



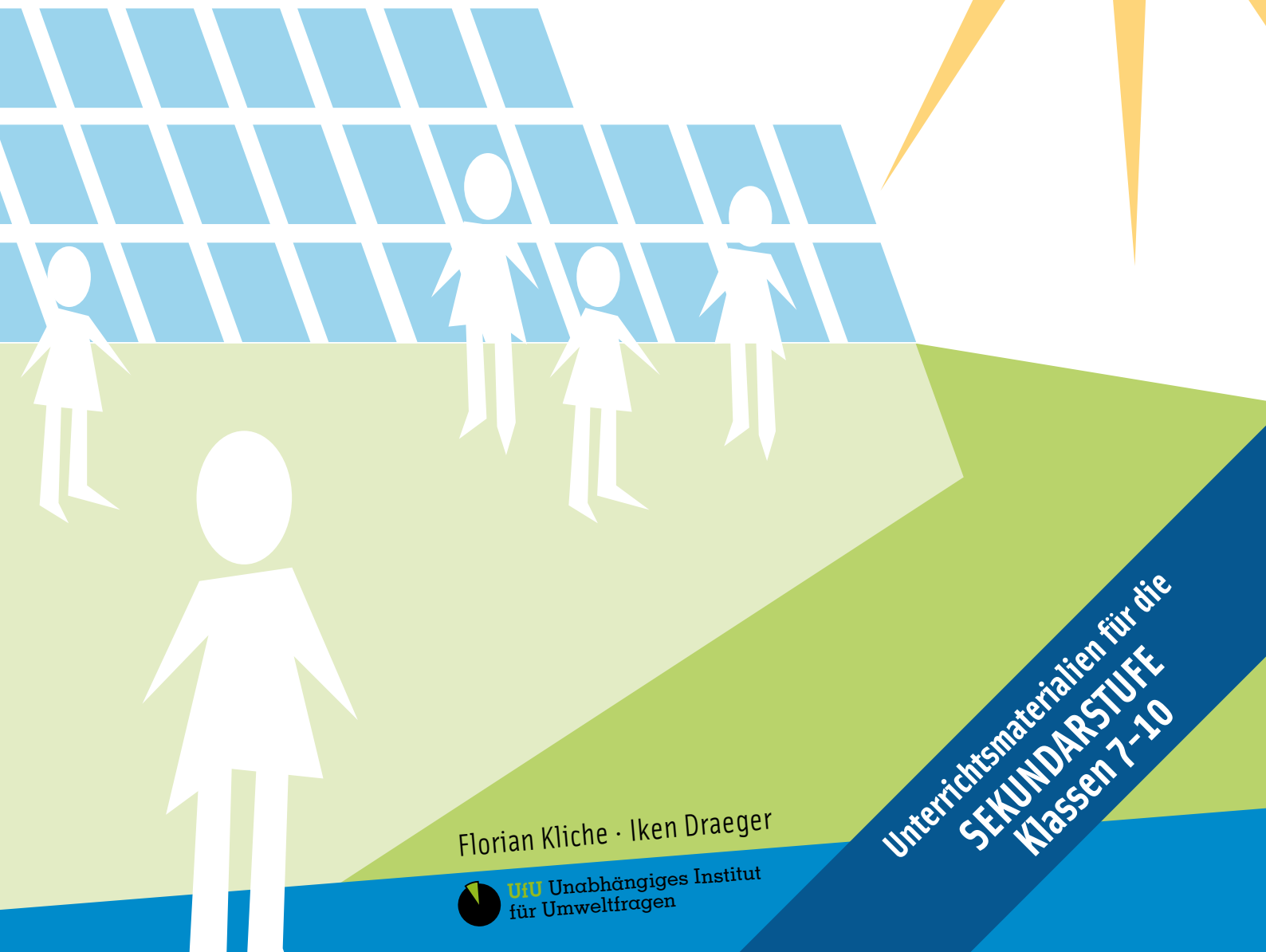
Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

Schulpaket Solarsupport

Materialien für Schulen und Bildungseinrichtungen
zum Thema Photovoltaik



Unterrichtsmaterialien für die
SEKUNDARSTUFE
Klassen 7-10

Florian Kliche · Iken Draeger



IUI Unabhängiges Institut
für Umweltfragen

Inhalte

- 3 Allgemeine Hinweise zum Schulpaket
- 3 Warum sollen schlafende Photovoltaikanlagen 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 Photovoltaikanlage?
- 19 **Thema 2:** Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Photovoltaikanlage liefert?
- 33 **Thema 3:** Wir verbessern Photovoltaikanlagen!
- 48 **Thema 4:** Solarenergie in der Diskussion
- 60 Stichwortverzeichnis
- 61 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 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 Sekundarstufe, Klassen 7–10. Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen praktische Übungen und Experimente im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Jugendlichen forschend tätig werden und sich Fachinhalte selbstständig in Teamarbeit aneignen. Das Thema Solarenergie kann in verschiedenen Fächern und fächerübergreifend in den Unterricht integriert werden. Neben der thematischen Einbindung in die naturwissenschaftlichen Fächer gibt es vielfältige Schnittstellen zu den Bereichen Geografie, Sozialkunde, Mathematik, Kunst, Deutsch und Informatik. 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 Photovoltaikanlagen 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 zur Nutzung erneuerbarer Energieträger. 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 Solarenergie dauerhaft in das Curriculum und Schulprofil einzugliedern sowie einen positiven Beitrag zur Außendarstellung der Schule zu leisten, z. B. über den Klimaschutzschuldenatlas (www.klimaschutzschulenatlas.de).

Zu den Lerninhalten gehören:

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Aufbau und Funktionsweise einer Photovoltaikanlage
- Einflussfaktoren bei der solaren Stromerzeugung
- Solartechnik: Messreihen und Experimente
- Berechnungen zu Auslegung, Wirkungsgrad und Amortisierung von PV-Anlagen
- Optimierung von Photovoltaikanlagen
- 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 Photovoltaikanlage?
(Physik, Chemie, Geografie, Deutsch, Informatik) |
| Thema 2 | Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Photovoltaikanlage liefert? (Physik, Geografie, Kunst, Mathematik) |
| Thema 3 | Wir verbessern Photovoltaikanlagen!
(Physik, Mathematik, Chemie, Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Informatik) |
| Thema 4 | Solarenergie in der Diskussion
(Geografie, Deutsch, Sozialkunde, Physik, Kunst, Chemie, Informatik) |

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 Jugendlichen 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 entsprechenden 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 Jugendlichen ausgeteilt und von ihnen zur Vorbereitung auf Lernerfolgskontrollen genutzt werden. Lösungen zu den Aufgaben sind am Ende jeder Themeneinheit zu finden. Ergänzend werden die zu vermittelnden Fachinhalte beschrieben, so dass sich auch fachfremde Lehrerinnen und Lehrer ohne großen Aufwand auf den Unterricht vorbereiten können.

Gliederung der Themen

- 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 7/8	Jahrgangsstufe 9/10
Physik (Phy)	
Energie und Energieerhaltung	Energie, Energieerhaltung und -übertragung
Energietechnik	Energieversorgung
Innerer Aufbau der Materie	Atom- und Kernphysik
Elektrizität – elektrischer Strom	Elektrizität – Elektrotechnik
Experimentieren, protokollieren, auswerten	Experimentieren, protokollieren, auswerten
	Wellenlehre- und Quantenphysik, Halbleiter
Chemie (Ch)	
Atombau	Atombau
Energie und Chemie	Energie und Chemietechnik
Rohstoffe und Energieträger	Rohstoffe und Energieträger
	Kohlenwasserstoffe
Geografie (Geo)	
Standortfaktoren und Strukturwandel	Globale Zukunftsszenarien und Wege zur Nachhaltigkeit auf lokaler und globaler Ebene
Klima- und Vegetationszonen	Klimaveränderungen
Naturgeografische Kreisläufe und anthropogene Eingriffe	Natürliche Ressourcen und Ressourcenmanagement
Geografische Arbeitstechniken: Karten und Kartogramme	Geografische Arbeitstechniken: Karten und Kartogramme
Daten erheben, beobachten und messen	Daten erheben, beobachten und messen
Sozialkunde (Soz)	
Ökologie und Gesellschaft	Wirtschaft und Arbeitsleben
	Technischer Wandel
	Lebensgestaltung im 21. Jahrhundert: Zukunftsprognosen
Deutsch (Deu)	
Mediengestaltung und Reportage	Mediengestaltung und Reportage
Medien nutzen und reflektieren	Medien nutzen und reflektieren
Sachtexte verfassen	Sachtexte verfassen
Formales Schreiben	Formales Schreiben
Argumentieren und diskutieren	Argumentieren und diskutieren
Vortragen und informieren	Präsentieren und informieren

Mathematik (Ma)	
Daten recherchieren und grafisch auswerten	Daten recherchieren und grafisch auswerten
Zins- und Prozentrechnung	Zins- und Prozentrechnung
Textaufgaben	Textaufgaben
Informatik (Inf)	
Vernetzte Informationsstrukturen: Internet	Daten verwalten und verarbeiten: Tabellen
Kunst (Ku)	
Bildhaft gestalten und ausdrücken: Collage, Plakat	Bildhaft gestalten und ausdrücken: Collage, Plakat
Kommunikation und Mediengestaltung	Kommunikation und Mediengestaltung
Technisches Zeichnen	Architektur und Design

Anmerkungen

Es wird die Schreibweise Photovoltaik statt Fotovoltaik gewählt, um Irritationen mit der Abkürzung PV zu vermeiden. Zu Beginn der Unterrichtseinheit sollten folgende Begriffe gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern geklärt werden, um Verständnisschwierigkeiten zu vermeiden: Photovoltaik, PV-Leistung, Ertrag, elektrische Verbraucher, Halbleiter, Energiebilanz, Energieeffizienz, Wirkungsgrad. 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 PV-Anlage?

Einführung

Wie funktioniert eine Photovoltaikanlage? Dieser Frage gehen die Schülerinnen und Schüler durch entdeckendes Handeln auf den Grund. Ausgehend von der Besichtigung einer Photovoltaikanlage lernen sie die verschiedenen Komponenten einer solchen Anlage kennen und begreifen durch selbständiges Experimentieren, wie Solarstrom erzeugt wird. Die Lerninhalte werden über abwechslungsreiche Methoden und Medien vermittelt, dazu gehören Arbeitsblätter, Experimente, Recherchen, ein Spiel und ein Film. Die Module lassen sich in erster Linie in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren, da hauptsächlich die technische Seite der Photovoltaik zur Sprache kommt. Einzelne Module können aber auch fächerübergreifend im Geografie-, Deutsch- und Informatikunterricht durchgeführt werden.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Unterscheidung zwischen Wechselstrom und Gleichstrom (AC/DC)
- Grundlagen des Atommodells
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

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 1-05:** Organisation des Computerraums für die Internetrecherche, ggf. Ausleihe von Fachbüchern aus der Literaturliste.
- Modul 1-06:** Hinweise zum Film „S6 Solarenergie“ finden sich unter www.bibliothek-der-sachgeschichten.de.

Module für den Unterricht

Modul 1-01 Solarrundgang

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy Inf	Die Sch besichtigen eine oder die schul-eigene Photovoltaikanlage. Sie betrachten die sichtbaren Komponenten und klären gemeinsam deren Funktion: Solarmodule, Leitungen, Gestell und Ausrichtung, Wechselrichter, Transformator, Akkumulator, Stromzähler und Display. Die L ergänzt das Vorwissen der Sch. Während oder nach dem Solarrundgang füllen diese das Arbeitsblatt aus. Alternativ beziehen die Sch die Daten aus einem Datenlogger (falls vorhanden). Zur Ergebnissicherung wiederholen die Sch den Aufbau einer Photovoltaikanlage anhand einer Grafik.	Die Sch verstehen den grundlegenden Aufbau einer Solaranlage. Sie können die verschiedenen Komponenten benennen, ihre Funktion beschreiben und spezifische Angaben zur schuleigenen Photovoltaikanlage machen.	AB 1-01, F 1-01, OH-Projektor

Modul 1-02 Solarwerkstatt

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy	Die Sch konstruieren selbständig kleine Solarmodelle. Jeweils zwei Sch erhalten ein Übungsset: Solarzelle mit Kabeln, Solar-motor, Leuchtdiode und Summer. Zum Aufsatz auf den Motor entwerfen sie kleine Propeller. Nach einer kurzen Einführung, wie Solarzellen angeschlossen werden, beginnen die Sch zu experimentieren. Sie schließen die 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 Verbraucher an Solarzellen anschließen.	Solarbruch bzw. Solarzellen, Leuchtdioden, Solar-motoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, starke Lampen ab 50 W oder Baustrahler, Bastelmaterial

Modul 1-03 Photonenspiel

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min Phy Ch	Die Sch spielen den Vorgang in einer Solarzelle vereinfacht nach und besprechen ihn danach. Zu Beginn erklärt die L den Sch, dass eine Solarzelle aus Silizium besteht 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 und der Motor durch eine Person, die von den Elektronen gedreht wird. Die Übung eignet sich für Klassen, die gerne spielen. Als Alternative oder Ergänzung kann Modul 1-04 durchgeführt werden.	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 1-04 Solarstrom

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min Phy Ch	Mithilfe einer Folie beschreiben die Sch, wie Solarstrom erzeugt wird. Sie benutzen dabei die entsprechenden Fachbegriffe und greifen auf ihre Kenntnisse zu elektrischem Strom zurück.	Die Sch erschließen sich über eine technische Zeichnung, wie Sonnenenergie in elektrischen Strom umgewandelt wird.	F 1-04, OH-Projektor

Modul 1-05 Rohstoffe für die Photovoltaikanlage

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Geo Deu	Die Sch recherchieren im Internet, woher die Rohstoffe für Solarzellen kommen. Sie informieren sich über Arbeitsschritte und Energieverbrauch bei der Produktion von Solarzellen und fassen ihr erworbenes Wissen in einem Steckbrief zur Herstellung von Solarzellen zusammen. Bei der gemeinsamen Auswertung der Steckbriefe soll u. a. auf Aspekte der Nachhaltigkeit und Energieeffizienz eingegangen werden (Ressourcenverbrauch, Recycling).	Die Sch erweitern ihre Perspektive und lernen andere Bereiche der Photovoltaik kennen. Indem sie Rohstoffressourcen und Energieaufwand beim Produktionsprozess von Solarzellen miteinander in Beziehung setzen und bewerten, beschäftigen sie sich auch mit dem Aspekt der Nachhaltigkeit. Sie üben ganzheitliches, vernetztes Denken.	Internet

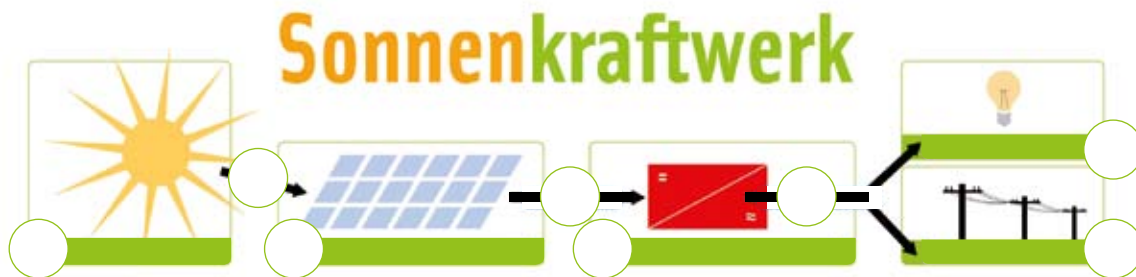
Modul 1-06 Film zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy Geo Deu	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.	Die Sch erweitern und festigen ihre Kenntnisse über die Funktionsweise einer Solarzelle.	DVD „S6 Solarenergie“ (www.bibliothek-der-sachgeschichten.de), DVD-Player

Arbeitsblatt 1-01: Solarrundgang

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

1 Wechselrichter • 2 Wechselstrom • 3 Netzeinspeisung • 4 Sonne
5 Licht • 6 Solarmodule • 7 Eigenverbrauch • 8 Gleichstrom



Aktuelle Leistung	<input type="text"/>	Watt
Solarer Gesamtertrag	<input type="text"/>	kWh
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	<input type="text"/>	kg

Fragen zur schuleigenen PV-Anlage

Die Solarmodule sind:

- in Reihe geschaltet
- parallel geschaltet
- in Reihe und parallel geschaltet

Insgesamt sind _____ Solarmodule zusammen geschlossen, die eine Maximalleistung von jeweils _____ W_p erbringen. Insgesamt sind das _____ W_p .

Unsere Photovoltaikanlage speist den erzeugten Strom:

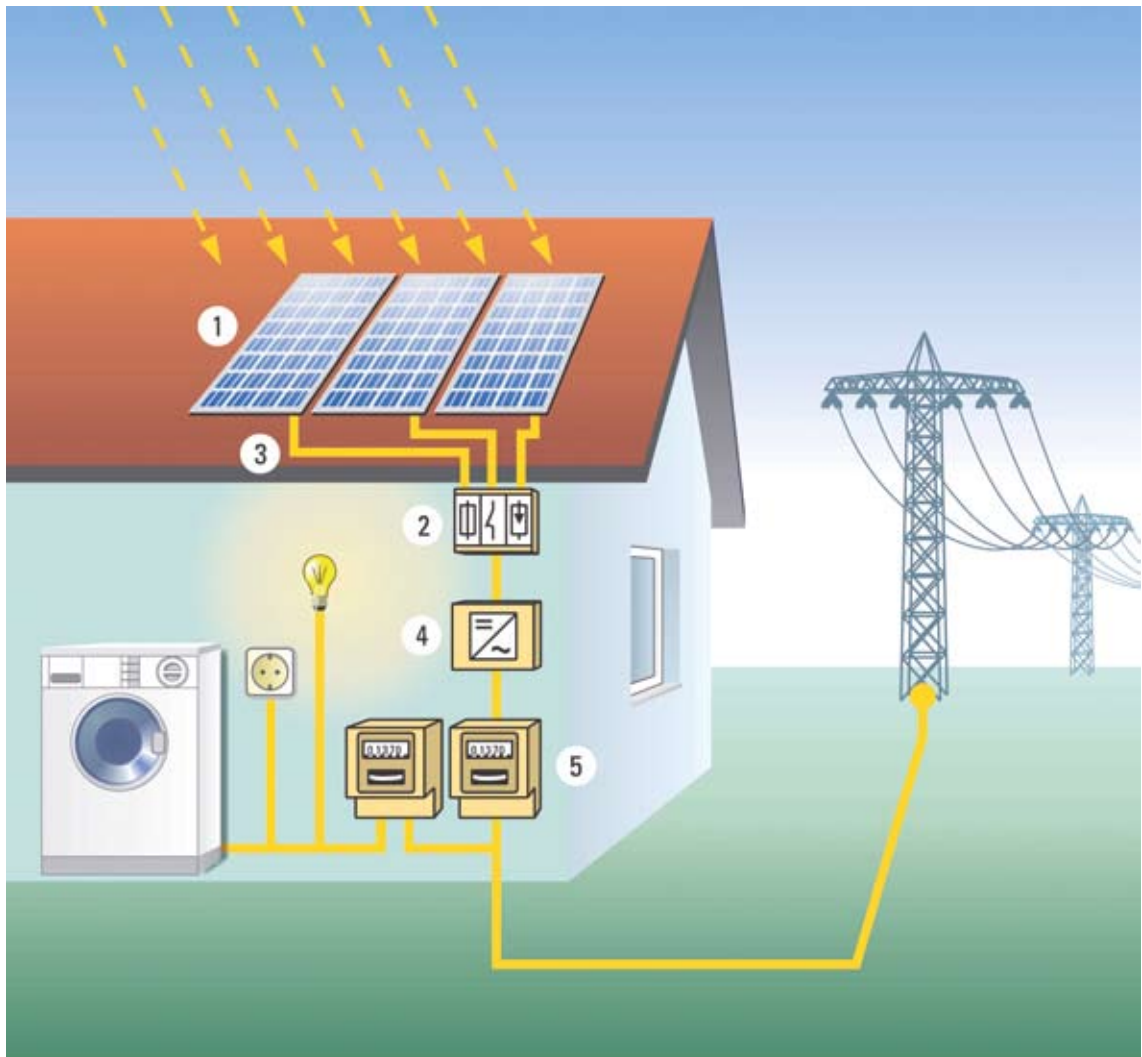
- ins öffentliche Stromnetz ein.
- in das schuleigene Netz ein.

Fragen zur solaren Stromerzeugung

Wofür steht W_p ? _____ Wofür steht kWh? _____

Was ist CO₂ und wodurch entsteht es?

Folie 1-01: Komponenten einer PV-Anlage



Grafik: DGS

Benennt die Komponenten der Photovoltaikanlage und erklärt mithilfe der Grafik, wie diese Anlage funktioniert.

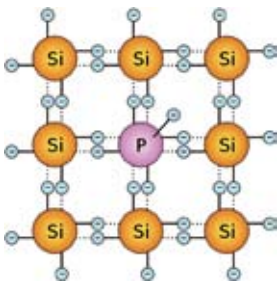
- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____
- ⑤ _____

Folie 1-04: Solarstrom

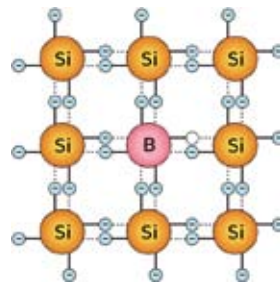
Grafik: Siliziumschichten

Ein Solarmodul besteht aus zwei unterschiedlichen Schichten. Welche sind das?

Was geschieht durch die unterschiedliche Verunreinigung des Siliziums? Beachtet die Menge der Elektronen!

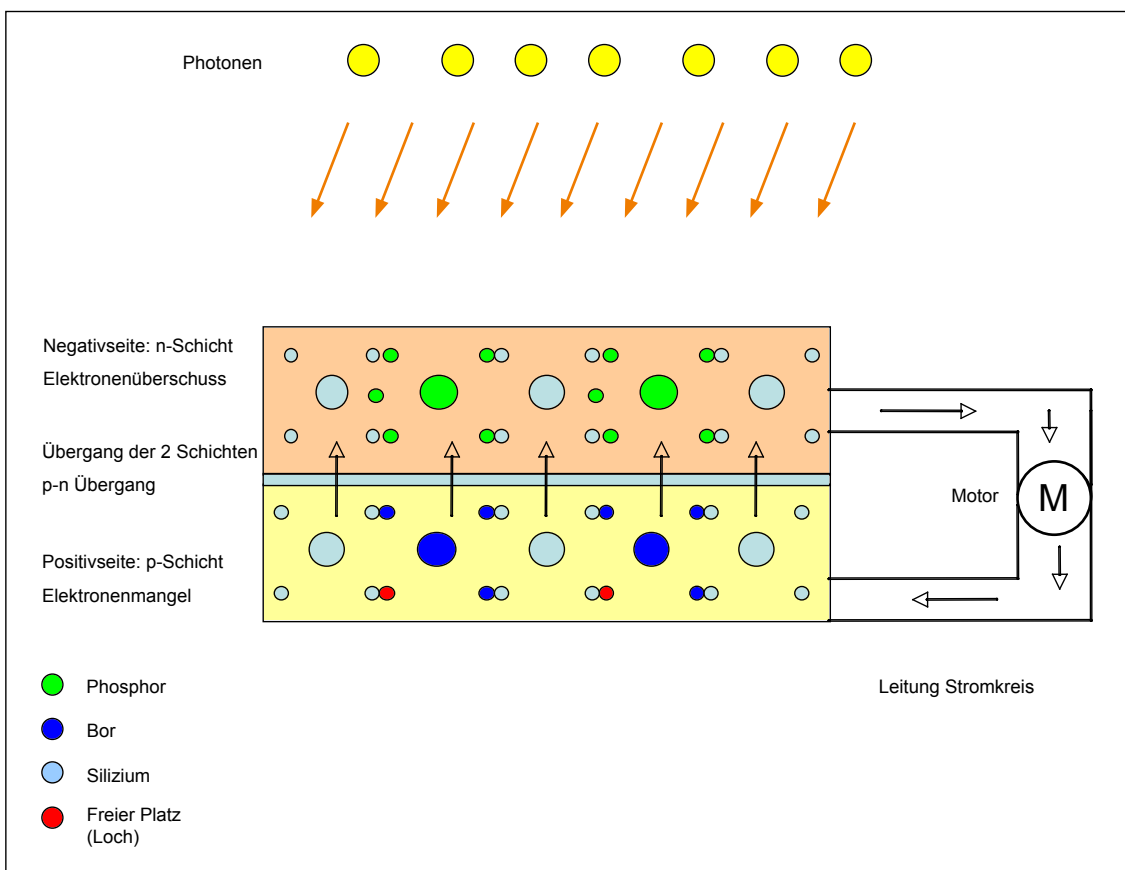


Siliziumkristall mit Phosphor verunreinigt



Siliziumkristall mit Bor verunreinigt

Grafik: Solarstrom



Erklärt mithilfe der Grafik, wie Solarstrom erzeugt wird.

Grafik: Florian Kliche, UfU e.V.

Schülerspicker

zum Thema „Wie funktioniert eine Photovoltaikanlage?“

Solarenergie

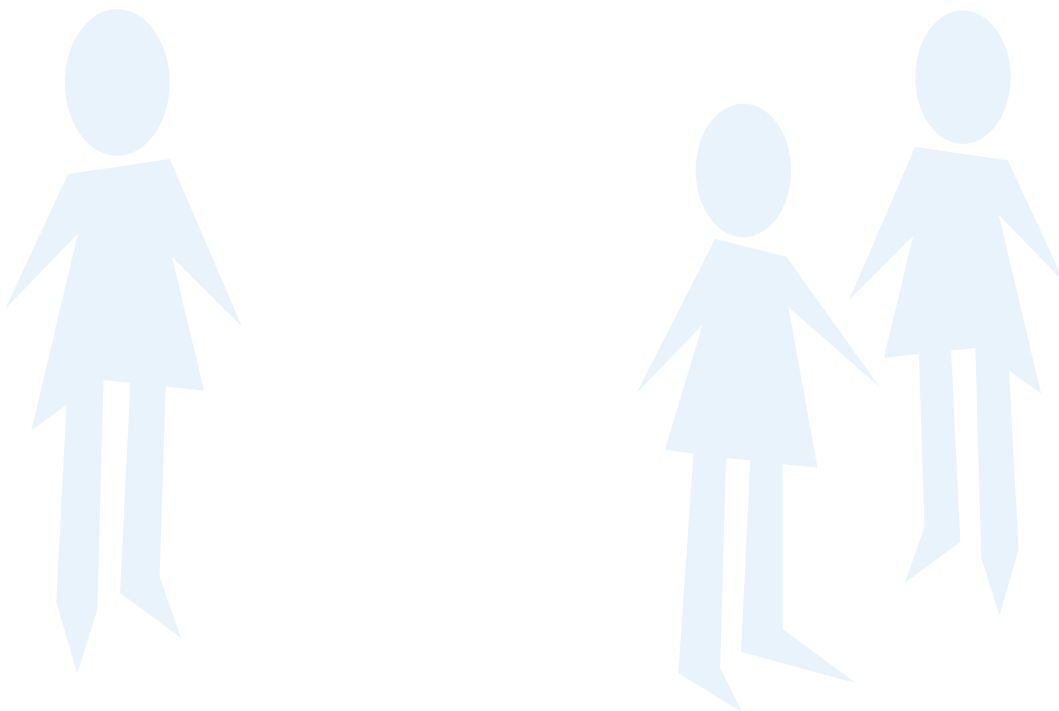
- Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Nach wissenschaftlichen Berechnungen wird sie noch etwa 4 Milliarden Jahre Energie in den Weltraum abgeben. Deshalb gehört Solarenergie zu den erneuerbaren Energien.
- Licht ist Strahlungsenergie. Es besteht aus Photonen.
- Energie geht in einem geschlossenen System nicht verloren, kann jedoch in andere Energieformen umgewandelt werden: Strahlungsenergie, Wärmeenergie, mechanische Energie, elektrische Energie, Kernenergie, chemische Energie.
- Wenn Licht auf einen Gegenstand trifft, wird es zum Teil reflektiert und zum Teil in Form von Wärme gespeichert (Reflexion/Absorption).
- Ist ein angestrahlter Gegenstand hell, bedeutet dies, dass ein großer Anteil des Lichts reflektiert wird. Ist er dunkel, bedeutet dies, dass ein großer Anteil des Lichts absorbiert wird. Deshalb sind Solarmodule dunkel.

Komponenten einer Photovoltaikanlage

- **Solarzellen:** Solarzellen können Licht in elektrischen Strom umwandeln. Sie werden meistens aus Silizium, einem Halbleiter, hergestellt und bestehen aus zwei verschiedenen Schichten, zwischen denen eine Spannung – also ein elektrisches Feld – liegt.
- **Solarmodul:** Ein Solarmodul besteht meistens aus 60 Solarzellen. Solarmodule können in Reihe oder parallel miteinander verschaltet werden.
- **Wechselrichter:** Ein Wechselrichter wandelt den Gleichstrom der Photovoltaikanlage in Wechselstrom für das öffentliche Stromnetz um.
- **Anschlusskasten:** Hier werden die einzelnen Solarmodule zu einem Gesamtgenerator zusammengeschlossen.
- **Akkumulator:** Ein Akkumulator ist eine Batterie. Werden Inselanlagen (vom öffentlichen Stromnetz unabhängig bzw. getrennt) betrieben, so ist die Speicherung der Energie in einem Akkumulator sinnvoll, um immer dann Strom zu haben, wenn man ihn braucht.

Solarstrom

- Elektrischer Strom entsteht durch die Bewegung der Elektronen.
- Wenn Photonen auf eine Solarzelle treffen, werden die Elektronen in der unteren Schicht gelöst und nach oben katapultiert. Von dort können sie aufgrund der Halbleitereigenschaften der Solarzelle nicht mehr zurück. Sie müssen durch die Leitung fließen, um wieder an ihren Platz zu gelangen. Es fließt Strom.
- Die Gesamtleistung einzelner Solarzellen bzw. Solarmodule wird in $\text{Watt}_{\text{peak}}$ (W_p) angegeben. „Peak“ ist Englisch und bedeutet Spitze. Aufgrund verschiedener Einflussfaktoren (siehe Thema 2) weicht die reale Leistung der Zelle in der Regel von der theoretischen Gesamtleistung/Nennleistung unter Laborbedingungen ab.
- Die meisten Photovoltaikanlagen speisen ihren Strom über einen Stromzähler ins öffentliche Netz ein. Inselanlagen sind direkt mit den elektrischen Verbrauchern verbunden. Sie haben eine Batterie, einen Akkumulator, der den Strom speichert.



Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Wie funktioniert eine Photovoltaikanlage?“

Lösungen

AB 1-01 Sonne – Licht – Solarmodule – Gleichstrom – Wechselrichter – Wechselstrom – Eigenverbrauch – Netzeinspeisung

Eine Solaranlage erzeugt Gleichstrom.

$W_p = \text{Watt}_{\text{peak}}$, kWh = Kilowattstunden

CO₂ = Kohlenstoffdioxid ist ein wichtiges Treibhausgas und ein natürlicher Bestandteil der Luft. Derzeit (2011) kommt es in einer mittleren Konzentration von 0,039 Vol% (390 ppm) vor.

CO₂ entsteht durch Energieerzeugung (Verbrennung der fossilen Brennstoffe), Verkehr, Industrie etc.

F 1-01 1. Solarmodule, 2. Anschlusskasten, 3. Leitungen, 4. Wechselrichter, 5. Stromzähler

F 1-04 siehe Folgetext

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.

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 Photovoltaikanlage liefert?

Einführung

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

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Unterscheidung zwischen Wechselstrom und Gleichstrom (AC/DC)
- Grundkenntnisse zur Reihen- und Parallelschaltung
- Umgang mit folgenden Messgeräten: Luxmeter, Multimeter

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, ggf. LötKolben und Lötzinn, verschieden starke Lampen (50W, 100W, 500W). 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 2-03: Siehe Modul 2-01; Besorgung von Multimetern.

Module für den Unterricht

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

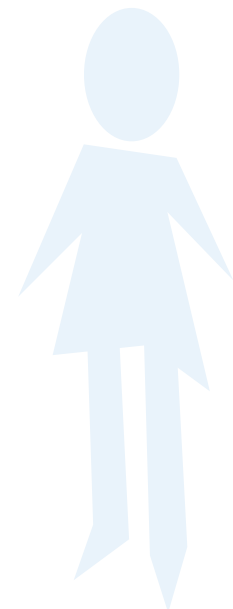
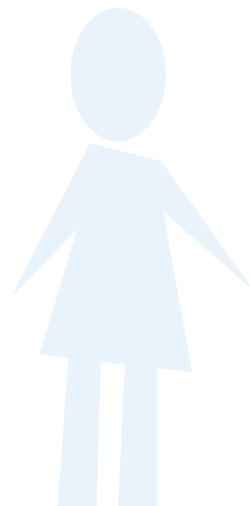
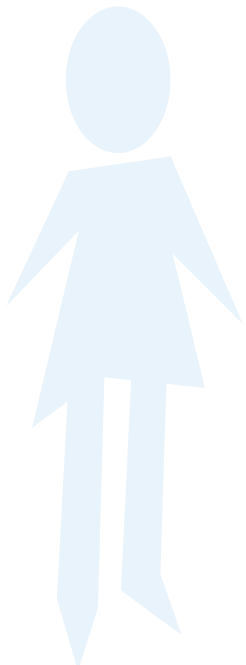
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy	Aufbauend auf die Solarwerkstatt (Modul 1-02) erproben die Sch, welchen Einfluss verschiedene Faktoren wie Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf die PV-Leistung haben. Die Experimente können z.B. an Lernstationen 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. Sollte das Sonnenlicht nicht ausreichen, werden externe Lichtquellen benötigt. Die Forschungsergebnisse werden am Schluss 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, verschieden starke Lampen (50 W, 100 W, 500 W), Glasplatte, Winkelmesser oder Geodreieck, Multimeter

Modul 2-02 PV-Rechner im Internet

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min Phy Geo Inf	Im Internet können die Sch mithilfe eines PV-Rechners herausfinden, wie hoch der durchschnittliche Jahresertrag einer Photovoltaikanlage 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. Sie tragen die Daten der Schulsolaranlage ein und vergleichen sie mit den tatsächlichen Erträgen.	Die Sch erkennen, wie sich der Ertrag einer Photovoltaikanlage anpasst, wenn sich die Einflussfaktoren ändern.	Internet

Modul 2-03 Verschaltung von Solarzellen (Reihen und Parallelschaltung)

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy	Abhängig von der materiellen Ausstattung kann der Versuch frontal oder in Gruppenarbeit durchgeführt werden. Aufgabe ist es, zwei Solarzellen einmal in Reihe und einmal parallel zu verschalten und die Auswirkungen auf die angeschlossenen Verbraucher zu beobachten. Die Beleuchtung der Solarzellen muss – wenn das Sonnenlicht nicht ausreicht – mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren als die Schaltung ausgeschlossen werden können. Mit einem Multimeter werden Spannung und Stromstärke gemessen und auf dem Arbeitsblatt dokumentiert. Im Anschluss fertigen die Sch eine Schaltskizze für ein vorgegebenes Beispiel an. Die Ergebnisse können ggf. in Bezug zur schuleigenen Photovoltaikanlage gesetzt werden: Wie ist die Photovoltaikanlage der Schule verschaltet? Welche Verbesserungen wären sinnvoll? Welche Auswirkungen hätte das auf die Leistung der Anlage?	Die Sch lernen die Wirkungen des elektrischen Stromkreises anhand der Verschaltung von Solarzellen kennen und wissen, wie Spannung und Stromstärke gemessen werden. Sie setzen ihr erworbenes Wissen technisch um, indem sie eigene Schaltskizzen entwerfen.	AB 2-03, Solarzellen bzw. Solarbruch, Leuchtdioden, Glühlampen, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. starke Lampen (100 W) oder Baustrahler, Multimeter



Modul 2-04 PV-Leistung und Strahlungsstärke

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min Phy 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 PV-Leistung und Verschattung

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
10 min Phy	Die Sch erschließen sich anhand der Folie den Zusammenhang zwischen PV-Leistung und Verschattung. Sie sammeln Beispiele für Verschattung und diskutieren über Möglichkeiten, Verschattungsprobleme zu lösen, z.B. durch intelligente Verschattung.	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 PV-Leistung, Ausrichtung und Neigung

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy Geo	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 ggf., wie die schuleigene Photovoltaikanlage 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 schuleigene Photovoltaikanlage nach den erarbeiteten Kriterien.	AB 2-06 Scheren, Buntstifte, Musterklammern, Kompass, Winkelmessgerät

Modul 2-07 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 2-08 Solarstrom auf der Reise

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min Phy Ma	Auch auf Reisen kann Solarstrom nützlich sein. Wie man im kleinen Rahmen Solarenergie nutzen und welche elektrischen Verbraucher man damit betreiben kann, erarbeiten die Sch anhand eines Alltagsbeispiels. Sie wenden eine Faustformel an, um den solaren Ertrag pro m ² zu berechnen und vergleichen diesen mit den Anforderungen elektrischer Verbraucher. Gleichzeitig aktivieren sie 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 Verbraucher damit betrieben werden können.	AB 2-08

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

Los geht's! Lies dir die Anleitungen genau durch und skizziere den Versuchsaufbau auf der Rückseite, bevor du mit den Experimenten beginnst. Nutze ein Multimeter, um die Stromstärke zu messen. Trage deine Messwerte rechts ein. Überlege dann, wie du die Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag benennen kannst und schreibe die Begriffe links in die Kästen.

1. Beleuchte eine Solarzelle aus gleicher Entfernung mit drei unterschiedlich starken Lampen (25 W, 50 W und 100 W). Wie wirkt sich die Wattzahl auf die Stromstärke aus?

_____ W Lampe: _____ A

_____ W Lampe: _____ A

_____ W Lampe: _____ A

2. Die Solarzelle wird in einem Winkel von 0° , 30° und 90° zur Tischfläche gehalten und von der Sonne oder einer künstlichen Lichtquelle bestrahlt. Wie wirkt sich der Winkelunterschied auf die Stromstärke aus?

0° _____ A

30° _____ A

90° _____ A

3. Stelle mit einer künstlichen Lichtquelle den Sonnenverlauf (von Sonnenaufgang bis -untergang) nach. Nutze dafür einen Kompass. In welche Himmelsrichtung sollte die Solarzelle zeigen, um am meisten Strom zu erzeugen?

Nord: _____ A Süd: _____ A

Ost: _____ A West: _____ A

4. Halte eine verschmutzte Glasplatte über die Solarzelle. Auf die Glasscheibe kannst du auch Schnee bzw. Eis aus dem Kühlschrank streuen oder sie mit der Hand teilweise abdecken. Wie ändert sich die Stromstärke?

frei: _____ A

teilweise verdeckt: _____ A

Arbeitsblatt 2-03: Verschaltung von Solarzellen

Versuchsaufbau und -durchführung

Verschalte zwei Solarzellen miteinander – zuerst in Reihe, dann parallel – und betreibe damit mehrere Verbraucher, z.B. Solarmotor, Leuchtdiode oder Summer. Die Beleuchtung der Solarzellen muss, wenn das Sonnenlicht nicht ausreicht, mit derselben Lampe aus gleicher Entfernung erfolgen, so dass andere Einflussfaktoren ausgeschlossen werden können.

Beschreibe, welche Auswirkungen die Verschaltung auf die angeschlossenen elektrischen Verbraucher hat.

Miss mit einem Multimeter jeweils die Stromstärke (I) und die Spannung (U).

Reihenschaltung: $I = \text{_____ A}$ $U = \text{_____ V}$

Parallelschaltung: $I = \text{_____ A}$ $U = \text{_____ V}$

Die Reihenschaltung führt zu _____.

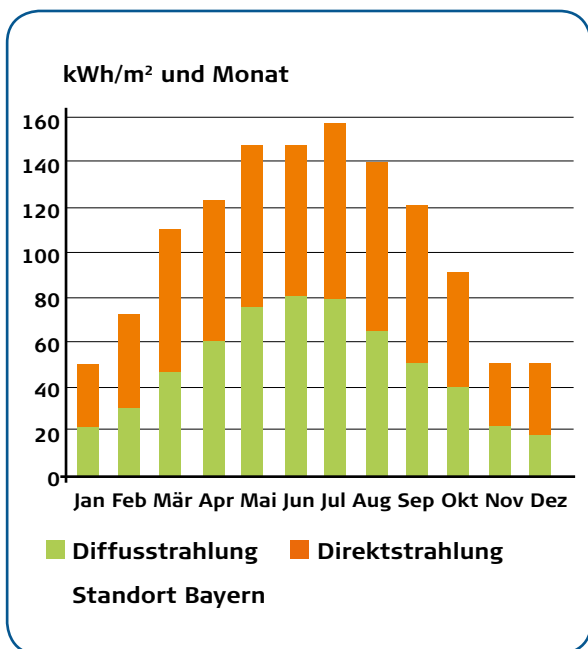
Die Parallelschaltung führt zu _____.

Solarschaltung

Es stehen mehrere Solarzellen zur Verfügung, die je eine Spannung von 0,5 V und bei Sonnenschein eine Stromstärke von 0,8 A liefern. Ein Motor benötigt zum Betrieb eine Spannung von 3 V. Bei voller Last fließt ein Strom von 0,9 A. Entwirf eine passende Solarschaltung, um den Motor zum Laufen zu bringen. Überlege, wie viele Solarzellen du in welcher Weise miteinander verschalten musst. Skizziere hier die Verschaltung.

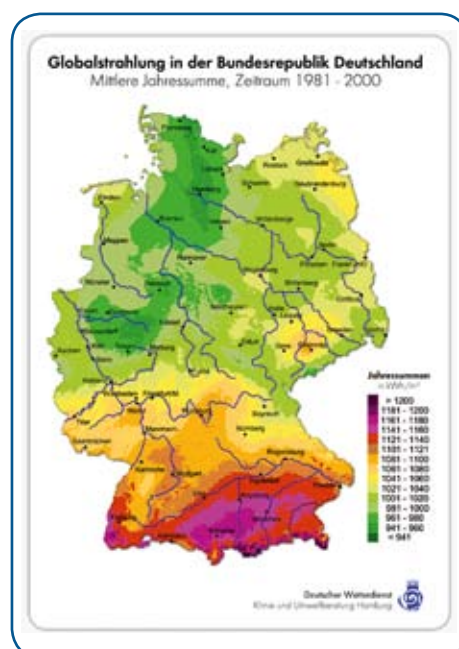
Folie 2-04: Einfluss der Strahlungsstärke

Sonneneinstrahlung über das Jahr verteilt



Grafik 1

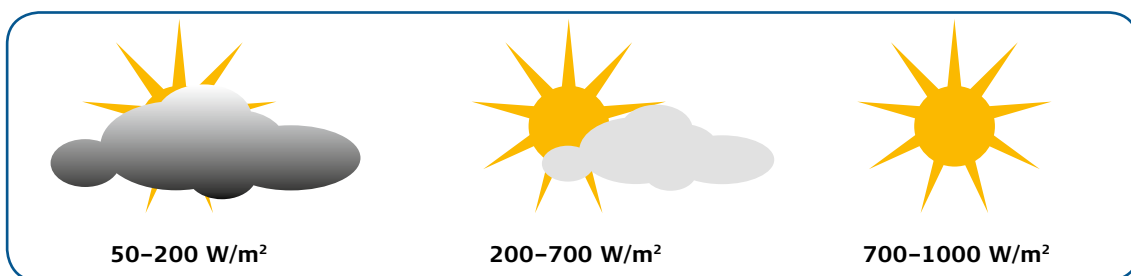
Globalstrahlung in Deutschland



Grafik 2

Welchen Einfluss haben Jahreszeit und Region auf den Ertrag einer Photovoltaikanlage? Überlegt, warum die Sonne im Sommer und im Süden stärker strahlt.

Bewölkung und Sonneneinstrahlung



Grafik 3

Welchen Einfluss hat das Wetter auf den solaren Ertrag?

Diskussion

In welchen Ländern und Regionen sind die Bedingungen für die Nutzung der Solarenergie besser als in Deutschland? Warum?

Rechercheauftrag

Ist eine großflächige Nutzung der Solarenergie in Deutschland möglich? Wie sind die Prognosen für den Ausbau der Photovoltaik für die nächsten Jahrzehnte?

Folie 2-05: Verschattung von Solarmodulen

Was ist bei der Planung dieser Photovoltaikanlage schief gelaufen?



www.photovoltaikforum.com

Welche Probleme gibt es hier?



© Klaus-Uwe Gerhardt / www.pixelio.de

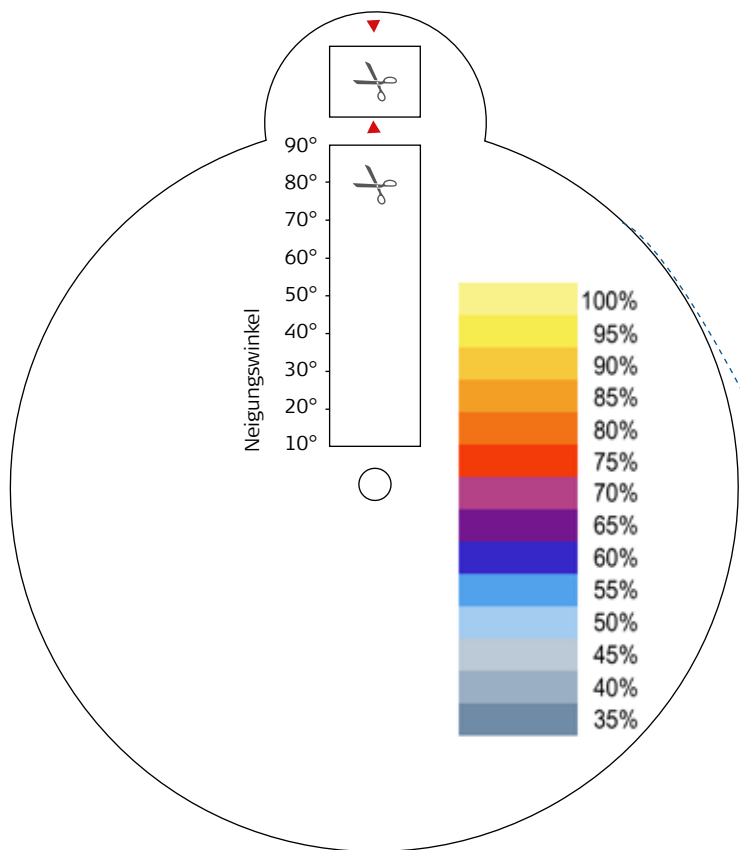
Überlegt, wodurch Photovoltaikanlagen noch verschattet werden können und sucht Lösungen für die Verschattungsprobleme.

			Probleme
↓	↓	↓	
			Lösungen

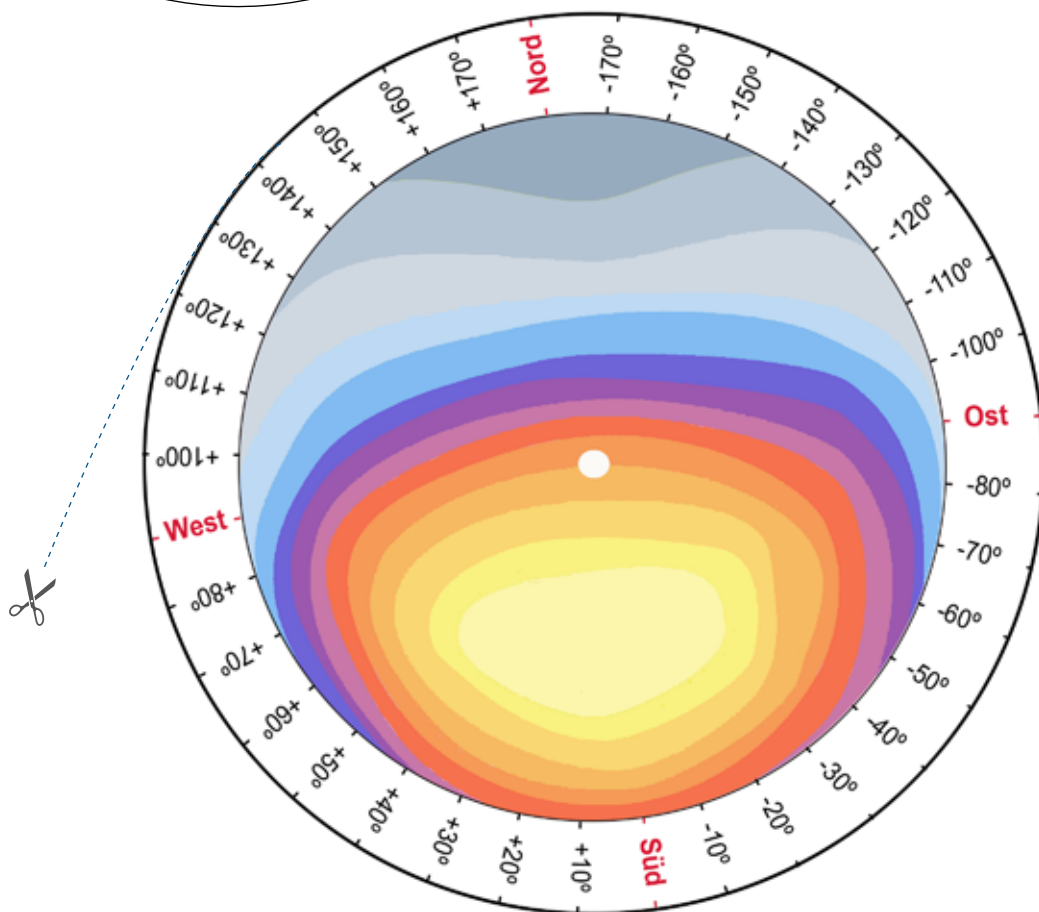
!!! Intelligente Verschaltung löst Verschattungsprobleme !!!

Wie ist das möglich? Versucht, gemeinsam auf die Lösung zu kommen.

Arbeitsblatt 2-06: Sonnenscheibe



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



Arbeitsblatt 2-07: Solarstrom auf der Reise

Faustformel für die Berechnung

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag 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 .

Zwei Freundinnen fahren im Sommer mit dem Campingbus nach Spanien. Weil sie auf der Reise auf elektrischen Strom nicht verzichten möchten, haben sie ein kleines Solarmodul auf dem Busdach angebracht. Es hat eine Größe von $0,5 \times 1 \text{ m}^2$. An Bord haben sie verschiedene elektrische Geräte, die auf Gleichstrom umgerüstet sind:

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



1. Wie viel Watt erzeugt das Solarmodul bei Sonne? Benutze die Faustformel. _____ W

2. Welche elektrischen Verbraucher können die beiden Freundinnen bei Sonnenschein zur gleichen Zeit betreiben? Schreibe deine Vorschläge auf. _____

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

4. Um morgens nicht von der Sonne geweckt zu werden, parken sie unter dem Vordach eines verlassenen Restaurants. Welche Auswirkungen hat das für ihre morgendliche Zahnpflege? _____

5. Welche Möglichkeiten haben die Freundinnen, um nachts elektrische Geräte zu betreiben? _____

Schülerspicker

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

Einflussfaktoren auf den Ertrag einer Photovoltaikanlage

Je größer die **Strahlungsstärke** der Sonne, desto höher die Erträge.

Es gibt eine optimale **Neigung** des Solarmoduls: 30° zur Erdoberfläche in Mitteleuropa. Wenn von dieser Neigung abgewichen wird, sinken die Erträge.

Je direkter das Solarmodul zur Sonne, also nach Süden, ausgerichtet ist, desto höher sind die Erträge. Den Winkel, um den die Photovoltaikanlage aus der Südausrichtung gedreht ist, nennt man **Azimut**. Es gibt auch Photovoltaikanlagen (nachgeführte Anlagen), die der Sonne automatisch folgen.

Werden Teile der Photovoltaikanlage **verschattet**, sinken die Erträge.

Reihen- und Parallelschaltung

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

Faustformel für die Berechnung des solaren Ertrags

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag 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 unseren Breitengraden jährlich pro Quadratmeter kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

Globalstrahlung

Die auf die Erdoberfläche auftretende Sonnenstrahlung wird als Globalstrahlung bezeichnet. Sie setzt sich aus der direkten, diffusen und reflektierten Strahlung zusammen. Je größer der Anteil direkter Strahlung, desto höher ist 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 %.

Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

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

Lösungen

AB 2-01 Einflussfaktoren: Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung, Verschaltung

AB 2-03 Die Reihenschaltung führt zu höherer Spannung bei gleichbleibender Stromstärke. Die Parallelschaltung führt zu höherer Stromstärke bei gleichbleibender Spannung.

Solarschaltung: 6 Zellen in Reihe, 4 Zellen parallel.

F 2-04 siehe Folgetext

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 2-07 1. 50 W, 2. z.B. Solarradio, MP3-Player, Handy und elektrische Zahnbürste (22 W), 3. Nein, denn bei leichter Bewölkung sinkt die Leistung des Solarmoduls auf unter 48 W., 4. Das Solarmodul erzeugt keinen Strom, sie können sich also nicht die Zähne mit der elektrischen Zahnbürste putzen., 5. 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

Azimut bezeichnet den Winkel, um den die Photovoltaikanlage aus der Südausrichtung gedreht ist. Wenn die Photovoltaikanlage nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimut 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 „Gartenschlaucheffekt“: Wird ein Schlauch an einer einzigen Stelle zugeedrückt, 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 Photovoltaikanlagen!

Einführung

Ausgehend von selbst durchgeführten Messungen vergleichen die Schülerinnen und Schüler den idealen und tatsächlichen Ertrag einer Photovoltaikanlage. Sie setzen Stromertrag und -verbrauch miteinander in Beziehung und entwickeln Vorschläge, wie man die beiden aneinander anpassen kann. Durch verschiedene Berechnungen zur Größe von Solarmodulen erhalten sie eine Vorstellung darüber, wie viel Solarstrom in Mitteleuropa pro Quadratmeter erzeugt werden kann. Sie informieren sich über die Förderung der Solarenergie in Deutschland, überprüfen die Wirtschaftlichkeit der schuleigenen Photovoltaikanlage und berechnen anhand von Beispielen die energetische Amortisationszeit der Anlagen. Dabei beziehen sie ihr erworbenes Fachwissen immer wieder auf die schuleigene Photovoltaikanlage. Es bietet sich an, das Thema vor allem im Physik- und Mathematikunterricht durchzuführen, da viele Berechnungen vorgesehen sind. Anknüpfungspunkte finden sich aber auch in den Fächern Geografie, Sozialkunde, Informatik, Chemie und Deutsch.

Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundwissen Energie, elektrischer Strom, elektrische Leistung
- Grundlagen Prozent- und Zinsrechnung
- 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 3-05:** Besorgung von Luxmetern und Strommessgeräten. Absprache mit dem Hausmeister oder der Hausmeisterin über den Energierundgang.
- Modul 3-06:** Einholen von Angaben zum Jahresstromverbrauch der Schule.

Module für den Unterricht

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

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy Ma Inf	Wenn eine Photovoltaikanlage vorhanden ist, tragen die Sch an verschiedenen Tagen Messwerte zum solaren Ertrag, zur Sonneneinstrahlung und Wetterlage in eine Tabelle ein. Alternativ zu den Messungen können sie Daten aus einem Datenlogger verwenden. Im Anschluss berechnen die Sch die Gesamtleistung der Photovoltaikanlage und vergleichen diese mit den realen Messwerten: Wie groß sind die Abweichungen der realen Erträge aufgrund von Verschattung, Ausrichtung, Neigungswinkel bzw. Änderungen in der Strahlungsstärke? Im Klassengespräch werden Verbesserungsvorschläge gesammelt und auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft.	Die Sch erschließen Zusammenhänge aus Messdaten. Sie erkennen den Unterschied zwischen optimalem und realem Ertrag, können Gründe dafür nennen und Optimierungsvorschläge entwickeln.	AB 3-01, Luxmeter, Taschenrechner

Modul 3-02 Leistungskurs Solarenergie zur Berechnung der Größe von Solarmodulen

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min Phy Ma	Anhand eines Lückentexts festigen die Sch solartechnische Fachbegriffe und Berechnungsgrundlagen. Dieses Fachwissen wenden sie dann auf eine Rechenaufgabe an: Im ersten Schritt errechnen sie die elektrische Leistung einer Bewässerungspumpe. Im zweiten Schritt wenden sie eine einfache Formel an, um die Größe der benötigten Solarfläche zu bestimmen.	Die Sch festigen solartechnische Fachbegriffe und entwickeln eine Vorstellung darüber, wie groß Solarmodule sein müssen, um bestimmte elektrische Verbraucher zu betreiben. Sie wissen, welche Faktoren in die Berechnung der Größe und elektrischen Leistung einer Photovoltaikanlage einbezogen werden und können entsprechende Größenberechnungen selbstständig durchführen.	AB 3-02, Taschenrechner

Modul 3-03 Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine Photovoltaikanlage

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
25 min Phy Ma Soz Geo	Die Sch setzen sich mit den Förderbedingungen von Solarenergie in Deutschland auseinander und bewerten diese. Sie errechnen die Refinanzierung einer Photovoltaikanlage, die über das Erneuerbare Energien Gesetz gefördert wird. In einer Expertenaufgabe berechnen sie darüber hinaus eine kreditfinanzierte Anlage und deren Wirtschaftlichkeit.	Die Sch wissen, dass Solarstrom gefördert wird und diskutieren den Nutzen solcher Förderungen. Sie können errechnen, nach wie vielen Jahren sich eine Photovoltaikanlage amortisiert hat.	AB 3-03, Taschenrechner

Modul 3-04 Energiebilanz der Solartechnik

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
15 min Phy Ma Ch	Die Sch berechnen die energetische Amortisation von verschiedenen Solarzellentypen (amorphes und kristallines Silizium) und stellen einen Bezug zur Amortisation der schuleigenen Photovoltaikanlage her.	Die Sch erkennen, dass in der Debatte um erneuerbare Energien neben der wirtschaftlichen auch die energetische Amortisation von Photovoltaikanlagen von Bedeutung ist.	AB 3-01, Luxmeter, Taschenrechner

Modul 3-05 Energierundgang – Auf der Suche nach den Stromverbrauchern!

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
45 min Phy	Die Sch machen einen Energierundgang, um herauszufinden, wo wie viel Strom 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 können ihre Vorschläge zum Stromsparen ergänzt werden.	Die Sch entwickeln anhand einer Ist-Zustandsanalyse Optimierungsvorschläge zum Stromsparen und zur Verbesserung der Photovoltaikanlage.	AB 3-05, F 3-05, OH-Projektor, Strommessgeräte, Luxmeter

Modul 3-06 Deckt unsere Photovoltaikanlage den Stromverbrauch der Schule?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy Deu	Die Sch ermitteln den Strombedarf der Schule und vergleichen ihn mit den Erträgen der Photovoltaikanlage. Aufbauend auf Modul 3-05 formulieren sie Stromsparevorschläge und technische Optimierungsideen in einem Brief an die Schulleitung.	Die Sch erhalten eine Vorstellung davon, wie viel Strom die Schule im Vergleich zur Stromerzeugung der Photovoltaikanlage verbraucht. Sie üben formales Schreiben anhand der Solarthematik, indem sie Verbesserungsvorschläge in einem Brief formulieren.	AB 3-06

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

Wie viel kW_p Gesamtleistung (Nennleistung) hat die Photovoltaikanlage der Schule?
 _____ kW_p

Wenn die Nennleistung nicht auf dem Display angegeben wird, gibt es mehrere Möglichkeiten diese heraus zu finden:

- Du kannst aus dem Gesamtertrag der Anlage ungefähr berechnen, wie groß die Nennleistung ist. Dafür musst du wissen, wie lange die Anlage in Betrieb ist und dass 1 kW_p im Jahresdurchschnitt 1.000 kWh Solarstrom erzeugt.
- Die Nennleistung kannst du auch berechnen, wenn du weißt, wie viele Solarmodule mit welchen Einzelleistungen verwendet werden.
- Frag den Hausmeister oder die Hausmeisterin!

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 entsprechend dem Neigungswinkel der Photovoltaikanlage zur Sonne ausrichtest.

Datum	Zeit	Wetter (Schnee, Regen, stark bewölkt, leicht bewölkt, sonnig)	Strahlungsstärke in lux	Aktuelle Leistung in Watt	Abweichung von der Nennleistung in Watt

Weicht die tatsächliche Leistung der Anlage von der Nennleistung ab?
 Wenn ja, woran könnte das liegen?

Arbeitsblatt 3-02: Leistungskurs Solarenergie zur Berechnung der Größe von Solarmodulen

Lückentext für Solartechnikerinnen und Solartechniker

Volt • I • „Idealwert“ • Stromstärke • Verschaltung • Leistung
Sonneneinstrahlung • U • Watt • Ampère • P

Um die _____ eines Solarmoduls zu errechnen, multipliziert man die Spannung mit der _____. Die Formel lautet: _____ = _____ x _____. Leistung wird in _____, Spannung in _____ und Stromstärke in _____ angegeben. Die Spannung einer Solarzelle ist festgelegt. Sie beträgt meistens 0,5 V. Die Stromstärke hängt von der _____ ab. Deshalb wird für die PV-Leistung ein _____ in W_p angegeben, der bei Sonnenschein, optimaler Ausrichtung und Neigung sowie einer bestimmten Temperatur erreicht werden kann. Durch die Art der _____ der Solarmodule können Spannung und Stromstärke verändert und Leistungsverluste durch Verschattung minimiert werden.

Rechenaufgabe zur Auslegung der Solarfläche

Volle Sonneneinstrahlung ergibt eine Leistung von 1 kW pro m^2 Solarfläche. Die verwendeten Silizium-Solarzellen haben einen Wirkungsgrad von 13 %. Es sollen Bewässerungspumpen betrieben werden, die 20 V Spannung und 10 A Stromstärke benötigen. Berechne die elektrische Leistung für die Pumpen und die notwendige Solarfläche in m^2 , um diese betreiben zu können.

Arbeitsblatt 3-03: Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Photovoltaikanlage

Das **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)** regelt die Einspeisevergütung von Strom, der aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Für eine Photovoltaikanlage auf dem Dach erhält man pro eingespeister Kilowattstunde Solarstrom für 20 Jahre eine festgelegte Vergütung.

Vergütung von Solarstrom

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

1. Warum unterscheidet sich die finanzielle Förderung je nach Baujahr und Größe der Anlage? Stelle Vermutungen an.

2. Was könnte das Ziel der finanziellen Förderung von Solarstrom sein?

3. Was hältst du von der Förderung der Solarenergie? Findest du das wichtig?

Rechenaufgabe Eine Schule hat im Jahr 2009 eine kleine Photovoltaikanlage mit einer Gesamtleistung von 6,4 kW_p und einem Jahresertrag von durchschnittlich 925 kWh pro kW_p errichtet. 1 kW_p kostete inklusive der Baukosten 4.000 €. Als Betriebskosten fallen pro Jahr eine Zählermiete von 30 €, Versicherung von 15 €, Rücklagen für einen Wechselrichter von 35 € und Wartung von 20 € an. Nach wie viel Jahren amortisiert (rentiert) sich die Anlage?

Die Kosten pro kW_p sinken kontinuierlich. 2011 zahlt man pro kW_p nur noch 2.500 – 3.000 €, dafür sinkt aber auch die Einspeisevergütung.

Expertenaufgabe für Rechengenieies Wie ist es, wenn die Anlage zu 40 % kreditfinanziert ist? Nach wie vielen Jahren würde sie sich amortisieren? Als Zinssatz für den Kredit werden 4 % angenommen. Der Kredit hat eine Laufzeit von 10 Jahren (Rechnung ohne Zinseszins).

Arbeitsblatt 3-04: Energiebilanz der Solartechnik

Für die Herstellung einer Solarzelle wird viel Energie gebraucht! Je qualitativ hochwertiger die verwendeten Solarzellen sind, desto schneller haben sie die Energie wieder erzeugt, die zu ihrer Herstellung benötigt wurde. Mittlerweile produzieren einige Solarfirmen die Solarzellen mit eigenem Solarstrom, so dass kein CO₂ anfällt.

Man unterscheidet bei Solarzellen zwischen kristallinem Silizium und amorphem Silizium.

- Der Energieverbrauch bei der Produktion kristalliner Solarzellen liegt bei ca. 4.500 kWh pro kW_p. 10 m² Solarfläche entsprechen in etwa 1 kW_p.
- Bei amorphem Silizium liegt der Energieverbrauch bei ca. 3.070 kWh pro kW_p. 20 m² entsprechen in etwa 1 kW_p.

Die Globalstrahlung pro Jahr beträgt in Deutschland durchschnittlich 1.000 kWh pro m². Solarmodule aus kristallinem Silizium haben einen Wirkungsgrad von etwa 15 %. Amorphe Dünnschichtsolarmodule haben einen Wirkungsgrad von etwa 9 %.

Forscheraufgabe

Nach wie vielen Jahren hat eine Photovoltaikanlage so viel Energie erzeugt, wie zur Herstellung der Anlage benötigt wurde? Verwende die Zahlen oben für deine Berechnungen.

Kristallines Silizium:

Amorphes Silizium:

Recherchiere, ob die schuleigene Photovoltaikanlage bereits so viel Energie erzeugt hat, wie zu ihrer Herstellung benötigt wurde.

ja nein, dauert noch ungefähr _____ Jahre

Arbeitsblatt 3-05: Auf der Suche nach den Stromverbrauchern

Begib dich auf Spurensuche. Es gibt etliche Verbraucher in der Schule, die jede Menge Strom fressen. Mache Sie ausfindig und überprüfe, ob Strom eingespart werden kann.

Überprüfe zunächst, wie hell die Schulräume beleuchtet sind. Dafür brauchst du ein Luxmeter. Natürlich musst du dafür die Lichter in den Räumen einschalten!

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

Richtige Beleuchtung!!!

Fachraum: 500 lux

Klassenraum: 300 lux

Flur: 100 lux

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	Status (an/Standby/aus)

Ideensammlung

Die meisten Photovoltaikanlagen auf Schuldächern decken nicht den Strombedarf der Schule. Was könnte man tun, um den Strombedarf der Schule zu senken und den Ertrag der Anlage zu erhöhen? Notiere hier deine Vorschläge.

Ideen zur Verbesserung der PV-Anlage: **Ideen zur Senkung des Stromverbrauchs:**

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Folie 3-05: Wir sparen Strom an unserer Schule

Hausmeister, Hausmeisterin oder Schulleitung	Alle Schülerinnen, Schüler oder Lehrkräfte
Nicht benötigte Lampen außer Betrieb nehmen	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 3-06: Deckt unsere Photovoltaikanlage den Jahresverbrauch an Strom?

Rechercheaufgabe

Wieviel Strom produziert die Photovoltaikanlage der Schule im Jahr? Welchen Jahresverbrauch an Strom hat deine Schule? Frage den Hausmeister oder die Hausmeisterin.

Jahresverbrauch an Strom: _____ kWh

Jahresertrag der Photovoltaikanlage: _____ kWh

Du kannst den Stromverbrauch und Stromertrag auch an den jeweiligen Zählern ablesen und dann ausrechnen. Die Rechnung ist aber sehr ungenau, da z. B. im Winter mehr Strom verbraucht und weniger erzeugt wird.

aktueller Zählerstand in kWh	Zählerstand nach 1 Woche in kWh	Jahresverbrauch an Strom in kWh (Differenz aus Spalte 1+2 x 52 Wochen)

aktueller Zählerstand in kWh	Zählerstand nach 1 Woche in kWh	Jahresertrag an Strom in kWh (Differenz aus Spalte 1+2 x 52 Wochen)

Deckt die Photovoltaikanlage den gesamten Stromverbrauch der Schule? ja nein

Die Differenz beträgt durchschnittlich _____ kWh pro Jahr.

Brief an die Schulleitung

Schreibe einen Brief an die Schulleitung, in dem du Vorschläge machst, wie die Schule Strom sparen kann. Schreibe außerdem Ideen zur Verbesserung oder Erweiterung der Photovoltaikanlage auf. Gib den Brief danach deiner Schulleiterin oder deinem Schulleiter.

Schülerspicker

zum Thema „Wir verbessern Photovoltaikanlagen!“

Silizium

Silizium ist ein Halbmetall und weist sowohl Eigenschaften von Metallen als auch von Nichtmetallen auf. Reines Silizium besitzt eine grau-schwarze Farbe und hat einen typisch metallischen, oftmals bronzenen bis bläulichen Glanz. Es ist mit einem Anteil von 27,5 % nach Sauerstoff das zweithäufigste Element der Erdkruste. Silizium kommt jedoch nicht in reiner Form vor, sondern muss in einem aufwändigen Verfahren aus Verbindungen wie Sand, Quarz, Quarzsand oder Bergkristall gewonnen werden.

Siliziumstrukturen

Monokristalline Solarzellen erkennt man an ihrer gleichmäßigen, glatten Oberfläche sowie den gebrochenen Ecken, die auf das Herstellungsverfahren zurückzuführen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 14–17 %.

Polykristalline Solarzellen haben eine quadratische Form von 10 x 10 cm, da sie aus gegossenen Blöcken direkt herausgesägt werden. Sie haben eine unregelmäßige Oberfläche, auf der deutlich die Kristallite von einigen Millimetern bis einigen Zentimetern Durchmesser zu sehen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 13–16 %.

Amorphes Silizium weist keine Kristallstruktur auf, sondern besteht aus ungeordneten Siliziumatomen, die auf Glas oder ein anderes Substrat aufgedampft werden. Im Alltag begegnet es uns oft in Solarzellen für Taschenrechner oder Armbanduhren. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 5–7 %, bei Dünnschichtzellen bis zu 12 %.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad beschreibt allgemein das Verhältnis zwischen der nutzbaren und der zur Verfügung stehenden Sonnenenergie. In Bezug auf die einzelne Solarzelle unterscheidet er sich je nach verwendetem Silizium. Monokristallines Silizium hat den höchsten Wirkungsgrad (14–17 %). Durch technische Weiterentwicklung verbessern sich die Wirkungsgrade kontinuierlich.

Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)?

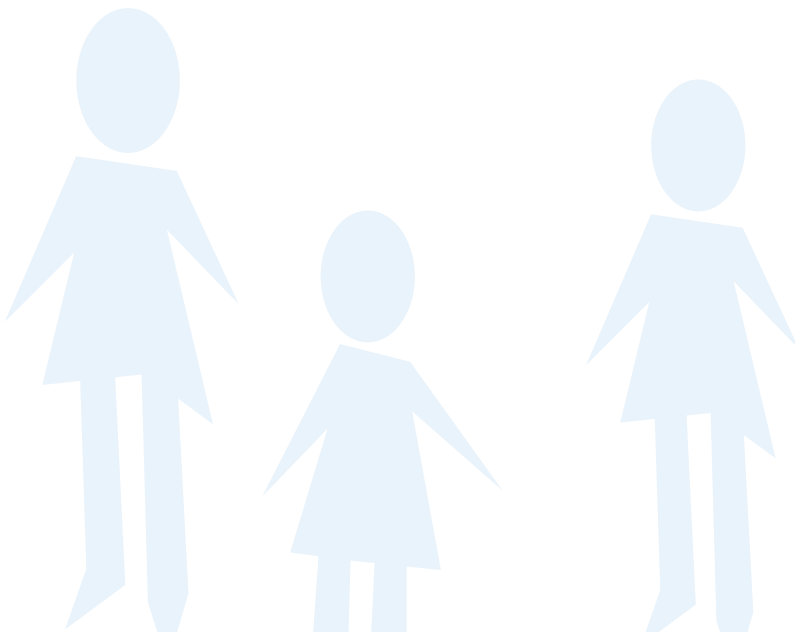
Nach dem EEG erhält man für Strom aus erneuerbaren Energien eine festgelegte Einspeisevergütung für 20 Jahre. Der Strom kann entweder selbst genutzt oder in das öffentliche Netz eingespeist werden. Das Gesetz soll den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland fördern und ist ein wichtiges Instrument für den Klimaschutz.

Verbesserungsvorschläge im Energiebereich

Normalerweise braucht eine Schule viel mehr Strom, als eine kleine Photovoltaikanlage erzeugen kann. Es gibt aber zwei Möglichkeiten hier etwas zu tun: Verbesserung oder Vergrößerung der Photovoltaikanlage, Stromsparen in der Schule!

Stromspartipps

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



Informationen für Lehrerinnen und Lehrer

zum Thema „Wir verbessern Photovoltaikanlagen!“

Lösungen

AB 3-01 Ja, da die Sonneneinstrahlung aufgrund des Wetters und der Jahreszeit nicht immer gleich stark ist. Die Nennleistung der Anlage errechnet sich aus vorgegebenen Idealwerten: Zelltemperatur 25°C, AM=1,5, Einstrahlung 1.000 W, die senkrecht auf 1 m² Fläche treffen.

AB 3-02 Leistung – Stromstärke – P – U – I – Watt – Volt – Ampère – Sonneneinstrahlung – „Idealwert“ – Verschaltung

Pumpen: 20 V • 10 A = 200 W

Solarfläche: 1 m² = 130 W; 200 W : 130 W = ~ 1,5 m²

AB 3-03 1.-4. siehe Folgetext

Rechenaufgabe:

Kosten der PV-Anlage: 4.000 €/kW_p • 6,4 kW_p = 25.600 €

Stromerzeugung: 6,4 kW_p • 925 kWh/kW_p a = 5.920 kWh/a

Jahresvergütung für den erzeugten Strom:

5.920 kWh • 43,01 ct/kWh = 254.619,2 ct = ~ 2.546 €

Jahresgewinn nach Abzug der Betriebskosten:

2.546 € - 30 € - 15 € - 35 € - 20 € = 2.446 €

Finanzielle Amortisation: 25.600 € : 2.446 € = ~ 10,5 Jahre

Expertenaufgabe:

Anschaffungskosten: 25.600 €

Kredit: Anschaffungskosten • Anteil (40 %) = 25.600 € • 0,40 = 10.240 €

Zinsen: Kredit • Zinssatz • Laufzeit = 10.240 € • 0,04 • 10 = 4096 €

Gesamtkosten von Anlage und Zinsen: 25.600 € + 4.096 € = 29.696 €

Finanzielle Amortisation: 29.696 € : 2.446 € = ~ 12 Jahre

AB 3-04

Kristallines Silizium:

Energieverbrauch: 4500 kWh/kW_p; Fläche pro Spitzenlast: 10 m²/kW_p;

Globalstrahlung: 1000 kWh/(m²•a); Wirkungsgrad: 15 %

Energieertrag pro Jahr: Globalstrahlung • Fläche pro Spitzenlast • Wirkungsgrad

1000 kWh/(m²•a) • 10 m²/kW_p • 0,15 = 1500 kWh/(kW_p•a) a=Jahr

Erzeugte Produktionsenergie: Energieverbrauch / Energieertrag pro Jahr

4500 kWh/kW_p / 1500 kWh/(kW_p•a) = 3a (3 Jahre)

Amorphes Silizium:

Energieverbrauch: 3070 kWh/kW_p; Fläche pro Spitzenlast: 20 m²/kW_p;

Globalstrahlung: 1000 kWh/(m²•a); Wirkungsgrad: 9 %

Energieertrag pro Jahr: Globalstrahlung • Fläche pro Spitzenlast • Wirkungsgrad

1000 kWh/(m²•a) • 20 m²/kW_p • 0,09 = 1800 kWh/(kW_p•a) a=Jahr

Erzeugte Produktionsenergie: Energieverbrauch / Energieertrag pro Jahr

3070 kWh/kW_p / 1800 kWh/(kW_p•a) = ~ 1,7a (1,7 Jahre)

AB 3-05

Ideen zu Verbesserung der PV-Anlage: z.B. Zubau weiterer Solarmodule, andere Verschaltung, regelmäßige Reinigung der Solarmodule, Veränderung der Ausrichtung und des Neigungswinkels

Ideen zur Senkung des Stromverbrauchs: siehe Folie 3-05

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 Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen fördern. Es dient vorrangig dem Klimaschutz und gehört zu einer ganzen Reihe gesetzlicher Maßnahmen, mit denen die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern wie Erdöl, Erdgas oder Kohle 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 Anteil erneuerbarer Energien 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.

Wirkungsgrad

In der Solartechnik unterscheidet man zwischen Zellwirkungsgrad und Gesamt- oder Systemwirkungsgrad. Der Zellwirkungsgrad gibt an, wie viel der auf die Zelle einstrahlten Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Gesamtwirkungsgrad einer Photovoltaikanlage setzt sich aus weiteren Faktoren zusammen: Wird der entstehende Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt, entstehen am Wechselrichter Umwandlungsverluste. Wird bei Inselssystemen der Strom in einem Akkumulator gespeichert, geht hier ebenfalls Energie bei der Speicherung verloren. Auch durch die Länge der Stromleitungen treten Verluste auf.

Siliziumstrukturen

Monokristalline Solarzellen erkennt man an ihrer gleichmäßigen, glatten Oberfläche sowie den gebrochenen Ecken, die auf das Herstellungsverfahren zurückzuführen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 14–17 %.

Polykristalline Solarzellen haben eine quadratische Form von 10 x 10 cm, da sie aus gegossenen Blöcken direkt herausgesägt werden. Sie haben eine unregelmäßige Oberfläche, auf der deutlich die Kristallite von einigen Millimetern bis einigen Zentimetern Durchmesser zu sehen sind. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 13–16 %.

Amorphes Silizium weist keine Kristallstruktur auf, sondern besteht aus ungeordneten Siliziumatomen, die auf Glas oder ein anderes Substrat aufgedampft werden. Im Alltag begegnet es uns oft in Solarzellen für Taschenrechner oder Armbanduhren. Ihr Wirkungsgrad liegt bei 5–7 %, bei Dünnschichtzellen bis zu 12 %.

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 viele 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 Photovoltaikanlagen auseinandergesetzt haben, steht nun die Bildung einer eigenen Meinung über die Nutzung und Förderung der Solarenergie und anderen erneuerbaren Energieträgern im Vordergrund. Neben Diskussionen, Online-Spielen und -Quiz 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.

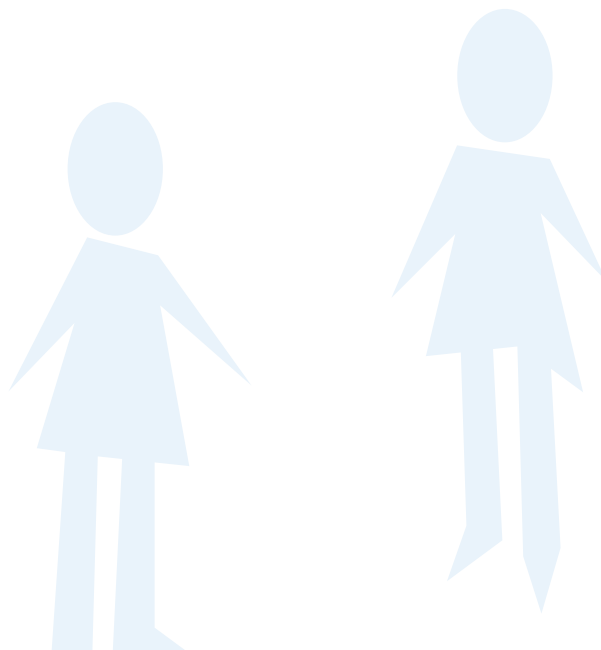
Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- Grundlagen zur Photovoltaik
- Computerkenntnisse und Erfahrungen in der Internetrecherche

Welche Vorbereitungen sind notwendig?

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

Modul 4-02-07: Organisation des Computerraums

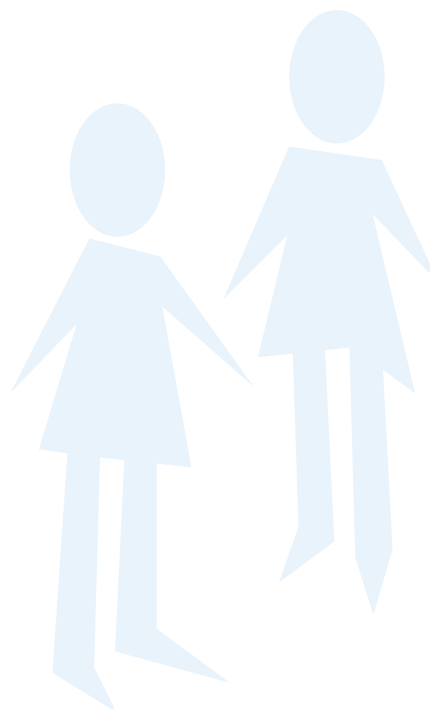
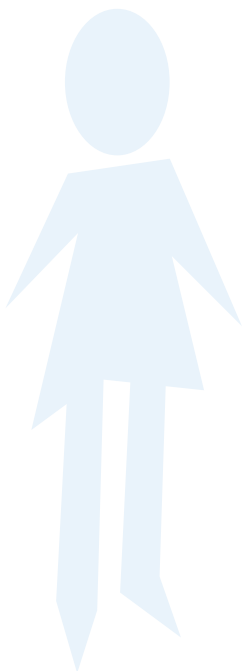


Module für den Unterricht

Modul 4-01 Stille Diskussion:

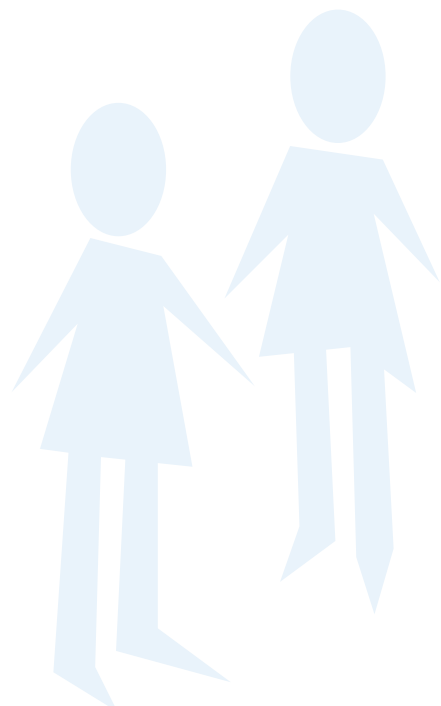
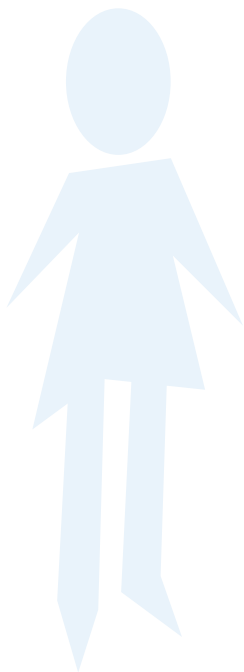
Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
25 min Deu Geo Soz	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. Photovoltaikanlagen 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.	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 Pro-Contra-Diskussion zur Förderung der Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
45 min Deu Geo Soz	In einer Pro-Contra-Diskussion über Solarenergie und erneuerbare Energien setzen sich die Sch mit Fragen zur Energiewende und mit der Realität des Energiemarkts auseinander: Warum fördert der Staat erneuerbare Energien? Ist es richtig, alternative Technologien zu fördern? Welche Vorteile hat das? Gibt es andere Alternativen? Es bietet sich an, die Klasse in drei Gruppen aufzuteilen, Pro-, Contra- und Dokumentationsgruppe. In Vorbereitung auf die Diskussion sollten die Gruppen Zeit haben, Argumente zu sammeln. Informationen können sie beispielsweise in Fachartikeln zum Thema Förderung von erneuerbaren Energien, Atomstrom und Kohlepfennig finden, die im Internet veröffentlicht sind. Nach der Recherche beginnt die Diskussion, die von der L moderiert wird. Die Dokumentationsgruppe hat die Aufgabe, die Diskussion zu beobachten und am Ende auszuwerten: Welche Argumente waren besonders plausibel? Wo gab es Widersprüche? Welche Seite konnte überzeugen?	Die Sch bilden sich eine Meinung zur Förderung der Solarenergie und anderer erneuerbarer Energien. Sie wägen ihre Argumente in der Diskussion ab und tragen sie sachbezogen vor.	3 bzw. 6 große Plakate, Filzstifte oder Eddings



Modul 4-03 Referate zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
<p>Zeit variabel</p> <p>Phy</p> <p>Deu</p> <p>Ku</p> <p>Geo</p> <p>Soz</p> <p>Ch</p>	<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 selbst einen „Schülerspicker“ (Handout) mit den wichtigsten Informationen, der für alle vervielfältigt werden kann. Die Sch sollen dazu angeregt werden, ihre Präsentation anschaulich mit Fotos, Grafiken, Tafelbildern oder Filmausschnitten 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 aufgelisteten Broschüren können unter Eingabe des Titels in den gängigen Suchmaschinen gefunden werden. Oder die Recherche findet über eine grüne Suchmaschine statt 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

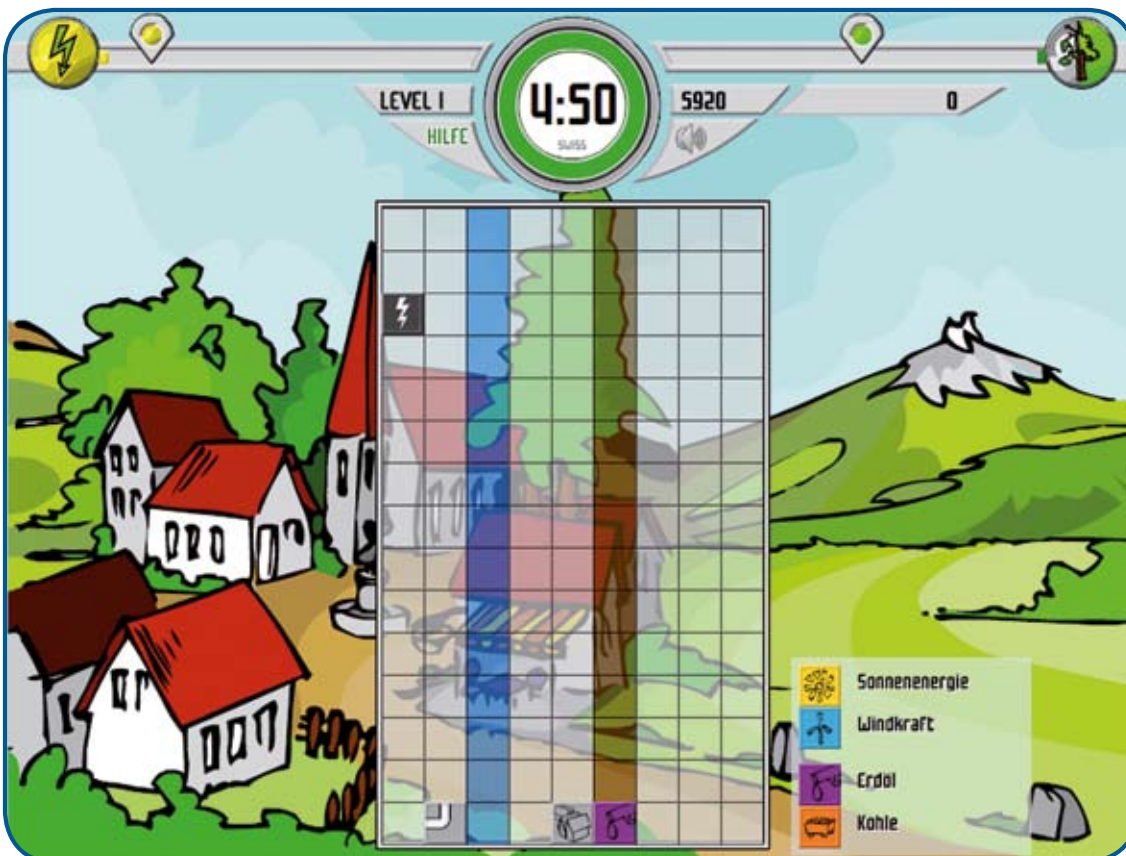
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
Zeit variabel Phy Deu Ku Geo Soz Ch	Mithilfe der Kärtchen aus der Referatsliste (Modul 4-03) entwickeln die Sch selbstständig ein Wissensspiel. Sie erhalten den Auftrag, zu jedem vermerkten Stichpunkt eine bestimmte Anzahl von Fragen zu formulieren und diese auf Karteikarten (den späteren Spielkarten) mit den entsprechenden Antworten zu notieren. Literaturhinweise zu Fachartikeln im Internet 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, Spielbrett, Spielfiguren und Würfel

Modul 4-05 Pressearbeit zur Photovoltaikanlage

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

Modul 4-06 Spiel „powerado“ zum Thema erneuerbare Energien

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy Geo Inf	Das Spiel „powerado“ kann als CD beim UfU bestellt werden oder ist als Online-Spiel unter www.powerado.de zu finden. Nachdem die Sch die Anleitung gelesen haben, können sie beginnen. Das Spiel ist ähnlich aufgebaut wie Tetris. Aufgabe ist es, ein Dorf mit Energie zu versorgen und dabei auf klimafreundliche Energieerzeugung zu achten. Zwischen den verschiedenen Levels müssen Wissensfragen beantwortet werden.	Die Sch beschäftigen sich spielerisch mit klimafreundlicher Energieerzeugung.	Internet, CD



Online-Spiel „powerado“, 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
20 min Phy Geo Inf	Unter www.solar-is-future.de/kids/ finden sich verschiedene einfache 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 einfaches Klimaquiz findet sich unter www.bildungsent-spiel.de/klima . Ein schwieriges Klima- und Energiequiz gibt es unter www.mission-blue-planet.de .	Die Sch festigen und ergänzen eigenständig ihr Wissen zu Solarenergie, Solarstrom, Klimaschutz und Energiesparen.	Internet

Online-Spiel „Mission BluePlanet“, www.mission-blue-planet.de

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

Woraus besteht Silizium?
Was bedeutet Mono-Poly-Amorph?

Schlafende Photovoltaikanlagen
wecken!
Wo liegen die Hemmnisse?

Wie groß sind Photovoltaikanlagen?

Wie wird Solarenergie gefördert?

Wie werden Solarzellen
hergestellt?

Exkurs Solarthermie –
Wärme von der Sonne

Strom aus der Wüste –
Solarthermische Kraftwerke

Zukunft Solarenergie –
Jobs in der Solarbranche



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Wie kann man PV-Anlagen im Unterricht nutzen? • Technische Probleme der PV-Anlage und Lösungsansätze • Vorstellung innovativer Schulsolarprojekte • www.solarsupport.org • UfU Broschüre: Good Practice. Schlafende Solaranlagen für die Umweltkommunikation wecken • UfU Broschüre: Leitfaden zur Nutzung von Photovoltaikanlagen • www.powerado.de | <ul style="list-style-type: none"> • Gewinnung von Silizium • Herstellungsverfahren von Solarzellen • Dünnschichttechnologie (amorphes Silizium) • Dickschichttechnologie (polykristalline Solarzellen, monokristalline Solarzellen) • Wirkungsgrade verschiedener Zellentypen • BINE Broschüre: Photovoltaik • www.solarserver.de (Wissen > Basiswissen > Photovoltaik / Photovoltaik) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Einspeisevergütung für Solarstrom • Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) und Ökosteuern • www.eeg-aktuell.de • www.erneuerbare-energien.de (Gesetze/Verordnungen / Förderung) • www.solarserver.de (Solar-Förderung) | <ul style="list-style-type: none"> • Größenordnungen und Anlagentypen • Rasante Verbreitung von PV-Anlagen auf deutschen Dächern • Solarkraftwerke in China, USA und Spanien • BINE Broschüre: Photovoltaik • www.unendlich-viel-energie.de (Sonne) • www.solarserver.de (Wissen > Basiswissen > netzgekoppelte und netzunabhängige Anlagen) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktion und Einsatzorte thermischer Solaranlagen • Anlagentypen: Röhren-, Flach- und Luftkollektoren • BINE Broschüre: Thermische Nutzung der Solarenergie • DGS Broschüre: Nutzerinformation Solarthermie • www.unendlich-viel-energie.de (Sonne > Solarwärme) • www.solarserver.de (Solarthermie / Wissen) | <ul style="list-style-type: none"> • Schritte beim Herstellungsprozess • Welche Technik für welche Solarzelle? (Czocharski-, Blockguss-, Bridgman-, Zonenschmelzverfahren, chemische Gasphasenabscheidung) • BINE Broschüre: Photovoltaik • www.solarserver.de (Wissen > Basiswissen > Photovoltaik) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zukunftsaussichten in der Branche der EE • Ausbildung und Berufsbilder (z.B. Solartechnik/in) • Zukunftsaussichten und Wachstum • Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft • www.solarwirtschaft.de • Broschüre powerado: Reiseführer Erneuerbare Energien • www.erneuerbare-karriere.de • www.wilabonn.de • www.studium-erneuerbare-energien.de | <ul style="list-style-type: none"> • Strom aus der Wüste (Desertec u.ä. Projekte) • Parabolrinnen- und Solarturmkraftwerke, Solar-Stirling • Schlaich Bergermann und Partner Broschüre: Ein neues solares Dish-Stirling Kleinkraftwerk • Fachhochschule Regensburg: Kleine Solar-Stirlingkraftwerke – eine Alternative zur Photovoltaik • BINE Broschüre: Solarthermische Kraftwerke werden Praxis • BMU Broschüre: Solarthermische Kraftwerke • www.solarserver.de (Solare Kraftwerke) • www.sfv.de/lokal/mails/phj/sonnenkr.htm |

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

**Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) –
Energie effizient nutzen**

Klimawandel und Klimaschutz

**Fossile Energien gehen zur Neige
Solarenergie als Lösung?**

**Klimaschutz und Energiesparen
an Schulen**

**Wie wird Solarenergie
weltweit genutzt?**

Anpassungen an den Klimawandel

**Kohlenstoffkreislauf
und Treibhauseffekt**

Nachhaltigkeit



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- Folgen des Klimawandels
- Klimapolitik und Klimaschutzmaßnahmen
- BINE Broschüre: Energie im Wandel, Klima und Energie
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter
- www.klima-sucht-schutz.de
- www.greenpeace.de/themen/klima
- www.wwf.de/themen/klima-energie
- www.klimawandel.de

- Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Energieeffizienz und Wirkungsgrad
- Blockheizkraftwerke und Fernwärme
- BINE Broschüre: Effiziente Kraftwerke
- www.bmu.de/bildungsservice
- www.kwk-modellstadt-berlin.de
- www.kwk-infozentrum.info
- www.bkww.de

- Finanzielle Anreizsysteme zum Energiesparen
- Fifty/fifty und andere Energieprojekte an Schulen
- Energieverschwendung an Schulen
- BINE Broschüre: Schüler sparen Energie
- UfU Broschüre: Schulpaket fifty/fifty
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter
- BINE Broschüre: Solarenergie macht Schule
- www.ufu.de/fifty-fifty
- www.fiftyfiftyplus.de
- www.schule-energie-bildung.de
- www.umweltschulen.de
- www.jugendsolar.ch

- Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland
- Ökologische Aspekte
- Ressourcenknappheit
- CO₂-Reduktion
- Technische Entwicklungspotenziale im Solarbereich
- Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft
- BINE Broschüren: Photovoltaik und Thermische Nutzung der Solarenergie
- www.unendlich-viel-energie.de (Sonne / Politik)
- www.erneuerbare-energien.de (Solarenergie)
- www.solarserver.de (Politik / Wirtschaft / Technologie)

- Anpassungsstrategien und -maßnahmen
- Kosten: Anpassungskosten versus Folgekosten des Klimawandels
- BMU Broschüre: Dem Klimawandel begegnen
- www.anpassung.net
- www.klimazug.de
- www.dwd.de (Klimawandel)
- www.klima-sucht-schutz.de

- Potenziale der Solarenergie weltweit
- Deutschland als Vorreiter?
- Beispiele Spanien, Österreich und USA
- Solarzellenproduktion in China
- www.unendlich-viel-energie.de (Politik > weltweit)
- www.solarserver.de (Politik / Wirtschaft / Technologie)

- Nachhaltige Entwicklung
- Nachhaltigkeits-Dreieck
- Nachhaltiger Konsum
- Lokale Agenda 21
- www.bne-portal.de
- www.nachhaltigkeit.info
- www.nachhaltigkeit.org
- www.nachhaltigkeitsrat.de

- Natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt
- Treibhausgase und 2 Grad-Limit
- Kohlenstoffkreislauf
- www.klimaktiv.de (Service A-Z)
- www.powerado.de (FAQ Energie)
- www.treibhauseffekt.com



Schülerspicker

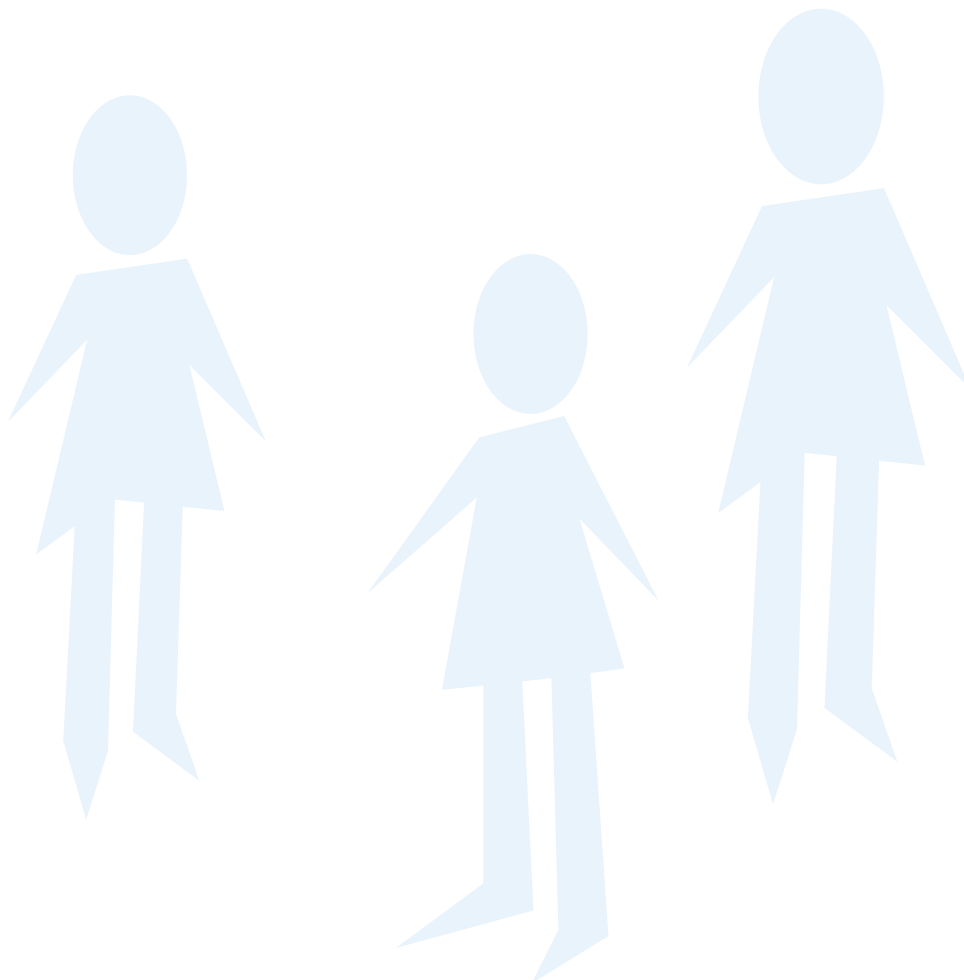
zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

Die Schülerspicker werden im Rahmen der Referate von den Jugendlichen 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 Photovoltaikanlage aus der Südausrichtung gedreht ist. Wenn die Photovoltaikanlage 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.

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 Ein Neutron ist ein positiv geladenes Teilchen.

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 Ein Proton ist ein Teilchen, das weder positiv noch negativ geladen ist. Es ist neutral.

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} (W_p) Die Nennleistung wird in W_p angegeben. Die Nennleistung 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

Broschüren für Referate

BINE:

- Photovoltaik
- Schüler sparen Energie
- Solarenergie macht Schule
- Effiziente Kraftwerke
- Energie im Wandel, Klima und Energie
- Was ist Energie?
- Solarthermische Kraftwerke werden Praxis
- Thermische Nutzung der Solarenergie

UfU:

- Good Practice – Schlafende Solaranlagen für die Umweltkommunikation nutzen
- Leitfaden zur Nutzung von Fotovoltaikanlagen
- Kleines Handbuch für Klimaretter
- Schulpaket fifty/fifty

BMU:

- Solarthermische Kraftwerke
- Umweltbewusstsein in Deutschland 2008
- Erneuerbare Energien
- Klimaschutz und Klimapolitik

DGS:

- Nutzerinformation Solarthermie

Schott:

- Solar – Energie für die Zukunft

powerado:

- Bildung und Erneuerbare Energien
- Renewables in a Box Primary
- Reiseführer Erneuerbare Energien

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.
- Pensos 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 Klimaschützen 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

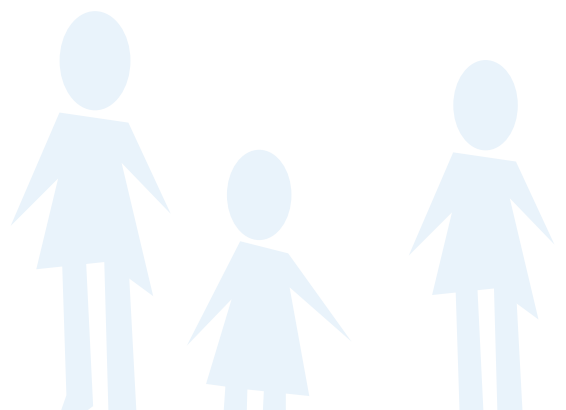
Internet-Adressen für den Unterricht

- 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
- 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
- Lexikon Energiewelten: www.energiewelten.de/elexikon/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
- 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

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 Bildungscnt:
www.bildungscnt-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



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-Haushalt 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
- 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

Filme

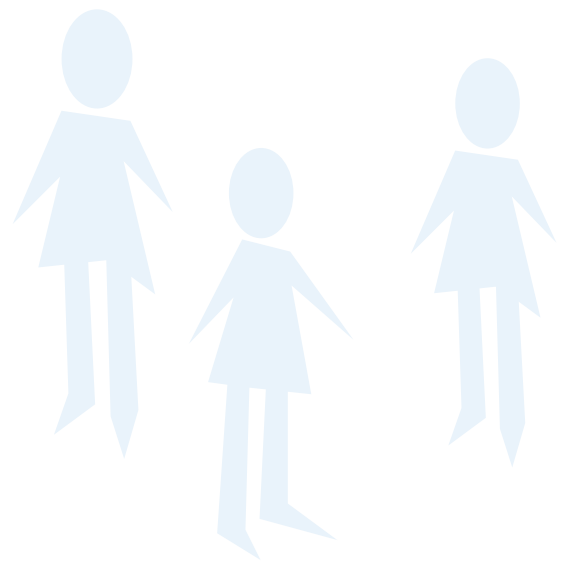
- Animation – Solarthermie (1 min), Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de
- Das Kombikraftwerk (7 min), Agentur für Erneuerbare Energien: www.unendlich-viel-energie.de
- Der Apfel (1 min), Internationale Sommeruniversität des KMGNE: www.ufu.de/multimedia
- Die Erde hat Fieber (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

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 Sekundarstufe (Klassen 7–10). Neben dem theoretischen Wissenserwerb zum Thema Solarenergie stehen praktische Übungen und Experimente im Vordergrund. Über verschiedene handlungsorientierte Methoden und Medien sollen die Jugendlichen forschend tätig werden und sich Fachinhalte selbständig in Teamarbeit aneignen.

→ → → → → → → → → UfU ist ein wissenschaftliches Institut und eine Bürgerorganisation. Es initiiert und betreut angewandt 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. 23 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 Keimzelle für neu entstehende Bereiche.



→ → → → → → → → → Impressum

Autorinnen und Autoren

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

Gestaltung/Illustration

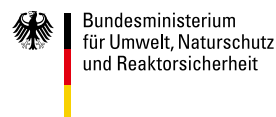
Enrica Hölzinger, www.ricmedia.de

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