

# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



1/7

## Wie funktioniert eine Solaranlage? – Die verschiedenen Komponenten

### Die Sonne

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.

### 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

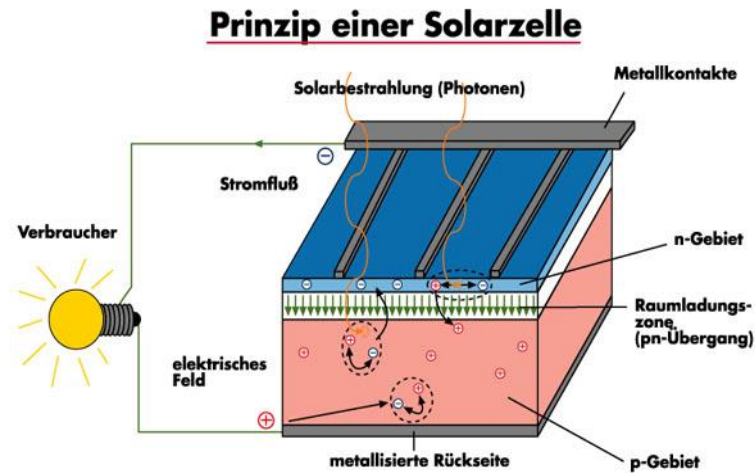
Ein Stromzähler wird zur Bestimmung der Vergütung des solaren Stroms im Fall der Netzeinspeisung eingesetzt.

# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



2/7



Bildquelle: <http://www.sotech.de/images/solarzelle.jpg>

## 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° 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 CO<sub>2</sub>-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

Wattpeak (Wp): „peak“ ist Englisch und bedeutet „Spitze“. In Wp wird die Gesamt- oder Nennleistung der Solarmodule unter Standard-Testbedingungen angegeben. Festgelegt sind diese mit 1.000 W Einstrahlungsleistung, die senkrecht auf 1 m<sup>2</sup> Fläche treffen. Die Temperatur der Zelle beträgt hierbei gleichmäßig 25° C und AM = 1,5. Letzteres heißt, dass der Sonnenstrahl auf seinem Weg das 1,5-fache der Atmosphärendicke (AM = 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.

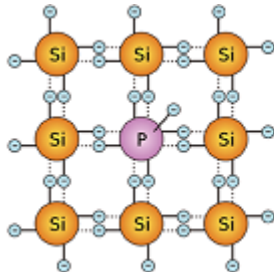
# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation

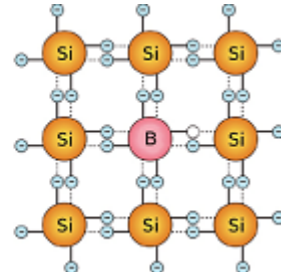


3/7

## Siliziumschichten



Mit Phosphor verunreinigtes Siliziumkristall



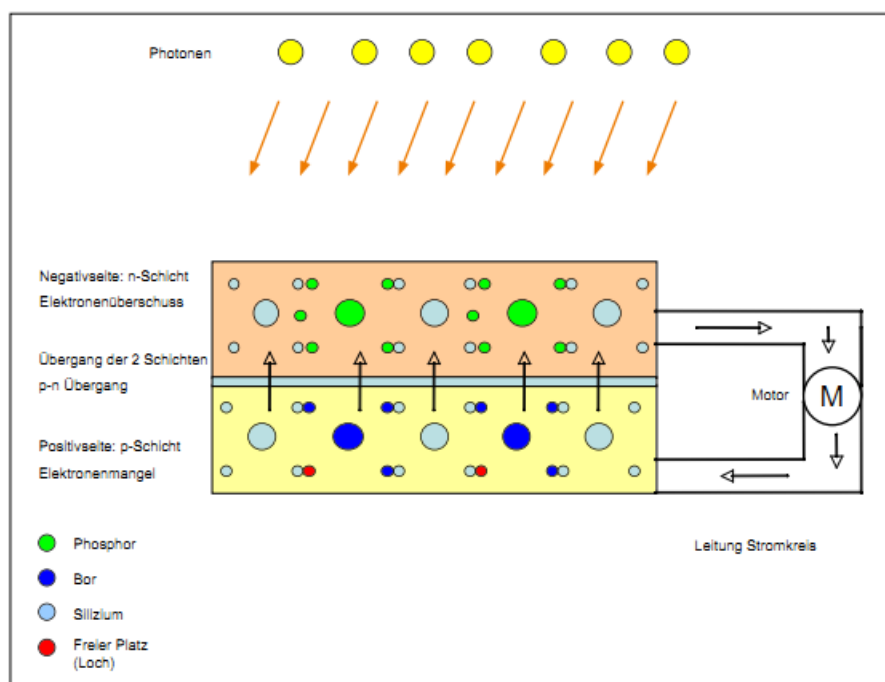
Mit Bor verunreinigtes Siliziumkristall

Bildquelle: Dotierung, de.wikipedia.org

Eine Solarzelle besteht aus zwei Schichten von 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.). Siliziumkristall mit Phosphor verunreinigt Siliziumkristall mit Bor verunreinigt 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.



# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



4/7

## Dotieren

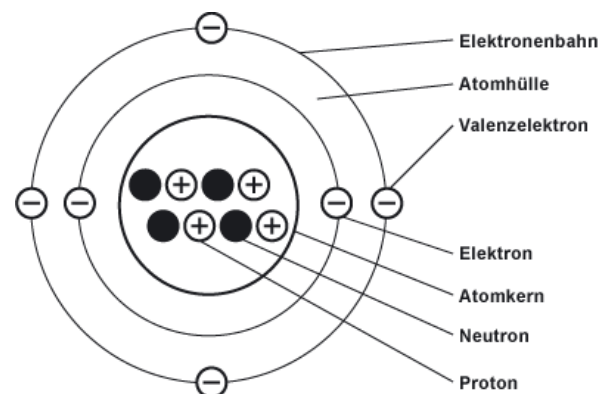
Bei der n-Dotierung (n steht für die freibewegliche negative Ladung) werden fünfwertige Phosphorelemente, die so genannten Donatoren, in das Siliziumgitter eingefügt und ersetzen dafür vierwertige Siliziumatome. Ein fünfwertiges Phosphorelement hat fünf Außenelektronen für Atombindungen zur Verfügung, 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 Außen Elektron.

Diese Elektronenfehlstelle wird als Loch oder Defektelektron bezeichnet. Beim Anlegen einer Spannung verhält sich dieses Loch wie ein freibeweglicher positiver Ladungsträger und kann analog zum negativ geladenen Elektron Strom leiten. Dabei springt ein Elektron – angetrieben durch das äußere Feld – aus einer Atombindung heraus, füllt ein Loch und hinterlässt ein neues Loch. An der Stelle des Akzeptoratoms entsteht eine ortsfeste negative Ladung, der eine positive Ladung des freibeweglichen Lochs gegenübersteht.

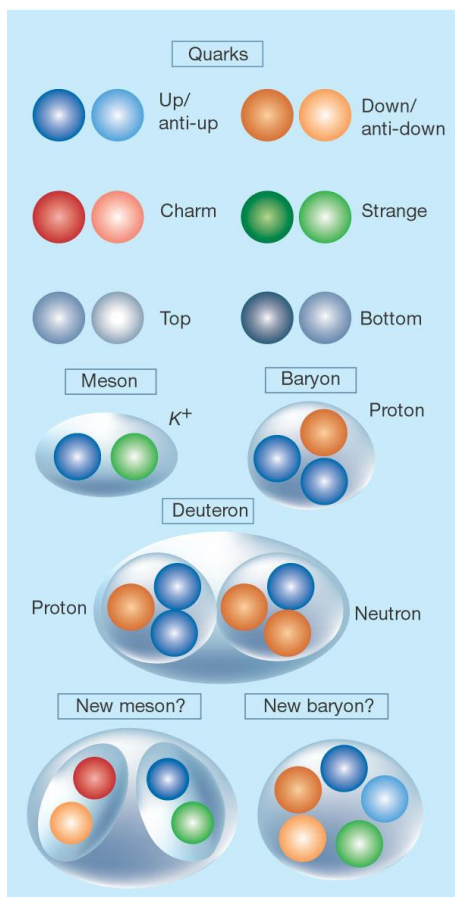
## Atome als kleinste Bausteine der Welt?

Atome haben in der Mitte einen Kern, um den in rasender Geschwindigkeit Elektronen kreisen.

Der Atomkern setzt sich aus Protonen und Neutronen zusammen. In jedem davon stecken wiederum drei Quarks. Von diesen kleinsten Bausteinen, die bis heute entdeckt wurden, gibt es insgesamt sechs verschiedene Arten, die beispielsweise Up-Quark, Neutrino oder Myon heißen.



Bildquelle: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0110271.htm>



## Wissenschaftler

gehen davon aus, dass es noch kleinere, unentdeckte Teilchen gibt. Etwa die so genannte Dunkle Materie, die überall im Weltall umherwabern und die Galaxien zusammenhalten soll wie unsichtbarer Klebstoff. Oder die sogenannten Higgs-Teilchen, eine Art unsichtbarer Matsch, der an allen Dingen haften und ihnen Masse verleihen soll. Ohne Higgs-Teilchen, behaupten manche Forscher, wären wir Menschen so leicht wie Lichtstrahlen.

# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



5/7

## 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 weitreichenden 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.

Das bedeutet, dass möglichst alle CO<sub>2</sub>-erzeugenden Prozesse durch CO<sub>2</sub> neutral ersetzt werden müssen. Insbesondere betrifft dies die Energie-Nutzung von fossilen Brennstoffen, sei es zum Heizen, für die Mobilität und für die Stromerzeugung.



# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



6/7

## Möglichkeiten für den Unterricht:

Ziel modernen Lernens ist es, die Gesellschaft und das eigene Leben reflektiert, gut begründet, selbstbestimmt mit anderen gemeinsam gestalten zu können. Die Schule muss damit mehr leisten, als den Schülerinnen und Schülern beizubringen, in der Schule auf Anforderungen und im künftigen Leben auf Veränderungen bloß zu reagieren. Der Unterricht muss dazu dienen, Kompetenzen nicht nur für die Bewältigung der Zukunft, sondern auch für die selbsttätige Gestaltung der Zukunft zu erwerben.

Fundamental ist daher der Erwerb von Kompetenzen, die sich nicht allein für die Bewältigung und selbst-bestimmte Strukturierung des Alltags, sondern für die Gestaltung des Lebens in der Welt von morgen eignen.

Es verwundert daher nicht, dass die Themen erneuerbare Energien, biologische Vielfalt, Umwelt und Gesundheit, Wasser, die Nutzung von natürlichen Räumen, Abfälle und Wertstoffe sich als Unterrichtsgegenstände in modernen Lehr- und Rahmenplänen finden. Es sind wichtige Themen des heutigen Alltags und für die Gestaltung einer global lebenswerten Zukunft von zentraler Bedeutung.

Diese Lektionen gehören zur „Naturwissenschaftliche Grundbildung, mit dem Ziel naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durchmenschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.

Es geht um Erkenntnisse, Wissen, das Verstehen von Phänomenen und Handlungen sowie um Entscheidungen, welche die Umwelt betreffen. Diese Gestaltungskompetenz konzentriert sich darüber hinaus speziell auf Problemlösungsfähigkeiten und auf die Fähigkeit, aktiv und zukunftsorientiert handeln zu können.

Die Kompetenz, vorausschauend zu denken, mit Unsicherheit sowie mit Zukunftsprognosen, -erwartungen und -entwürfen – zum Beispiel hinsichtlich der künftigen Nutzung erneuerbarer Energien – umgehen zu können, also über die Gegenwart hinausgreifen zu können.

Entscheidend ist es, die Zukunft als offen und mithilfe innovativer Technologie gestaltbar begreifen zu können und aus dieser Haltung heraus verschiedene Handlungsoptionen aus gegenwärtigen Zuständen heraus zu entwickeln. Durch vorausschauendes Denken und Handeln können mögliche Entwicklungen für die Zukunft – wie etwa der Klimawandel – bedacht sowie Chancen und Risiken von aktuellen und künftigen, auch unerwarteten Entwicklungen thematisiert werden.



# Fachwissen Solarenergie

Lehrerinformation



7/7

## Das bedeutet auf der Ebene der Lernziele:

- Die Schülerinnen und Schüler sind mit verschiedenen Methoden der Zukunftsforschung zur (nicht)nachhaltigen Entwicklung vertraut (z. B. Energieszenarien; Prognosen zur Reduktion der Arten). Sie können die Methoden in Gruppenarbeit anwenden. Sie können die Stärken und Schwächen der Methoden beurteilen und darstellen.
- Die Schülerinnen und Schüler können für im Unterricht bis dato nicht behandelte Problemfelder der Umweltveränderungen und Anwendungsgebiete von Umwelttechnik die verschiedenen Methoden der Zukunftsforschung sachangemessen auswählen.
- Die Schülerinnen und Schüler können die wesentlichen Aussagen verschiedener Zukunftsszenarien und -prognosen, zum Beispiel zum Klimawandel, insbesondere in Hinblick auf Umweltrisiken, Armut und globale nicht nachhaltige Wirtschaftsentwicklungen wiedergeben. Sie sind mit daran geknüpften Handlungsempfehlungen und -strategien so weit vertraut, dass sie diese in ihren Argumentationssträngen wiedergeben können.
- Die Schülerinnen und Schüler können auf der Basis von ihnen zur Verfügung gestellten Materialien und Informationspfaden über nicht nachhaltige oder problematische Entwicklungen – etwa im Hinblick auf den Landschaftsverbrauch durch Siedlungsmaßnahmen – in Projekten gemeinsam positive Szenarien technischer, sozialer, ökologischer und ökonomischer Veränderungen entwerfen, visualisieren und ebenso sachlogisch wie auf der Basis von Wertentscheidungen und Fantasieanteilen in Wort und Bild darstellen.
- Die Kompetenz, interdisziplinär zu arbeiten. Problemfelder nicht nachhaltiger Entwicklung und Perspektiven zukunftsfähiger Veränderungen sind heute nicht mehr aus einer Fachwissenschaft oder mit einfachen Handlungsstrategien zu bewältigen. Sie lassen sich nur noch durch die Zusammenarbeit vieler Fachwissenschaften, unterschiedlicher kultureller Traditionen und ästhetischer wie kognitiver und anderer Herangehensweisen bearbeiten. Für das Erkennen und Verstehen von Systemzusammenhängen und einen angemessenen Umgang mit Komplexität ist die Herausbildung entsprechender Fähigkeiten unverzichtbar.
- Sie sind ferner in der Lage, an Beispielen darzustellen, welche Auswirkungen das eigene Handeln sowie das ihrer Umgebung (Schule, Region) auf Ressourcenverbräuche, Schadstoffeinträge und die Verteilungsgerechtigkeit überregional und über längere Zeitläufe hinweg hat. Sie können darauf ein Konzept zur Stoffstromberechnung anwenden.
- Anhand von praktischen Aktivitäten zeigen die Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit, sich in ökologischen, ökonomischen oder sozialen Feldern der Nachhaltigkeit gemeinsam mit anderen regelmäßig zu engagieren. Das kann die Reduktion des Energie- und Wasserverbrauchs ebenso betreffen wie den Einsatz für die Vermeidung von Abfällen und das Engagement für einen sanften Tourismus oder Ideen zum nachhaltigen Wohnen in der Zukunft.
- Sie sind in der Lage, die Resultate ihrer nachhaltigen Planungsprozesse für unterschiedliche externe Gruppen (Eltern, Lehrkräfte, Bürgerinnen und Bürger in einer Fußgängerzone, jüngere Schülerinnen und Schüler) so zu präsentieren, dass es den Gruppen angemessen ist.