



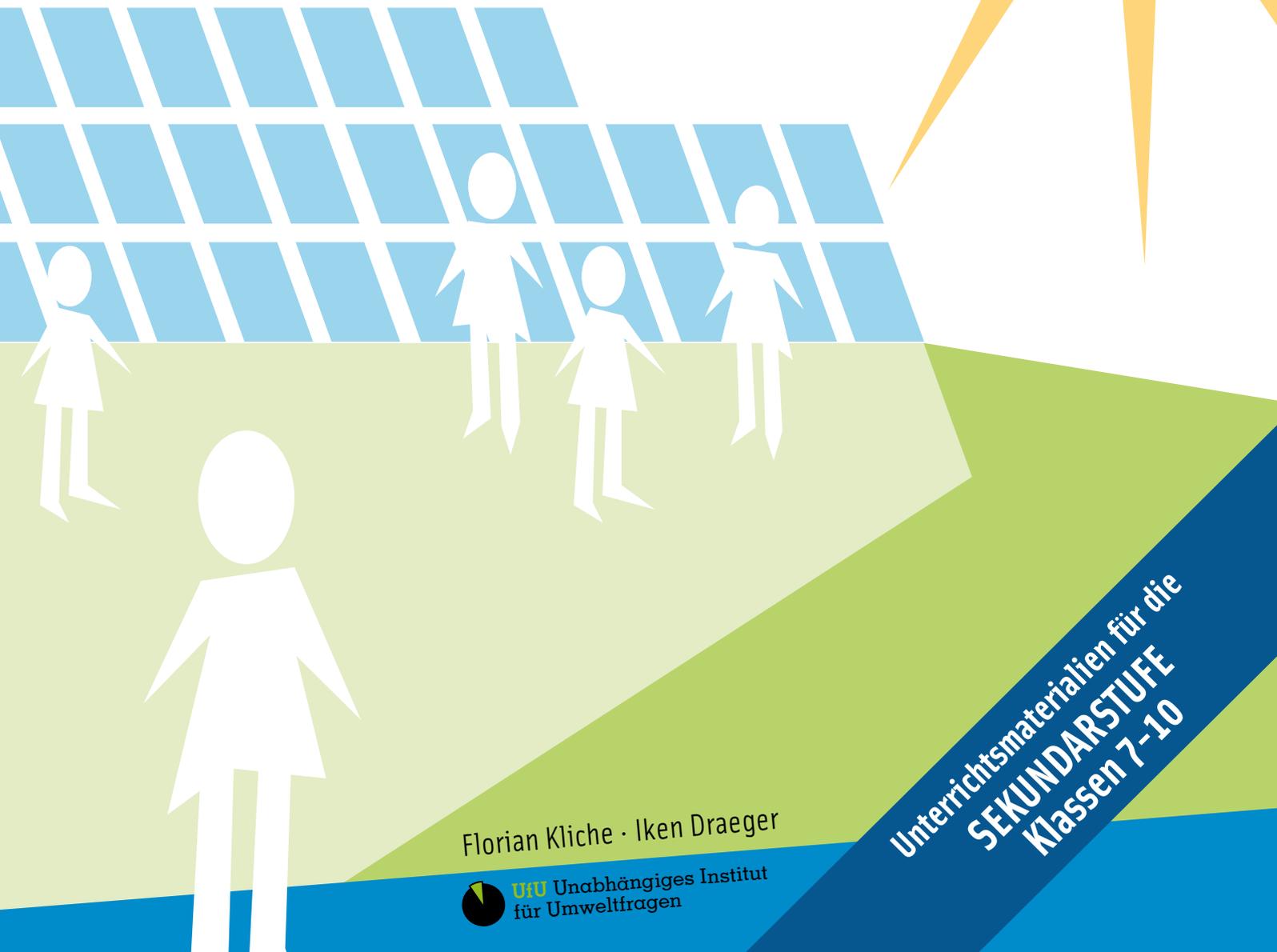
Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit



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

 **UfU** Unabhängiges Institut  
für Umweltfragen

## Inhalte

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

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

### Zu den Lerninhalten gehören:

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

## Aufbau und Inhalte des Schulpakets:

- |                |  |
|----------------|--|
| <b>Thema 1</b> | <b>Wie funktioniert eine Solaranlage?</b><br>(Physik, Chemie, Geografie, Deutsch, Informatik)                    |
| <b>Thema 2</b> | <b>Wovon hängt es ab, wie viel Strom eine Solaranlage liefert?</b><br>(Physik, Geografie, Kunst, Mathematik)     |
| <b>Thema 3</b> | <b>Wir verbessern Solaranlagen!</b><br>(Physik, Mathematik, Chemie, Geografie, Sozialkunde, Deutsch, Informatik) |
| <b>Thema 4</b> | <b>Solarenergie in der Diskussion</b><br>(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. Am Ende jeder Themeneinheit werden die zu vermittelnden Fachinhalte ausführlich beschrieben, so dass sich auch fachfremde Lehrerinnen und Lehrer ohne großen Aufwand auf den Unterricht vorbereiten können.

### Thema

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

## Wo finde ich das Thema Solarenergie im Rahmenlehrplan?

Jahrgangsstufe 7/8	Jahrgangsstufe 9/10
<b>Physik</b>	
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
<b>Chemie</b>	
Atombau	Atombau
Energie und Chemie	Energie und Chemietechnik
Rohstoffe und Energieträger	Rohstoffe und Energieträger
	Kohlenwasserstoffe
<b>Geografie</b>	
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
<b>Sozialkunde</b>	
Ökologie und Gesellschaft	Wirtschaft und Arbeitsleben
	Technischer Wandel
	Lebensgestaltung im 21. Jahrhundert: Zukunftsprognosen
<b>Deutsch</b>	
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	
Daten recherchieren und grafisch auswerten	Daten recherchieren und grafisch auswerten
Zins- und Prozentrechnung	Zins- und Prozentrechnung
Textaufgaben	Textaufgaben
Informatik	
Vernetzte Informationsstrukturen: Internet	Daten verwalten und verarbeiten: Tabellen
Kunst	
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. Die Begriffe PV-Anlage und Solaranlage werden synonym verwendet. 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:

<b>Lemo-Solar</b> Lehnert Modellbau Solartechnik GmbH	>> <a href="http://www.lemo-solar.de">www.lemo-solar.de</a>
<b>Inpro Solar</b> Intertrade and Production	>> <a href="http://www.inprosolar.de">www.inprosolar.de</a>
<b>SOLARC</b> Innovative Solarprodukte GmbH	>> <a href="http://www.solarc.de">www.solarc.de</a>
<b>SolarCosa</b>	>> <a href="http://www.solarcosa.de">www.solarcosa.de</a>
<b>Conrad Electronic GmbH</b>	>> <a href="http://www.conrad.de">www.conrad.de</a>
<b>OPITEC Handel GmbH</b>	>> <a href="http://www.opitec.de">www.opitec.de</a>
<b>Manfred Bauer</b> (solare Wäscheklammern)	>> <a href="http://www.technoptikum.de">www.technoptikum.de</a>

# Thema 1: Wie funktioniert eine Solaranlage?

## Einführung

Wie funktioniert eine Solaranlage? Dieser Frage gehen die Schülerinnen und Schüler durch entdeckendes Handeln auf den Grund. Ausgehend von der Besichtigung einer Solaranlage lernen sie die verschiedenen Komponenten einer solchen Anlage kennen und begreifen durch selbständiges Experimentieren, wie Solarstrom erzeugt wird. 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. Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter [www.powerado.de](http://www.powerado.de) ( >Materialkisten >Infos zur 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](http://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 I	Die Sch besichtigen eine oder die schuleigene Solaranlage. 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 Solaranlage anhand eines Schaubilds.	Die Sch verstehen den grundlegenden Aufbau einer Solaranlage. Sie können die verschiedenen Komponenten benennen, ihre Funktion beschreiben und spezifische Angaben zur schuleigenen Solaranlage machen.	AB 1-01, F 1-01, OH-Projektor

### Modul 1-02 Solares Basteln

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy	Die Sch basteln selbständig kleine Solarmodelle. Jeweils zwei Sch erhalten ein Übungset: Solarzelle mit Kabeln, Solarmotor, Leuchtdiode und Summer. Zum Aufsatz auf den Motor basteln sie sich kleine Propeller. Nach einer kurzen Einführung, wie Solarzellen angeschlossen werden, beginnen die Sch zu experimentieren. Sie schließen die 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 <a href="http://www.powerado.de">www.powerado.de</a> . 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, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, starke Lampen, z.B. 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, 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 Solaranlage

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.	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

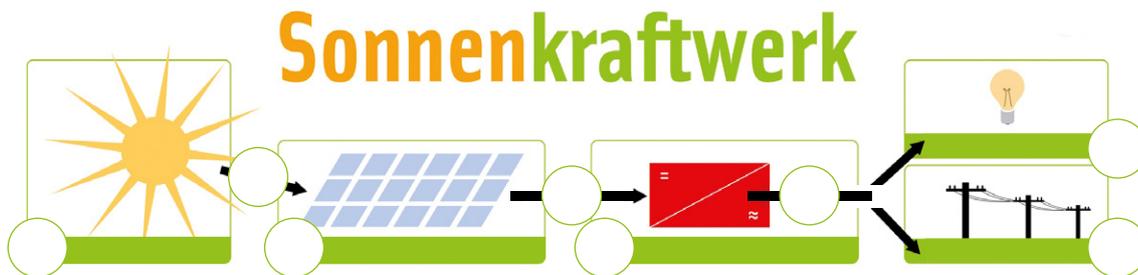
## Modul 1-06 Film zur Solarenergie

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 Solaranlage 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

Watt

Solarer Gesamtertrag

kWh

Vermiedene CO<sub>2</sub>-Emissionen

kg

## Fragen zur schuleigenen Solaranlage

### Die Solarmodule sind:

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

Insgesamt sind \_\_\_\_\_ Solarmodule zusammen geschlossen, die eine Maximalleistung von jeweils \_\_\_\_\_ W<sub>p</sub> erbringen. Insgesamt sind das \_\_\_\_\_ W<sub>p</sub>.

### Unsere Solaranlage speist den erzeugten Strom:

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

## Fragen zur Photovoltaik

### Eine Solaranlage erzeugt:

- Gleichstrom
- Wechselstrom

## Fragen zur solaren Stromerzeugung

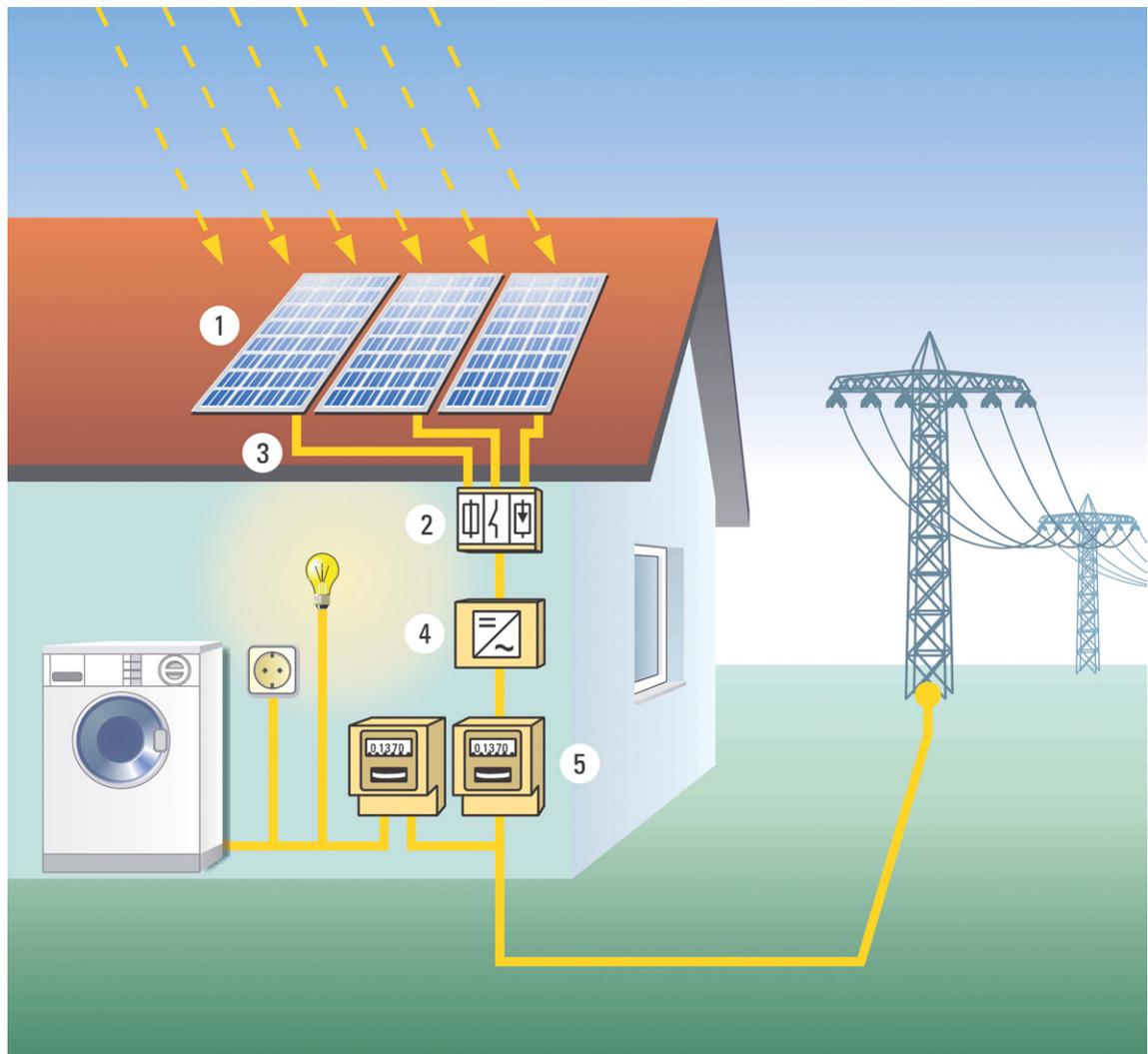
Wofür steht W<sub>p</sub>? \_\_\_\_\_

Wofür steht kWh? \_\_\_\_\_

Was ist CO<sub>2</sub> und wodurch entsteht es?

---

# Folie 1-01: Schaubild einer Solaranlage



Grafik: DGS

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

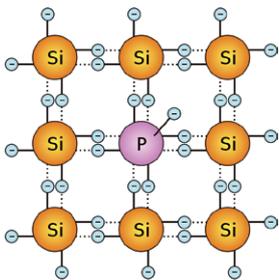
- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

# Folie 1-04: Solarstrom

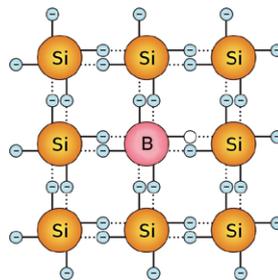
## Schaubild: Siliziumschichten

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

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

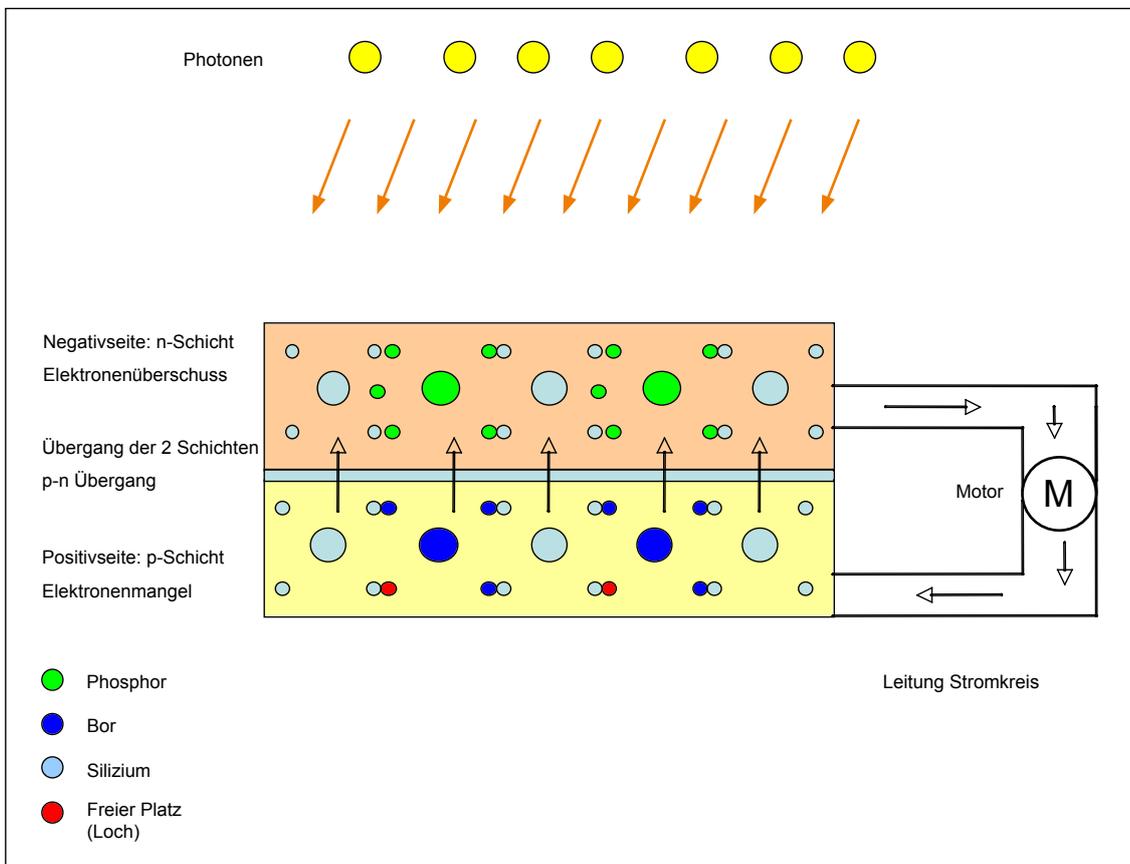


Siliziumkristall mit Phosphor verunreinigt



Siliziumkristall mit Bor verunreinigt

## Schaubild: Solarstrom



Erklärt mithilfe der Grafik, wie Solarstrom erzeugt wird.

Grafik: Florian Kliche, UfU e.V.

# Schülerspicker

zum Thema „Wie funktioniert eine Solaranlage?“

## Sonnenenergie

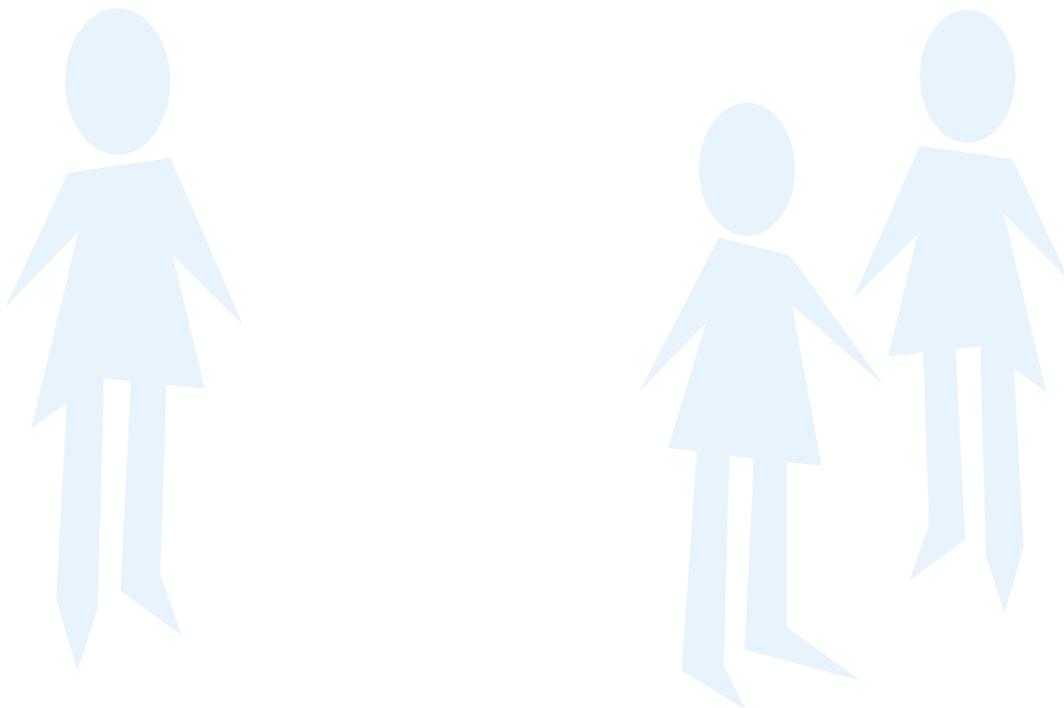
- Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Deshalb gehört Sonnenenergie zu den erneuerbaren Energien.
- Licht ist Energie.
- Energie geht in einem geschlossenen System nicht verloren, kann jedoch in andere Energieformen umgewandelt werden: Licht, Wärme, Bewegung, Elektrizität.
- Wenn Licht auf 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. Erscheint er dunkel, bedeutet dies, dass ein großer Anteil des Lichts gespeichert wird. Deshalb sind Solarmodule dunkel.
- Licht besteht aus Photonen.

## Komponenten einer Solaranlage

- **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 aus mehreren Solarzellen. Solarmodule können in Reihe oder parallel miteinander verschaltet werden.
- **Wechselrichter:** Ein Wechselrichter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um. Solaranlagen erzeugen Gleichstrom.
- **Transformator:** Der Transformator wandelt die Wechselspannung vom Wechselrichter in eine höhere Wechselspannung um, die das Stromnetz benötigt.
- **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 Bewegung der Elektronen.
- Solarzellen wandeln Lichtenergie durch einen Trick in elektrische Energie um: Wenn Photonen auf die Solarzelle treffen, werden Elektronen in der unteren Schicht gelöst und nach oben katapultiert. Von dort können sie aufgrund der Halbleitereigenschaften 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. Die reale Leistung der Zelle weicht in der Regel von der theoretischen Gesamtleistung ab.
- Solaranlagen produzieren Gleichstrom.
- Die meisten Solaranlagen 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 Solaranlage?“

### Einführung Solarenergie

Die Sonne ist eine unerschöpfliche Energiequelle. Die Sonnenenergie 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 Energie vom Licht wird verwendet, um die Moleküle in Schwingung zu versetzen. 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 Solaranlage

**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 2 A. Um höhere Leistungen zu erzielen, schließt man mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul oder PV-Modul zusammen.

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 (230V).

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

**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.

**Zähler:** 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 2009 ans Netz angeschlossenen Solaranlage auf dem Dach mit 44,42 ct/kWh gefördert.

**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 Solaranlage in Mitteleuropa direkt in Richtung Süden mit einer Neigung von  $30^\circ$  zur Sonne 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 ist idealerweise im Eingangsbereich der Schule angebracht und zeigt die aktuelle Leistung, den solaren Gesamtertrag und die vermiedenen  $\text{CO}_2$ -Emissionen an. Es kann mit einem Datenlogger gekoppelt sein, der die Daten in einen Computer einspeist. Diese Daten können regelmäßig ausgelesen und Schwankungen dokumentiert werden.

### Gesamtleistung einer Solaranlage

**Watt<sub>peak</sub> ( $W_p$ ):** „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  $1 \text{ m}^2$  Fläche treffen. Die Temperatur der Zelle beträgt hierbei gleichmäßig  $25^\circ \text{ C}$  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 weicht also von den Nennwerten ab.

### Fachwissen Photovoltaik

**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.).

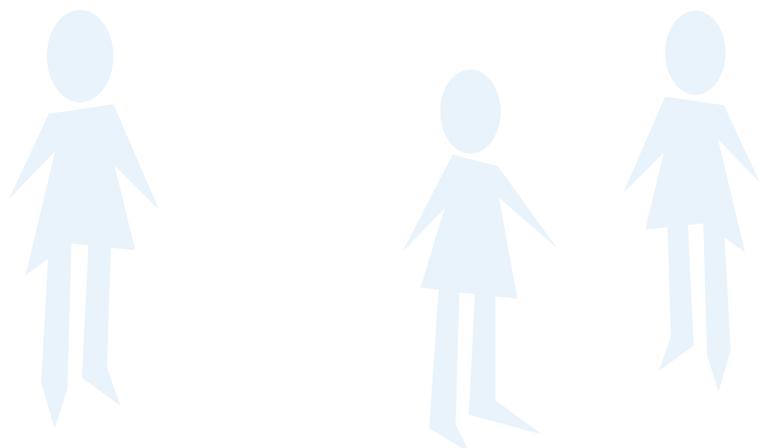
**Solarstrom:** Solarzellen wandeln Lichtenergie durch einen Trick in elektrische Energie um. Die physikalische Grundlage dieser Umwandlung ist der photovoltaische Effekt,

der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist. Eine Solarzelle besteht aus zwei verschiedenen Siliziumschichten, zwischen denen eine Spannung – ein elektrisches Feld – liegt. 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 dadurch zum Pluspol, der obere zum Minuspol. Wenn die beiden Pole mit einem Kabel verbunden sind, kann – wie bei einer Batterie – Strom vom Minus- zum Pluspol fließen. 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.

### CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>-Reduktion gestoppt werden können.



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

## Einführung

Wovon hängt die tatsächliche Leistung einer Solaranlage ab? Die Schülerinnen und Schüler erforschen, warum der Ertrag einer Solaranlage in der Regel geringer ist, als ihre theoretische Kapazität. In praktischen Versuchen mit Experimentiermaterialien und durch die Analyse von Schaubildern setzen sie sich mit verschiedenen Einflussfaktoren auseinander. Nicht nur die Größe und Verschaltung der Solaranlage, sondern auch die Neigung, Ausrichtung, Verschattung und Verschmutzung der Solarmodule, ihr Standort, die Tages- oder jahreszeitliche Schwankungen der Einstrahlung sowie Wartung und Pflege werden im Unterricht untersucht. Da man Sonnenenergie nicht zum Selbstzweck in elektrische Energie umwandelt, wird auch ein Blick auf die Verbraucherseite geworfen. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln auf diese 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. 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](mailto:mail@ufu.de). Experimentieranleitungen zum Solarbasteln gibt es als Download unter [www.powerado.de](http://www.powerado.de) ( >Materialkisten >Infos zur 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 Solaranlage liefert?

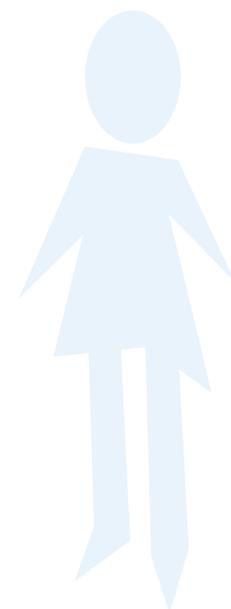
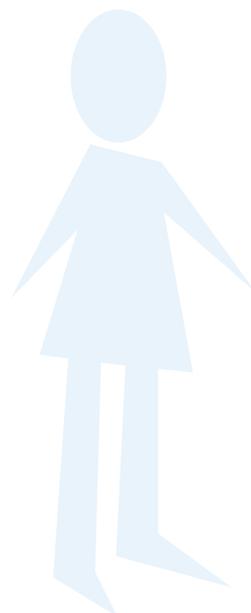
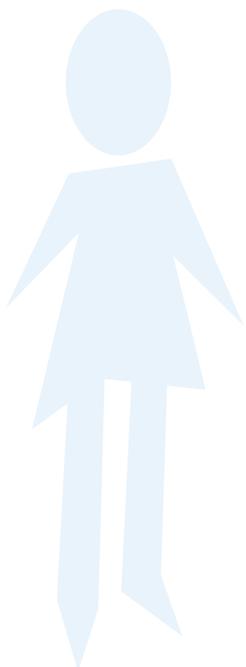
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy	Aufbauend auf das solare Basteln (Modul 1-02) erproben die Sch, welchen Einfluss verschiedene Faktoren wie Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf die PV-Leistung haben. Die Experimente können z.B. an Lernstationen 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, müssen externe Lichtquellen benutzt werden. Die Forschungsergebnisse werden am Schluss miteinander verglichen und ausgewertet.	Die Sch können den Zusammenhang zwischen Strahlungsstärke, Neigung, Ausrichtung und Verschattung auf der einen und PV-Leistung auf der anderen Seite erklären.	AB 2-01, Solarbruch bzw. Solarzellen, Leuchtdioden, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, unterschiedlich starke Lampen, z.B. Baustrahler und Schreibtischlampe, 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 I	Im Internet können die Schüler mithilfe eines PV-Rechners herausfinden, wie hoch der durchschnittliche Jahresertrag einer Solaranlage in ihrer Region ist. Sie können testen, welchen Einfluss eine Veränderung der Ausrichtung und Neigung auf den Ertrag in kWh hat. Sie können eine Vergrößerung der Solarfläche simulieren und herausfinden, um wie viel die Erträge steigen, oder sie können die Daten der Schulsolaranlage eintragen und mit den tatsächlichen Erträgen vergleichen.	Die Sch erkennen, wie sich der Ertrag einer Solaranlage anpasst, wenn sich die Einflussfaktoren ändern.	Internet

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

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy	<p>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 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 Solaranlage gesetzt werden: Wie ist die Solaranlage der Schule verschaltet? Welche Verbesserungen wären sinnvoll? Welche Auswirkungen hätte das auf die Leistung der Anlage?</p>	<p>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.</p>	<p>AB 2-03, Solarzellen bzw. Solarbruch, Leuchtdioden, Glühlampen, Solarmotoren, Summer, Kabel, Krokodilklemmen, ggf. starke Lampen, z.B. Baustrahler, Multimeter</p>



### 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 Solaranlage ausgerichtet und geneigt ist. Ggf. diskutieren sie Verbesserungsvorschläge für die eigene Anlage.	Die Sch erkennen den Zusammenhang zwischen Ausrichtung, Neigung und PV-Leistung. Sie bewerten die schuleigene Solaranlage nach den erarbeiteten Kriterien.	AB 2-06 Scheren, Buntstifte, Musterklammern, ggf. Laminiergerät, 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 kleine Glühlampen 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, Glühlampen, 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 <sup>2</sup> 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 Solaranlage liefert?

**Los geht's!** Lies dir die Anleitungen genau durch und skizziere den Versuchsaufbau, bevor du mit den Experimenten beginnst. Nutze ein Multimeter, um die Stromstärke zu messen.

## Strahlungsstärke

Eine Solarzelle wird nacheinander von zwei unterschiedlich starken Lampen (z.B. 25 W und 100 W) aus gleicher Entfernung beleuchtet. Wie wirkt sich der Beleuchtungsunterschied auf die Stromstärke aus?

---

---

---

## Neigung zur Sonne

Die Solarzelle wird in  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $20^\circ$  und  $0^\circ$  zur Strahlungsquelle gehalten. Wie wirkt sich der Winkelunterschied auf die Stromstärke aus?

---

---

---

## Ausrichtung zur Sonne

Die Strahlungsquelle wandert kreisförmig um die Solarzelle herum, ähnlich wie die Sonne um die Erde. Wann ist der Ertrag am größten?

---

---

---

## Verschattung

Eine Glasplatte wird verschmutzt und über die Solarzelle gehalten. Die Glasscheibe kann auch mit Schnee bzw. Eis aus dem Kühlschrank bedeckt oder mit der Hand teilverschattet werden. Wie ändert sich der Ertrag?

---

---

---

# Arbeitsblatt 2-03: Verschaltung von Solarzellen

## Versuchsbeschreibung

Verschalte zwei Solarzellen miteinander – zuerst in Reihe, dann parallel – und betreibe damit mehrere Verbraucher, z.B. Solarmotor, Glühlampe, Leuchtdiode oder Summer. Die Beleuchtung der Solarzellen muss 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:  $I =$  \_\_\_\_\_  $U =$  \_\_\_\_\_

Parallelschaltung:  $I =$  \_\_\_\_\_  $U =$  \_\_\_\_\_

Die Reihenschaltung führt zu \_\_\_\_\_.

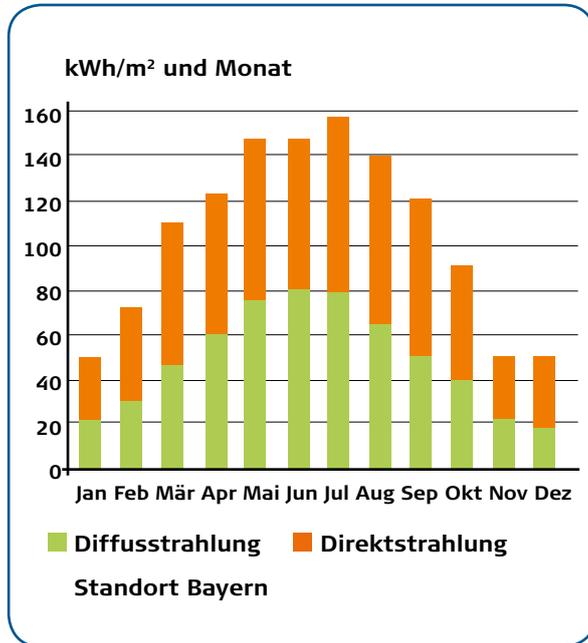
Die Parallelschaltung führt zu \_\_\_\_\_.

## Solarschaltung

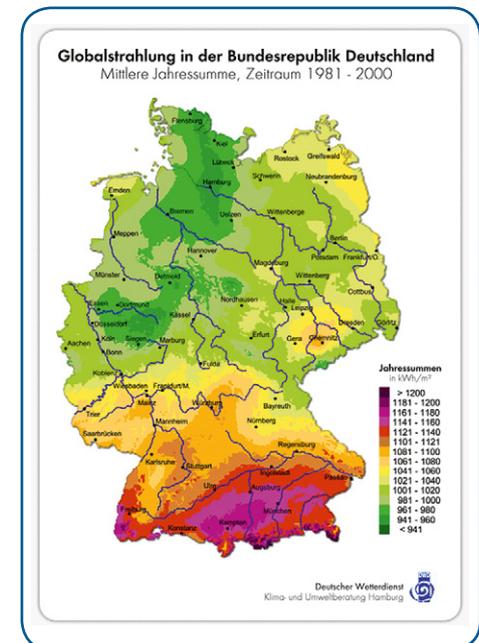
Es stehen mehrere Solarzellen zur Verfügung, die je eine Spannung von 0,5 V und bei Sonnenschein eine Stromstärke von 0,8 A liefern. Ein Motor benötigt zum Betrieb eine Spannung von 3 V. Bei voller Last fließt ein Strom von 0,9 A. Entwirf eine passende Solarschaltung und nenne die Anzahl der dafür erforderlichen Solarzellen.

## Folie 2-04: Einfluss der Strahlungsstärke

### Sonneneinstrahlung über das Jahr verteilt

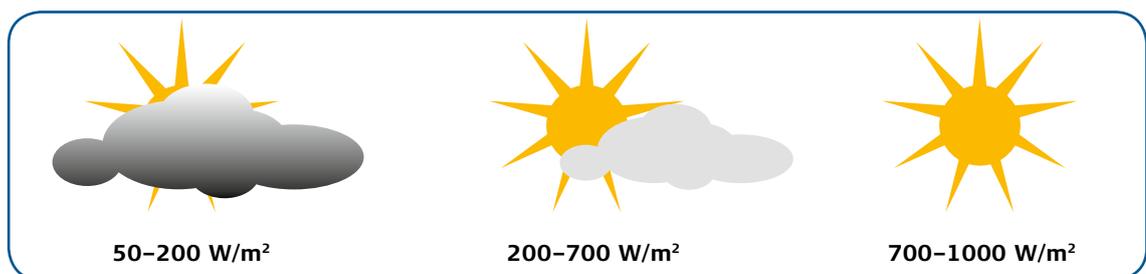


### Globalstrahlung in Deutschland



Welchen Einfluss haben Jahreszeit und Region auf den solaren Ertrag? Überlegt, warum die Sonne im Sommer und im Süden stärker strahlt. Erzeugt eine Solaranlage auch bei Diffusstrahlung Strom?

### Bewölkung und Sonneneinstrahlung



Welchen Einfluss hat das Wetter auf den solaren Ertrag?

### Diskussion für Solarexpertinnen und Solarexperten

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 Solaranlage schief gelaufen?



[www.photovoltaikeforum.com](http://www.photovoltaikeforum.com)

Welche Probleme gibt es hier?



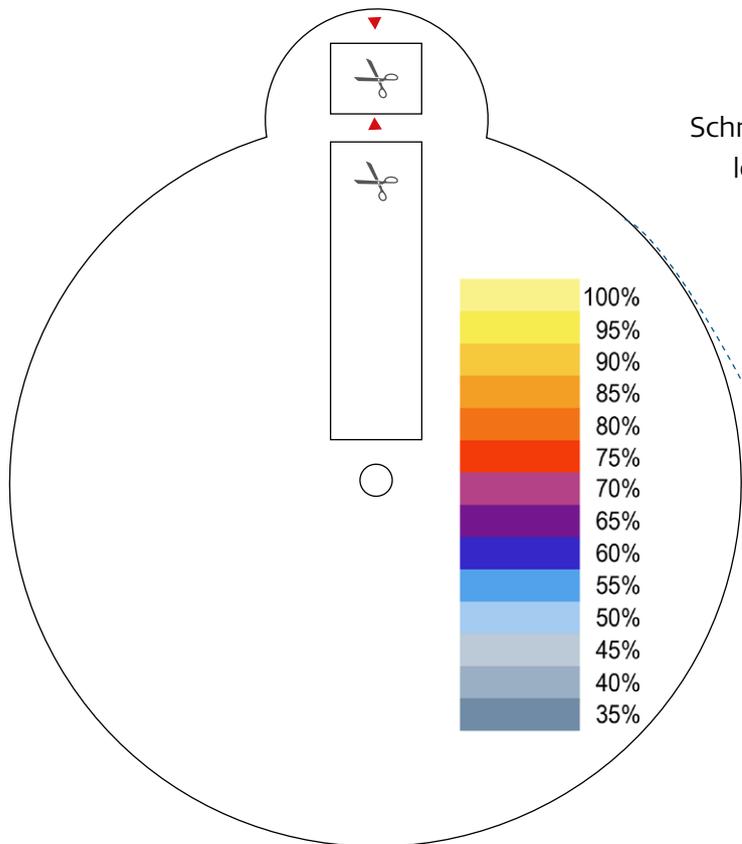
© Klaus-Uwe Gerhardt / [www.pixelio.de](http://www.pixelio.de)

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

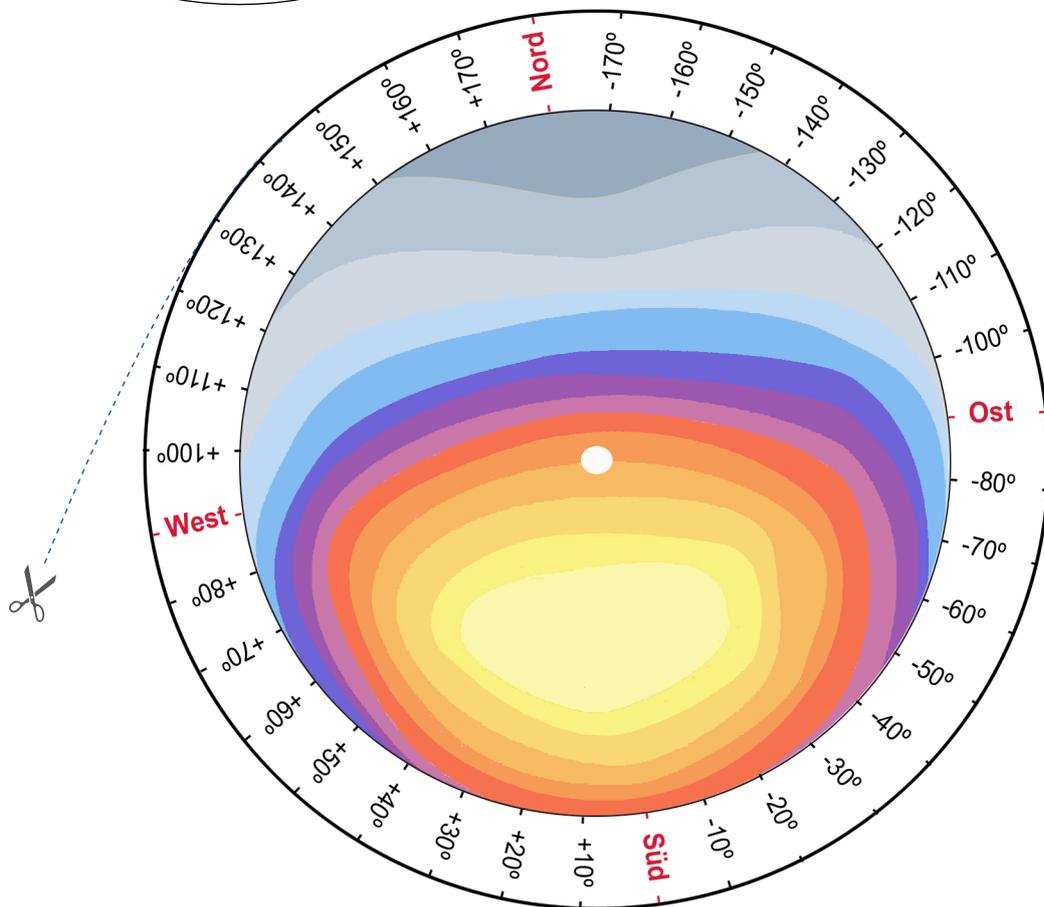

**!!! Intelligente Verschattung löst Verschattungsprobleme !!!**

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 im Jahresdurchschnitt  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also im Durchschnitt  $100 \text{ W/m}^2$ .

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



Wie viel Watt erzeugt das Solarmodul bei Sonne? Benutze die Faustformel. \_\_\_\_\_ W

Welche elektrischen Verbraucher können die beiden Freundinnen bei Sonnenschein zur gleichen Zeit betreiben. Schreibe deine Vorschläge auf. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_

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? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Welche Möglichkeiten haben die Freundinnen, um nachts elektrische Geräte zu betreiben? \_\_\_\_\_

# Schülerspicker

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

## Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag

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

Es gibt eine optimale **Neigung** des Solarmoduls zur Sonne:  $30^\circ$  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 Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist, nennt man **Azimut**. Es gibt auch Solaranlagen (nachgeführte Anlagen), die der Sonne folgen.

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

## Reihen- und Parallelschaltung

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

## Faustformel für die Berechnung des solaren Ertrags

Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Ungefähr 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also im Durchschnitt  $100 \text{ W/m}^2$ . Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro  $\text{m}^2$  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 der Ertrag der Solaranlage. 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 Solaranlage liefert?“

### Einflussfaktoren auf den solaren Ertrag

#### 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 Erdachse 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 von  $30^\circ$ .

#### Ausrichtung

Azimut bezeichnet den Winkel, um den die Solaranlage aus der Südausrichtung gedreht ist. Wenn die Solaranlage nach Westen ausgerichtet ist, ergibt sich ein Azimut von  $90^\circ$ . 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 Solaranlagen, die automatisch der Sonne folgen.

#### Verschattung

Werden Teile der Solaranlage verschattet, so sinken die Erträge. Oft werden Solaranlagen 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 weniger Wasser raus. Das Problem kann z.B. durch temporäre Verschattung auftreten.

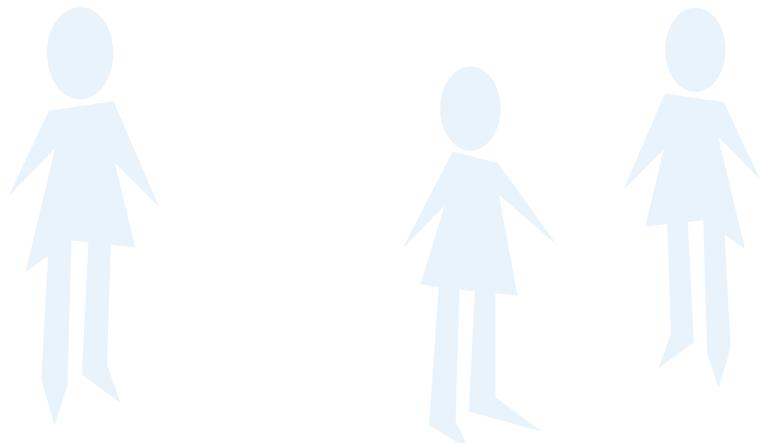
Bei der Parallelschaltung werden jeweils alle Pluspole und alle Minuspole miteinander verbunden, so dass die Gesamtspannung der Spannung eines Solarmoduls entspricht und die Gesamtstromstärke der Summe der Einzelströme aller Solarmodule. Man kann also durch Parallelschalten mehrerer elektrischer Verbraucher die Gesamtleistung erhöhen. In der Parallelschaltung können einzelne Elemente, z.B. eine Solarzelle, hinzugefügt oder entfernt werden, ohne dass die anderen Elemente ausfallen. Oft bringt eine Parallelschaltung höhere Erträge als die Reihenschaltung. 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 Sonnenstrahlung 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 Solaranlage. 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/m<sup>2</sup>a. Davon können ungefähr 10 % genutzt und in elektrischen Strom umgewandelt werden, d.h. 100 W/m<sup>2</sup>. Die Energiemenge, die uns die Sonne in unseren Breitengraden jährlich pro m<sup>2</sup> kostenlos zur Verfügung stellt, entspricht damit ca. 100 Litern Heizöl.

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



# Thema 3: Wir verbessern Solaranlagen!

## Einführung

Ausgehend von selbst durchgeführten Messungen vergleichen die Schülerinnen und Schüler den idealen und tatsächlichen Ertrag einer Solaranlage. Sie setzen Stromertrag und -verbrauch miteinander in Beziehung und entwickeln Vorschläge, wie man die beiden aneinander anpassen kann. Durch verschiedene Berechnungen zur Größe von Solarmodulen erhalten sie eine Vorstellung darüber, wie viel Solarstrom in Mitteleuropa pro  $\text{m}^2$  erzeugt werden kann. Sie informieren sich über die Förderung der Solarenergie in Deutschland, überprüfen die Wirtschaftlichkeit der schuleigenen Solaranlage und berechnen anhand von Beispielen die energetische Amortisationszeit von Anlagen. Dabei beziehen sie ihr erworbenes Fachwissen immer wieder auf die schuleigene Solaranlage. 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 des Lichts. 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 Solaranlage immer gleich viel Strom?

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
20 min Phy Ma I	Wenn eine Solaranlage 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 errechnen die Sch die Gesamtleistung der Solaranlage 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 anzuschließen. Sie wissen, welche Faktoren in die Berechnung der Größe und elektrischen Leistung einer Solaranlage einbezogen werden und können entsprechende Größenberechnungen selbständig durchführen.	AB 3-02, Taschenrechner

### Modul 3-03 Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine Solaranlage

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 Solaranlage, 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 Solaranlage 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 Solaranlage her.	Die Sch erkennen, dass in der Debatte um erneuerbare Energien neben der wirtschaftlichen auch die energetische Amortisation von Solaranlagen 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 Stromverbrauch und -bedarf der Schule einander anzupassen. Mittels einer Folie ergänzen sie ihre Vorschläge zum Stromsparen.	Die Sch entwickeln anhand einer Ist-Zustandsanalyse Optimierungsvorschläge zum Stromsparen und zur Verbesserung der Solaranlage.	AB 3-05, F 3-05, OH-Projektor, Strommessgeräte, Luxmeter

## Modul 3-06 Deckt unsere Solaranlage 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 Solaranlage. Aufbauend auf Modul 3-05 formulieren sie Energie-sparvorschläge 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 Solaranlage verbraucht. Sie üben formales Schreiben anhand der Solarthematik, indem sie Verbesserungsvorschläge in einem Brief formulieren.	AB 3-06

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

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

---



---

Wie viel kW<sub>p</sub> Gesamtleistung (Nennleistung) hat die Solaranlage der Schule? \_\_\_\_\_ kW<sub>p</sub>

Wenn die Gesamtleistung 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 Gesamtleistung ist. Dafür musst du die Faustformel anwenden und wissen, wie lange die Anlage in Betrieb ist.
- Die genaue Gesamtleistung kannst du 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 Solaranlage zur Sonne ausrichtest.

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

Weicht die tatsächliche Leistung der Anlage von der Gesamtleistung 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 • Spannung • 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 sind leistungsstark und 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 Solaranlage

Das **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)** regelt die Einspeisevergütung von Strom, der aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Man erhält also pro eingespeister Kilowattstunde Solarstrom Geld vom Staat.

## Vergütung von Solarstrom

Montageart	Anlagengröße	Vergütung im Jahr 2009
Dach	0–30 kW <sub>p</sub>	43,01 ct/kWh
	30–100 kW <sub>p</sub>	40,91 ct/kWh
	100–1000 kW <sub>p</sub>	39,58 ct/kWh
	ab 1000 kW <sub>p</sub>	33,00 ct/kWh

Schau in die Tabelle. Warum unterscheidet sich die finanzielle Förderung je nach Montageart? Stelle Vermutungen an.

---



---

Was könnte das Ziel der finanziellen Förderung von Solarstrom sein?

---



---

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

---



---

## Rechenaufgabe

Eine Solaranlage auf einem Schuldach hat eine Gesamtleistung von 6,4 kW<sub>p</sub> und einen Jahresertrag von durchschnittlich 925 kWh pro kW<sub>p</sub>. 1 kW<sub>p</sub> kostet 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. Rentiert sich die Anlage bei einer Laufzeit von 20 Jahren? Überlege dir einen Rechenweg.

## Expertenaufgabe für Rechengenieis

Wie ist es, wenn die Anlage zu 40 % kreditfinanziert ist? Als Zinssatz für den Kredit werden 4 % angenommen. Der Kredit hat eine Laufzeit von 10 Jahren.

## 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 CO<sub>2</sub> 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<sub>p</sub>. 10 m<sup>2</sup> Solarfläche entsprechen in etwa 1 kW<sub>p</sub>.
- Bei amorphem Silizium liegt der Energieverbrauch bei ca. 3.070 kWh pro kW<sub>p</sub>. 20 m<sup>2</sup> entsprechen in etwa 1 kW<sub>p</sub>.

**Faustformel:** Ohne Verschattung strahlt die Sonne an einem idealen Sonnentag im Jahresdurchschnitt 1.000 W/m<sup>2</sup>. 10 % der Einstrahlung können in elektrische Leistung umgewandelt werden. Der elektrische Ertrag beträgt also 100 W/m<sup>2</sup>.

### Forscheraufgabe

Nach wie vielen Jahren hat eine Solaranlage mit einer Gesamtleistung von 5 kW<sub>p</sub> so viel Energie eingespart, wie zur Herstellung der Anlage benötigt wurde? Verwende die Zahlen oben und die Faustformel für deine Berechnungen.

#### Kristallines Silizium:

#### Amorphes Silizium:

Recherchiere, ob eure Schulsolaranlage 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. Mach Sie ausfindig und überprüfe, ob Strom eingespart werden kann.

Überprüfe zunächst, wie hell die Beleuchtung in deiner Schule ist. 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 Solaranlagen auf Schuldächern decken nicht den Strombedarf der Schule. Was könnte man tun, um Verbrauch und Bedarf aufeinander abzustimmen? Notiere hier deine Vorschläge.

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

# Arbeitsblatt 3-06: Deckt unsere Solaranlage den Jahresverbrauch an Strom?

## Rechercheaufgabe

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

Jahresverbrauch an Strom in kWh: \_\_\_\_\_

Jahresertrag der Solaranlage in kWh: \_\_\_\_\_

Du kannst den Stromverbrauch und Stromertrag auch an den jeweiligen Zählern ablesen und 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 Solaranlage 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 Energie sparen kann. Schreibe außerdem Ideen zur Verbesserung oder Erweiterung der Solaranlage auf. Gib den Brief danach deiner Schulleiterin oder deinem Schulleiter.

# Schülerspicker

zum Thema „Wir verbessern Solaranlagen!“

## 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 bildet 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.

## 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 (12-15%). Durch technische Weiterentwicklung verbessern sich die Wirkungsgrade kontinuierlich.

## Was ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)?

Nach dem EEG erhält man für Strom aus erneuerbaren Energien Geld vom Staat. Der Strom wird nicht selbst genutzt, sondern in das öffentliche Netz eingespeist. 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 Solaranlage erzeugen kann. Es gibt aber zwei Möglichkeiten hier etwas zu tun: Verbesserung oder Vergrößerung der Solaranlage, 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 Solaranlagen!“

### Das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)

Das deutsche Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien, in der geläufigen Kurzfassung Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) genannt, soll den Ausbau von Strom- und 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.

### 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 Solaranlage setzt sich aus weiteren Faktoren zusammen: Wird der entstehende Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt, entstehen am Wechselrichter Umwandlungsverluste. Wird bei Inseln Systemen 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 12-15 %.

**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 10-13 %.

**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 6-9 %.

# 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 Solaranlagen auseinandergesetzt haben, steht nun die Bildung einer eigenen Meinung über die Nutzung und Förderung von 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.

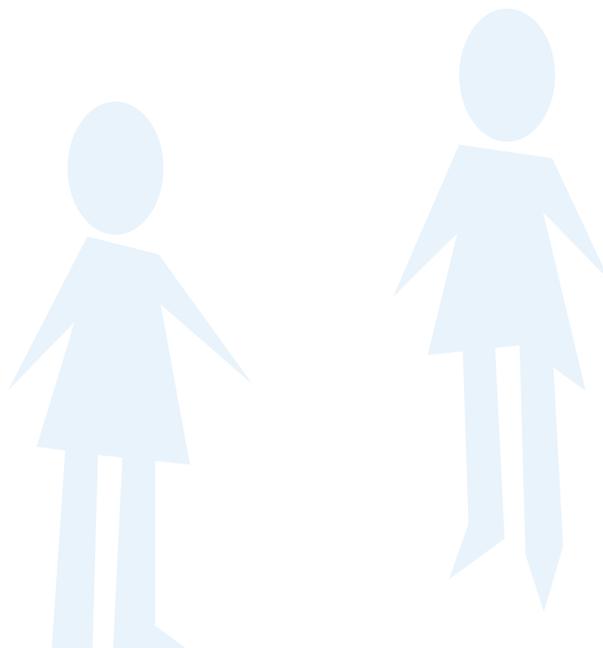
## Welches Vorwissen wird bei den Schülerinnen und Schülern vorausgesetzt?

- 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

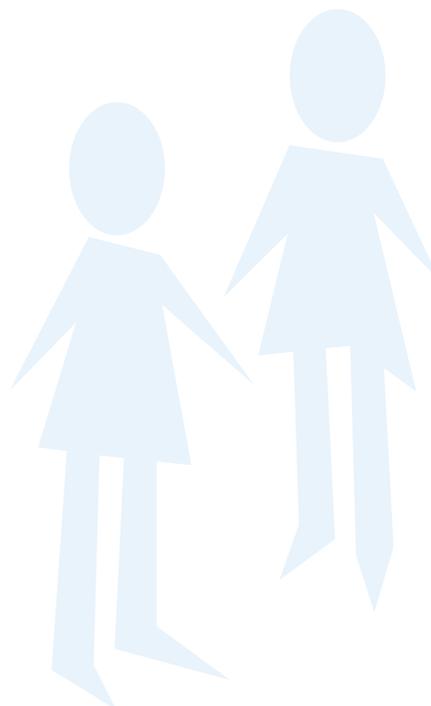
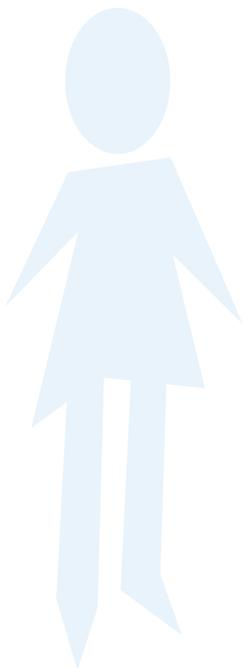


## Module für den Unterricht

### Modul 4-01 Stille Diskussion:

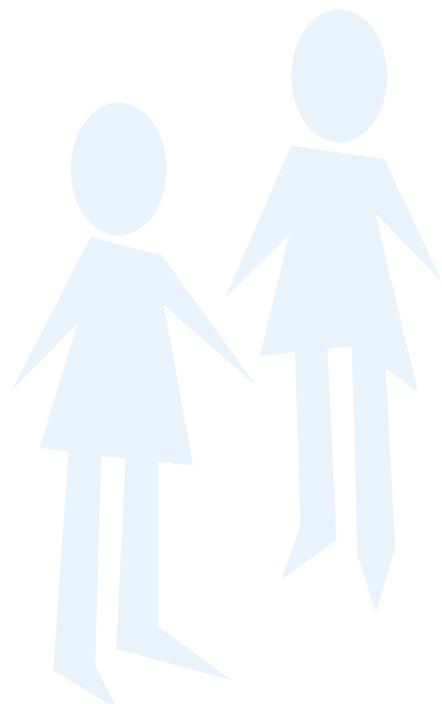
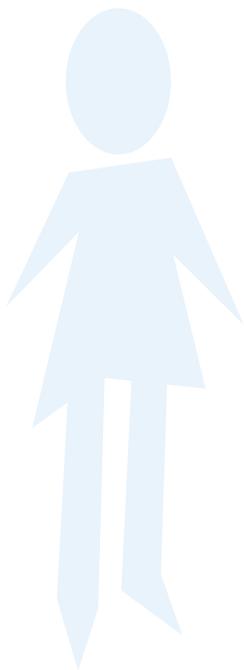
#### Wieso nehmen wir den Strom nicht einfach aus der Steckdose?

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. Solaranlagen auf allen Dächern? Eine sinnvolle Sache? 3. Jeder kann die Welt verändern! Was tun wir, damit unsere Kinder besser leben? Die Sch verteilen sich auf die Plakate und schreiben ihre Gedanken zu den Fragen auf. Nach einer vorgegebenen Zeit wechseln sie zu einem anderen Plakat, lesen die Kommentare und fügen eigene weiterführende Überlegungen hinzu. Danach wird ein weiteres Mal gewechselt. Sollte nach der stillen Phase weiterer Diskussionsbedarf bestehen, kann in eine mündliche Debatte übergegangen werden.	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



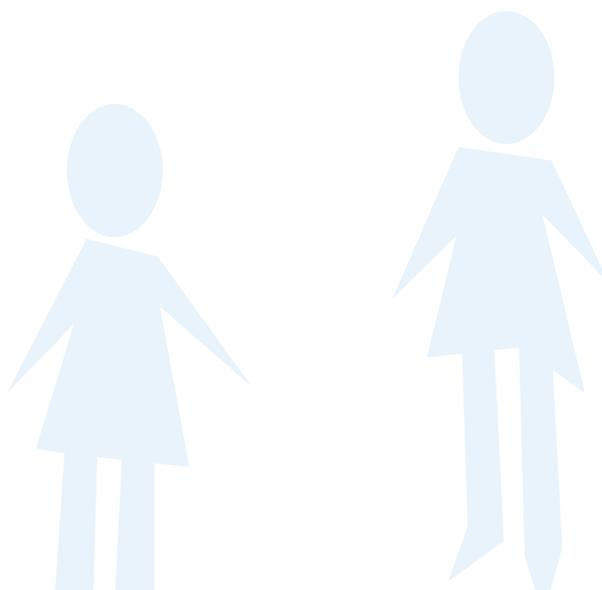
## Modul 4-02 Pro-Contra-Diskussion zur Förderung der Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
45 min Deu Geo Soz	<p>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?</p>	<p>Die Sch bilden sich eine Meinung zur Förderung der Solarenergie und anderer erneuerbaren Energien. Sie wägen ihre Argumente in der Diskussion ab und tragen sie sachbezogen vor.</p>	<p>3 bzw. 6 große Plakate, Filzstifte oder Eddings</p>



## Modul 4-03 Referate zur Solarenergie

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
Zeit variabel  Phy Deu Ku Geo Soz Ch	<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.</p>	Die Sch lernen, ihr erworbenes Fachwissen zur Solarenergie anschaulich zu präsentieren.	Referatsliste 4-03, Plakate, Internet, Drucker



## Modul 4-04 Wissensspiel zur Solarenergie

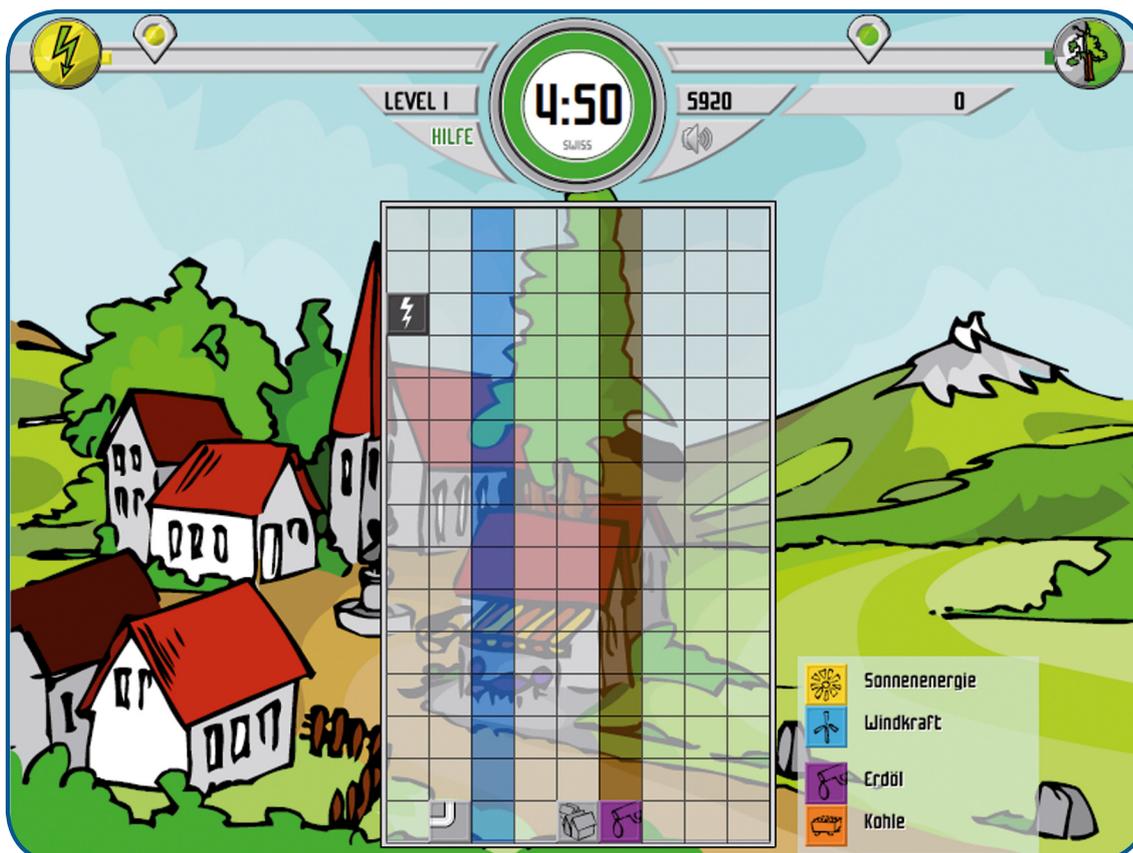
Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
Zeit variabel Phy Deu Ku Geo Soz Ch	Mithilfe der Kärtchen aus der Referatsliste (Modul 4-03) entwickeln die Sch selbstständig ein Wissensspiel. Sie erhalten den Auftrag, zu jedem vermerkten Stichpunkt eine bestimmte Anzahl von Fragen zu formulieren und diese auf Karteikarten (die 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 Solaranlage

Zeit u. Fach	Aktivitäten und Methoden	Lernziele	Material u. Medien
30 min Phy Geo Deu Ku I	Die Sch verfassen Presseartikel, evtl. mit Fotos, für die Homepage der Schule oder Schülerzeitung, in denen sie über die schuleigene Solaranlage informieren. Alternativ dazu erstellen sie Informationsplakate und hängen sie im Schulgebäude auf.	Die Sch präsentieren ihre Lernergebnisse themenbezogen, sachlich und sprachlich richtig. 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 I	Das Spiel „powerado“ kann als CD beim UfU bestellt werden oder ist als Online-Spiel unter <a href="http://www.powerado.de">www.powerado.de</a> 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 umweltfreundliche Energieerzeugung zu achten. Zwischen den verschiedenen Levels müssen Wissensfragen beantwortet werden.	Die Sch beschäftigen sich spielerisch mit umweltfreundlicher Energieerzeugung.	Internet, CD



Online-Spiel „powerado“, [www.powerado.de](http://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 I	Unter <a href="http://www.solar-is-future.de/kids/">www.solar-is-future.de/kids/</a> 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 <a href="http://www.bildungscent-spiel.de/bmu">www.bildungscent-spiel.de/bmu</a> . Ein schwieriges Klima- und Energiequiz gibt es unter <a href="http://www.mission-blue-planet.de">www.mission-blue-planet.de</a> .	Die Sch festigen und ergänzen eigenständig ihr Wissen über Sonnenenergie, Solarstrom, Klimaschutz und Energiesparen.	Internet

**MISSION BLUEPLANET**  
DAS KLIMA-QUIZ

HOME  
QUIZ SPIELEN  
DEINE KLIMAFRAGE  
ÜBER DAS QUIZ  
CD-VERSION  
LEXIKON  
TIPPS UND STOFF  
PRESSE  
IMPRESSUM

**richtige Antwort:**  
**Schnee sich zu Eis presst**

Gletscher entstehen im Lauf von Tausenden von Jahren. Im Hochgebirge sammelt sich in Mulden mehr Schnee als abschmelzen kann. Durch sein eigenes Gewicht presst der Schnee den darunter liegenden Schnee zu Eis.

Nadine Querfurth [www.nadine-querfurth.de](http://www.nadine-querfurth.de)

Klima sucht Schutz  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

PUNKTE ZEIT WEITER

Online-Spiel „Mission BluePlanet“ [www.mission-blue-planet.de](http://www.mission-blue-planet.de)

# Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

Was ist Silizium?  
Was bedeutet Mono-Poly-Amorph?

Schlafende Solaranlagen wecken!  
Wo liegen die Hemmnisse?

Wie groß sind Solaranlagen?

Wie unterstützt der Staat  
Solarenergie?

Wie werden Solarzellen  
hergestellt?

Exkurs Solarthermie –  
Wärme von der Sonne

Strom aus Sonnenwärme –  
Solarthermische Kraftwerke

Zukunft Solarenergie –  
Jobs für Berlin/Brandenburg



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

## Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pädagogische Probleme</li> <li>• Technische Probleme der Solaranlage und Lösungsansätze</li> <li>• Vorstellung innovativer Schulsolarprojekte</li> <li>• <a href="http://www.solarsupport.org">www.solarsupport.org</a></li> <li>• UfU Broschüre: Good Practice. Schlafende Solaranlagen für die Umweltkommunikation wecken</li> <li>• UfU Broschüre: Leitfaden zur Nutzung von Photovoltaikanlagen</li> <li>• <a href="http://www.izt.de/solarsupport">www.izt.de/solarsupport</a></li> <li>• <a href="http://www.powerado.de">www.powerado.de</a></li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewinnung von Silizium</li> <li>• Dünnschicht (amorphes Silizium)</li> <li>• Dickschicht (polykristalline Solarzellen, monokristalline Solarzellen)</li> <li>• Materialverfügbarkeit</li> <li>• Wirkungsgrade</li> <li>• <a href="http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagedezember2002.html">www.solarserver.de/solarmagazin/anlagedezember2002.html</a></li> <li>• BINE Broschüre: Photovoltaik</li> <li>• Broschüre: FVS Themen 2003: Dünnschicht Solarzellen aus Silizium</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) und Ökosteuern</li> <li>• Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und der deutschen Wirtschaft zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen</li> <li>• <a href="http://www.eeg-aktuell.de">www.eeg-aktuell.de</a></li> <li>• <a href="http://www.umweltministerium.de/erneuerbare/energien/doc/5982.php">www.umweltministerium.de/erneuerbare/energien/doc/5982.php</a></li> <li>• <a href="http://www.solarserver.de/solarmagazin/eeg.html">www.solarserver.de/solarmagazin/eeg.html</a></li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Größenordnungen und Anlagentypen</li> <li>• Verbreitung von Solaranlagen</li> <li>• Solarkraftwerke in China, USA und Australien</li> <li>• Energiepark Waldpolenz</li> <li>• Industrielle Nutzung von Solaranlagen</li> <li>• BINE Broschüre: Photovoltaik</li> <li>• Stichworte in Suchmaschine eingeben</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatzorte (mit Praxisbeispielen)</li> <li>• Anlagentypen: Röhren- und Flachkollektoren</li> <li>• Staatliche Förderung</li> <li>• BINE Broschüre: Thermische Nutzung der Solarenergie</li> <li>• DGS Broschüre: Nutzerinformation Solarthermie</li> <li>• <a href="http://www.bafa.de">www.bafa.de</a></li> <li>• <a href="http://www.sfv.de/lokal/mails/phj/sonnenkr.htm">www.sfv.de/lokal/mails/phj/sonnenkr.htm</a></li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schritte beim Herstellungsprozess</li> <li>• Welche Technik für welche Solarzelle? (Czochralski-, Blockguss-, Bridgman-, Zonenschmelzverfahren, chemische Gasphasenabscheidung)</li> <li>• BINE Broschüre: Photovoltaik</li> <li>• Stichworte in Suchmaschine eingeben</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen einer Landkarte „Solarregion Berlin/Brandenburg“</li> <li>• Welche Arbeitsmöglichkeiten gibt es? Jobbeschreibungen (z.B. Ingenieur, Solartechnik)</li> <li>• Zukunftsaussichten und Wachstum</li> <li>• Berlin Partner GmbH Broschüre: Solarenergie in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg</li> <li>• Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft</li> <li>• <a href="http://www.solarwirtschaft.de">www.solarwirtschaft.de</a></li> <li>• BINE Broschüre: Photovoltaik</li> <li>• Broschüre powerado: Reiseführer Erneuerbare Energien</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solar-Stirling</li> <li>• Dish-Stirling</li> <li>• Strom aus solarthermischen Anlagen</li> <li>• <a href="http://www.innovative-solartechnik.de">www.innovative-solartechnik.de</a></li> <li>• Schlaich Bergermann und Partner Broschüre: Ein neues solares Dish-Stirling Kleinkraftwerk</li> <li>• Fachhochschule Regensburg: Kleine Solar-Stirlingkraftwerke – eine Alternative zur Photovoltaik</li> <li>• BINE Broschüre: Solarthermische Kraftwerke werden Praxis</li> <li>• BMU Broschüre: Solarthermische Kraftwerke</li> </ul> |



# Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

**Energieressourcen –  
Fossile und erneuerbare Energien**

**Treibhauseffekt und Klimawandel**

**Energiekrise –  
Solarenergie als Lösung?**

**Klimaschutz an Schulen**

**Solarenergie weltweit!**



Bitte an den gestrichelten Linien in einzelne Karten schneiden.

## Referatsliste 4-03: Expertenwissen zur Solarenergie

- Natürlicher Treibhauseffekt und vom Menschen verursachter Treibhauseffekt
- Folgen für das Klima
- Klimaschutz
- Nachhaltige Energieversorgung
- BINE Broschüre: Effiziente Kraftwerke
- BINE Broschüre: Energie im Wandel, Klima und Energie
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter

- Vor- und Nachteile fossiler und erneuerbarer Energien
- Energieeffizienz
- Kraft-Wärme-Kopplung
- BINE Broschüre: Was ist Energie?
- BMU Broschüre: Erneuerbare Energien
- [www.bmu.de/bildungsservice](http://www.bmu.de/bildungsservice)
- [www.kwk-modellstadt-berlin.de](http://www.kwk-modellstadt-berlin.de)

- Finanzielle Anreizsysteme
- Fifty/fifty
- Energieprojekte an Schulen
- BINE Broschüre: Schüler sparen Energie
- UfU Broschüre: Energ(W)ie sparen an Schulen
- UfU Broschüre: Kleines Handbuch für Klimaretter
- [www.bmu.de/bildungsservice](http://www.bmu.de/bildungsservice)
- [www.ufu.de/fifty-fifty](http://www.ufu.de/fifty-fifty)
- [www.fiftyfiftyplus.de](http://www.fiftyfiftyplus.de)
- [www.schule-energie-bildung.de](http://www.schule-energie-bildung.de)
- [www.umweltschulen.de](http://www.umweltschulen.de)

- Klimaschutzziele der Bundesrepublik Deutschland
- Ökologische Aspekte
- Ressourcenknappheit
- CO<sub>2</sub>-Reduktion
- Technische Entwicklungspotentiale im Solarbereich
- Schott Broschüre: Solar – Energie für die Zukunft
- BINE Broschüre: Photovoltaik
- UfU Broschüre: Energiesparen und erneuerbare Energien
- UfU Broschüre: Energ(W)ie sparen an Schulen
- [www.bmu.de/klimaschutz/nationale\\_klimapolitik/doc/5698.php](http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php)

- Förderung der Solarenergie: Marktanzreize anderer Staaten
- Deutschland als Vorreiter
- Beispiele Spanien, Österreich und USA
- [www.solarserver.de/solarmagazin/solar-report\\_1108.html](http://www.solarserver.de/solarmagazin/solar-report_1108.html)
- Broschüre: Förderungen im Bereich erneuerbarer Energien in Spanien



# Schülerspicker

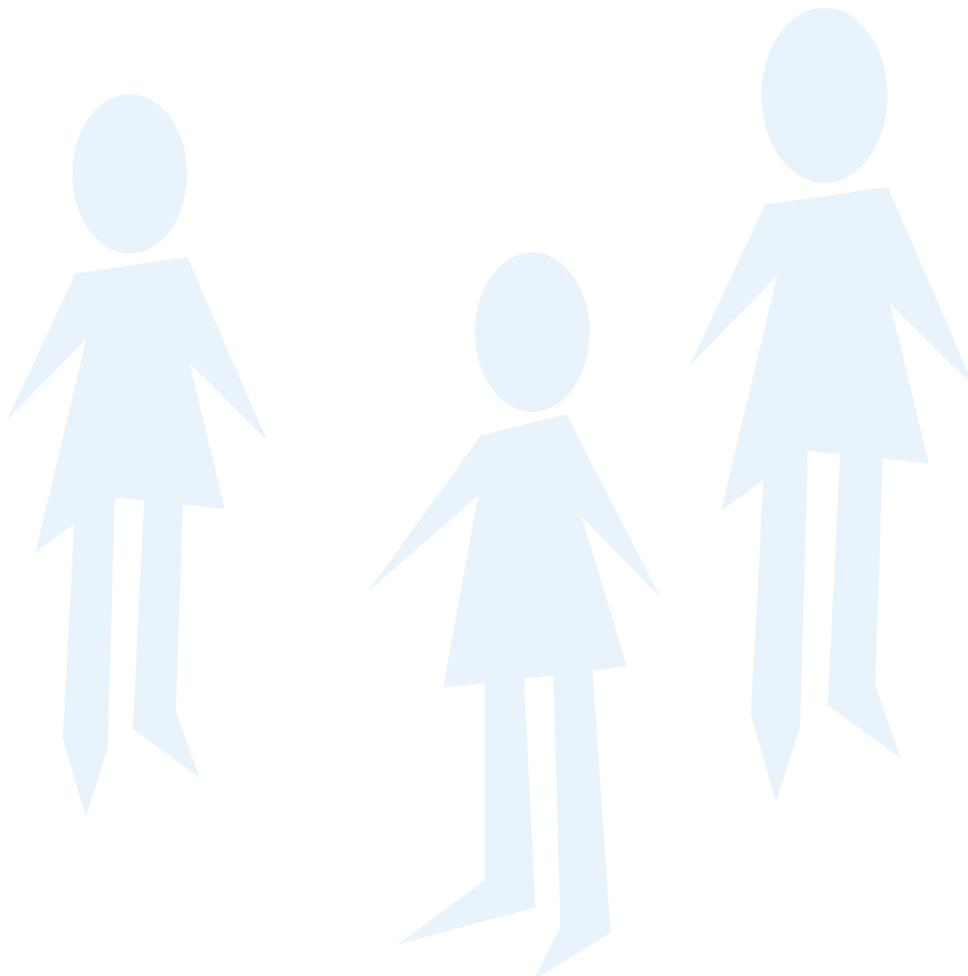
## zum Thema „Solarenergie in der Diskussion“

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

**Dotieren.** Einbringen von Fremdatomen in einen Halbleiter.

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

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

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

**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 gemessen. Sie schubst die Elektronen an, so dass sie sich in eine Richtung bewegen.

**Stromstärke (I)** wird in Ampère 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<sub>peak</sub> (W<sub>p</sub>).** Die Gesamt-/Nennleistung wird in W<sub>p</sub> angegeben. Die Gesamtleistung bezieht sich auf die maximale Leistung der Solaranlagen bei festgelegten Testbedingungen. So können verschiedene Solarzellen einfach unter einem Standard verglichen werden. Diese Standard-Testbedingungen wurden international festgelegt.

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

**Wechselrichter.** Ein Wechselrichter wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um.

# Literaturliste

## Broschüren

### BINE:

Photovoltaik  
Schüler sparen Energie  
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  
Energ(W)ie sparen an Schulen  
Energiesparen und erneuerbare Energien

### BMU:

Solarthermische Kraftwerke  
Umweltbewusstsein in Deutschland 2008

### BMU Bildungsmaterialien:

Erneuerbare Energien  
Klimaschutz und Klimapolitik

### Berlin Partner:

Solarenergie in der Hauptstadtregion  
Berlin/Brandenburg

### DGS:

Nutzerinformation Solarthermie

### Schott:

Solar – Energie für die Zukunft

### powerado:

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

### Außenhandelsstelle Madrid:

Förderungen im Bereich erneuerbarer Energien in Spanien

### FVS Themen 2003:

Dünnschicht Solarzellen aus Silizium

## 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

## Jugendbücher

Energie, Forschungszentrum Jülich u.a. (Hg.), [www.energie-in-der-schule.de](http://www.energie-in-der-schule.de)  
Kraftwerk Sonne, Rowohlt Taschenbuch Verlag  
WasIstWas Band 3 – Energie, Tessloff Verlag  
WasIstWas Band 76 – Die Sonne, Tessloff Verlag  
WasIstWas Band 125 – Das Klima, Tessloff Verlag

## Internetseiten

[www.ufu.de](http://www.ufu.de)  
[www.solarsupport.org](http://www.solarsupport.org)  
[www.powerado.de](http://www.powerado.de)  
[www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)  
[www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)  
[www.sfv.de](http://www.sfv.de)  
[www.eeg-aktuell.de](http://www.eeg-aktuell.de)  
[www.umweltministerium.de](http://www.umweltministerium.de)  
[www.izt.de](http://www.izt.de)  
[www.bmu.de](http://www.bmu.de)  
[www.bafa.de](http://www.bafa.de)  
[www.kwk-modellstadt-berlin.de](http://www.kwk-modellstadt-berlin.de)  
[www.fiftyfiftyplus.de](http://www.fiftyfiftyplus.de)  
[www.schule-energie-bildung.de](http://www.schule-energie-bildung.de)  
[www.energie-in-der-schule.de](http://www.energie-in-der-schule.de)  
[www.umweltschulen.de](http://www.umweltschulen.de)  
[www.bmu.de/bildungsservice](http://www.bmu.de/bildungsservice)  
[www.solarwaerme.at/Lehrer-Center/](http://www.solarwaerme.at/Lehrer-Center/)  
[www.energie-atlas.ch](http://www.energie-atlas.ch)  
[www.solar-is-future.de/kids](http://www.solar-is-future.de/kids)  
[www.geolino.de](http://www.geolino.de)

## Online-Spiele und Online-Quiz

Klimaquiz: [www.bildungsent-spiel.de/bmu](http://www.bildungsent-spiel.de/bmu)  
Klimaquiz „Mission Blue Planet“: [www.mission-blue-planet.de](http://www.mission-blue-planet.de)  
Spiel zum Thema Energieversorgung „powerado“: [www.powerado.de](http://www.powerado.de) oder als CD beim UfU erhältlich

→ → → → → → → → → 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. 15 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten seit 1990 in den Fachgebieten Klimaschutz und Umweltbildung, Umweltrecht und Partizipation sowie Ressourcenschutz und Landschaftsökologie in verschiedenen Projekten im In- und Ausland. Die UfU-Werkstatt als offener Bereich mit verschiedenen Themen und Projekten fungiert als beständige Keimzelle für neu entstehende Bereiche.



## → → → → → → → → → Impressum

### **Autorinnen und Autoren**

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

### **Gestaltung/Illustration**

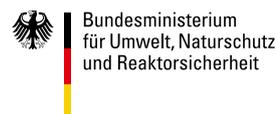
Enrica Hölzinger, [www.ricmedia.de](http://www.ricmedia.de)

**Schulpaket Solarsupport** erstellt im  
Rahmen des Forschungsvorhabens  
Solarsupport



### **Herausgeber**

Greifswalder Straße 4  
10405 Berlin  
[www.ufu.de](http://www.ufu.de)



**Gefördert** durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit