



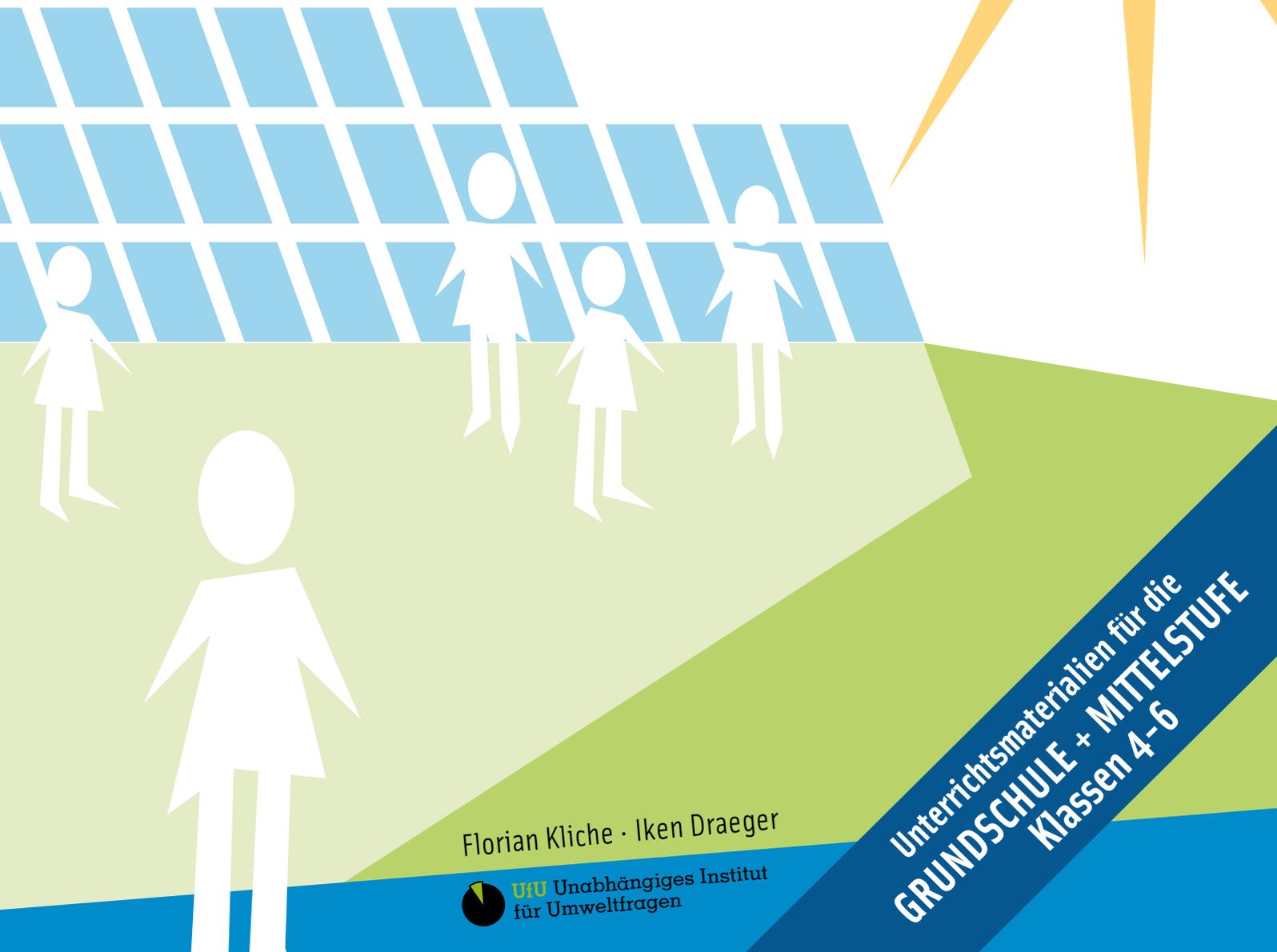
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

Schulpaket Solarsupport

Materialien für Schulen und Bildungseinrichtungen
zum Thema Photovoltaik



Florian Kliche · Iken Draeger

 **IUI** Unabhängiges Institut
für Umweltfragen

Unterrichtsmaterialien für die
GRUNDSCHULE + MITTELSTUFE
Klassen 4-6

Inhalte

- 3 Allgemeine Hinweise zum Schulpaket
- 3 Warum sollen schlafende Solaranlagen geweckt werden?
- 4 Aufbau und Inhalte des Schulpakets
- 5 Wo finde ich das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan?
- 6 Anmerkungen
- 7 **Thema 1:** Wie funktioniert eine Solaranlage?
- 22 **Thema 2:** Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?
- 35 **Thema 3:** Wir verbessern Solaranlagen!
- 45 **Thema 4:** Solarenergie in der Diskussion
- 56 Stichwortverzeichnis
- 57 Literaturliste

Einheiten und Formelzeichen

W/kW	Watt/Kilowatt
P	Leistung (Power)
Ws/kWh	Wattsekunde/Kilowattstunde
W	Elektrische Arbeit bzw. Energie (Work)
V	Volt
U	Spannung
A	Ampère
I	Stromstärke
lux	Beleuchtungsstärke (Licht)
a	Jahr (Anno)

Abkürzungen

PV	Photovoltaik
Sch	Schülerinnen und Schüler
L	Lehrkraft
AB	Arbeitsblatt
F	Folie

Schulpaket Solarsupport

Allgemeine Hinweise zum Schulpaket

Das Schulpaket Solarsupport für die Grundschule zielt darauf ab, das Thema Photovoltaik und ggf. die an der Schule vorhandene Photovoltaikanlage in den Unterricht einzubinden. Es richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Grundschule und Mittelstufe, Klassen 4–6. Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen Experimente und spielerische Übungen im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Kinder forschend tätig werden und sich Fachinhalte weitgehend selbständig in Teamarbeit aneignen. Das Thema Solarenergie kann in verschiedenen Fächern und fächerübergreifend in den Unterricht integriert werden. Neben der thematischen Einbindung in den Sachunterricht und in die Naturwissenschaften gibt es vielfältige Schnittstellen zu den Fächern Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Mathematik, Kunst und Werken. Die Unterrichtsinhalte sind so konzipiert, dass sie auch von Lehrerinnen und Lehrern, die nicht im naturwissenschaftlichen Bereich tätig sind, durchgeführt werden können.

Warum sollen schlafende Solaranlagen geweckt werden?

Umweltbildung und Klimaschutz gehören zum gesellschaftlichen Auftrag der Schule. Der Einsatz erneuerbarer Energien spielt beim Klimaschutz eine zunehmend wichtigere Rolle. Diese Entwicklung zeichnet sich bereits in alternativen Berufsbildern ab. Das Schulpaket Solarsupport schafft und verbessert die Akzeptanz für erneuerbare Energien. Die Schülerinnen und Schüler erwerben nachhaltiges, anwendungsbezogenes Wissen zur Photovoltaik und bilden sich eine eigene Meinung. Sie erkennen, welche Bedeutung die Energieversorgung in ihrem Alltag hat, welche Verantwortung jeder Mensch für die Gestaltung unserer Umwelt trägt und wo sie gestaltend mitwirken können. Für die Schule besteht die Möglichkeit, das Thema Sonnenenergie dauerhaft in das Curriculum und Schulprofil einzugliedern sowie einen positiven Beitrag zur Außendarstellung der Schule zu leisten, z. B. über den Klimaschutzschulenanatlas (www.klimaschutzschulenatlas.de).

Zu den Lerninhalten gehören:

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Aufbau und Funktionsweise einer Solaranlage
- Einflussfaktoren bei der solaren Stromerzeugung
- Solartechnik: Messreihen und Experimente
- Optimierung von Solaranlagen
- Förderung der Solarenergie in Deutschland
- Stromsparen in der Schule
- Solarenergie im Rahmen von Klimawandel und Klimaschutz

Aufbau und Inhalte des Schulpakets:

- | | |
|----------------|---|
| Thema 1 | Wie funktioniert eine Solaranlage?
(Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst) |
| Thema 2 | Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?
(Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst, Mathematik) |
| Thema 3 | Wir verbessern Solaranlagen!
(Sachunterricht, Naturwissenschaften, Mathematik, Geografie, Sozialkunde, Deutsch) |
| Thema 4 | Solarenergie in der Diskussion
(Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Kunst) |

Das Schulpaket Solarsupport ist in vier Themenbereiche gegliedert, zu denen verschiedene Unterrichtsmodule angeboten werden. Jedes Thema beginnt mit einer kurzen Einführung in die vorgesehenen Lerninhalte, Methoden und Medien. Zur Vorbereitung auf den Unterricht wird dargestellt, welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler zur Erarbeitung der Lerninhalte benötigen und welche Vorbereitungen seitens der Lehrkraft zu treffen sind. Die Module können einzeln oder miteinander verknüpft im Unterricht bearbeitet werden. Die modulare Zusammenstellung erlaubt eine Auswahl der Lerninhalte nach dem aktuellen Wissensstand der Kinder und entsprechend den zeitlichen und fachlichen Vorstellungen und Vorgaben für den Unterricht. Die Module sind – ähnlich einer Verlaufsplanung – tabellarisch aufgebaut. Arbeitsschritte und Methoden zur Vermittlung der Lerninhalte werden detailliert erklärt und Lernziele formuliert. Darüber hinaus werden Angaben zu Materialien, Medien, Zeitumfang und Fächern gemacht. Die Kopiervorlagen für Arbeitsblätter (AB), Folien (F) und „Schülerspicker“ finden sich im Anschluss. Auf dem „Schülerspicker“ sind die wichtigsten Lerninhalte zum Thema zusammengefasst. Er kann an die Kinder ausgeteilt und von ihnen zur Vorbereitung auf Lernerfolgskontrollen genutzt werden. Am Ende jeder Themeneinheit werden die zu vermittelnden Fachinhalte ausführlich beschrieben, so dass auch fachfremde Lehrerinnen und Lehrer sich ohne großen Aufwand auf den Unterricht vorbereiten können.

Thema

- 1 Einführung
- 2 Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?
- 3 Welche Vorbereitungen sind notwendig?
- 4 Module für den Unterricht
- 5 Arbeitsblätter und Folien
- 6 Schülerspicker
- 7 Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

Wo finde ich das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan?

Jahrgangsstufe 4	Jahrgangsstufe 5/6
Sachunterricht	Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie)
Energie und Energie sparen	Elektrische Energie, elektrische Leistung und Energieumwandlung
Elektrischer Strom	Elektrizität: Stromkreis, Stromstärke, Spannung, Reihen- und Parallelschaltung
Wetter und Jahreszeiten	Sonne, Wetter und Jahreszeiten
Räume entdecken, erschließen und nutzen: Erkunden der Umwelt und Umweltschutz	Naturwissenschaftliche Modelle
Technik: Bauen und Konstruieren, technische Entwicklungen und Herstellungsverfahren, Umgang mit Werkzeugen	Stoffe im Alltag
Optische Phänomene: Licht	Optische Phänomene: Licht
Arbeit mit Hilfsmitteln: Karten, Lexika etc.	Experimentieren und Dokumentieren
Medien: Medien verwenden, bewerten und produzieren, Umgang mit dem Computer	
	Geografie und Sozialkunde
	Mensch und Umwelt: Umweltbelastungen, Naturkatastrophen, Umweltschutz
	Ökonomie und Gesellschaft: regionale Wirtschaftsformen und deren Auswirkungen auf Natur und Gesellschaft, Bürgerengagement
	Eigene Zukunft
	Probleme lösen und eigene Positionen vertreten: Brainstorming, Rollenspiele etc.
	Arbeitstechniken: Karten, Bild- und Sachquellen, Schaubilder und Diagramme
	Erkenntnisse dokumentieren und präsentieren: Vorträge, Plakate, Collagen etc.
Deutsch	
Texte verfassen	Texte verfassen
Briefe verfassen	Formales Schreiben: Brief
Gesprächsregeln einhalten	Meinungen und Anliegen darlegen
Nachschlagetechniken	Recherchetechniken
Präsentationsformen kennen und nutzen	Fachbegriffe

Medien nutzen und gestalten	Medien nutzen und gestalten: Internet als Informationsquelle
Rollenspiele	Plan- und Rollenspiele
Mathematik	
Grundrechenarten	Grundrechenarten
Größen und Messen	Größen und Maßeinheiten
Raum und Form	Geometrie: Winkel
Daten erfassen, auswerten und reflektieren	Daten erfassen, auswerten und reflektieren
Textaufgaben	Textaufgaben
	Bruchzahlen und Dezimalbrüche
Kunst (einschließlich Werken)	
Bildhaftes Gestalten	Bildhaftes Gestalten
Modelle bauen	Modelle bauen
Zukunftsvisionen	Erfinden, Entwickeln und Darstellen
Medien nutzen	Medien nutzen
	Darstellendes Spiel

Anmerkungen

Es wird die Schreibweise Photovoltaik statt Fotovoltaik gewählt, um Irritationen mit der Abkürzung PV zu vermeiden. In den Schülermaterialien wird der Begriff Photovoltaik vermieden und stattdessen Solarenergie benutzt. Zu Beginn der Unterrichtseinheit sollten folgende Begriffe gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern geklärt werden, um Verständnisschwierigkeiten zu vermeiden: Photovoltaik, Photon, Solarenergie, Solarmodul, elektrische Leistung und Strahlungsstärke. Außerdem sollte klar zwischen Solarstrom (Photovoltaik) und Solarwärme (Solarthermie) unterschieden werden.

Solarzubehör zum Basteln und Experimentieren kann im Solarfachhandel oder im Elektronikhandel besorgt werden. Es ist sinnvoll, auf eine gute Qualität der Solarzellen zu achten. Solarzellen von schlechter Qualität können ein falsches Bild von der Leistungsfähigkeit der Solartechnik vermitteln.

Hier finden Sie einige Bestelladressen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

eduwerk Bildung mit Energie für die Zukunft	>> www.eduwerk.com
Lemo-Solar Lehnert Modellbau Solartechnik GmbH	>> www.lemo-solar.de
Inpro Solar Intertrade and Production	>> www.inprosolar.de
SOLARC Innovative Solarprodukte GmbH	>> www.solarc.de
SolarCosa	>> www.solarcosa.de
Conrad Electronic GmbH	>> www.conrad.de
OPITEC Handel GmbH	>> www.opitec.de
Manfred Bauer (solare Wäscheklammern)	>> www.technoptikum.de

Thema 1: Wie funktioniert eine Solaranlage?

Einführung

Wie funktioniert eine Solaranlage? Dieser Frage gehen die Schülerinnen und Schüler durch forschendes Handeln und spielerisches Entdecken auf den Grund. Ausgehend von der Besichtigung einer Solaranlage lernen sie die verschiedenen Komponenten einer solchen Anlage kennen und begreifen durch selbständiges Experimentieren, wie Solarstrom erzeugt wird. Ein kleiner Exkurs zu den Eigenschaften des Lichts und zum Atommodell soll den Kindern das Verständnis der technischen Abläufe erleichtern. Die Lerninhalte werden über abwechslungsreiche Methoden und Medien vermittelt. Dazu gehören verschiedene Experimente, ein Rollenspiel, ein Film sowie Übungen auf Arbeitsblättern und Folien. Die Module lassen sich in erster Linie in den naturwissenschaftlichen Unterricht oder den Sachunterricht integrieren, da hauptsächlich die technische Seite der Photovoltaik zur Sprache kommt. Einzelne Module können aber auch fächerübergreifend im Geografie- und Deutschunterricht durchgeführt werden.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

Hilfreich ist es, wenn die Kinder eine Vorstellung darüber haben, was Energie und elektrischer Strom sind und wie ein Stromkreis aufgebaut ist.

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 1-01:** Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Solarrundgang.
- Modul 1-02:** Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen oder Solarbruch, Solarmotoren (z. B. 0,3 V; 15 mA), Summer (z. B. 1-3 V; 5 mA), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. LötKolben und Lötzinn. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: mail@ufu.de. Anleitungen zu Solarexperimenten gibt es als Download unter www.ufu.de/powerado (Box Primary).
- Modul 1-06:** Hinweise zum Film „S6 Solarenergie“ finden sich unter www.bibliothek-der-sachgeschichten.de (Suchbegriff: Solarenergie).

Module für den Unterricht

Modul 1-01 Solarrundgang

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi	Die Sch besichtigen eine oder die schul-eigene Solaranlage. Sie betrachten die sichtbaren Komponenten und klären deren Funktion: Solarmodule, Leitungen, Gestell und Ausrichtung, Wechselrichter, Stromzähler und Display. Die L ergänzt das Vorwissen der Sch. Während oder nach dem Solarrundgang füllen diese das Arbeitsblatt aus. Zur Ergebnissicherung wiederholen die Sch den Aufbau einer Solaranlage anhand eines Schaubilds.	Die Sch verstehen den grundlegenden Aufbau einer Solaranlage. Sie können die verschiedenen Komponenten benennen, ihre Funktion beschreiben und spezifische Angaben zur schul-eigenen Solaranlage machen.	AB 1-01, F 1-01, OH-Projektor

Modul 1-02 Solares Basteln

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi	Die Sch basteln selbständig kleine Solarmodelle. Jeweils zwei Sch erhalten ein Übungsset: Solarzelle mit Kabeln, Solarmotor, Leuchtdiode und Summer. Zum Aufsatz auf den Motor basteln sie sich kleine Propeller. Nach einer kurzen Einführung, wie Solarzellen angeschlossen werden, beginnen die Sch zu experimentieren. Sie schließen die elektrischen Verbraucher an die Solarzellen an, verschalten sie miteinander und halten sie in die Sonne oder in eine künstliche Lichtquelle. Anleitungen zu den Experimenten gibt es als Download z.B. unter www.ufu.de/powerado . Im Anschluss an die Experimentierphase werden die Erfahrungen gemeinsam besprochen: Wie schnell dreht sich der Propeller mit wenig, viel und ohne Sonne? Warum?	Die Sch erfahren in praktischen Versuchen, dass Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Sie erwerben technische Kompetenzen: Z. B. wissen sie, wo der Plus- und Minuspol einer Solarzelle sind und können elektrische Verbraucher an Solarzellen anschließen.	Solarbruch bzw. Solarzellen, Leuchtdioden, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, starke Lampen ab 50 W oder Baustrahler, Bastelmaterial

Modul 1-03 Was ist Licht? – Fußpappenexperiment und Fingerwärmer

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min SU NaWi	<p>In zwei Versuchen erforschen die Sch die Eigenschaften des Lichts. Für das Fußpappenexperiment schneiden sie aus Pappe ihre eigenen Fußabdrücke aus, malen den einen schwarz und den anderen weiß an. Sie legen diese für eine Weile in die Sonne und testen barfuß die Temperatur. Fingerwärmer werden ebenfalls aus Pappe gebastelt. Dafür wird ein Kreis mit ca. 8 cm Durchmesser mit einem fingerbreiten Loch in der Mitte ausgeschnitten. Der Pappiring wird mit Alufolie beklebt (glänzende Seite nach außen), an einer Stelle aufgeschnitten, zu einem Trichter zusammengefügt und über den Finger gestreift in die Sonne gehalten. Die vom Alutrichter gebündelten Sonnenstrahlen wärmen die Fingerspitze. Beide Experimente werden danach ausgewertet: Was habt ihr gefühlt? Warum wurden Füße und Finger warm? Warum haben wir Alufolie benutzt? Die L erklärt zum Schluss, dass Licht aus Photonen, kleinen „Lichtteilchen“, besteht und dass Licht, wenn es auf einen Gegenstand trifft, in Wärme umgewandelt wird. In der Diskussion kann auch auf den Unterschied zwischen Solarstrom und Solarwärme eingegangen werden.</p>	<p>Die Sch erfahren, dass Licht Energie enthält, die als Wärme wahrgenommen werden kann. Außerdem erkennen sie, dass bestimmte Oberflächen Licht besser reflektieren als andere.</p>	<p>Pappe, Scheren, weiße und schwarze Farbe, Alufolie, durchsichtiges Klebeband</p>



Modul 1-04 Atommodell

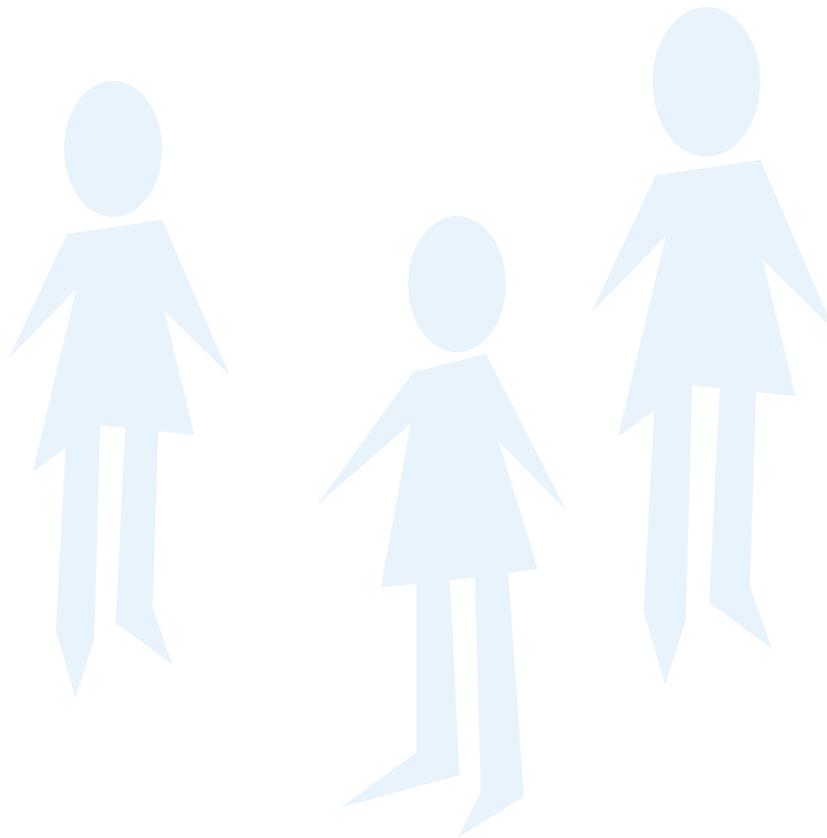
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min SU NaWi	Als Einstieg sammeln die Sch an der Tafel, was sie über Atome wissen. Danach bearbeiten sie gemeinsam Schritt für Schritt das Arbeitsblatt. Sie haben die Aufgabe, verschiedene Durchmesser von kugelförmigen Gegenständen zu messen und mit der Größe eines Atoms zu vergleichen. Mithilfe des Atommodells auf dem Arbeitsblatt, das zuvor beschriftet werden muss, basteln die Sch eigene Atommodelle aus Styroporkugeln und Zahnstochern, bemalen und beschriften sie mit + und – für Protonen bzw. Elektronen.	Die Sch wissen, was Atome sind, wie ein vereinfachtes Atommodell aufgebaut ist und dass die Elektronen um den Atomkern kreisen. Sie erwerben eine Vorstellung davon, wie klein Atome sind.	Tafel, AB 1-04, kugelförmige Gegenstände, z.B. Tischtennisball, Wasserball, Erbse und Apfel, Styroporkugeln in verschiedenen Größen, Zahnstocher

Modul 1-05 Photonenspiel

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min SU NaWi Ku	Die Sch spielen den Vorgang in einer Solarzelle vereinfacht nach und besprechen ihn danach. Zu Beginn erklärt die L den Sch, dass die meisten Solarzellen aus Silizium bestehen und der nachgespielte Vorgang in diesem Material stattfindet. Die L weist den Sch verschiedene Rollen zu: Zwei Sch stellen die Lichtstrahlen (Photonen) dar, zehn weitere Sch bilden zwei Siliziumatome (Kern + 4 Elektronen). Die Elektronen halten sich am Atomkern fest und können nur durch ein Photon vom Kern getrennt werden. Nach der Loslösung vom Kern sind die Elektronen bestrebt, wieder an ihren Platz zurückzukehren. Dies können sie aber nur über den indirekten Weg durch die Stromleitung und den Verbraucher (z.B. Motor). Die Stromleitung kann durch Kreppband auf dem Boden oder Sch, die einen Gang bilden, dargestellt werden, der Motor durch ein Kind, das von den Elektronen gedreht wird.	Die Sch erfahren spielerisch, dass Strom erzeugt wird, wenn Lichtstrahlen auf eine Solarzelle treffen. Sie lernen, was Photonen sind und dass diese im Silizium-Halbleiter die Elektronen in Bewegung versetzen und damit elektrischen Strom erzeugen.	Stühle, Kreppband

Modul 1-06 Film zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Geo	<p>Im Film wird erklärt, woraus Sonnenlicht besteht, wie sich Photonen bewegen und Solarstrom erzeugt wird. Darüber hinaus wird die Fertigung eines Solarmoduls dargestellt und darauf eingegangen, warum Solarzellen dunkel sind.</p> <p>Zur Festigung und Vertiefung kann die Folie 1-06 eingesetzt werden, die Fotos von verschiedenen Anlagen- und Zellentypen zeigt.</p>	Die Sch erweitern und festigen ihre Kenntnisse über die Funktionsweise einer Solarzelle.	DVD „S6 Solarenergie“ (www.bibliothek-der-sachgeschichten.de), DVD-Player, Folie 1-06



Arbeitsblatt 1-01: Solarrundgang

Ordne die Begriffe den Bildern zu und trage die Daten eurer Solaranlage in die Zeichnung ein. Beantworte danach die Fragen.

1: Wechselrichter • 2: Einspeisung ins Stromnetz • 3: Sonne • 4: Licht
5: Solarmodul • 6: eigener Stromverbrauch



Aktuelle Leistung

Watt

Solarer Gesamtertrag

kWh

Vermiedene CO₂-Emissionen

kg

Fragen zur Solaranlage der Schule

Wie viele Solarmodule sind miteinander verbunden? _____

Die Solaranlage erzeugt Strom für: das öffentliche Stromnetz die Schule

Fragen zur Stromerzeugung der Solaranlage

Was misst man in Watt oder Kilowatt? _____

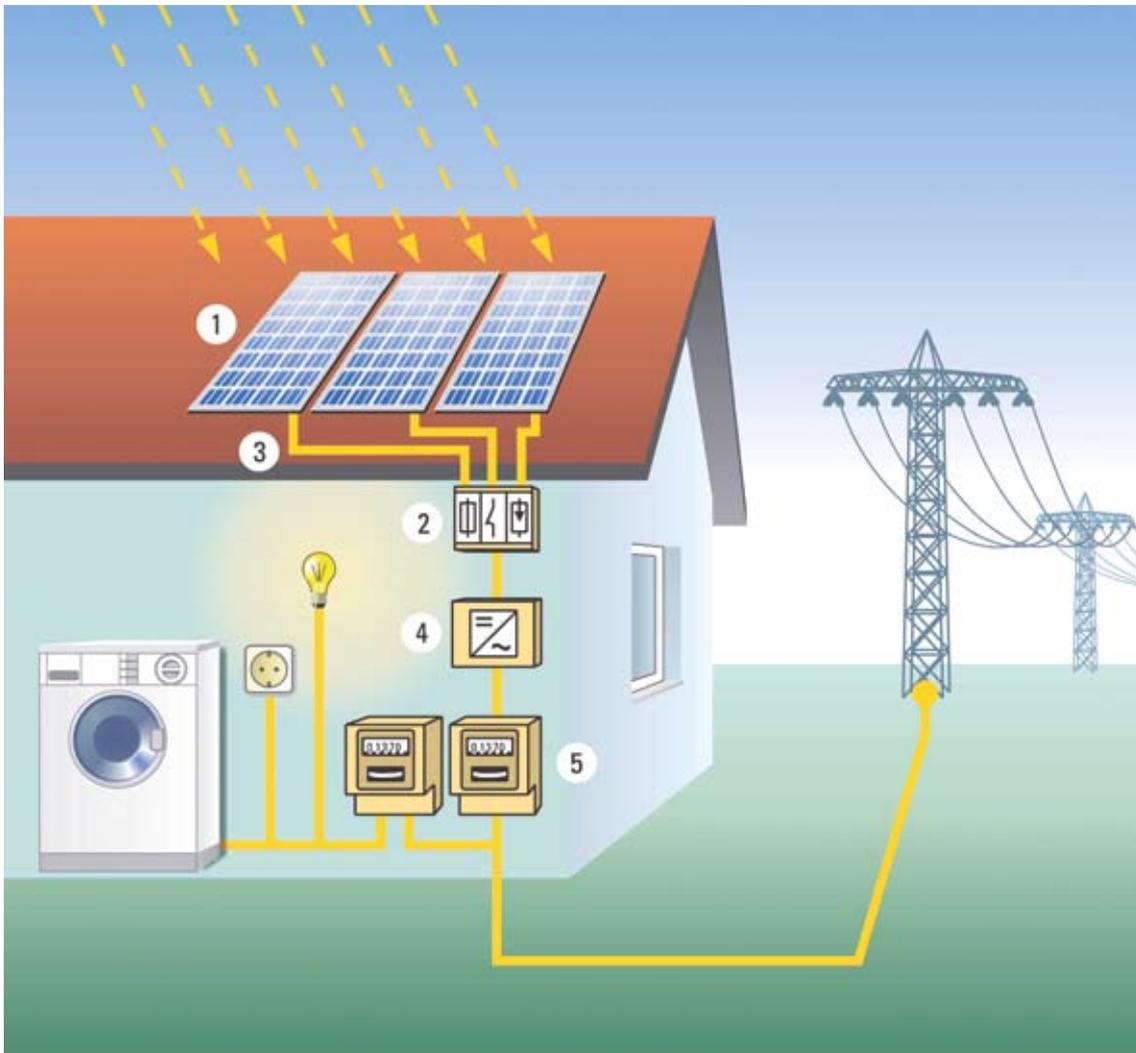
Wie viel Watt sind 1 Kilowatt? _____

Kreuze an, wo und wobei CO₂ entsteht:

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Auto fahren | <input type="checkbox"/> Verbrennung von Kuhfladen | <input type="checkbox"/> Fahrrad fahren |
| <input type="checkbox"/> in der Solaranlage | <input type="checkbox"/> Ausatmen | <input type="checkbox"/> im Kohlekraftwerk |
| <input type="checkbox"/> Flugzeug fliegen | <input type="checkbox"/> Wachsen von Pflanzen | <input type="checkbox"/> Lagerfeuer |

Was ist CO₂ und warum ist es in großen Mengen so gefährlich für Umwelt und Klima?

Folie 1-01: Schaubild einer Solaranlage



Grafik: DGS

Benennt die Bauteile der Solaranlage und erklärt mithilfe des Schaubilds, wie diese Anlage funktioniert.

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____

Arbeitsblatt 1-04: Was ist ein Atom?

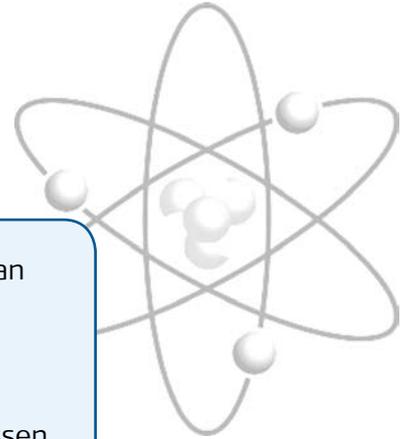
Atome sind die Bausteine, aus denen unsere Welt besteht. Sie sind winzig klein und mit dem bloßen Auge nicht zu sehen.

Vergleiche die Durchmesser verschiedener Dinge:

Sonne: 1,4 Millionen km
 Erde: 12.756 km
 Mond: 3.477 km
 Fußball: 22 cm
 Murmel: 1,5 cm
 Sandkorn: 0,1 mm
 Staubkorn: 0,01 mm
 Atom: 0,0000001 mm

Für einen Meter muss man
 10 Milliarden Atome
 nebeneinander legen!

100 Millionen Atome passen
 in einen Stecknadelkopf!



Schreibe weitere kugelförmige Dinge auf und miss ihre Durchmesser.

Beschrifte das Atommodell und erkläre die Begriffe.

<p>① _____</p> <p>② _____</p> <p>③ _____</p> <p>④ _____</p>	
---	--

Was ist ein Atomkern? _____

Was ist ein Elektron? _____

Was ist ein Proton? _____

Was ist ein Neutron? _____

Folie 1-06: Unterschiedliche Solaranlagen und Typen von Solarzellen



© Norbert Staub / Rikon / PIXELIO

Solarmodul im Garten

Damit kann zum Beispiel eine Wasserpumpe betrieben werden.



© Rainer Sturm / PIXELIO

Solarpark auf einer Freifläche

Die Solarmodule richten sich automatisch nach der Sonne aus.



© Agentur für Erneuerbare Energien

Solarsiedlung in Freiburg

Hier ersetzen die Solarmodule die Dachziegel.

Typen von Solarzellen

Auf Gebäuden werden meistens monokristalline oder polykristalline Solarzellen verbaut. Sie haben eine bläulich schimmernde Kristallstruktur und können 17 % der Strahlungsenergie der Sonne in Strom umwandeln.

Amorphe Solarzellen sind weniger leistungsstark. Sie können nur etwa 8 % der Strahlungsenergie in Strom umwandeln. Aber sie sind billiger als kristalline Solarzellen. Man findet sie häufig in Taschenrechnern und Uhren.



monokristallin



polykristallin



amorph

© Paul-Georg Meister / PIXELIO, BMU / Brigitte Hiss, Ulfbastel / Wikipedia (Ausschnitt)

Weiterforschen!

Ganz neu in der Entwicklung sind Solarzellen aus Pflanzenmaterial und Solarzellen aus Plastik. Recherchiert im Internet, wie das funktioniert.

Schülerspicker

zum Thema „Wie funktioniert eine Solaranlage?“

Sonnenenergie

- Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Nach wissenschaftlichen Berechnungen wird sie noch etwa 4 Milliarden Jahre Energie in den Weltraum abgeben. Deshalb gehört die Sonnenenergie zu den erneuerbaren Energien.
- Licht ist Energie, Strahlungsenergie.
- Energie geht nicht verloren, sie kann jedoch in andere Energieformen umgewandelt werden: Licht, Wärme, Bewegung, elektrischer Strom.
- Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, wird es zum Teil reflektiert und zum Teil in Form von Wärme gespeichert. Beispiele: Der Schnee reflektiert das Sonnenlicht, deshalb musst du eine Sonnenbrille tragen. In einem schwarzen Auto wird es in der Sonne schneller heiß als in einem weißen Auto.
- Ist ein angestrahlter Gegenstand hell, dann wird ein großer Anteil des Lichts reflektiert. Ist er dunkel, dann wird ein großer Anteil des Lichts gespeichert. Deshalb sind Solarmodule dunkel.
- Licht besteht aus Photonen. Das sind kleine „Lichtteilchen“.

Aus welchen Teilen besteht eine Solaranlage?

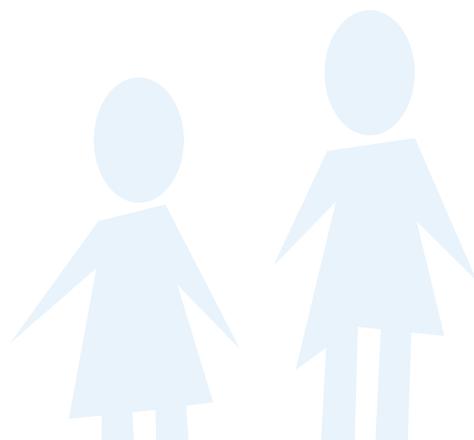
- **Solarzellen:** Solarzellen können Licht in elektrischen Strom umwandeln. Sie werden meistens aus Silizium hergestellt.
- **Solarmodule:** Ein Solarmodul besteht aus mehreren Solarzellen. Solarmodule können über Kabel in Reihe oder parallel miteinander verbunden werden.
- **Wechselrichter:** Ein Wechselrichter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um. Solaranlagen erzeugen Gleichstrom. Damit dieser Strom in das Stromnetz eingeleitet werden kann, muss er in Wechselstrom umgewandelt werden.

Wie wird Solarstrom erzeugt und was passiert mit dem Strom?

- Elektrischer Strom entsteht durch Bewegung der Elektronen.
- Wenn Photonen auf eine Solarzelle treffen, werden in der unteren Schicht Elektronen vom Atomkern gelöst und in die obere Schicht geschleudert. Von dort können sie nicht mehr zurück. Sie müssen durch die Leitung fließen, um wieder an ihren Platz zu gelangen. Es fließt Strom.
- Die meisten Solaranlagen leiten ihren Strom in das öffentliche Stromnetz ein. Man sagt auch, sie speisen den Strom ins Netz ein. So bekommt man den Strom am Ende aus der Steckdose. Ein Stromzähler zählt, wie viel Strom eingespeist wird. Manchmal werden elektrische Geräte und Lampen direkt mit der Solaranlage verbunden. Man spricht dann von Inselanlagen. Inselanlagen haben eine Batterie, die den Strom speichert. So hat man auch nachts und bei Regen Strom.

Was sind elektrische Leistung und elektrische Energie?

- **Elektrische Leistung** ist Arbeit. Sie beschreibt die Anstrengung, die unternommen werden muss, um etwas zu tun. Je größer die Anstrengung ist, desto mehr Energie benötigt man. Elektrische Leistung wird in Watt (W) oder Kilowatt (kW) gemessen. Guck mal auf deine Lampen zu Hause, wie viel Watt sie verbrauchen!
- **Elektrische Energie** oder Elektrizität ist Arbeit mal Zeit. Je länger du etwas Anstrengendes tun musst, desto mehr Energie benötigst du. Elektrische Energie wird in Kilowattstunden (kWh) gemessen. Sie setzt sich aus zwei Teilen zusammen: der Leistung (kW) und der Zeit (h). Eine Kilowattstunde bedeutet, dass du ein elektrisches Gerät mit einem Kilowatt Leistung eine Stunde lang laufen lassen kannst.



Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Wie funktioniert eine Solaranlage?“

Lösungen

AB 1-01: Sonne – Licht – Solarmodul – Wechselrichter – eigener Stromverbrauch – Einspeisung ins Stromnetz

Fragen zur Stromerzeugung der Solaranlage: Leistung; 1000

Wobei entsteht CO₂? Auto fahren, Flugzeug fliegen, Verbrennung von Kuhfladen, Ausatmen, im Kohlekraftwerk, Lagerfeuer

CO₂ = Kohlenstoffdioxid ist ein wichtiges Treibhausgas und ein natürlicher Bestandteil der Luft. Es entsteht u.a. durch Energieerzeugung (Verbrennung der fossilen Brennstoffe), Verkehr und Industrie. Das von uns Menschen verursachte CO₂ verstärkt den Treibhauseffekt und trägt damit zum Klimawandel bei.

F 1-01: 1. Solarmodule, 2. Anschlusskasten, 3. Leitungen, 4. Wechselrichter, 5. Stromzähler; Funktionsweise siehe Folgetext

AB 1-04: 1. Atomkern, 2. Proton, 3. Neutron, 4. Elektron

Atomkern: Atome gehören zu den kleinsten Bausteinen der Welt. Ihr Kern besteht aus Protonen und Neutronen.

Elektron: negativ geladenes Teilchen

Proton: positiv geladenes Teilchen

Neutron: weder positiv noch negativ geladenes Teilchen, neutrales Teilchen

Solarenergie

Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Die Strahlungsenergie der Sonne kann durch Solarzellen in elektrische Energie umgewandelt werden. Sonnenlicht besteht aus Photonen, die beim Auftreffen auf eine Oberfläche die Elektronen der Atome anstoßen oder die Atomverbindungen in Schwingungen versetzen. Wenn sich Elektronen bewegen, fließt Strom, wenn Atomverbindungen schwingen, entsteht Wärme. Je dunkler eine Oberfläche ist, desto mehr Licht wird absorbiert. Licht selber ist nicht warm, es muss auf eine Oberfläche treffen, um in Wärme umgewandelt zu werden. Spiegel und helle Oberflächen reflektieren große Teile des Lichts, so dass die Oberfläche sich nicht oder nur wenig erwärmt.

Komponenten einer Photovoltaikanlage

Solarzellen: Solarzellen oder photovoltaische Zellen sind elektrische Bauelemente, welche die im Licht enthaltene Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie umwandeln. Sie bestehen meistens aus Silizium, einem Halbleitermaterial, dessen Elektronen recht fest an den Atomkernen sitzen. Bei einer Größe von durchschnittlich 10 x 10 cm produzieren sie etwa 0,5 V und je nach Sonneneinstrahlung bis zu 2 A.

Solarzellen dürfen nicht mit Solar- oder Sonnenkollektoren verwechselt werden, bei denen die Sonnenenergie ein Übertragungsmedium, meist Wasser, aufheizt.

Wechselrichter: Solarzellen erzeugen Gleichstrom. Damit die elektrische Energie dem Stromnetz oder Wechselstromgeräten zur Verfügung stehen kann, sorgen Wechselrichter für die Umwandlung des Gleichstroms in Wechselstrom.

Transformator: Der Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die für das Stromnetz benötigt wird.

Akkumulator: Werden Inselanlagen (Anlagen, die ihren erzeugten Strom nicht in das öffentliche Stromnetz einspeisen) betrieben, so ist die Speicherung der Energie in einer Batterie – einem Akkumulator – sinnvoll, um eine bedarfsgerechte Nutzung der Solarenergie zu gewährleisten.

Stromzähler: Ein Stromzähler wird zur Bestimmung der Vergütung des solaren Stroms im Fall der Netzeinspeisung eingesetzt. Nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) wird Solarstrom von einer 2011 ans Netz angeschlossenen Photovoltaikanlage (bis 30 kW) mit rund 29 ct/kWh vergütet.

Anschlusskasten: Hier werden die einzelnen Module zu einem Gesamtgenerator zusammengeschaltet.

Leitungen und Verschaltung: An den Leitungen kann man erkennen, wie die Solarmodule miteinander verschaltet sind. Sie werden je nach Größe und Bedarf in Reihe und parallel geschaltet. Dies geschieht durch einfache Steckerverbindungen. Die Reihenschaltung ermöglicht es, bei richtiger Polung höhere Gesamtspannungen zu erzeugen. Die Stromstärke bleibt gleich. Bei der Parallelschaltung ist die Spannung bei steigender Stromstärke überall gleich hoch.

Gestell und Ausrichtung: Idealerweise ist eine Photovoltaikanlage in Mitteleuropa direkt in Richtung Süden mit einer Neigung von 30° zur Erdoberfläche ausgerichtet. So ist es möglich, die höchsten Erträge zu erzielen. Als Gestellarten kommen z.B. dachparallele Gestelle (Schrägdach), aufgeständerte Gestelle (Flachdach) oder Fassadenanlagen vor.

Display: Das Display der schuleigenen Photovoltaikanlage ist idealerweise im Eingangsbereich der Schule angebracht und zeigt die aktuelle Leistung, den solaren Gesamtertrag und die vermiedenen CO_2 -Emissionen an. Es kann mit einem Datenlogger gekoppelt sein, der die Daten in einen Computer einspeist. Diese Daten können regelmäßig ausgelesen, Schwankungen dokumentiert und mit den Schülerinnen und Schülern analysiert werden.

Gesamtleistung einer Photovoltaikanlage

Watt_{peak} (W_p): „peak“ ist Englisch und bedeutet Spitze. In W_p wird die Gesamt- oder Nennleistung der Solarmodule unter Standard-Testbedingungen angegeben. Festgelegt sind diese mit 1.000 W Einstrahlungsleistung, die senkrecht auf 1 m^2 Fläche treffen. Die Temperatur der Zelle beträgt hierbei gleichmäßig 25° C und $AM = 1,5$. Letzteres heißt, dass der Sonnenstrahl auf seinem Weg das 1,5-fache der Atmosphärendicke ($AM = \text{Air Mass}$) der Erde durchdringt. All diese Bedingungen sind selten, die reale Leistung eines Solarmoduls weicht also von den Nennwerten ab.

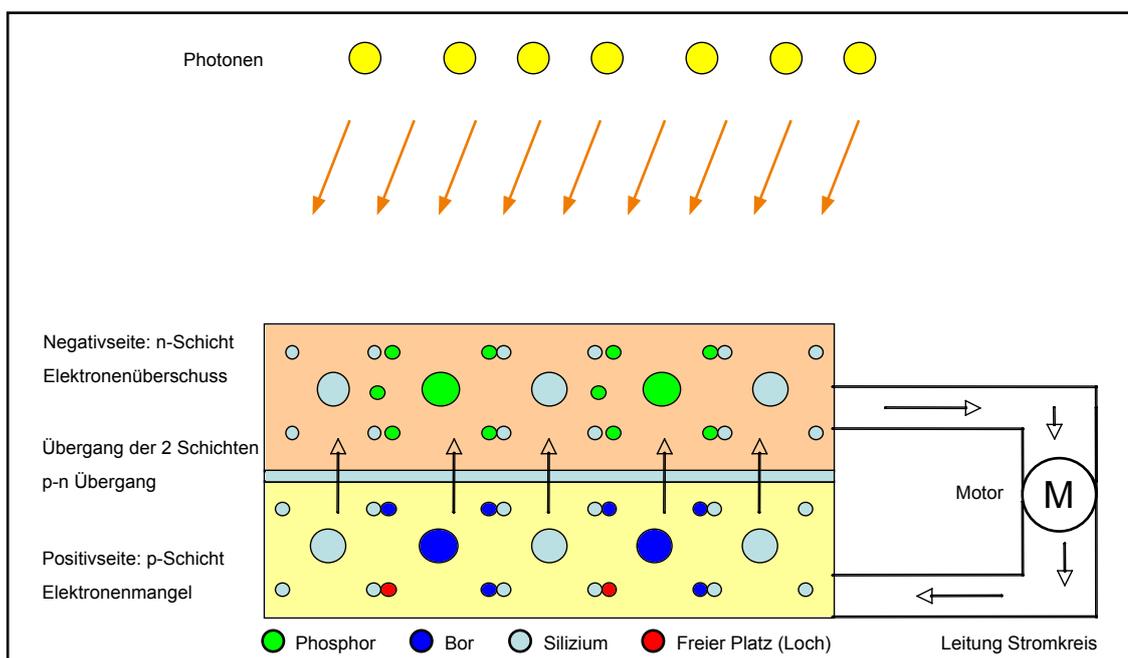
Aufbau und Funktionsweise von Solarzellen

Silizium: Silizium bildet mit einem Anteil von 27,5% nach Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste. Es kommt jedoch nicht in reiner Form vor, sondern muss in einem aufwändigen Verfahren aus Verbindungen wie Sand, Quarz, Quarzsand oder Bergkristall gewonnen werden.

Siliziumschichten: Eine Solarzelle besteht aus zwei Schichten verunreinigtem Silizium. Ein Siliziumkristall hat vierwertige Siliziumatome. Die vier Außenelektronen eines jeden Siliziumatoms bauen vier Atombindungen zu seinen Nachbaratomen auf und bilden dadurch die Kristallstruktur. Dies macht alle vier Elektronen zu Bindungselektronen. Unterschiedliche Halbleiter erhält man, wenn reines Silizium mit Stoffen wie Bor und Phosphor verunreinigt wird. Diesen Vorgang nennt man Dotieren (s.u.).



Solarstrom: Die physikalische Grundlage der Umwandlung von Strahlungsenergie in elektrische Energie ist der photovoltaische Effekt, der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist. Eine Solarzelle besteht aus zwei verschiedenen Siliziumschichten, zwischen denen eine Spannung – ein elektrisches Feld – induziert wird. Bei Lichteinstrahlung werden die Elektronen, die von den Atomkernen durch die Photonen gelöst werden, von der unteren in die obere Schicht katapultiert und können nicht mehr zurück. Der untere Halbleiter wird zum Pluspol, der obere zum Minuspol. Wenn die beiden Pole mit einem Kabel verbunden sind, fließt – wie bei einer Batterie – Strom vom Minus- zum Pluspol. Der Stromkreis ist geschlossen.



Dotieren: Bei der n-Dotierung (n steht für die freibewegliche negative Ladung) werden fünfwertige Phosphorelemente, die so genannten Donatoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein fünfwertiges Phosphorelement hat fünf Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung, so dass bei der Einbindung in den Siliziumkristall ein Außenelektron des Donators freibeweglich zur Verfügung steht. Dieses Elektron kann beim Anlegen einer Spannung Strom leiten. Bei der p-Dotierung (p steht für die freibewegliche positive Lücke) werden dreiwertige Borelemente, die so genannten Akzeptoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein dreiwertiges Element hat drei Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung. Für die vierte Atombindung im Siliziumkristall fehlt ein Außenelektron. Diese Elektronenfehlstelle wird als Loch oder Defektelektron bezeichnet. Beim Anlegen einer Spannung verhält sich dieses Loch wie ein freibeweglicher positiver Ladungsträger und kann analog zum negativ geladenen Elektron Strom leiten. Dabei springt ein Elektron – angetrieben durch das äußere Feld – aus einer Atombindung heraus, füllt ein Loch und hinterlässt ein neues Loch. An der Stelle des Akzeptoratoms entsteht eine ortsfeste negative Ladung, der eine positive Ladung des freibeweglichen Lochs gegenübersteht.

Atome als kleinste Bausteine der Welt?

Atome haben in der Mitte einen Kern, um den in rasender Geschwindigkeit Elektronen kreisen. Der Atomkern setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen. In jedem davon stecken wiederum drei Quarks. Von diesen kleinsten Bausteinen, die bis heute entdeckt wurden, gibt es insgesamt sechs verschiedene Arten, die beispielsweise Up-Quark, Neutrino oder Myon heißen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gehen davon aus, dass es noch kleinere, unentdeckte Teilchen gibt. Etwa die so genannte Dunkle Materie, die überall im Weltall umherwabern und die Galaxien zusammenhalten soll wie unsichtbarer Klebstoff. Oder die so genannten Higgs-Teilchen, eine Art unsichtbarer Matsch, der an allen Dingen haften und ihnen Masse verleihen soll. Ohne Higgs-Teilchen, behaupten manche Forscherinnen und Forscher, wären wir Menschen so leicht wie Lichtstrahlen.

CO₂ und Treibhauseffekt

Kohlendioxid ist ein Treibhausgas. Es verhindert, dass die Wärme der Sonnenstrahlen ins All zurück reflektiert wird. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf der Erde zu kalt zum Überleben. Die steigende Konzentration von CO₂ und anderen Treibhausgasen durch Verkehr, Industrie, Energieerzeugung, Abholzung etc. führt jedoch zu einer unnatürlichen Erwärmung der Erdoberfläche mit weit reichenden Folgen für unser Klima. Man spricht von einem künstlichen, menschlich verursachten oder anthropogenen Treibhauseffekt, dessen Auswirkungen nur durch massive CO₂-Reduktion gestoppt werden können. Um die negativen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts zu verhindern, muss der globale Temperaturanstieg auf 2°C begrenzt werden. Dafür müssen die CO₂-Emissionen bis 2050 weltweit um 80-95 % gesenkt werden.

Thema 2: Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Einführung

Wovon hängt die tatsächliche Leistung einer Solaranlage ab? Die Schülerinnen und Schüler erforschen, warum der Ertrag einer Solaranlage in der Regel geringer ist, als ihre theoretische Kapazität. In praktischen Versuchen und durch die Analyse von Schaubildern setzen sie sich mit verschiedenen Einflussfaktoren auseinander: Nicht nur die Größe und Verschaltung der Solaranlage, sondern auch die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und Verschmutzung der Solarmodule, ihr Standort, die Tages- oder jahreszeitlichen Schwankungen der Einstrahlung sowie Wartung und Pflege werden im Unterricht untersucht. Da man Sonnenenergie nicht zum Selbstzweck in elektrische Energie umwandelt, wird auch ein Blick auf die Verbraucherseite geworfen. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln auf diese Weise eine Vorstellung, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt wird und wofür dieser Strom genutzt werden kann. Es gibt Module für die Fächer Sachunterricht, Naturwissenschaften, Geografie, Kunst und Mathematik.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Winkelmessung mit dem Geodreieck

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

Modul 2-01: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen oder Solarbruch, Solarmotoren (z. B. 0,3 V; 15 mA), Summer (z. B. 1-3 V; 5 mA), Leuchtdioden, Kabel, Krokodilklemmen, Kompass, Geodreieck, Multimeter, Lampen mit unterschiedlicher Wattzahl. Solarfirmen stellen oft kleine Mengen von Solarbruch umsonst zur Verfügung. Bei Interesse an einem Experimentierkoffer „Box Primary“ wenden Sie sich an das Unabhängige Institut für Umweltfragen: mail@ufu.de. Anleitungen zu Solarexperimenten gibt es als Download unter www.ufu.de/powerado (Box Primary).

Module 2-02/03: Besorgung folgender Experimentiermaterialien: Solarzellen, Solarmotoren (z. B. 0,3 V; 15 mA), Kabel, Krokodilklemmen, Lampen.

Modul 2-06: Besorgung von Musterklammern, Kompassen, Winkelmessgeräten.

Modul 2-08: Besorgung von Solarbruch, Leuchtdioden, Lötzinn, LötKolben oder Kabeln und Krokodilklemmen (optimal).

Module für den Unterricht

Modul 2-01 Solarexperimente – Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi	Aufbauend auf das solare Basteln (Modul 1-02) erproben die Sch, welchen Einfluss verschiedene Faktoren wie Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf die Stromerzeugung auf die PV-Leistung haben. Die Experimente können z.B. an Lernstationen durchgeführt werden. Für jedes der vier Experimente wird ein Materialtisch vorbereitet. Die Aufgaben sind auf dem Arbeitsblatt erklärt, so dass die Sch weitgehend selbständig arbeiten können. Für einzelne Aufgaben müssen externe Lichtquellen benutzt werden. Der Gebrauch des Multimeters muss den Sch gezeigt werden, bevor es losgeht. Die Forschungsergebnisse werden am Schluss miteinander verglichen und ausgewertet.	Die Sch können den Zusammenhang zwischen Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf der einen und PV-Leistung auf der anderen Seite erklären.	AB 2-01, Solarbruch bzw. Solarzellen, Leuchtdioden, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, unterschiedlich starke Lampen (25 W, 50 W, 100 W, 500 W), Glasplatte, Geodreieck, Kompass, Multimeter

Modul 2-02 Verschaltung von Solarzellen

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min SU NaWi	Die Sch haben die Aufgabe, zwei Solarmotoren mit Propeller zum Laufen zu bringen. Eine Solarzelle reicht dafür nicht aus, sie müssen also mehrere Zellen miteinander verbinden. Wie sie dies tun, ist ihnen überlassen, sie experimentieren frei. Im Anschluss werden die Ergebnisse ausgewertet.	Die Sch entwickeln eigene Lösungen für technische Probleme im Solarbereich.	Solarzellen, Solarmotoren mit Propeller, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. starke Lampen (mind. 50 W)

Modul 2-03 Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min SU NaWi	Abhängig vom Lernniveau der Sch kann die L zur Vertiefung zu Modul 2-02 auf die Merkmale von Reihen- und Parallelschaltungen eingehen. Hierzu wird folgender Versuch frontal durchgeführt: Zwei Solarzellen werden einmal in Reihe und einmal parallel verschaltet, um zwei Solarmotoren zu betreiben und die Auswirkungen auf die Stromerzeugung zu beobachten. Die Beleuchtung der Solarzellen muss mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren als die Verschaltung ausgeschlossen werden können. Mit einem Multimeter werden Spannung und Stromstärke gemessen und an der Tafel dokumentiert. Im Anschluss fertigt die L mithilfe der Sch jeweils eine Schaltskizze für die Parallel- und Reihenschaltung an. Die Sch diskutieren die Unterschiede und überlegen, wie die Solaranlage der Schule verschaltet ist.	Die Sch lernen die Wirkungen des elektrischen Stromkreises anhand der Verschaltung von Solarzellen kennen und wissen, wie Spannung und Stromstärke gemessen werden. Sie verstehen einfache Schaltskizzen.	Solarzellen, zwei Solarmotoren, Kabel, Krokodilklemmen, Lampe (mind. 50 W)

Modul 2-04 Einfluss der Strahlungsstärke der Sonne

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min SU NaWi Geo	Anhand der Grafiken auf der Folie erarbeiten die Sch im Klassengespräch, welchen Einfluss Jahreszeit, Wetter, Region und Installationsort auf den solaren Ertrag haben. Sie diskutieren, welche Bedeutung das wiederum für die Nutzung von Solarenergie hat und überlegen, wie man in der Praxis damit umgehen kann.	Die Sch können erklären, unter welchen Bedingungen sich die Strahlungsstärke verändert und welche Auswirkungen das auf den Ertrag hat.	F 2-04, OH-Projektor

Modul 2-05 Verschattung von Solarmodulen

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min SU NaWi	Die Sch erschließen sich anhand der Folie den Zusammenhang zwischen Verschattung und PV-Leistung. Sie sammeln Beispiele für Verschattung und diskutieren über Lösungsmöglichkeiten.	Die Sch wissen, dass Verschattung zu Ertragsverlusten führt. Sie entwickeln eigene Lösungsvorschläge und überprüfen sie auf ihre Umsetzbarkeit.	F 2-05, OH-Projektor

Modul 2-06 Richtige Ausrichtung und Neigung von Solarmodulen zur Sonne

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Geo Ku	Die Sch basteln eine Sonnenscheibe, anhand derer sie den Ertrag einer Solaranlage abhängig von der Ausrichtung und Neigung der Solarmodule bestimmen können. Mithilfe eines Kompasses und Winkelmessgeräts kontrollieren sie, wie die schuleigene Solaranlage ausgerichtet und geneigt ist. Ggf. diskutieren sie Verbesserungsvorschläge für die eigene Anlage.	Die Sch erkennen den Zusammenhang zwischen Ausrichtung, Neigung und PV-Leistung. Sie bewerten die Schulsolaranlage nach den erarbeiteten Kriterien.	AB 2-06 Scheren, Buntstifte, Musterklammern, Kompass, Winkelmessgerät bzw. Geodreieck

Modul 2-07 PV-Rechner im Internet

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min SU NaWi Geo	Im Internet können die Schüler mithilfe eines PV-Rechners herausfinden, wie hoch der durchschnittliche Jahresertrag einer Solaranlage in ihrer Region ist. Sie können testen, welchen Einfluss eine Veränderung der Ausrichtung und Neigung auf den Ertrag in kWh hat. Sie können eine Vergrößerung der Solarfläche simulieren und herausfinden, um wie viel die Erträge steigen oder sie können die Daten der Schulsolaranlage eintragen und mit den tatsächlichen Erträgen vergleichen.	Die Sch erkennen, wie sich der Ertrag einer Solaranlage anpasst, wenn sich die Einflussfaktoren ändern.	Internet: www.solar-server.de/service_tools/online_rechner/pv_anlage_online_berechnen.html

Modul 2-08 Modellbau Solarhaus

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
45 min Ku	Die Sch haben die Aufgabe, aus einem Schuhkarton, Pappen und anderen Bastelmaterialien ein Solarhaus zu bauen. Sie sollen die zuvor gesammelten Einflussfaktoren bei der Architektur berücksichtigen, beispielsweise Verschattung und Neigung der Solarmodule. Je nachdem, ob Solarbruch, Kabel und Leuchtdioden vorhanden sind, kann das Haus auch von innen beleuchtet werden.	Die Sch setzen ihr theoretisch erworbenes Wissen zur optimalen Installation einer Solaranlage praktisch in einem Modell um.	Schuhkarton, Bastelmaterialien, Leuchtdioden, Solarzellen oder Solarbruch, Kabel und Krokodilklemmen oder Lötkolben und Lötzinn

Modul 2-09 Solarstrom auf der Reise

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min SU NaWi Ma	Auch auf Reisen kann Solarstrom nützlich sein. Wie man im kleinen Rahmen Solarenergie nutzen und welche elektrischen Geräte man damit betreiben kann, erarbeiten die Sch anhand eines Alltagsbeispiels. Sie führen einfache Rechnungen durch und aktivieren ihr Wissen über Einflussfaktoren auf die PV-Leistung zur Beantwortung der Fragen auf dem Arbeitsblatt.	Die Sch erwerben alltagspraktisches Wissen über die Nutzung der Solarenergie, indem sie eine Vorstellung davon entwickeln, unter welchen Bedingungen wie viel Solarstrom erzeugt und welche elektrischen Geräte damit betrieben werden können.	AB 2-09

Arbeitsblatt 2-01: Solarexperimente – Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Los geht's! Lies dir die Anleitungen genau durch. Skizziere den Versuchsaufbau auf der Rückseite, bevor du mit den Experimenten beginnst. Für die Experimente kannst du folgende Materialien nutzen: Solarzellen, Kabel, Leuchtdioden, Solarmotoren mit Propeller, Summer, Kompass, Geodreieck, Messgerät (Multimeter), ...

1 Beleuchte eine Solarzelle aus gleicher Entfernung nacheinander mit zwei unterschiedlich starken Lampen, z. B. 25 W und 100 W. Wie wirkt sich die Wattzahl auf die Stromstärke aus?

2 Halte die Solarzelle in einem Winkel von 90°, 30° und 0° zur Tischfläche und bestrahle sie mit einer Lampe. Du kannst das Experiment auch draußen in der Sonne durchführen. Wie wirken sich die unterschiedlichen Winkel auf die Stromstärke aus?

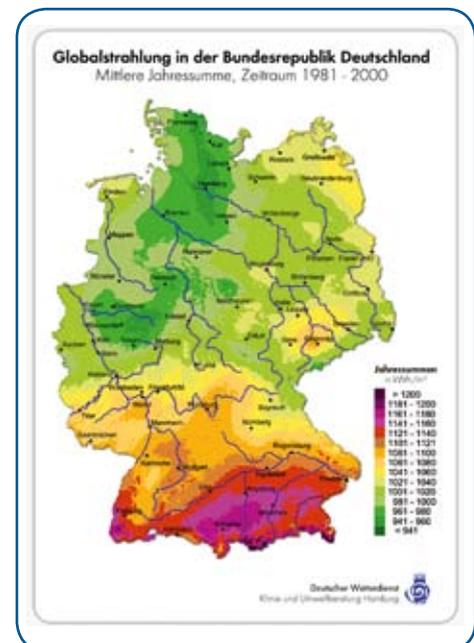
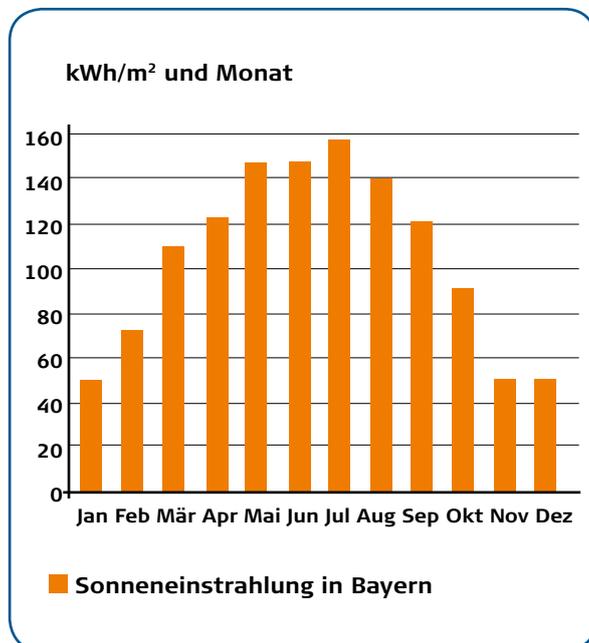
3 Stelle mit einer Lampe den Sonnenverlauf nach (von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang). In welche Himmelsrichtung sollte die Solarzelle zeigen, um am meisten Strom zu erzeugen? Warum?

4 Halte eine verschmutzte Glasplatte über die Solarzelle und Sorge dafür, dass genug Licht auf die Solarzelle fällt. Die Glasscheibe kann auch mit Schnee, Eis aus dem Kühlschrank oder mit der Hand teilweise abgedeckt werden. Wie ändert sich die Stromstärke?

5 Wieviel Strom eine Solarzelle erzeugt, hängt von verschiedenen Dingen ab: **Ausrichtung zur Sonne, Strahlungsstärke, Verschattung, Neigung zur Sonne**. Trage die passenden Überschriften in die Kästchen zu den Experimenten ein.

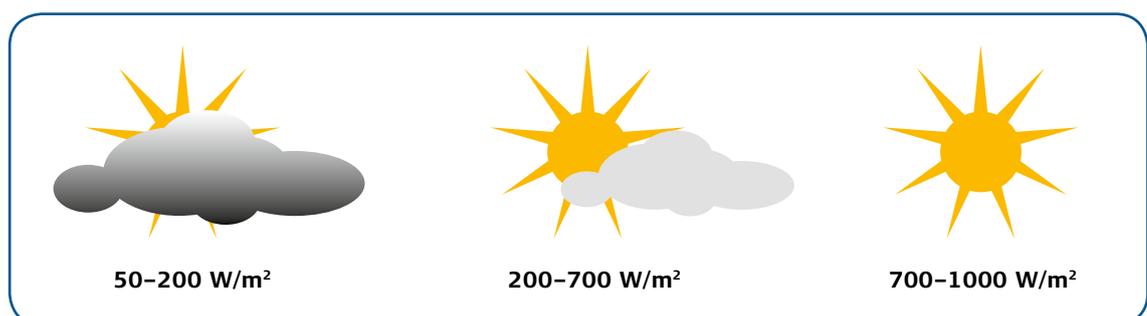
Folie 2-04: Einfluss der Strahlungsstärke der Sonne

Sonneneinstrahlung über das Jahr verteilt Sonneneinstrahlung in Deutschland



Welchen Einfluss haben Jahreszeit und Ort auf die Stromerzeugung der Solaranlage?
Überlegt, warum die Sonne im Sommer und im Süden stärker strahlt.

Bewölkung und Sonneneinstrahlung



Erkläre den Einfluss des Wetters auf die Stromerzeugung einer Solaranlage.

Diskussion

Wo sind die Bedingungen für die Nutzung der Solarenergie besser, in Deutschland oder in der Sahara? Begründe!

Folie 2-05: Verschattung von Solarmodulen

Was ist bei der Planung dieser Solaranlage schief gelaufen?



www.photovoltaikeforum.com

Welche Probleme gibt es hier?

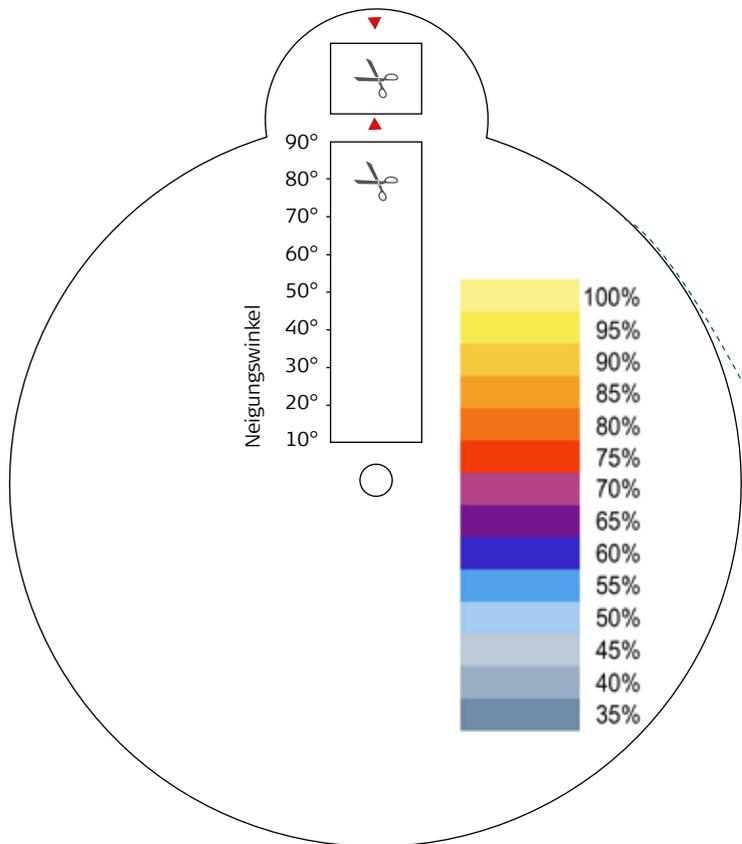


© Klaus-Uwe Gerhardt / www.pixelio.de

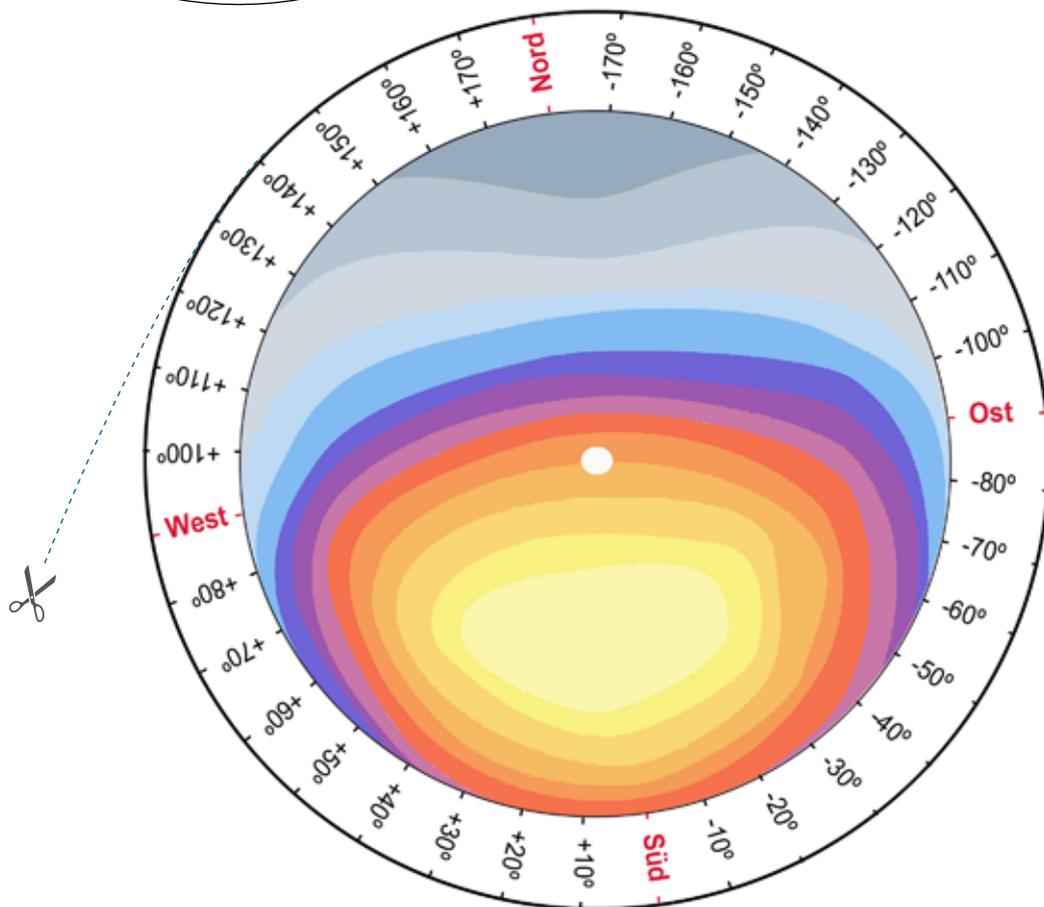
Überlegt, wodurch Solaranlagen noch verschattet werden können und sucht Lösungen für die Verschattungsprobleme.

			Probleme
↓	↓	↓	
			Lösungen

Arbeitsblatt 2-06: Sonnenscheibe



Schneide die Scheiben aus und lege sie übereinander. Stecke sie mit einer Musterklammer zusammen.



Arbeitsblatt 2-09: Solarstrom auf der Reise

Zwei Freundinnen fahren im Sommer mit dem Campingbus nach Spanien. Weil sie auf der Reise auf elektrischen Strom nicht verzichten möchten, haben sie drei kleine Solarmodule auf dem Busdach angebracht. Sie erzeugen bei Sonnenschein zusammen ungefähr 50 Watt. An Bord haben sie verschiedene elektrische Geräte:

- drei Energiesparlampen mit je 8 Watt
- eine Glühlampe mit 40 Watt
- ein Solarradio mit 5 Watt
- einen MP3-Player mit 7 Watt
- ein Handy mit 8 Watt
- einen Laptop mit 48 Watt
- eine elektrische Zahnbürste mit 2 Watt



1 Welche elektrischen Geräte können die beiden Freundinnen bei Sonnenschein zur gleichen Zeit benutzen. Schreibe deine Vorschläge auf.

2 Können sie tagsüber bei leichter Bewölkung den Laptop benutzen? Begründe deine Antwort.

3 Um morgens nicht von der Sonne geweckt zu werden, parken sie unter dem Vordach eines Restaurants. Können sie sich morgens die Zähne putzen?

4 Die Freundinnen möchten auch nachts elektrische Geräte benutzen? Geht das? Was brauchen sie dafür?

Schülerspicker

zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“

Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?

Strahlungsstärke: Je größer die Strahlungsstärke der Sonne ist, desto mehr Strom fließt.

Neigung zur Sonne: In Mitteleuropa sollten Solarmodule etwa 30° zur Erdoberfläche geneigt sein. So kann die Sonne zur Mittagszeit senkrecht auf die Solarzellen scheinen. Wenn die Neigung kleiner oder größer ist, liefert die Solaranlage weniger Strom.

Ausrichtung zur Sonne: Die Solaranlage sollte am besten nach Süden ausgerichtet sein, weil sie so am meisten Sonne abbekommt.

Verschattung: Wenn Teile der Solaranlage verschattet werden, produziert sie weniger Strom.

Reihen- und Parallelschaltung

Die Verschaltung der Solarmodule in Reihe führt zu einer höheren Spannung bei gleicher Stromstärke, die Parallelschaltung zu einer höheren Stromstärke bei gleicher Spannung.

Faustformel

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag hier mit 1.000 W/m^2 . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Die elektrische Leistung beträgt also im Durchschnitt 100 W/m^2 . Die Energiemenge, die uns die Sonne in Deutschland jährlich pro m^2 kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit etwa 100 Litern Heizöl.

Globalstrahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Sonneneinstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?“

Lösungen

AB 2-01: Einflussfaktoren: 1. Strahlungsstärke, 2. Neigung, 3. Ausrichtung, 4. Verschaltung; Antworten siehe Folgetext

F 2-04: siehe Folgetext; In der Sahara sind die Bedingungen für die Nutzung der Solarenergie besser, weil die Globalstrahlung dort höher ist.

F 2-05: Foto 1: Giebel verschattet Solarmodule; Foto 2: Schnee bedeckt Solarmodule
Probleme und Lösungen: Verschmutzung: regelmäßige Reinigung; Bäume: intelligente Verschaltung oder Bäume beschneiden, Schornstein – intelligente Verschaltung oder Solarmodule versetzen

AB 2-09: 1. z.B. Solarradio, MP3-Player, Handy und elektrische Zahnbürste (22 W)
2. Nein, denn bei leichter Bewölkung sinkt die Leistung des Solarmoduls auf unter 48 W.

3. Das Solarmodul erzeugt keinen Strom, sie können sich also nicht die Zähne mit der elektrischen Zahnbürste putzen, es sei denn, die Zahnbürste verfügt über einen Akku.
4. Sie können den Solarstrom in einer Batterie (z.B. Autobatterie) speichern.

Einflussfaktoren auf den Ertrag einer Photovoltaikanlage

Standort

Die Wahl des Standorts ist eine wichtige Größe für den solaren Ertrag. Es müssen mehrere Einflussfaktoren wie unterschiedliche Sonneneinstrahlung, regionale klimatische Bedingungen (Bewölkung, Sonnenscheindauer, Temperatur etc.) und örtliche Verschattung (Bebauungsdichte, Vegetation) berücksichtigt werden.

Strahlungsstärke

Mittags und im Süden strahlt die Sonne intensiver als z.B. morgens und im Norden. Im Sommer strahlt sie stärker als im Winter. Das liegt u. a. daran, dass die Strahlen aufgrund der Neigung der Erdoberfläche mal mehr und mal weniger steil auf die Erdoberfläche treffen. Je größer die Strahlungsstärke, desto höher die Erträge.

Neigung

Ein Solarmodul sollte immer möglichst direkt der Sonnenstrahlung ausgesetzt sein. Damit die Sonnenstrahlen senkrecht auf das Modul fallen können, ergibt sich für Mitteleuropa eine optimale Neigung des Moduls zur Erdoberfläche von 30°.

Ausrichtung

Azimet bezeichnet den Winkel, um den die Photovoltaikanlage aus der Südausrichtung gedreht ist. Wenn die Photovoltaikanlage nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimet von 90°. Je direkter das Solarmodul zur Sonne ausgerichtet ist, desto höher sind die Erträge.

Eine Ausrichtung nach Süden ist demnach am sinnvollsten. Noch effizienter sind so genannte nachgeführte Photovoltaikanlagen, die automatisch der Sonne folgen.

Verschattung

Werden Teile der Photovoltaikanlage verschattet, so sinken die Erträge. Oft werden Photovoltaikanlagen zu bestimmten Tageszeiten teilverschattet, z.B. morgens, wenn die Sonne tiefer steht. Temporäre Verschattung tritt ebenfalls aufgrund von Schnee, Laub, Vogelkot oder sonstiger Verschmutzung auf. Wenn nur Teile der Anlage verschattet sind, lässt sich der Verlust durch eine angepasste Parallelverschaltung minimieren.

Reihen- und Parallelschaltung

Bei der Reihenschaltung verbindet man jeweils den Minuspol des einen mit dem Pluspol des nächsten Solarmoduls. Die Reihenschaltung ermöglicht es, höhere Gesamtspannungen bei gleicher Stromstärke zu erzeugen. Die Reihenschaltung ist jedoch anfällig für Ausfälle. Wenn ein einzelnes Element ausfällt oder entfernt wird, fällt die komplette Reihe aus (Beispiel: Lampen in der Lichterkette). Man spricht vom so genannten „Gartenschlaucheffect“: Wird ein Schlauch an einer einzigen Stelle zugedrückt, kommt am Ende kein Wasser raus. Das Problem kann z.B. durch temporäre Verschattung auftreten.

Bei der Parallelschaltung werden jeweils alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden, so dass die Gesamtspannung der Spannung eines Solarmoduls entspricht und die Gesamtstromstärke der Summe der Einzelströme aller Solarmodule. Man kann also durch Parallelschalten mehrerer elektrischer Verbraucher die Gesamtleistung erhöhen. In der Parallelschaltung können einzelne Elemente, z.B. ein Solarmodul, hinzugefügt oder entfernt werden, ohne dass die anderen Elemente ausfallen. Außerdem sind parallel geschaltete Solarmodule gegenüber Verschattung deutlich weniger empfindlich.

Hinsichtlich des Ertrags kann auch eine Kombination aus Reihen- und Parallelverschaltung sinnvoll sein. Man spricht von einer Paarmodulverschaltung, welche die Vorteile beider Systeme vereint und die Nachteile beseitigt.

Globalstrahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Sonneneinstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Sie setzt sich aus der direkten, diffusen und reflektierten Strahlung zusammen. Direkte Strahlung führt zu scharfen Schattenwürfen, diffuse Strahlung besitzt keine vorgegebene Richtung. Je größer der Anteil direkter Strahlung, desto höher der Ertrag der Photovoltaikanlage. Auch der diffuse Anteil der Strahlung ist wichtig und nutzbar. Er beträgt in unseren Breiten im Jahresdurchschnitt je nach Jahreszeit 50 bis 70 %. Summiert man die Globalstrahlung übers Jahr, so ergeben sich in unseren Breiten ca. 1.000 kWh/m²a. Davon können ungefähr 10 % genutzt und in elektrischen Strom umgewandelt werden. Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro Quadratmeter kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

Die Energie der Sonne würde ausreichen, um den weltweiten Energiebedarf mehr als 3.000 Mal zu decken. Oder anders gesagt: Die jährliche Sonneneinstrahlung auf die Fläche Deutschlands würde ausreichen, um 30% des jährlichen Weltenergiebedarfs zu decken.

Thema 3: Wir verbessern Solaranlagen!

Einführung

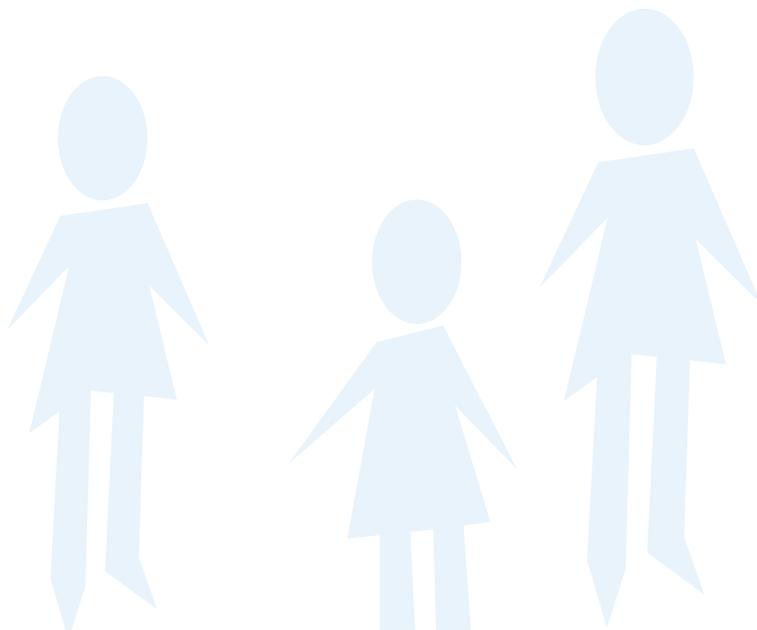
Ausgehend von selbst durchgeführten Messungen vergleichen die Schülerinnen und Schüler den idealen und tatsächlichen Ertrag einer Solaranlage. Sie setzen Stromertrag und -verbrauch miteinander in Beziehung und entwickeln Vorschläge, wie man die beiden aneinander anpassen kann. Außerdem überprüfen die Kinder, ob sich der Bau einer Solaranlage finanziell lohnt, indem sie einfache Berechnungen zur Vergütung von Solarstrom nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) durchführen. Es bietet sich an, aufgrund der Messungen und Berechnungen, das Thema vor allem in den Naturwissenschaften, im Sach- und Mathematikunterricht durchzuführen. Anknüpfungspunkte finden sich aber auch im Geografie-, Sozialkunde- und Deutschunterricht.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Umgang mit folgenden Messgeräten: Luxmeter, Strommessgerät

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

- Modul 3-01:** Besorgung von Luxmetern zur Messung der Beleuchtungsstärke. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über Messungen an den Solarmodulen.
- Modul 3-03:** Besorgung von Luxmetern und Strommessgeräten. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Energierundgang.



Module für den Unterricht

Modul 3-01 Erzeugt eine Solaranlage immer gleich viel Strom?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Ma	Die Sch tragen an verschiedenen Tagen Messwerte zur solaren Stromerzeugung, Sonneneinstrahlung und Wetterlage in eine Tabelle ein. Zum Schluss vergleichen sie die Gesamtleistung mit der aktuellen Leistung. Im Klassengespräch werden die Ergebnisse diskutiert. Diese Aufgabe kann nur gemacht werden, wenn es eine Solaranlage an der Schule gibt.	Die Sch erschließen Zusammenhänge aus Messdaten. Sie erkennen den Unterschied zwischen optimalem und realem Ertrag und können Gründe dafür nennen.	AB 3-01, Luxmeter

Modul 3-02 Lohnt sich eine Solaranlage auf dem Dach?

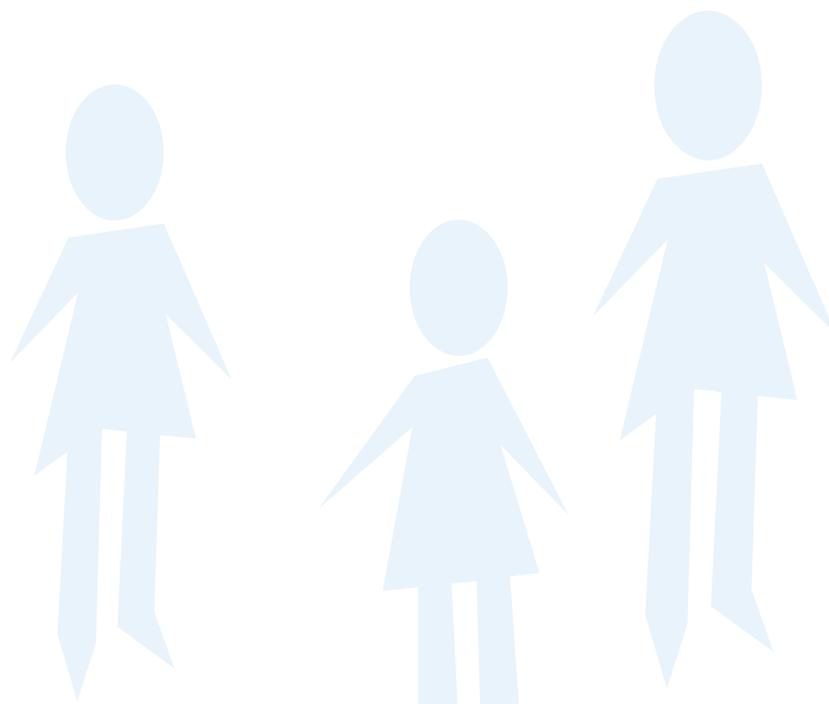
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
25 min SU NaWi Ma Geo Soz	Die Sch berechnen anhand eines einfachen Beispiels, wie viel Geld man nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) für eingespeisten Solarstrom vom Staat erhält und inwiefern sich das positiv auf die Stromrechnung auswirkt. Sie stellen Vermutungen darüber an, warum Solarstrom in Deutschland gefördert wird.	Die Sch wissen, dass Solarstrom gefördert wird und diskutieren den Nutzen solcher Förderungen. Sie setzen ihr Wissen in einer Textaufgabe rechnerisch um.	AB 3-02, Taschenrechner

Modul 3-03 Energierundgang – Auf der Suche nach den Stromverbrauchern!

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
45 min SU NaWi	Die Sch machen einen Energierundgang, um herauszufinden, wo wie viel Strom in der Schule verbraucht wird. Sie tragen ihre Ergebnisse auf dem Arbeitsblatt ein und sammeln Ideen, um den Strombedarf der Schule zu senken und die Photovoltaikanlage zu verbessern. Mittels einer Folie ergänzen sie ihre Vorschläge zum Stromsparen.	Die Sch entwickeln anhand einer Ist-Zustandsanalyse Vorschläge zum Stromsparen und zur Verbesserung der Solaranlage.	AB 3-03, F 3-03, OH-Projektor, Strommessgeräte, Luxmeter

Modul 3-04 Brief an die Schulleitung zur Verbesserung der schulischen Energiesituation

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Deu	Aufbauend auf Modul 3-03 formulieren die Sch Energiesparvorschläge und ggf. technische Verbesserungsideen für die schuleigene Solaranlage in einem Brief an die Schulleitung.	Die Sch üben formales Schreiben anhand der Solarthematik.	AB 3-04, Scheren



Arbeitsblatt 3-01: Erzeugt eine Solaranlage immer gleich viel Strom?

Erzeugt eine Solaranlage an jedem Tag und zu jeder Stunde gleich viel Strom? Schreibe deine Vermutungen auf und begründe sie.

Wie viel kW_p Gesamtleistung hat die Solaranlage der Schule? _____ kW_p

Wenn die Gesamtleistung nicht auf dem Display angegeben wird, dann frag den Hausmeister oder die Hausmeisterin!

Kilowatt_{peak} (kW_p)

„peak“ ist englisch und bedeutet Spitze. In kW_p wird also die Spitzenleistung einer Solaranlage angegeben.

Messreihe

Deine Aufgabe ist es nun, die Tabelle zu vervollständigen. Die Strahlungsstärke kannst du messen, indem du das Luxmeter auf ein Solarmodul legst. Wenn das nicht möglich ist, kannst du die Messung auch auf dem Schulhof durchführen, indem du das Luxmeter so wie die Solarmodule zur Sonne neigst. Die aktuelle Leistung der Solaranlage kannst du vom Display ablesen.

Datum	Zeit	Wetter (Schnee, Regen, stark bewölkt, leicht bewölkt, sonnig)	Strahlungsstärke in lux	Aktuelle Leistung in Watt	Unterschied zur Gesamtleistung in Watt

Gibt es einen Unterschied zwischen der aktuellen Leistung und der Gesamtleistung? Wenn ja, woran könnte das liegen?

Arbeitsblatt 3-02: Lohnt sich eine Solaranlage?

Vergütung von Solarstrom, der in das Stromnetz eingespeist wird

Im **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)** steht, dass Strom aus Solaranlagen vergütet wird. Das heißt für jede Kilowattstunde (kWh) Strom, die ins Stromnetz eingespeist oder zuhause verbraucht wird, erhält man Geld – insgesamt 20 Jahre lang. Solarstrom wird deshalb meistens nicht vor Ort verbraucht, sondern in das öffentliche Stromnetz eingeleitet.

Anlagengröße	Vergütung 2009	Vergütung 2011
0–30 kW _p	43,01 ct/kWh	28,74 ct/kWh
30–100 kW _p	40,91 ct/kWh	27,36 ct/kWh
100–1000 kW _p	39,58 ct/kWh	25,87 ct/kWh
ab 1000 kW _p	33,00 ct/kWh	21,57 ct/kWh

Rechenaufgabe Eine Familie verbraucht im Jahr 4.000 kWh Strom. Eine Kilowattstunde Strom kostet 18 Cent.

1 Wie hoch sind die jährlichen Stromkosten?

2 Die Familie entscheidet sich im Jahr 2009, eine kleine Solaranlage zu bauen. Sie braucht dafür 25 m² Dachfläche. Wie teuer ist die Solaranlage, wenn 1 m² Solarfläche 400 € kostet?

3 Im Jahr erzeugt die Solaranlage 2500 kWh Strom. Wie viel Geld erhält die Familie jährlich für den eingespeisten Solarstrom (nutze die Werte aus der Tabelle). Wie viel Geld würde die Familie bekommen, wenn die Solaranlage erst 2011 gebaut worden wäre.

2009

2011

4 Nach wie vielen Jahren hat die Familie mit der Solaranlage so viel Geld verdient, wie der Bau der Anlage gekostet hat?

5 Was hältst du davon, dass man für Solarstrom Geld bekommt?

6 Stelle Vermutungen an, warum die Beiträge pro kWh sinken.

Arbeitsblatt 3-03: Auf der Suche nach den Stromverbrauchern

Begib dich auf Spurensuche! Es gibt viele elektrische Geräte in der Schule, die jede Menge Strom fressen. Auch Lampen gehören dazu. Finde heraus, wo Strom eingespart werden kann. Überprüfe zunächst, wie hell die Beleuchtung in deiner Schule ist. Dafür brauchst du ein Luxmeter. Dieses Messgerät misst die Helligkeit des Lichts. Zum Messen musst du natürlich die Lichter in den Räumen einschalten!

Richtige Beleuchtung!!!

Fachraum: 500 lux
Klassenraum: 300 lux
Flur: 100 lux

Raum/Ort	Mess- ergebnis in lux	Persönliche Ein- schätzung (zu hell, zu dunkel, ok)	Möglichkeit, das Licht einzuschal- ten? (ja/nein)

Finde heraus, welche Geräte an deiner Schule Strom verbrauchen und wie hoch ihr Stromverbrauch ist. Dafür brauchst du ein Strommessgerät, das zwischen Steckdose und Gerät eingesteckt wird.

Raum/Ort	Gerät	Stromverbrauch in Watt	Zustand (an/Standby/aus)

Ideensammlung

Die meisten Solaranlagen auf Schuldächern erzeugen nicht so viel Strom, wie die Schule braucht. Was können wir tun, um das zu verbessern? Notiere hier deine Vorschläge.

Ideen zur Verbesserung der Solaranlage: **Ideen zum Stromsparen:**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Folie 3-03: Wir sparen Strom an unserer Schule

Hausmeister, Hausmeisterin oder Schulleitung	Alle Schülerinnen, Schüler oder Lehrkräfte
Nicht benötigte Lampen abschrauben	Licht nur anschalten, wenn nötig (z.B. nur Tafelbeleuchtung oder Wandseite)
Lampen säubern	Aufkleber auf Lichtschalter: Wandseite, Tafel und Fensterseite
Schule möglichst bei Tageslicht putzen	Beleuchtung in den großen Pausen ausschalten
Helle Wandfarben benutzen, damit weniger Licht benötigt wird	Aushänge und Schwarzes Brett in hellem Bereich anbringen
Nicht benötigte Geräte abschalten (Kühlschränke, Warmwasserboiler)	Stecker ziehen bei elektrischen Geräten, die sich nicht richtig ausschalten lassen
Lüftungsanlagen (Turnhalle, Aula, Mensa) nur einschalten, wenn nötig	Kein Standby bei elektrischen Geräten (Kopierer, Video, Computer), Geräte stattdessen ganz ausschalten
	Computerbildschirme und Drucker bei längeren Pausen ausschalten
	Thermoskanne statt Wärmplatte bei Kaffeemaschine nutzen
	Inhalte mehrerer halbgefüllter Kühlschränke zusammenlegen
	Vereiste Kühlschränke abtauen

Arbeitsblatt 3-04: Brief an die Schulleitung zur Verbesserung der Schule

Brief an die Schulleitung

Schreibe einen Brief an die Schulleitung. Mache Vorschläge, wie die Schule Energie sparen kann. Schreibe vielleicht auch Ideen zur Verbesserung der Solaranlage auf.

A large rectangular area with a dashed blue border, containing 20 horizontal lines for writing a letter.

Bitte an den gestrichelten Linien ausschneiden.



Lies dir den Brief noch einmal durch und verbessere die Rechtschreibfehler.
Schneide ihn dann aus und gebe ihn deiner Schulleiterin oder deinem Schulleiter.

Schülerspicker

zum Thema „Wir verbessern Solaranlagen!“

Was ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)?

In dem Gesetz steht, dass man für Strom aus Solaranlagen und anderen erneuerbaren Energien Geld bekommt. Der Strom kann entweder selbst genutzt oder in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Deshalb braucht jede Solaranlage einen Stromzähler. Das Gesetz soll bewirken, dass viele Solaranlagen, Windräder, Wasser- und Biomassekraftwerke gebaut werden.

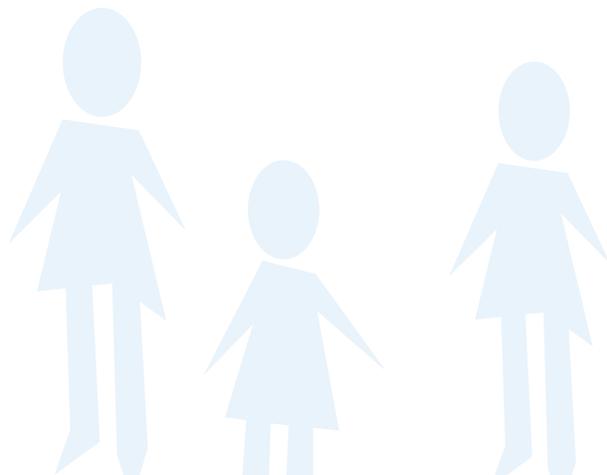
Verbesserungsvorschläge im Energiebereich

Normalerweise braucht eine Schule viel mehr Strom, als eine kleine Solaranlage erzeugen kann. Es gibt aber zwei Möglichkeiten, hier etwas zu tun.

- Wir verbessern oder vergrößern die Solaranlage und erzeugen dadurch mehr Strom!
- Wir sorgen dafür, dass weniger Strom an der Schule verbraucht wird!

Stromspartipps

- Licht aus, wenn es nicht gebraucht wird!
- Lichtschalter beschriften!
- Energiesparlampen verwenden!
- Elektrische Geräte ganz ausschalten, kein Standby!
- Computer und Drucker nicht unnütz laufen lassen!
- Leere Kühlschränke abschalten!
- Alte Geräte durch neue energiesparende Geräte austauschen!



Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Wir verbessern Solaranlagen!“

Lösungen Thema 3

AB 3-01: Ja, es gibt einen Unterschied zwischen der aktuellen Leistung und der Gesamtleistung, da die Sonneneinstrahlung aufgrund des Wetters und der Jahreszeit nicht immer gleich stark ist. Die Gesamt- oder Nennleistung der Anlage errechnet sich aus vorgegebenen Idealwerten: Zelltemperatur 25°C, AM (Air Mass) = 1,5, Einstrahlung 1000 W, die senkrecht auf 1m² Fläche treffen.

AB 3-02: 1. 720 Euro, 2. 10.000 Euro, 3. 1075,25 Euro (2009); 718,50 Euro (2011), 4. 9,3 Jahre

AB 3-03: Ideensammlung siehe Folgetext

PV-Leistung

Um die Leistung eines Solarmoduls zu errechnen, multipliziert man die Spannung mit der Stromstärke. Die Formel lautet: $P = U \times I$. Leistung wird in Watt, Spannung in Volt und Stromstärke in Ampère angegeben. Die Spannung einer Solarzelle ist festgelegt. Sie beträgt meistens 0,5 V. Die Stromstärke hängt von der Sonneneinstrahlung ab. Deshalb wird für die PV-Leistung ein „Idealwert“ in W_p angegeben, der bei Sonnenschein, optimaler Ausrichtung und Neigung sowie einer bestimmten Temperatur erreicht werden kann. Durch die Art der Verschaltung der Solarmodule können Spannung und Stromstärke verändert und Leistungsverluste durch Verschattung minimiert werden.

Wirkungsgrad

Unterschieden wird zwischen Zellwirkungsgrad und Gesamtwirkungsgrad. Der Zellwirkungsgrad gibt an, wie viel der auf die Zelle einfallende Sonnenenergie in Strom umgewandelt wird. Der Gesamtwirkungsgrad einer PV-Anlage setzt sich aus weiteren Faktoren zusammen: Verluste am Wechselrichter bei der Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom, bei der Speicherung im Akku (Inselssysteme) und an den Stromleitungen.

Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)

Das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien, in der geläufigen Kurzfassung Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) genannt, soll den Ausbau von Strom- und Wärmezeugung aus erneuerbaren Quellen fördern. Es dient vorrangig dem Klimaschutz und gehört zu einer ganzen Reihe gesetzlicher Maßnahmen, mit denen die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verringert werden soll. Das deutsche EEG gilt als Erfolgsgeschichte der Einspeisevergütung und wurde von 47 Staaten übernommen. Am 1. Januar 2009 ist die novellierte Fassung für den Strombereich in Kraft getreten. Sie hat das Ziel, den EE-Anteil bis 2020 auf 25–30 % zu erhöhen. Für jeden erneuerbaren Energieträger gibt es eigene Einspeisevergütungen, abhängig vom Baujahr der Anlage. Die Einspeisevergütung für Solarstrom ist in den letzten Jahren massiv zurückgegangen. Hiermit wurde u. a. auf die fallenden Produktionskosten reagiert.

Thema 4: Solarenergie in der Diskussion

Einführung

Warum nehmen wir nicht den Strom aus der Steckdose? Warum fördert der Staat Solarenergie? Welche politischen Zielsetzungen werden damit verfolgt und wie nachhaltig sind die getroffenen Maßnahmen? Worin besteht die eigene Verantwortung? Diese und weitere Fragen werden im vierten Themenbereich diskutiert. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Themen, in denen die Schülerinnen und Schüler sich intensiv mit der Solartechnik und Solaranlagen auseinandergesetzt haben, steht nun die Bildung einer eigenen Meinung über die Nutzung und Förderung der Solarenergie und anderen erneuerbaren Energien im Vordergrund. Neben Diskussionen kommen produktorientierte Methoden zum Einsatz, wie die Erstellung von Referaten und Plakaten oder die Entwicklung eines Wissensspiels, die besonders auch im fächerübergreifenden Unterricht realisiert werden können. Darüber hinaus werden verschiedene Online-Spiele und Quiz vorgestellt, die im Unterricht zur Wissenserweiterung und -festigung eingesetzt werden können.

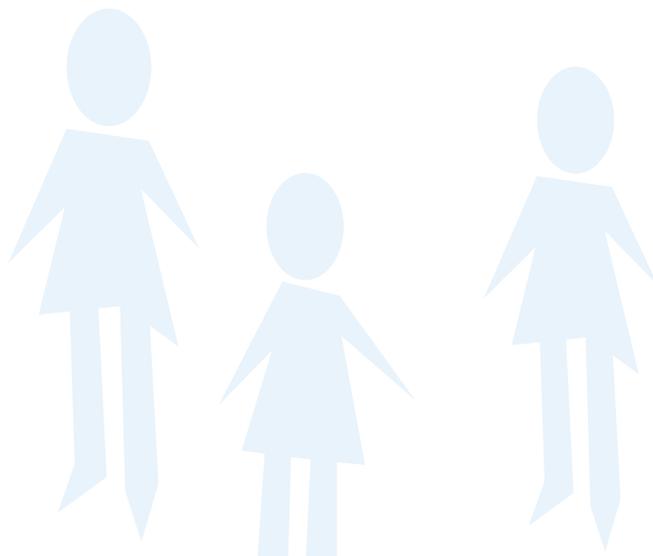
Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

Modul 4-01: Bereitstellung von großen Plakaten oder A0-Papier

Module 4-03-07: Organisation des Computerraums



Module für den Unterricht

Modul 4-01 Stille Diskussion:

Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?

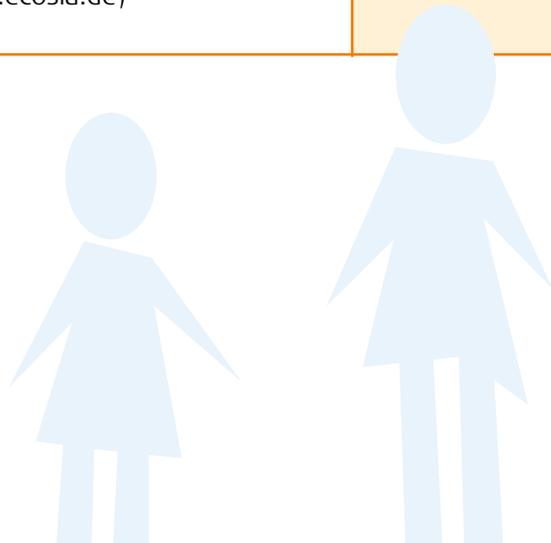
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
25 min Deu Geo Soz	<p>Die Sch führen eine „Stille Diskussion“ über den Nutzen der Solarenergie durch. Im Klassenraum werden drei bzw. sechs große Plakate mit folgenden Fragestellungen ausgelegt (eine Frage pro Blatt): 1. Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose? 2. Solaranlagen auf allen Dächern? Eine sinnvolle Sache? 3. Jeder kann die Welt verändern! Was tun wir, damit unsere Kinder besser leben? Die Sch verteilen sich auf die Plakate und schreiben ihre Gedanken zu den Fragen auf. Nach einer vorgegebenen Zeit wechseln sie zu einem anderen Plakat, lesen die Kommentare und fügen eigene weiterführende Überlegungen hinzu. Danach wird ein weiteres Mal gewechselt. Sollte nach der stillen Phase weiterer Diskussionsbedarf bestehen, kann in eine mündliche Debatte übergegangen werden.</p>	Die Sch bilden sich eine eigene Meinung zum Nutzen der Solarenergie und entwickeln Zukunftsvisionen für eine nachhaltige Energieversorgung.	3 bzw. 6 große Plakate, Filzstifte oder Eddings

Modul 4-02 Warum ist Solarenergie sinnvoll?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min SU NaWi Deu Geo Soz	<p>Der Staat fördert Solarenergie. Warum? Ausgehend von dieser Frage diskutieren die Sch in einem Klassengespräch die Vorteile der solaren Energieerzeugung. Die L sammelt die wichtigsten Argumente an der Tafel. Wenn die Sch bereits Vorwissen über fossile Energieträger wie Kohle, Erdöl, Erdgas und Uran haben, sollen sie dieses in die Diskussion einbringen. Ergänzend können die Vor- und Nachteile anderer erneuerbarer Energien thematisiert werden.</p>	Die Sch reflektieren ihr Wissen zur Solarenergie und bilden sich eine eigene Meinung zur Förderung erneuerbarer Energien.	Tafel

Modul 4-03 Referate zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
Zeit variabel SU NaWi Deu Ku Geo Soz	<p>Durch die Ausarbeitung von Referaten in Einzel-, Partner oder Gruppenarbeit erschließen sich die Sch eigenständig fächerübergreifendes Wissen zur Solarenergie. Als Expertinnen und Experten präsentieren sie ihr Teilthema vor der Klasse und erstellen dazu nach Möglichkeit selbst einen „Schülerspicker“ (Handout) mit den wichtigsten Informationen, der für alle vervielfältigt werden kann. Die Sch werden dazu angeregt, ihre Präsentation anschaulich mit Fotos, Grafiken und Tafelbildern zu gestalten. Arbeitsauftrag könnte z.B. sein, zu jedem Referat ein Plakat zu erstellen, das später im Schulgebäude ausgehängt wird. Der Zeitrahmen für die Ausarbeitung und Präsentation sollte zu Beginn festgelegt werden. Die Referatsliste ist so gestaltet, dass sie – wenn doppelseitig kopiert und ausgeschnitten – verteilt werden kann. Vorne auf den Kärtchen steht jeweils das Thema, auf der Rückseite befinden sich Stichpunkte und Literaturhinweise für die Internetrecherche. Die Stichpunkte können als Suchbegriffe auf den angegebenen Internetseiten verwendet werden oder in eine grüne Suchmaschine eingegeben werden, z. B. Ecosia (www.ecosia.de)</p>	<p>Die Sch lernen, ihr erworbenes Fachwissen zur Solarenergie anschaulich zu präsentieren.</p>	<p>Referatsliste 4-03, Plakate, Internet, Drucker</p>



Modul 4-04 Wissensspiel zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
Zeit variabel SU NaWi Deu Ku Geo Soz	Mithilfe der Kärtchen aus der Referatsliste (Modul 4-03) entwickeln die Sch selbstständig ein Wissensspiel. Sie erhalten den Auftrag, zu jedem vermerkten Stichpunkt eine bestimmte Anzahl von Fragen zu formulieren und diese auf Karteikarten (die späteren Spielkarten) mit den entsprechenden Antworten zu notieren. Literaturhinweise zu Fachartikeln im Internet und in Sachbüchern finden sie auf der Referatsliste. Dann werden nur noch ein Spielbrett mit Start- und Zielpunkt, Spielfiguren und ein Würfel benötigt und fertig ist das Wissensspiel. Je nach Zeitaufwand können arbeitsteilig Spielbrett, Spielfiguren und Spielregeln selbst gestaltet werden. Bei großen Klassen wird das Spiel in mehreren Gruppen gespielt und die Spielkarten werden flexibel ausgetauscht.	Die Spielentwicklung soll die Sch motivieren, sich intensiv mit den Fachinhalten auseinanderzusetzen. Während der gemeinsamen Spielphase erweitern und festigen sie spielerisch ihr Wissen. Denkbar ist auch eine klassenübergreifende Spielstunde mit anschließender Evaluation und Überarbeitung des Spiels.	Referatsliste 4-03, Karteikarten, Internet, Spielbretter, Spielfiguren und Würfel

Modul 4-05 Pressearbeit zur Solaranlage

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Geo Deu Ku	Die Sch verfassen Presseartikel, evtl. mit Fotos, für die Homepage der Schule oder Schülerzeitung, in denen sie über die schuleigene Solaranlage informieren. Alternativ dazu erstellen sie Informationsplakate und hängen sie im Schulgebäude auf.	Die Sch präsentieren ihre Lernergebnisse themenbezogen, sachlich und sprachlich richtig.	Computer, Drucker, Internet, ggf. Fotoapparat, Plakate und Zeichenwerkzeug

Modul 4-06 Spiele „powerado“ und „5x5“ zum Thema erneuerbare Energien

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Geo	Das Spiel „powerado“ kann als CD beim UfU bestellt werden. Online sind beide Spiele unter www.powerado.de zu finden. Nachdem die Sch die Anleitung gelesen haben, können sie beginnen. Das Spiel „powerado“ ist ähnlich aufgebaut wie Tetris. Aufgabe ist es, ein Dorf mit Energie zu versorgen und dabei auf umweltfreundliche Energieerzeugung zu achten. Zwischen den verschiedenen Levels müssen Wissensfragen beantwortet werden. Im Spiel „5x5“ geht es darum, gemeinsam die Energieprobleme zu lösen. Es gibt fünf unterschiedliche Spielwelten, in denen sich die Spieler bewähren müssen: Wasser, Wind, Sonne, Biomasse und Erdwärme.	Die Sch beschäftigen sich spielerisch mit umweltfreundlicher Energieerzeugung.	Internet, CD

Online-Spiel „powerado“, www.powerado.deOnline-Spiel „5 x 5“, www.powerado.de

Modul 4-07 Online-Spiele und Quiz zum Thema Energie und Klimaschutz

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min SU NaWi Geo	Unter www.solar-is-future.de/kids/ finden sich verschiedene Spiele und Quiz zu den Themen Sonne, Solarstrom, Umwelt und Zu Hause, welche die Sch selbständig und ohne weitere Anleitung spielen bzw. lösen können. Einfach auf „Hier geht's los“ klicken! Ein Klimaquiz findet sich unter www.bildungscent-spiel.de/bmu .	Die Sch festigen und ergänzen eigenständig ihr Wissen über Sonnenenergie, Solarstrom, Klimaschutz und Energiesparen.	Internet

Was ihr schon immer über Solarstrom wissen wolltet

SMA

Frage 1 von 5:
Wie wird Stromverbrauch gemessen?

In Kilometern (km)

In Kilogramm (kg)

In Kilowattstunden (kWh)

Wallpaper → E-Cards → Buch als PDF →

solar-is-future.de © 2008 SMA Solar-Technology AG | Kontakt | Impressum | SMA Unternehmensportal → Infos für Eltern

Online-Spiel „Solar-Quiz“ www.solar-is-future.de/kids

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

Wie funktioniert
eine Solarstromanlage?

Wie kann Strom aus der Sonne
erzeugt werden?

Wie können wir
das Klima schützen?

Wie viel Energie liefert
die Sonne?

Was ist der Klimawandel?

Wofür können wir
die Sonnenenergie alles nutzen?

Was ist der Treibhauseffekt
und was hat CO₂ damit zu tun?

Wofür nutzen wir Solarstrom –
im Kleinen und im Großen?



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- Erzeugung von Strom
- Strom aus der Sonne
- Funktionsweise von Solarzellen
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Solarstrom)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Solarzelle
- Solarmodul
- Wechselrichter
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Solarstrom)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Sonneneinstrahlung auf die Erde
- Reflexion des Sonnenlichts
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Die Sonne)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Energiesparen
- Energiespartipps
- Umwelt- und Klimaschutz
- WasIstWas Band 125: Das Klima
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Zu Hause)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Solarstrom
- Solarwärme
- Bioenergie
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Die Sonne)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Unterschied von Wetter und Klima
- Was heißt Klimawandel?
- Folgen des Klimawandels
- WasIstWas Band 74: Naturkatastrophen
- WasIstWas Band 125: Das Klima
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Umwelt)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- verschiedene Solarstromanlagen
- Solarstrom verkaufen
- Solarprodukte und Solarspielzeug
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Solarstrom)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Natürlicher Treibhauseffekt
- Vom Menschen gemachter Treibhauseffekt
- CO₂ und andere Treibhausgase
- WasIstWas Band 125: Das Klima
- www.solar-is-future.de/kids/ (Buch als PDF > Umwelt)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de



Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

Welche erneuerbaren Energien gibt es neben der Sonnenenergie?

Warum ist die Sonne lebenswichtig für uns?

Wird Solarenergie auf der ganzen Welt genutzt?

Strom aus der Wüste?

Wie wird Solarenergie in Deutschland genutzt?

Wie werden Solarzellen hergestellt?

Solares Bauen

Wie können wir die Wärme der Sonne nutzen?



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- Licht
- Wärme
- Regen
- Wind
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Die Sonne)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Wind
- Wasser
- Biomasse
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 48: Luft und Wasser
- www.solar-is-future.de/kids/
(Buch als PDF > Umwelt)
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Strom aus der Wüste
- Desertec
- Solarkraftwerk
- www.blinde-kuh.de
- www.geolino.de
- www.wasistwas.de

- Beispiele aus anderen Ländern, z.B. Spanien, USA
- Sonne in der Sahara
- WasIstWas Band 3: Energie
- WasIstWas Band 76: Die Sonne
- www.blinde-kuh.de
- www.wasistwas.de
- www.geolino.de

- Herstellung von Solarzellen
- Silizium
- Solarzellen aus Pflanzen
- Recycling von Solarzellen
- www.blinde-kuh.de
- www.geolino.de
- www.wasistwas.de

- Solarstrom in Deutschland
- Solarwärme in Deutschland
- Ausblick Solarenergie
- Zahlen Solarenergie
- www.blinde-kuh.de
- www.geolino.de
- www.wasistwas.de

- Solarwärme (Solarthermie)
- Solarthermische Anlagen
- Sonnenkollektor
- www.blinde-kuh.de
- www.geolino.de
- www.wasistwas.de

- Passivhaus
- Plus-Energie-Haus
- Solararchitektur
- Solares Bauen
- www.blinde-kuh.de
- www.geolino.de
- www.wasistwas.de



Schülerspicker

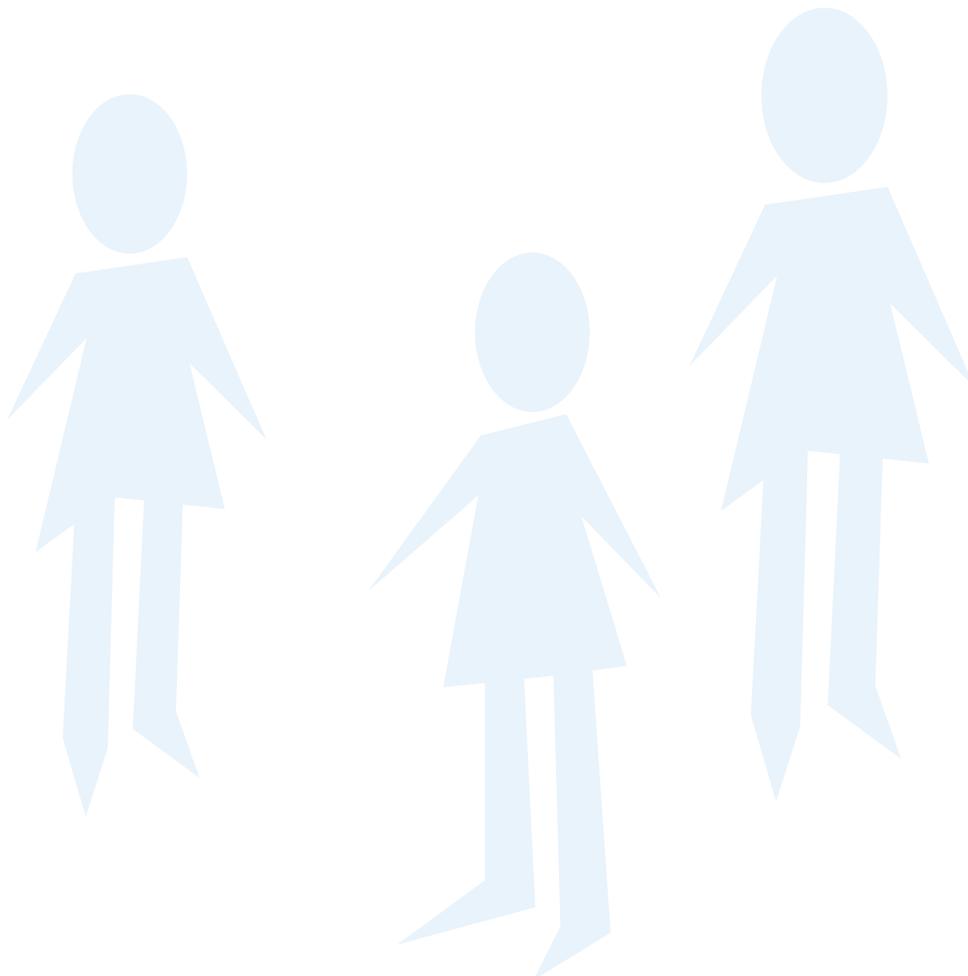
zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

Die Schülerspicker werden im Rahmen der Referate von den Kindern selbst erstellt und können dann vervielfältigt werden.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

In der Literaturliste befinden sich vielfältige Anregungen zur intensiven Auseinandersetzung mit der Thematik. Eine Ausführung an dieser Stelle würde den Rahmen sprengen.



Stichwortverzeichnis

Akkumulator. Ein Akkumulator ist eine Batterie.

Atom. Atome gehören zu den kleinsten Bausteinen der Welt. Atome setzen sich aus einem Atomkern und einer Atomhülle zusammen. Der Kern besteht aus Protonen und Neutronen. Die Elektronen bilden die Hülle und drehen sich in einer festen Bahn um den Atomkern.

Azimut. Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist. Wenn die Solaranlage z.B. nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimut von 90°.

Dotieren. Einbringen von Fremdatomen in einen Halbleiter.

Elektrische Energie wird auch Elektrizität genannt. Sie wird in Wattsekunden (Ws) oder Kilowattstunden (kWh) gemessen und ist das Produkt aus Spannung, Stromstärke und Zeit.

Elektrisches Feld. So wird der Raum zwischen zwei ungleich geladenen Objekten genannt. In einem elektrischen Feld lassen sich Körper und Ladungen örtlich verändern.

Elektrische Leistung (P) wird in Watt (W) oder Kilowatt (kW) gemessen und ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke.

Elektron. Das ist ein negativ geladenes Teilchen.

Globalstrahlung ist die auf die Erde auftretende Sonneneinstrahlung. Sie setzt sich aus direkter, diffuser und reflektierter Strahlung zusammen.

Halbleiter sind wegen ihrer kristallinen Struktur zwischen Leiter und Nichtleiter einzuordnen. Die Leitfähigkeit von Halbleitern ist stark temperaturabhängig und kann durch Einbringen von Fremdatomen (Dotieren) beeinflusst werden. Silizium ist ein so genannter Halbleiter.

Luxmeter. Mit einem Luxmeter kann man die Beleuchtungsstärke messen, die in lux angegeben wird.

Multimeter. Mit einem Multimeter oder auch Ampère- und Voltmeter kann man Stromstärke und Spannung messen.

Neutron. Das ist ein Teilchen, das weder positiv noch negativ geladen ist. Es ist neutral.

Reihen- und Parallelschaltung. Die Art der Verschaltung mehrerer Strom-/Spannungsquellen bestimmt, wie die Spannung oder Stromstärke verändert wird. Eine Reihenschaltung führt bei gleicher Stromstärke zu einer höheren Spannung, die Parallelschaltung bei gleicher Spannung zu einer höheren Stromstärke.

Photonen. Lichtstrahlen werden Photonen genannt. Diese treffen auf das Solarmodul und reißen die Elektronen vom Atomkern. Dadurch kann Strom erzeugt werden.

Proton. Das ist ein positiv geladenes Teilchen.

Silizium ist ein Halbleiter und wird zur Herstellung von Solarzellen verwendet. Silizium bildet mit 27,5% das zweithäufigste Element auf der Erdkruste nach Sauerstoff. Es kommt aber nicht in reiner Form vor, sondern muss aus Sand, Quarz oder Bergkristall gewonnen werden.

Spannung (U) wird in Volt (V) gemessen. Sie schubst die Elektronen an, so dass sie sich in eine Richtung bewegen.

Stromstärke (I) wird in Ampère (A) gemessen und gibt an, wie viele Elektronen in einer bestimmten Zeit transportiert werden.

Transformator. Ein Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die das Stromnetz benötigt.

Watt_{peak} (Wp). Die Gesamt-/Nennleistung wird in W_p angegeben. Die Gesamtleistung bezieht sich auf die maximale Leistung der Solaranlagen bei festgelegten Testbedingungen. So können verschiedene Solarzellen einfach unter einem Standard verglichen werden. Diese Standard-Testbedingungen wurden international festgelegt.

Wechsel-/Gleichstrom (AC/DC). Bei Wechselstrom ändern die Elektronen ständig ihre Richtung, bei Gleichstrom fließen sie immer in dieselbe Richtung.

Wechselrichter. Ein Wechselrichter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um.

Literaturliste

Schulbücher

- Diercke spezial, Globaler Klimawandel, Westermann Verlag
- TERRA global, Klima im Wandel, Klett Verlag
- TERRA Thema, Globaler Klimawandel, Themenheft und Materialmappe, Klett Verlag
- Materialsammlung Energie, Cornelsen Verlag
- Praxis Geografie – Klimawandel, Westermann Verlag (zu bestellen unter: BMU Bildungsmaterialien)
- Eyes On Energy – Themenheft 4 – Solarenergie, VWEV Verlag
- Geografie der erneuerbaren Energien, Verlag Energie-Atlas GmbH

Bildungsmaterialien von powerado

(Download: www.ufu.de/powerado)

- Box Next Generation für den Jugendfreizeitbereich (Experimentierkiste zum Spiel „Streit der Welten“)
- Box Primary für Klasse 4-6 (Experimentierkiste für ein Stationenlernen zu EE)
- EE-Reiseführer
- Klimaballon
- Computerspiel powerado (Offline-Version und CD)
- Materialpool zu erneuerbaren Energien (Projektskizzen und Lernaufgaben aus den Fachseminaren EE)

Bildungsmaterialien vom Ufu

(Bestellen/Download: www.ufu.de/bildung)

- Erdgas und Sonne in der Grundschule (Klasse 4-6)
- Kleines Handbuch für Klimaretter (Klasse 4-5)
- Kleines Handbuch für Klimaretter auf Achse (Klasse 4-7)
- Schulpaket Klimaschutz und Wohnen mit Film-DVD (Klasse 5-6)
- Schulpaket CO2-frei zum Energiesparkonto für Schulen (Klasse 5-10)
- Schulpaket fifty/fifty – Energiesparen an Schulen (Klasse 5-10)
- Schulpaket Solarsupport (Klasse 4-6; Klasse 7-10)

Bildungsmaterialien vom BMU

(Bestellen/Download: www.bmu.de/bildungsservice)

- Abfall (Schülerarbeitsheft Grundschule)
- Biologische Vielfalt (Schülerarbeitsheft und Lehrerhandreichung Grundschule und Sek I+II, auch auf Englisch, Französisch und Russisch)
- Biosphärenreservate in Deutschland (Schülerarbeitsheft Sek I+II)
- Erneuerbare Energien (Schülerarbeitsheft und Lehrerhandreichung Grundschule und Sek I+II, auch auf Englisch und Französisch)
- Flächenverbrauch und Landschaftszerschneidung (Schülerarbeitsheft und Lehrerhandreichung Sek I+II)
- Klimabonusheft inklusive Stickerheft
- Klimaschutz To Go – Was geht an Schulen?
- Klimaschutz und Klimapolitik (Schülerarbeitsheft und Lehrerhandreichung Sek I+II, auch auf Englisch und Französisch)
- Klimawandel (Schülerarbeitsheft Grundschule)
- Umwelt und Gesundheit (Schülerarbeitsheft Grundschule, auch auf Englisch)
- Wasser im 21. Jahrhundert (Schülerarbeitsheft und Lehrerhandreichung Sek I+II, auch auf Englisch und Französisch)
- Wasser ist Leben (Schülerarbeitsheft Grundschule)

Weitere Bildungsmaterialien

- Erneuerbare Energien in der Grundschule. Band 1 Energie(sparen) – Sonnenenergie. Kaiser, Astrid/ Lüschen, Iris/ Reimer, Monika. energie.bildung: www.energiebildung.uni-oldenburg.de.
- Klimadetektive in der Schule – eine Handreichung – Klassenstufen 5-10. Tilman Langer, Umweltbüro Nord e.V.
- Lebensraum Wasser. Anpassungsleistungen von Tieren und Menschen. Baustein G. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Emden, Markus/ Sumfleth, Prof. Dr. Elke. Universität Duisburg-Essen.
- Luft und Fliegen. Selbstständiges Experimentieren lernen in Klassenstufe 5/6. Anregungen zum kompetenzorientierten Unterricht. Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, Behörde für Schule und Berufsbildung. Hamburg.
- Sind nachwachsende Rohstoffe Deutschlands Zukunft? Schülerheft Modul 4 (Jahrgangsstufe 9-11/12). Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Steckbrief Wasser. Eigenschaften des Wassers. Baustein F. Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Emden, Markus/ Sumfleth, Prof. Dr. Elke. Universität Duisburg-Essen.

Sach- und Fachbücher

- Baedeker Reiseführer Deutschland – Erneuerbare Energien entdecken, Martin Frey, Karl Baedeker Verlag 2011.
- CO₂ Lebenselixier und Klimakiller, Jens Soentgen und Armin Müller, oekom Verlag 2009.
- Energie. Kernthema für die Zukunft, Christoph Buchal, Forschungszentrum Jülich: www.energie-in-der-schule.de.
- Energie Revolution. Effizienzsteigerung und erneuerbare Energien als neue globale Herausforderung, Peter Hennicke und Susanne Bodach, oekom Verlag 2010.
- Epochen Wechsel. Plädoyer für einen grünen New Deal, Michael Müller und Kai Niebert, oekom Verlag 2010.

- Kochen mit der Sonne. Solar kochen und backen in Mitteleuropa, Rolf Behringer und Michael Götz, ökobuch 2008.
- Kraftwerk Sonne, Rowohlt Taschenbuch Verlag
- Next Bang! Wie das riskante Spiel mit Megatechnologien unsere Existenz bedroht, Pat Mooney, oekom Verlag 2010.
- Pendos CO₂-Zähler. Die CO₂-Tabelle für ein klimafreundliches Leben, co2online, Pendo Verlag 2007.
- Warum es ums Ganze geht. Neues Denken für eine Welt im Umbruch, Hans-Peter Dürr, oekom Verlag 2010.
- WasIstWas Band 3 – Energie, Tessloff Verlag.
- WasIstWas Band 125 – Das Klima, Tessloff Verlag.
- Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung, WBGU 2009.

Informationsbroschüren

(Bestellen/Download im Internet)

- basisEnergie (Informationsbroschüren zu Energie, Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien, BINE Informationsdienst: www.bine.info)
- Dem Klimawandel begegnen – Die Deutsche Anpassungsstrategie, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Energie dreifach nutzen. Strom, Wärme und Klimaschutz: Ein Leitfaden für kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Energie effizient nutzen – Tipps zum Klimaschutz und Geldsparen, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Erneuerbar beschäftigt! Kurz- und langfristige Arbeitsplatzwirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland, BMU 2008: www.bmu.de/mediathek
- Erneuerbare Energien. Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung, BMU 2010: www.bmu.de/mediathek
- Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland, Agentur für Erneuerbare Energien

- 2010: www.unendlich-viel-energie.de
- Informationen zum Thema „Klimaschutz“: Erkenntnisse, Lösungsansätze und Strategien. Allianz Umweltstiftung: www.allianz-umweltstiftung.de/publikationen/wissen/index.html
- Klimawandel in Deutschland – Anpassung ist notwendig, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Mut zur Nachhaltigkeit, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: www.mut-zur-nachhaltigkeit.de
- Strom aus erneuerbaren Energien – Zukunftsinvestition mit Perspektiven, BMU 2009: www.bmu.de/mediathek
- Transfer-21. Zukunft gestalten lernen. Bildungsmaterialien: www.transfer-21.de
- Umweltbewusstsein in Deutschland 2010, BMU 2010: www.bmu.de/mediathek
- Informations- und Kommunikationsplattform Agenda 21 Treffpunkt: www.agenda21-treffpunkt.de
- Initiative „Mut zur Nachhaltigkeit“: www.mut-zur-nachhaltigkeit.de
- Internationale Internetplattform für Klimabildung (engl.): www.teacherscop15.dk
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): www.ipcc.ch
- Jugendsolarprojekt von Greenpeace: www.jugendsolarprojekt.ch
- Kampagne „Klima sucht Schutz“: www.klima-sucht-schutz.de
- Kinderseite des BMU: www.bmu-kids.de
- Klimaexpedition: www.german.org/klimaexpedition.htm
- Klimapass: www.klima-pass.de
- Klimaschutzinitiative des BMU: www.bmu-klimaschutzinitiative.de
- Klimaschutzschulenatlas: www.klimaschutzschulenatlas.de

Internet-Adressen für den Unterricht

- Agentur für Erneuerbare Energien – Informationsportal: www.unendlich-viel-energie.de
- Aktion Klima, Onlineplattform für Unterrichtsmaterial: www.klimawink.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
- CO₂-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 CO₂): www.carboncounter.info
- Famos – Mobile Solarwerkstatt: www.solarwerkstatt-famos.de
- Geolino: www.geolino.de
- Lexikon Energiewelten: www.energiewelten.de/lexikon/lexikon/index3.htm
- ÖKO-TEST: www.oekotest.de
- Online-Kurse zu erneuerbaren Energien: www.izt.de/moodle
- Powerado: www.powerado.de; www.ufu.de/powerado; www.izt.de/powerado
- 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: www.umweltschulen.de/energie
- Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V. (UfU): www.ufu.de/bildung
- UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“: www.dekade.org
- Verbraucherzentrale der Energieberatung: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Computerspiele und Quiz

- Bilderquiz zum Aufbau einer Windkraftanlage vom Bundesverband Windenergie:
www.wind-energie.de/wirbelwind_games
- Computerspiel „A New Beginning“: www.daedalic.de/ANB/index.php/home.html (DVD-Bestellung)
- Klimaquiz von Bildungscent:
www.bildungscent-spiel.de/klima
- Klimaquiz „Mission Blue Planet“ von co2online:
www.mission-blue-planet.de
- „Öko-Profi. Teste dein Umweltwissen“ auf der Kinderwebseite vom BMU:
www.bmu-kids.de/Spiele/Bildungsmaterialien/index.php
- Onlinespiel „Climate Challenge“ vom BBC: <http://makesyouthink.net/games/climate-challenge/flash>
- Onlinespiel „Energetica“ von Schulen ans Netz, BMU, BMBF: www.energiespiel.de
- Onlinespiel „Energy for Life“ von der DGS:
www.energie-ist-entwicklung.de/spiel.html
- Onlinespiel „Lolly vs. The Energy Monkeys“ auf dem britischen Internetportal „National Grid for learning“:
www.cwndesign.co.uk/funergy/game/index.html
- Onlinespiel „Green Planet Game“ von der US-Umweltorganisation Global Green und Starbucks:
www.planetgreengame.com
- Onlinespiel „Keep Cool Online“ zum Klimawandel:
www.keep-cool-online.de
- Onlinespiel „5x5“ von powerado: ???
- Onlinespiel „powerado“ zur Energieversorgung:
www.powerado.de
(oder als CD beim UfU erhältlich)
- Onlinespiel „PowerScout“ von der Deutschen Energieagentur: www.stromeffizienz.de/fileadmin/powerscout/index.htm
- Onlinespiel „PowerUp“ von IBM:
www.powerupthegame.org
- Onlinespiel „Switch'em off“ vom WWF: <http://apps.panda.org/switchemoff/game.php?lang=de>
- Onlinespiel „Trouble Shooter“:
<http://makesyouthink.net/games/trouble-shooter/flash/>
- Onlinespiele und Quiz zu Sonne, Solarstrom und Energiesparen von SMA Technology:
www.solar-is-future.de/kids
- Quarks-Quiz „Klima-Retten“ vom WDR:
www.wdr.de/themen/_phpinclude_/quiztool2/index.php?qid=474
- Quiz zu Windenergie, Solarenergie und Klimaschutz: www.volker-quaschnig.de/quiz/index.php
- Spielplattform „Energy Hog“ von der US-Kampagne „Alliance to save energy“:
www.energyhog.org/childrens.htm
- Weitere Onlinespiele auf englisch zum Thema Umwelt: www.gamesforchange.org

CO₂-Rechner, Rechner zum ökologischen Fußabdruck und inaktive CO₂-Simulationen

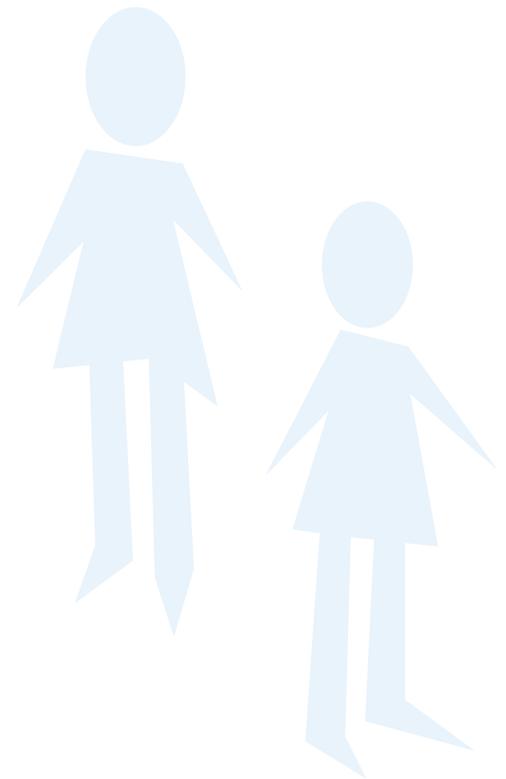
- CO₂-Rechner für Schulen: www.solarsupport.org
- CO₂-Rechner des WWF:
www.co2-rechner.wwf.de/wwf oder
www.footprint.ch (WWF-Schweiz)
- CO₂-Waage, Deine CO₂-Diät und Dein CO₂-Haus-halt von co2online:
www.klima-sucht-schutz.de/mitmachen
- Energiesparkonto für Schulen von co2online:
www.energiesparclub.de/schule
- Fußabdruck Rechner vom BUND:
www.latschlatsch.de
- Klimachecker für Kinder, CO₂-Jugendrechner und CO₂-Rechner: www.klimaktiv.de
- Mein CO₂-Check: www.co2maus.de
- Sammlung von CO₂-Rechnern in englischer Sprache: www.carboncounter.info/calculators.html
- Simulation „Climate Change“ zum ökologischen Fußabdruck vom BBC:
www.bbc.co.uk/climate/adaptation/jack.shtml
- Simulation „Konsumaniac“ zum ökologischen Fußabdruck im Konsumbereich vom Umweltlandesministeriums Wien/Österreich:
www.umweltbildung.at/konsumaniac/index.html

Filme

- Animation – Solarthermie (1 min), Agentur für Erneuerbare Energien:
www.unendlich-viel-energie.de
- Das Kombikraftwerk (7 min), Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de
- Der Apfel (1 min), Internationale Sommeruniversität des KMGNE: www.ufu.de/multimedia
- Die Erde hat Fieber (2 min), Internationale Sommeruniversität des KMGNE:
www.ufu.de/multimedia
- Die Rechnung, Germanwatch (4 min):
www.germanwatch.org/klima/film09.htm
- Eine unbequeme Wahrheit (93 min): auszuleihen an allen Landesbildstellen
- (E)Mission CO₂ (8 min): UfU,
www.ufu.de/multimedia
- Energiesparen an Schulen (4 min): co2online:
www.energiesparclub.de/schule
- ifty/fifty – Energiesparen an Schulen (14 min), UfU: www.ufu.de/multimedia
(auch zu bestellen auf DVD)
- Grow up cool down (1 min), Greenpeace (2008):
www.youtube.com/watch?v=bcao6kzh-WM
- Kraftwerkspark der Zukunft (8 min), Agentur für Erneuerbare Energien:
www.unendlich-viel-energie.de
- Medienpaket „Klima und Energie“ (verschiedene Filme), Ecomove: www.medienpaket-klima.de
- Solarenergie – Spezial (30 min). S6 Bibliothek der Sachgeschichten von und mit Armin Maiwald. Sendung mit der Maus. WDR:
www.bibliothek-der-sachgeschichten.de
- Unsichtbarer Feind. Kinder auf den Spuren des Klimawandels (31 min), ¾ Plus:
www.unsichtbarerfeind.de
- Up de Bank (2 min): Internationale Sommeruniversität des KMGNE: www.ufu.de/multimedia
- Wake Up, Freak out – then Get a Grip (11 min):
www.wakeupfreakout.org
- Weitere Filme der Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de

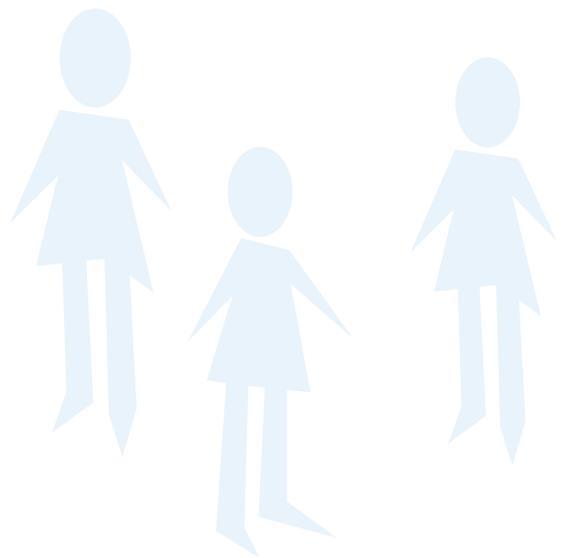
Radiobeiträge und Hörbücher

- Deutschlandradio – Kakadu (verschiedene Radiosendungen u. a. zu Energie und Umwelt):
www.kakadu.de/radiothek
- Hörbuch „Die Erde hat Fieber“:
www.mut-zur-nachhaltigkeit.de
(unter Publikationen)
- Hörbuch „Die Erde am Limit“:
www.mut-zur-nachhaltigkeit.de
(unter Publikationen)



Informationsangebote zu Ausbildung und Studium im Bereich Erneuerbare Energien

- 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%4tze_/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>



→ → → → → → → → → Immer mehr Schulen engagieren sich für den Klimaschutz und möchten ihre Schülerinnen und Schüler auf die zukünftigen Anforderungen vorbereiten. Viele Schulen in Deutschland haben bereits eine Photovoltaikanlage auf dem Dach, die von der kleinen 1 kWp Anlage bis hin zum Minikraftwerk in Größenordnungen von bis zu 80 kWp reicht. Sie wird aber häufig nicht in den Unterricht einbezogen. Das Schulpaket Solarsupport will diese Lücke schließen und Photovoltaikanlagen für die pädagogische Arbeit „wecken“. Aber auch Schulen, die noch keine eigene PV-Anlage installiert haben, können auf die Unterrichtsmaterialien zurückgreifen. Das Schulpaket richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Grundschule und Mittelstufe, also der Klassen 4-6. Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen Experimente und spielerische Übungen im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Kinder forschend tätig werden und sich Fachinhalte weitgehend selbständig in Teamarbeit aneignen.

→ → → → → → → → → Das UfU ist ein wissenschaftliches Institut und eine Bürgerorganisation. Es initiiert und betreut angewandte wissenschaftliche Projekte, Aktionen und Netzwerke, die öffentlich und gesellschaftlich relevant sind, auf Veränderung ökologisch unhaltbarer Zustände drängen und die Beteiligung der Bürger benötigen und fördern. 28 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten seit 1990 in den Fachgebieten Klimaschutz und Umweltbildung, Umweltrecht und Partizipation sowie Ressourcenschutz und Landschaftsökologie in verschiedenen Projekten im In- und Ausland. Die UfU-Werkstatt als offener Bereich mit verschiedenen Themen und Projekten fungiert als beständige Keimzelle für neu entstehende Bereiche.



→ → → → → → → → → Impressum

Autorinnen und Autoren

Iken Draeger, Florian Kliche
unter Mitarbeit von Ulrike Koch
und Nadine Hölzinger

Gestaltung/Illustration

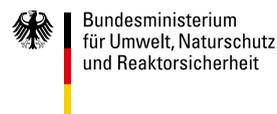
Enrica Hölzinger, www.ricmedia.de

Schulpaket Solarsupport erstellt im
Rahmen des Forschungsvorhabens
Solarsupport



Herausgeber

Greifswalder Straße 4
10405 Berlin
www.ufu.de



Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit