dient zur Erzeugung von Elektrizität und als Grundlage zur Erzeugung von Treibstoffen fast aller Verkehrs- und Transportmittel in Form von Benzin, Diesel und Kerosin, sowie für Heizöl.

Erdwärme/Geothermie
Die Erde hat einen glühend heißen Kern. Diese Wärme kommt an vielen Stellen als heiße Quelle an die Erdoberfläche. Mit tiefen Bohrungen kann man die Erdwärme nutzen. Geothermie bedeutet dasselbe wie Erdwärme. „Geos“ ist ein griechisches Wort und bedeutet die „Erde“ und „Thermos“ bedeutet „Wärme“. Da die Energie der Erde unerschöpflich scheint, wird die Erdwärme zu den erneuerbaren Energien gezählt.

Erneuerbare Energien
Energien, die in der Natur vorkommen und die wir nicht aufbrauchen können, weil sie immer wieder neu entstehen. Erneuerbare Energien sind die Energie von Wind, Wasser, Sonne, Biomasse und Erdwärme.

Generator
Generatoren ermöglichen die Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie, also Strom. Ein ganz einfacher Generator besteht aus Spule (Kupferdraht mit Eisenkern) und

Magneten. Die Spule sitzt auf einer Achse und dreht sich zwischen den Magneten, dadurch entsteht ein elektrisches Feld, aus dem Strom abgeleitet werden kann.

Geothermie siehe Erdwärme

Klima/Klimawandel
Als Klima wird das Wetter über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren bezeichnet. Das Klima sagt etwas über das durchschnittliche Wetter für ein bestimmtes Gebiet auf der Erde aus. Verändert sich das Klima in einem langen Beobachtungszeitraum spricht man von Klimawandel.

Kilowattstunde (kWh)
Eine Maßeinheit für Energie. Wenn wir eine Ausgangsleitung von einem Kilowatt (1000 Watt) messen und dies über einen Zeitraum von einer Stunde, so ist das eine Energiemenge von einer Kilowattstunde.
In der Stromrechnung ist angegeben, wie viele kWh pro Monat verbraucht wurden. Entsprechend eines festgelegten Betrags für jede kWh wird der Rechnungsbetrag ermittelt.

Leistung (W)
Die momentane Leistung von elektrischen Geräten, von Motoren oder von Sportlern wird in Watt gemessen. Elektrische Geräte müssen mit Leistungsangaben versehen sein. Ein Föhn kann z.B. mit 1500 Watt, ein Küchenmixer mit 250 Watt und eine helle LED-Lampe mit 8 Watt betrieben werden.
Formel für elektrische Leistung: $P = U \times I$ (Leistung = Spannung mal Stromstärke, die Einheiten sind Watt für die Leistung, Volt für die Spannung und Ampere für die Stromstärke)

Lichtmessgerät
Siehe Luxmeter.

Luxmeter (Lichtmessgerät)
Mit einem Luxmeter wird die Helligkeit an einem bestimmten Ort gemessen. Luxmeter werden zur Messung der Beleuchtungsstärke an Arbeitsplätzen oder Straßenbeleuchtungen eingesetzt. Es wird der einfallende Lichtstrom pro Flächeneinheit erfasst und in der Einheit „lux“ angegeben.

Nutzenergie
Nutzenergie ist die Energie, die wir von einem Energieträger nutzen können. Wird Holz verbrannt, ist die entstehende Wärme die Nutzenergie. In einer Glühbirne wird elektrischer Strom in Licht umgewandelt. Das Licht ist die Nutzenergie. Es entsteht auch Wärme, die wir aber nicht nutzen.

Photovoltaik/Fotovoltaik
Umwandlung von Sonnenstrahlung in elektrische Energie (Strom) mittels Solarzellen (Halbleiter).

Reflexion
Reflektivität ist die Eigenschaft einer Oberfläche, das einfallende Licht zu reflektieren. Bei der Reflexion wird das Licht zurück geworfen (weiße Flächen, Spiegel).

Solarstrom
Solarstrom ist Strom, der aus Sonnenenergie gewonnen wird. Siehe Photovoltaik.

Solarthermie
Bezeichnung für Sonnenwärme, d.h. Wärme, die aus Sonnenlicht gewonnen wird. Zum Beispiel mit Sonnenkollektoren wird warmes Wasser erzeugt. Es gibt auch Luftkollektoren, die warme Luft erzeugen. Das Prinzip für die Erzeugung der Wärme ist die Absorption.

Solarzelle/ Photovoltaikzelle/ Fotovoltaikzelle
Solarzellen sind dünne Kristallplatten aus Silizium. Silizium gewinnt man in einem sehr komplizierten Verfahren aus Sand. Trifft Licht auf die Solarzellen, entsteht eine elektrische Spannung und ein elektrischer Strom fließt. Kurz gesagt: mit Solarzellen kann man elektrischen Strom machen.
Fotovoltaikzelle ist ein anderes Wort für Solarzelle. Es leitet sich aus dem griechischen Wort „Foto“ gleich Licht ab. Voltaik leitet sich von dem Namen des Erfinders der Batterie Alessandro Volta ab. Oft wird nur kurz PV-Zelle gesagt. Aus vielen Solarzellen werden Solarmodule hergestellt. Diese Solarmodule sieht man heute sehr oft auf Dächern von Häusern und großen Gebäuden.

Solarkocher
Sonnenkocher oder Solarkocher sind Überbegriffe. Das physikalische Prinzip unterscheidet die Solarkocher: Die **Parabolspiegelkocher** reflektieren und bündeln das Sonnenlicht auf einen Punkt. Im Brennpunkt befindet sich in der Regel ein schwarzer Kochtop oder eine Pfanne. Bei den **Solaröfen** gelangen die Sonnenstrahlen durch ein oder zwei Scheiben in den Ofen und treffen auf eine schwarze Fläche, die die Sonnenstrahlen in Wärme umwandelt. Dadurch entstehen Temperaturen von bis 180°C.

Treibhauseffekt
Siehe Erklärung CO_2.

Treibhausgase
Das sind die Gase, die von der Erde aufsteigende Wärme abfangen. Viele kommen in der Natur vor, wie zum Beispiel Kohlendioxid (CO_2) und Methangas (CH_4), das beim Vergären von Biomasse entsteht. Wenn es zu viele dieser Gase in der Erdatmosphäre gibt, staut sich die Wärme, die von der Erde ausgeht, und es kommt zur unerwünschten Erderwärmung.

Turbine
Eine Turbine wandelt die Energie von fließenden Flüssigkeiten oder von Wind in eine Drehbewegung um. Die entstandene Drehbewegung treibt beispielsweise einen Generator an, dieser erzeugt Strom. Turbinen sind eine Weiterentwicklung von Wasserrädern, die früher zum Mahlen des Getreides oder zum Sägen von Holz genutzt wurden.

Verlust (Energieverlust)
Energieverluste entstehen bei jeder Energieumwandlung. Bei der Produktion von Strom aus fossilen Energiequellen entstehen Energieverluste in Form von Wärme und mechanischer Reibung an den Turbinen und Generatoren. Auch der Transport des Stroms über lange Leitungen führt zu Verlusten. Heute gibt es technische Möglichkeiten, die Verluste zu

minimieren. So wird bei Blockheizkraftwerken die bei der Stromerzeugung entstehende Wärme auch genutzt.

Wasserkraft
Die fließende Masse des Wassers wird in Wasserkraftwerken genutzt, um elektrischen Strom zu gewinnen. Die Wasserkraft gehört zu den erneuerbaren Energien, da Wasser in der Regel immer fließt und sich nicht verbraucht (Wasserkreislauf).

Watt (W)
Watt ist eine Maßeinheit für die Leistung. Es gibt sowohl mechanische als auch elektrische Leistung. Eine Glühbirne mit 40Watt (Herstellerangabe) nimmt eine Leistung von 40 Watt auf.
Eine Glühbirne von 100 Watt verbraucht in 10 Stunden 1000Wh (Wattstunde) oder 1 kWh Kilowattstunde). Bei der Stromrechnung wird die genutzte elektrische Energie pro kWh bezahlt.

Windenergie
Der Wind hat Energie. Das kann man z.B. daran erkennen, dass er Windräder drehen kann oder Segelschiffe über die Gewässer schiebt. Je stärker der Wind weht, desto mehr Energie ist in ihm enthalten. Die Windenergie gehört zu den erneuerbaren Energien, da sich der Wind immer wieder neu bildet und nicht aufgebraucht werden kann.

Windmessgerät (Anemometer)
Mit dem Windmessgerät wird die Windgeschwindigkeit gemessen. Die Windstärke wird auf einer Skala von 1 (Windstille) bis 12 (Orkan) in Beaufort (bft) oder Knoten angegeben.

Wirkungsgrad
Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis der Nutzleistung zur aufgewendeten Leistung. Hohe Wirkungsgrade stehen für effiziente Umwandlungsprozesse, bei denen der Einsatz von Energie zu einem maximalen Ergebnis führen. 100 % Wirkungsgrad gibt es nicht, da jede Umwandlung zu Verlusten führt. Ein Auto hat z.B. einen Wirkungsgrad von 35 %, d.h. von 100 % der eingesetzten Energie kommen nur 35 % auf der Straße an, der Rest (65%) sind Verluste.

5 Literaturliste

Die folgende Zusammenstellung an Literaturliste hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

5.1 Sachbücher

CO_2 Lebenselixier und Klimakiller, Jens Soentgen und Armin Müller, oekom Verlag

Die Sonne (Was ist Was Band 76), Tessloff Verlag. 2002

Eine unbequeme Wahrheit: Klimawandel geht uns alle an, Al Gore, 2007, Cbj-Verlag

Energie (Was ist Was Band 3), Tessloff Verlag. 2003

Energie, Forschungszentrum Jülich (Hrsg.), www.energie-in-der-schule.de

Klima (Was ist was Band 125), Tessloff Verlag. 2003

Pendos CO_2-Zähler. Die CO_2-Tabelle für ein klimafreundliches Leben, co2online

5.2 Schulbücher

Globaler Klimawandel- Diercke spezial, Westermann Verlag (gratis bestellbar: www.bmu.de/bildungsservice)

Globaler Klimawandel – TERRA Thema, Themenheft und Materialmappe, Klett Verlag

Klima im Wandel – TERRA global, Klett Verlag

Materialsammlung Energie, Cornelsen Verlag

Praxis Geografie – Klimawandel, Westermann Verlag (gratis bestellbar: www.bmu.de/bildungsservice)

5.3 Unterrichtsmaterialien

Titel	Medium, Jahr	Inhalt und Bezug
BAFA - Förderung von Solarkollektoranlagen	Webseite	Webseite mit Informationen zu Fördermöglichkeiten für Solarthermische Anlagen www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/solarthermie/index.html
BINE Info Wasserkraft	Broschüre des BINE	Infomaterial zum Thema Wasserkraft www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/44285/BINE_Wasserkraft.pdf?command=

	Informations -dienst	downloadContent&filename=BINE_Wasserkraft.pdf
Bildungsmaterialien des BMU	Verschiedene Unterrichts-materialien	• Erneuerbare Energien (Sek I/II; Schüler-Arbeitsheft und Lehrerhandreichung), Bröschüre Stand 2008 • Klimaschutz To Go – Was geht an Schulen? • Klimaschutz und Klimapolitik (auch auf englisch: Climate Protection and Climate Policy) • Was ist gerecht? Lebensstil und Energieverbrauch Kann kostenlos bestellt werden unter: www.bmu.de/bildungsservice/bildungsmaterialien oder als download
eLearning Plattform	Online-Kurs	Bietet verschiedene eLearning Kursen zu Themen der Erneuerbaren Energien, u.a. auch der eLearning Modul zur MINT-EnergieBox, www.izt.de/moodle
Eyes on Energy Themenhefte	VWEW Energieverlag GmbH	Themenhefte zu folgenden Themen: 01 Brennstoffzelle 02 Windkraft 03 Wasserkraft 04 Solarenergie 05 Wege des Stroms Die Themenhefte sind interessant für Schüler als Einstieg in den Themenbereich Erneuerbare Energien. Zu bestellen unter /www.energie-fachmedien.de
Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe - Bioenergie	Broschüren	Verschiedene Broschüren zum Thema Bioenergie und Biogas sind als download verfügbar mediathek.fnr.de/broschuren/bioenergie.html
Fossile und erneuerbare Energien - Ressourcen - Umwelt – Technik	J. Eggert, 2008	Durch die Arbeitsmaterialien werden die Schüler/innen an das Thema "Fossile und erneuerbare Energien" so herangeführt, dass sie die unterschiedlichen Gesichtspunkte dazu kennenlernen, naturwissen-schaftliches Grundwissen erlangen und einen eigenen Standpunkt dazu entwickeln können.
Future-Friends	Arbeitsblätter,(Downloads)	Literatur- und Linkliste sowie Unterrichtsmaterialien z.B. zum Thema „Energiesparen“, www.future-friends.de
Klimadetektive	Tilman Langner, 2009	Broschüre für Lehrer und Schüler der Sek, um Umweltauswirkungen ihrer Schule zu erfassen, bewerten und wirksam zu optimieren. In dem für die Schüler relevanten und durch sie mit gestaltbaren (!) Rahmen der Schule werden somit Lernen und

		Handeln für den Klimaschutz sinnvoll miteinander verbunden. Arbeitsanleitungen und Checklisten für einen ersten gründlichen Umweltcheck. Außerdem stellt sie vor, wie der Umwelt- bzw. Klimaschutz sinnvoll in die Organisationsstruktur einer Schule eingebunden und ein modernes Umweltmanagement aufgebaut werden kann. (Bestellinfos siehe www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/51458/)
Klimadetektive, Klimaschutz	Unterrichts-einheiten, 2010	Auf der Seite www.umweltschulen.de gibt es vielfältige Lehrmaterialien und Informationen zum Thema Klimaschutz. (Die Kampagne "Klimadetektive" ruft alle Beteiligten an Schulen dazu auf, ihre CO2-Bilanz zu verbessern, um den Temperaturanstieg auf +2°C zu begrenzen.), www.umweltschulen.de
Globaler Klimawandel. Emissionen und erneuerbare Energien	Unterrichtseinheiten, 2008	Das Tamaki Foundation Project on Environmental Education der Universität Duisburg-Essen hat umfassendes Lernmaterial zum Thema Emissionen und Erneuerbare Energie entwickelt. Unter besonderer Förderung der Gestaltungskompetenz sollen die SchülerInnen die Aufgaben selbstständig durch Internet- und Literaturrecherche, Interviews und Diskussionen lösen. Das Material eignet sich für den Projektunterricht, die Offene Ganztagsschule oder auch für einzelne Unterrichtsstunden. Kernzielgruppe sind die 13- bis 16-Jährigen. www.institutfutur.de/transfer-21/daten/materialien/tamaki/t1_klimawandel.pdf
Lebendes Lehrbuch: Regenerative Energien	Infos, Projekte, Unterrichtsbeispiele, 2002	Das Lebende Lehrbuch des Instituts für ökologische Forschung und Bildung e.V. zeigt, dass es für Schüler/innen mehr als nur einen Zugang zum Thema Regenerative Energien gibt. Die Blattsammlung beinhaltet Sachinformationen zur Brennstoffzelle, Dezentralen Energieversorgung, Fotovoltaik, Nachwachsende Rohstoffe, Solarthermie, Wasser und Windkraft sowie Projekte und Unterrichtsbeispiele. www.natur-kultur.de, Fokus liegt auf Sek. I und II
Niedersächsische Lernwerkstatt für Solare Energiesysteme	Unterrichts-material, 2011	Experimentieranleitungen zu Fotovoltaik, www.nils-isfh.de/joomla/index.php?option=com_content&view=category&id=51&Itemid=69, www.nils-isfh.de
powerado-Materialien	Verschiedene Unterrichtsmaterialien	• Box Next Generation (Experimentierkiste zum Spiel „Streit der Welten“) • EE-Reiseführer Als downoad unter www.powerado.de

Projektheft Energie: Materialien für den projektbezogenen Unterricht	2006, Schroedel: Erlebnis Naturwissenschaften	Zahlreiche Projektbeispiele verdeutlichen, dass ohne Energie nichts geht. Zu den Themen "Energie 'sparen'", "Fossile Energieträger und Kernenergie", "Regenerative Energien" sowie "Energieversorgung mit Wasserstoff" werden Anregungen, Projektskizzen und Hilfestellungen geboten und anschaulich erläutert. Zu bestellen unter: www.schroedel.de
Marktübersicht Solarthermie-Pakete	Magazin Sonne Wind und Wärme	Beitrag mit einer Marktübersicht über solarthermische Anlagen www.bva-solar.de/sww/pdf/solarwaerme/0451-SWW_0311_066-083_Solarthermie_Marktuebersicht Solarthermie-Pakete.pdf
Unterrichtsmaterial von UfU, Berlin	Verschiedene Unterrichts-materialien	• Kleines Handbuch für Klimaretter auf Achse (Klasse 4-7) • Schulpaket CO_2-frei zum Energiesparkonto für Schulen (Klasse 5-8) • Schulpaket fifty/fifty – Energiesparen an Schulen (Sekundarstufe) • Schulpaket Solarsupport (Klasse 7 -10) Zu bestellen unter www.ufu.de
Unterrichtsmaterial „Die Kraft des Wassers nutzen“	KlimaNet	Unterrichtsmaterial zum Thema Wasserkraft http: www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/51486/Sekundarstufe_Wasserkraft.pdf?command=downloadContent&filename=Sekundarstufe_Wasserkraft.pdf

5.4 Informationsbroschüren (zum Bestellen oder Download im Internet)

Energie dreifach nutzen: www.bmu.de/bildungsservice

Erneuerbare Energien. Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft: www.bmu.de/bildungsservice

Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung: www.bmu.de/bildungsservice

Mut zur Nachhaltigkeit, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: www.mut-zur-nachhaltigkeit.de

Neues Denken – neue Energie. Roadmap Energiepolitik 2020: www.bmu.de/bildungsservice

Strom aus erneuerbaren Energien – Zukunftsinvestition mit Perspektiven: www.bmu.de/bildungsservice

Was ist Energie?: www.bine.info

Weitere Broschüren zum Thema EE: www.bine.info, www.bmu.de/bildungsservice

5.5 Online-Spiele und Quizz

Energiespiele und Energiequizz: www.solar-is-future.de/kids

Klimaquizz von Bildungscent: www.bildungscent-spiel.de/bmu

Klimaquizz „Mission Blue Planet“: www.mission-blue-planet.de

Planspiel zum Klimawandel „Keep Cool Online“: www.keep-cool-online.de

Powerado Computerspiel zum Thema Energieversorgung: www.powerado.de oder als CD beim UfU erhältlich

Quarks-Quizz “Klima-Retten” vom WDR:
www.wdr.de/themen/_phpinclude_/quiztool2/index.php?qid=474

Solarquizz: www.solar-is-future.de/kids

Energie-Quizz: (CD-Rom oder online), www.energieagentur.nrw.de

5.6 Übersicht der Video-Clips aus den Experimentieranleitungen

Titel	Link	Inhalt	Dauer
Jürgen Uting erklärt, wie aus Raps Biodiesel wird	www.youtube.com/watch?v=D0jGqbcKfhk	Bioenergie	2:02
Holzvergaser - 200 kW(el) aus Holzgas	www.youtube.com/watch?v=7jEEBsX7lTI	Bioenergie	6:59
Herstellung von Holzpellets	www.youtube.com/watch?v=RP-ToORxKRs	Bioenergie	3:27
Bau einer Biogasanlage	www.youtube.com/watch?v=KPiSbMuM_ek	Bioenergie	10:56
So funktioniert eine Biogasanlage	www.youtube.com/watch?v=po5sDVbV8_M	Bioenergie	2:47
Bau einer Freiflächen-Photovoltaikanlage	www.youtube.com/watch?v=vV4EZR9QrKE	Photovoltaik	4:40
Solarpark Lieberose	www.youtube.com/watch?v=MBLvN	Photovoltaik	2:25

	ZQqRk4		
Die Andasol-Kraftwerke	www.youtube.com/watch?v=Gyrj8GqrRZs	Solarthermie	6:40
Gemasolar - The World's First Baseload Solar Power Plant	www.youtube.com/watch?v=GhV2LT8KVgA	Solarthermie	2:37
Strom aus dem Fluss, das Laufwasserkraftwerk	www.youtube.com/watch?v=e1VWLGP7o_g	Wasserkraft	2:14
Modernisierung eines Laufwasserkraftwerks	www.youtube.com/watch?v=EiwCbAWmhZc	Wasserkraft	6:25
Wasserkraftwerk Itaipu in Brasilien	www.youtube.com/watch?v=UciT_9Mlric	Wasserkraft	6:43
Strom aus den Bergen: das Speicherkraftwerk	www.youtube.com/watch?v=Rt7eJFvMqbg	Wasserkraft	3:40
Bau einer Windenergie-Anlage Enercon E82	www.youtube.com/watch?v=AjvQrDjj7Do	Windenergie	5:44
EnBW Offshore Windpark Baltic 1	www.youtube.com/watch?v=N5VQNgkJo5w	Windenergie	2:58

5.7 Filme

Titel	Bezug, Inhalt	Dauer
Animation – Solarthermie	Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de	1 min
Die Rechnung	Germanwatch, www.germanwatch.org/klima/film09.htm	4 min
Das Kombikraftwerk	Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de	7 min
Eine unbequeme Wahrheit:	Film zum Buch, Al Gore	93 min

Klimawandel geht uns alle an		
fifty/fifty Energiesparen an Schulen	UfU (zu bestellen auf DVD)	14 min
Grow up cool down	Greenpeace (2008), www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/applications/gpd_tv	1 min
Kraftwerkspark der Zukunft	Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de	8 min
Strom aus Sonne (Solarenergie)	DVD, Armin Maiwald: Unterrichtsmaterial aus der Reihe Sendung mit der Maus. Der Film erklärt wie aus Sand und Sonne Energie gewonnen werden kann. Er zeigt außerdem, wie eine Solaranlage funktioniert. Im ROM-Teil der DVD sind drei Arbeitsblätter im PDF-Format zu den Themen Einsatz von Solarenergie in Afrika, Schülerübungen zur Photovoltaik und Bauanleitung eines Solarofens enthalten	30 min
Unsichtbarer Feind. Kinder auf den Spuren des Klimawandels	¾ Plus: www.unsichtbarerfeind.de	31 min
Was Ist Was TV: Energie	DVD: Was ist Was, Tessloff Verlag. 2003	Ca. 25 min.
Was Ist Was TV: Die Sonne	DVD: Was ist Was, Tessloff Verlag. 2003	Ca. 25 min.
Was ist Was TV: Klima	DVD: Was ist Was, Tessloff Verlag. 2003	Ca. 25 min.
WissensWerte Klimawandel	Von Jan Künzel, www.e-politik.de/lesen/artikel/2012/wissenswerte-klimawandel/	7,4 min

Weitere Filme zum Thema EE von der Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de

5.8 Interessante Links für den Unterricht

Agentur für Erneuerbare Energien – Informationsportal: www.unendlich-viel-energie.de

Aktion Klima, Onlineplattform für Unterrichtsmaterial: www.aktionklima.lehrerwink.de

BINE Informationsdienst – Energieforschung für die Praxis: www.bine.info

Bildungsservice vom Bundesumweltministerium: www.bmu.de/bildungsservice

Bundesverband Schule Energie Bildung: www.schule-energie-bildung.de

Bundesverband Windenergie e.V.: www.wind-energie.de

CO_2-Maus: Internetportal für Kinder: www.co2maus.de

Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.: www.dgs.de

Energieatlas: www.energie-atlas.ch

Energieportal: www.das-energieportal.de

Energiesparkonto und Energiesparclub von co2online: www.energiesparclub.de

Environmental Practitioner Programme (eLearning zu CO_2): www.carboncounter.info

Famos – Mobile Solarwerkstatt: www.solarwerkstatt-famos.de

Future Friends (Webseite für 10 – 19-Jährige, die etwas für die Umwelt tun wollen): www.future-friends.de

Geolino: www.geolino.de

Informations- und Kommunikationsplattform Agenda 21 Treffpunkt: www.agenda21-treffpunkt.de

Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT): www.izt.de

Initiative „Mut zur Nachhaltigkeit“: www.mut-zur-nachhaltigkeit.de

Internationale Internetplattform für Klimabildung (engl.): www.teacherscop15.dk

Internetplattform für Klimaschutzideen vom BMU: www.klimawink.de

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): www.ipcc.ch

Jugendsolarprojekt von Greenpeace: www.jugendsolarprojekt.ch

Kampagne „Klima sucht Schutz“: www.klimaklicker.de

Kinderseite des BMU: www.bmu-kids.de

Klimaexpedition: www.german.org/klimaexpedition.htm

Klimapass: www.klima-pass.de

Klimaschutzinititative des BMU: www.bmu-klimaschutzinitiative.de

Klimaschutzschulenatlas: www.klimaschutzschulenatlas.de

Lexikon Energiewelten: www.energiewelten.de/elexikon/lexikon/index3.htm

Niedersächsische Lernwerkstatt für Solare Energiesysteme: www.nils-isfh.de

ÖKO-TEST: www.oekotest.de

Powerado/powerado plus: www.powerado.de; www.ufu.de/powerado; www.izt.de/powerado

Solare Zukunft e.V.: http://www.solarezukunft.org

Solarküche ExSol (franz.): www.cuisinesolaire.com

Solarserver – Internetportal zur Sonnenenergie: www.solarserver.de

Solarsupport an Schulen – EE sichtbar machen: www.solarsupport.org

Umweltbundesamt (UBA): www.umweltbundesamt.de

Umweltchecker Netzwerk: www.umweltchecker.de

Umwelt- und Prognose Institut: www.upi-institut.de

Umweltschutz an Schulen (Lehrmaterial und Praxistipps zum Thema Klimaschutz und Klimadetektive): www.umweltschulen.de/energie

Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V. (UfU): www.ufu.de

UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung: www.dekade.org

Verbraucherzentrale der Energieberatung: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

KlimaNet Baden-Württemberg (Informationen und Übersicht zu Materialien, Links und Spiele): www.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/42140/

5.9 CO_2-Rechner

www.co2maus.de

www.carboncounter.info/calculators.html (Sammlung von CO_2-Rechnern in englischer Sprache)

www.klimaktiv.de

www.solarsupport.org

5.10 Informationsangebote zu Ausbildung und Studium im Bereich EE

Aus- und Fortbildungsangebote für Erneuerbare Energien (2008), Wissenschaftsladen Bonn e.V.: www.jobmotor-erneuerbare.de/download/Aus-und-Fortbildung2008-05.pdf

Aus- und Weiterbildung im Bereich erneuerbare Energien, Bundesverband Windenergie e.V.: http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Arbeitspl%E4tze /ausbildung.pdf

Berufliche Aus- und Fortbildungswege im Überblick (2008), Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB): www.bibb.de/dokumente/ppt/Forum_Ausbildung_EE.ppt

Boxer - Infodienst: Regenerative Energie (Webportal): http://www.boxer99.de/erneuerbare_energien_job.htm

Duale Berufsausbildung im Bereich erneuerbarer Energien (2007), Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): http://www.bmbf.de/pub/duale_berufsausbildung_erneuerbare_energien.pdf

Duales Studium erneuerbare Energien - Das Informationsportal zum Studium im Bereich erneuerbare Energien, Studium Erneuerbare Energien (Webportal): www.studium-erneuerbare-energien.de

Erneuerbare Energien - ein Arbeitsmarkt für Frauen! (2008), Life e.V.: www.life-online.de/download/ publication/erneuerbare_broschuere_web.pdf

Erneuerbare Energien – Studium, Ausbildung und Beruf, Agentur für Erneuerbare Energien: www.erneuerbare-karriere.de

Erneuerbare Energie – Studien- und Ausbildungswege, Bundesagentur für Arbeit (Webportal): http://www.abi.de/arbeitsmarkt/branchenreports/erneuerbare-energien-studien-u05349.htm

Jobstarter Regional- Ausbildung in erneuerbaren Energien fördern – doppelt die Zukunft sichern (2009), Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): http://www.bmbf.de/pub/jobstarter_regional_2-2009.pdf

Studienangebote für Erneuerbare Energien (2007), Wissenschaftsladen Bonn e.V.: www.meenergy.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Studienangebot_EE_2007.pdf

Studium der Erneuerbaren Energien, gate4renewables, G4R (Webportal): http://www.gate4renewables.de/studium/

Umwelt schafft Perspektiven (2008), Deutscher Industrie- und Handelskammertag: http://www.dihk.de/inhalt/download/umweltberufe.pdf