

Grundlagen der Photovoltaik

Abstract / Zusammenfassung des Lernfelds

Dieses Lernfeld bietet eine Einführung in die Anwendung der Photovoltaik im Gebäudebereich. Es zeigt, wie viel Sonnenenergie zur Verfügung steht und wie viel davon genutzt werden kann. Dabei wird der neueste Stand der Technik im Bereich Solarzellen und Solarmodule präsentiert. Das Lernfeld erklärt, wie unterschiedliche Arten von Solarzellen und Solarmodule hergestellt werden und welche Gestaltungsmöglichkeiten sie im Bausektor bieten. Neben den Vorteilen von Photovoltaik wird auch das aktuelle technologische Weiterentwicklungspotenzial beschrieben.

Inhaltsverzeichnis

1	LERNZIELE	3
2	ZUM NACHDENKEN ...	3
3	EINLEITUNG	4
4	DIE SONNE – UNVERSIEGBARE ENERGIEQUELLE	6
4.1	Wie viel Energie bekommen wir aus der Sonnenstrahlung?.....	7
4.2	Was ist die Nennleistung von Solaranlagen?	8
4.3	Zum Üben.....	9
5	WAS IST PHOTOVOLTAIK?	10
5.1	Photovoltaischer Effekt	10
5.2	Zum Üben.....	11
6	WELCHE ARTEN VON SOLARZELLEN GIBT ES?	11
6.1	Zum Üben.....	14
7	WIE WERDEN AUS SOLARZELLEN SOLARMODULE?	14
7.1	Zum Üben.....	17
8	MONTAGEARTEN VON PV-ANLAGEN	17
9	WELCHE VORTEILE BIETET PHOTOVOLTAIK?	18
9.1	Zum Üben.....	19
10	WAS KANN NOCH WEITERENTWICKELT WERDEN?	19
10.1	Zum Üben.....	21
11	QUELLEN	22
12	ÜBERSICHT AUFGABEN	23
13	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	24
14	IMPRESSUM	25

1 Lernziele

- Vorteile von Photovoltaik nennen
- Erklären können, wie Solarzellen und Solarmodule hergestellt werden
- Den Photovoltaischen Effekt einer Solarzelle darstellen
- Verschiedene Arten von Solarzellen miteinander vergleichen
- Ideen für die Gebäudegestaltung mit Solarzellen und Solarmodulen entwickeln

2 Zum Nachdenken ...

Aufgabe 1: Welche Vorgänge auf der Erde fallen Ihnen ein, die durch Sonnenlicht und Sonnenenergie bewirkt werden?

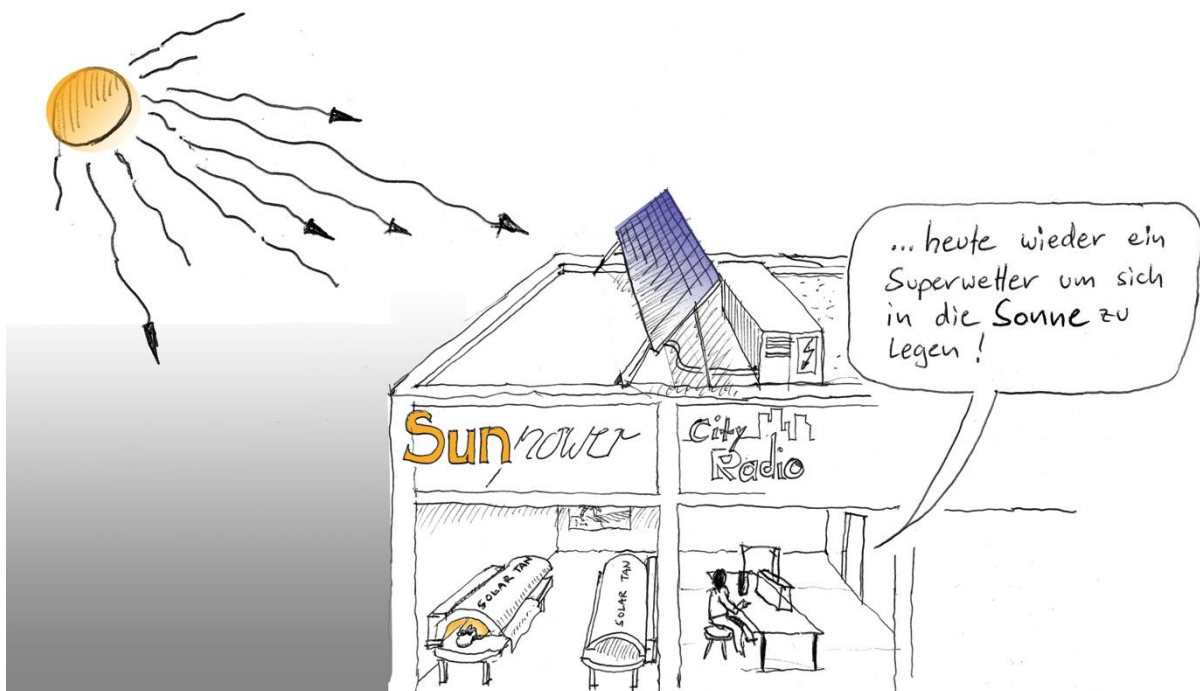


Abbildung 1: Die Sonne – Vorteile nutzen, Nachteile vermeiden. (Quelle: Stefan Prokupek, GrAT)

3 Einleitung

Photovoltaik ist die Erzeugung von elektrischem Strom aus der Sonnenstrahlung. Die Sonnenenergie gehört zu den erneuerbaren (regenerativen) Energieträgern. Das heißt, sie ist eine Quelle für die Stromerzeugung, die nicht versiegt. Andere erneuerbare Energieträger sind Wind- und Wasserkraft, Erdwärme sowie Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz oder Stroh.

Erneuerbare Energieressourcen unterscheiden sich von nicht erneuerbaren (fossilen) Ressourcen wie Erdöl, Kohle oder Erdgas. Diese fossilen Ressourcen erneuern sich nicht schnell, nachdem man aus ihnen Energie gewonnen hat. Deswegen werden sie immer seltener und dadurch auch teurer. Ein weiterer Unterschied zu den erneuerbaren Energieressourcen ist, dass Energie aus fossilen Ressourcen klima- und umweltschädlich ist, z. B. weil CO₂ bei der Verbrennung freigesetzt wird.

Die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen, wie Sonnenenergie, ist daher eine Alternative, um einerseits natürliche Ressourcen zu schonen und andererseits klimafreundlich Strom zu erzeugen. Auf den nächsten Seiten ist dargestellt, wie das überhaupt funktioniert und wie sich Photovoltaik im Gebäudebereich nutzen lässt.

>>> Info-Box >

Wenn es um Photovoltaik geht, stößt man immer wieder auf bestimmte Begriffe und Abkürzungen.

W ... Watt (Einheit für Leistung)

kW ... Kilowatt (= 1.000 Watt)

kWh ... Kilowattstunde (Einheit für Energie)

kWh/m²a ... Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr

Elektronen: elektrisch negativ geladene Teilchen, die auf Bahnen um den Atomkern kreisen und damit die sogenannte Atomhülle bilden. Wenn in einem Körper (z. B. einer Metallplatte) ein Überschuss oder ein Mangel an Elektronen entsteht (z. B. durch Reibung oder Strahlung), lädt sich der Körper negativ bzw. positiv auf. Weil Ladung aber nach Ausgleich strebt, bewegen sich die überschüssigen Elektronen dorthin, wo Elektronen fehlen. Es kommt also zu Bewegung unter den Elektronen. Strom, der fließt, ist genau eine solche Bewegung.

Photonen: Das Wort leitet sich aus dem Griechischen ab: Phos bedeutet Licht. Grob gesprochen, kann man Photonen als „Lichtteilchen“ bezeichnen. Aus ihnen besteht elektromagnetische Strahlung (wie eben Licht, aber z. B. auch Röntgenstrahlen).

Halbleiter: Festkörper (Stoffe), die sowohl elektrische Leiter als auch Nicht-Leiter sein können. Ob sie leiten oder nicht, hängt von äußeren Bedingungen (z. B. der Temperatur) ab oder von inneren Eigenschaften. Beispielsweise kann man bestimmte Fremdatome in einen Halbleiter einbringen, damit diese die gewünschte Leitfähigkeit erhalten. Das wird „Dotierung“ genannt und ist für die Herstellung von Solarzellen wichtig, wie wir später noch sehen werden.

Luftmasse: englisch „Airmass“ (AM); bezeichnet die Länge des Weges, den Lichtstrahlen durch die Atmosphäre bis zum Erdboden zurücklegen, verglichen mit dem kürzesten Weg, nämlich dem bei senkrechtem Lichteinfall. Eine Luftmasse von 1 entspricht einem senkrechten Lichteinfall (Winkel von 0°), wenn die Sonne im Zenit steht. Eine Luftmasse von 1,5 entspricht einem Lichteinfall von circa 48° , wenn die Lichtstrahlen schräg auf die Erdoberfläche treffen.

Primärenergie: natürlich vorkommende Energie in ihrer ursprünglichen Form, bevor sie z. B. in Strom oder Kraftstoff umgewandelt wird. Zu Primärenergiequellen zählen Kohle-, Erdöl- und Erdgasvorkommen, Uran, Wasserkraft, Sonnenstrahlung, Windkraft, Erdwärme und Biomasse. Nach der Umwandlung spricht man von Sekundärenergie und schließlich von der Endenergie, die beim Verbraucher ankommt.

Wirkungsgrad: beschreibt bei der Photovoltaik die Effizienz der Energieumwandlung. Wie viel Sonnenenergie wird von einer Solarzelle in elektrische Energie umgewandelt? Der Wirkungsgrad wird entweder mit η (Eta) bezeichnet oder in Prozent angegeben: Eine Solarzelle hat z. B. einen Wirkungsgrad von 16 %, oder man sagt: $\eta = 0,16$.

Parallelschaltung: Die Elemente eines Schaltkreises sind parallel geschaltet, wenn auf der einen Seite ihre Minuspole miteinander verbunden sind und auf der anderen Seite ihre Pluspole. Der Strom fließt nicht als Ganzes durch alle Elemente hintereinander durch (das wäre „Reihenschaltung“, siehe unten), sondern teilt sich vorher auf. Mit der Parallelschaltung wird die Gesamtstromstärke erhöht, während die Spannung gleich bleibt.

Reihenschaltung: Die Elemente eines Schaltkreises sind in Reihe geschaltet, wenn sie hintereinander vom selben Strom durchflossen werden. Damit können höhere Gesamtspannungen erzeugt werden, während die Stromstärke gleich bleibt. Die Reihenschaltung wird auch Serienschaltung genannt. Das Gegenteil davon ist die „Parallelschaltung“ (siehe oben).

4 Die Sonne – unversiegbare Energiequelle

Die Sonne liefert uns unvorstellbar viel Energie. Es trifft genug Strahlungsleistung auf die Erde, um unseren Gesamtenergiebedarf circa 10.000-mal zu decken. Zum Vergleich würden für dieselbe Menge 150 Millionen Kernkraftwerke gebraucht. Die Sonne besteht seit circa 5 Milliarden Jahren und wird weitere 5 Milliarden Jahre existieren. Damit steht sie uns auch in Zukunft als riesige, kostenlose Energiequelle zur Verfügung, die „keine Rechnung schickt“!

BEISPIEL BOX

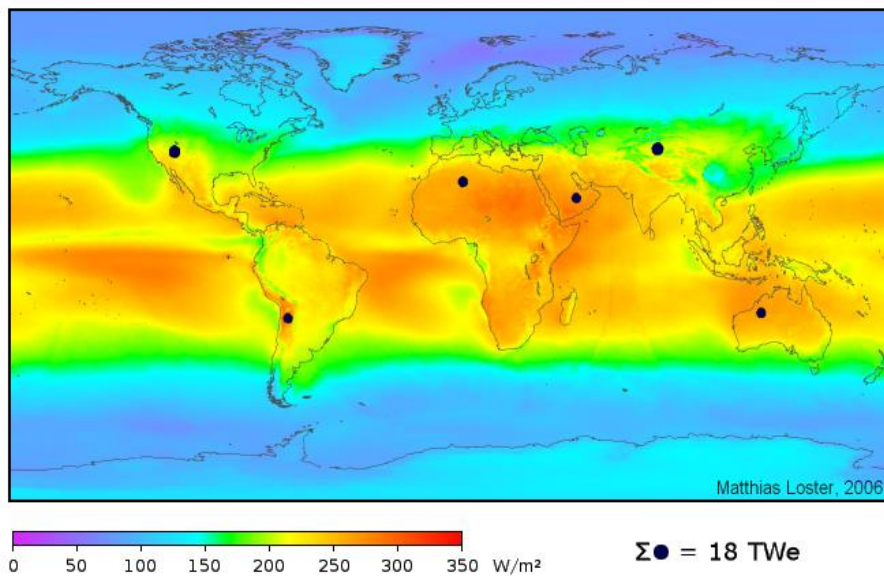


Abbildung 2: Weltweite Sonneneinstrahlung und Potenzial zur Stromerzeugung (Quelle: Loster 2006, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_land_area.png)

Diese Weltkarte zeigt die durchschnittliche lokale Sonneneinstrahlung auf der Erdoberfläche, wobei auch die Strahlung bei Nacht und bei Bewölkung miteinbezogen ist.

Man beachte die kleinen dunklen Scheiben: Wenn man nur die Sonneneinstrahlung in diesen Flächen nutzen würde, könnte man bereits die ganze Erde mit Strom versorgen.

Quelle: Loster, 2010

Zurzeit wird erst ein geringer Teil des weltweiten Energiebedarfs durch Solarenergie gedeckt. Da fossile Energieträger wie Erdöl aber immer teurer werden, ist es unvermeidlich, erneuerbare Energieträger verstärkt zu verwenden.

Die Photovoltaik hat hier global das größte Potenzial, da die Sonnenstrahlung unbegrenzt zur Verfügung steht und auch die Rohstoffe für die Solarzellen (meist Silizium) sehr gut verfügbar sind.

In Bayern werden bereits 5 % des jährlichen Energiebedarfs durch Photovoltaik gedeckt, im Sommer sind es sogar rund 40 %. An diesem Beispiel sieht man, dass durch entsprechende Förderungen und politische Rahmenbedingungen eine stärkere Nutzung der Sonnenenergie möglich ist.

>>> Info-Box >

Sonnenenergie in Zahlen:

- Energieabstrahlung der Sonnenoberfläche etwa 75.000 kW/m²
- Bestrahlungsstärke auf der Erdoberfläche im Durchschnitt etwa 1 kW/m², von 50 W/m² bei stark bedecktem Himmel bis etwa 1.200 W/m² bei optimalem Wolkenstand
- Eingestrahelte Energiemenge pro Jahr in Österreich: 1.000 bis 1.400 kWh/m²a
- Maximum an Sonneneinstrahlung: 2.200 kWh/m²a (Gebiete in Australien, Süd- und Zentralafrika, Amerika)
- Die solare Einstrahlung entspricht etwa dem 10.000-fachen derzeitigen Primärenergiekonsum der Menschheit.

(Quelle:

http://kurse.ibo.at/mod/scorm/player.php?a=20¤torg=eXesanieren_24823c6301d864942c32&scoid=466)

4.1 Wie viel Energie bekommen wir aus der Sonnenstrahlung?

Die Sonnenenergie gelangt in Form von Strahlung zur Erde. Die gesamte Strahlungsleistung, die auf die Erdoberfläche trifft, heißt „Globalstrahlung“. Sie setzt sich zusammen aus direkter und diffuser Strahlung. Diffuse Strahlung ist jene, die z. B. durch Wolken oder Staubteilchen gestreut wird oder reflektiert wird, während direkte Strahlung auf geradem Weg und ungestört auf die Erdoberfläche trifft. Beide werden zur Energiegewinnung genutzt, auch wenn die diffuse Strahlung einen geringeren Beitrag leistet. Das bedeutet, dass die Energiegewinnung nicht nur bei direkter Sonneneinstrahlung funktioniert, sondern prinzipiell bei Licht (also am Tag, auch wenn es bewölkt ist).

Je nach Tageszeit, Bewölkungsgrad, Dunst usw. treffen zwischen 50 W/m² und 1.000 W/m² Globalstrahlung auf die Erde, wobei z. B. in Mitteleuropa der Anteil an diffuser Strahlung höher ist als etwa in Zentralafrika.

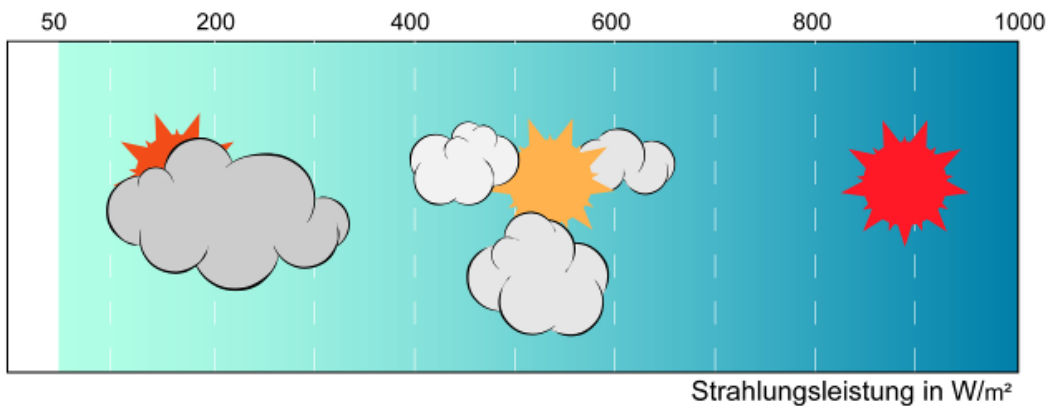
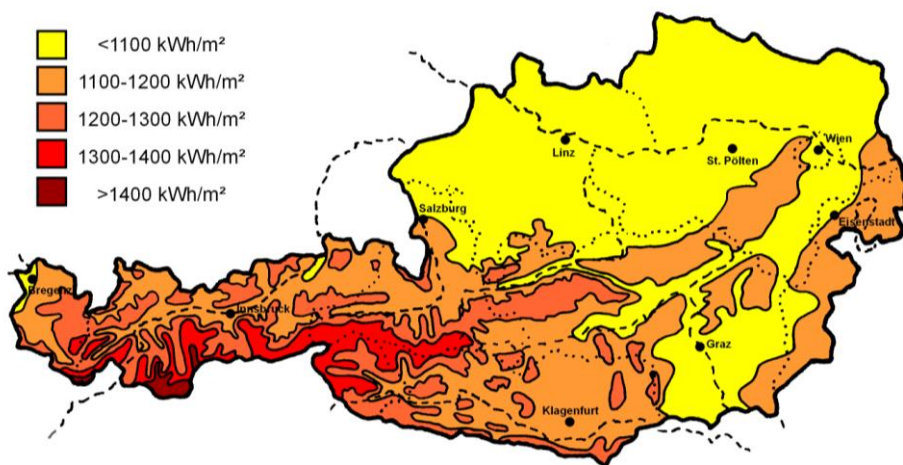


Abbildung 3: Strahlungsleistung bei unterschiedlichem Wetter (Quelle: GrAT)

Wird die Globalstrahlung über einen längeren Zeitraum (z. B. ein Jahr) gemessen, werden auch die Werte bei Nacht und bei Bewölkung miteinbezogen. Dadurch ergeben sich beispielsweise für Österreich im Durchschnitt Werte von circa $1.100 \text{ kWh}/m^2a$ (z. B. in Wien oder Teilen Ober- und Niederösterreichs) bis über $1.400 \text{ kWh}/m^2a$ (z. B. in den südlichen Alpengebieten).



Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - Abteilung für Klimatologie

Abbildung 4: Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche in Österreich (Quelle: ZAMG)

4.2 Was ist die Nennleistung von Solaranlagen?

Ein und dieselbe Solaranlage erzeugt aufgrund der unterschiedlichen Strahlungsleistung in Wien nicht genauso viel elektrische Energie wie z. B. in einem Ort in den Alpen. Auch zwischen einzelnen Ländern europa- und weltweit bestehen große Unterschiede in der nutzbaren Globalstrahlung.

Um trotzdem verschiedene Solaranlagen miteinander vergleichen zu können, wurden international Standard-Testbedingungen (STC für „Standard Test Conditions“) festgelegt. Für Solaranlagen, bei denen diese Testbedingungen eingehalten wurden, kann man die sogenannte „Nennleistung“ in Kilowatt angeben (man spricht dann von „Kilowatt peak“, oft abgekürzt mit kWp, was sich vom englischen Begriff „peak“ für „Höchstwert“ ableitet). Mit dieser Nennleistung lassen sich Produkte weltweit vergleichen, und auch weitere Berechnungen werden mit dieser Nennleistung durchgeführt.

Die Standard-Testbedingungen (STC) sind: 25 °C Modultemperatur, 1.000 W/m² Bestrahlungsstärke und eine Weglänge durch die Luftmasse von 1,5. Meistens sind die Bedingungen in der Praxis jedoch schlechter, z. B. weil sich die Module auf mehr als 25 °C erwärmen und weil 1.000 W/m² ein Wert ist, der in Mitteleuropa als sogenannter „Momentanwert“ z. B. nur an einem strahlend blauen oder leicht bewölkten Sommertag erreicht werden kann.

Faustregel!

Faustregel: Bei voller Sonneneinstrahlung erzeugt eine Standard-Solarzelle (10 x 10 cm) etwa eine Spannung von 0,5 V und eine Stromstärke von 3 A, somit eine Leistung von 1,5 W. Wenn man mehrere dieser Zellen zu einem Modul zusammenschaltet, wird die Stromstärke (bei Parallelschaltung) bzw. die Spannung (bei Reihenschaltung) erhöht.

Für eine Nennleistung von 1 kWp werden derzeit circa 8–10 m² Solarmodulfläche benötigt.

Eine Solaranlage mit 1 kWp Nennleistung kann in Österreich etwa 900–1.200 kWh im Jahr produzieren. Die genaue Energiemenge ist abhängig von Faktoren wie: Standort, Ausrichtung, Sonnenstunden, Temperatur.

4.3 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 2: Wofür steht die Abkürzung STC?

Aufgabe 3: Was ist mit kWp gemeint?

Aufgabe 4: Wofür ist es wichtig, die Nennleistung von Solaranlagen zu kennen?

Aufgabe 5: Wie viel Energie (in kWh) kann eine Solaranlage in Österreich mit einer Nennleistung von 1 kWp im Jahr ungefähr produzieren?

5 Was ist Photovoltaik?

Der Begriff Photovoltaik (PV) besteht aus den Wortteilen Phos (griechisch: Licht) und Volt (Maßeinheit der elektrischen Spannung). Photovoltaik ist also die Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie, und zwar mithilfe von Solarzellen.

Photovoltaik muss unterschieden werden von der sogenannten Solarthermie: Durch Solarthermie wird aus der Sonnenenergie nicht elektrische, sondern thermische Energie gewonnen, also Wärme. Dafür werden sogenannte Solarkollektoren verwendet, in denen ein Wärmeträgermedium (z. B. ein Wasser-Glykol-Gemisch) durch die Sonnenenergie aufgeheizt wird. Solarthermie wird zur Gebäudeheizung und zur Warmwasserbereitung verwendet.

5.1 Photovoltaischer Effekt

Wie wird die Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt? Die physikalische Grundlage dafür ist einfach (man vergleiche dazu auch die Info-Box am Anfang dieses Moduls): Elektronen werden durch die Energie von Photonen (z. B. bei Lichteinfall) aus ihrem Verbund herausgelöst. Dadurch ändert sich die Verteilung der vorhandenen, negativ geladenen Elektronen, und elektrische Ladung entsteht.

In einer Solarzelle sieht dieser Prozess folgendermaßen aus (siehe auch Abbildung 5): Eine Solarzelle ist aus Halbleiter-Schichten aufgebaut, von denen eine äußere Schicht (die sogenannte n-Schicht) negativ und die andere äußere Schicht (die p-Schicht) positiv geladen ist (die Halbleiter werden vorher leitfähig gemacht, indem Fremdatome, z. B. Bor oder Phosphor, eingebracht werden). Die Schicht zwischen der p- und der n-Schicht ist der sogenannte p-n-Übergang, in dem ein elektrisches Feld besteht.

Wenn Licht auf die Solarzelle fällt, werden durch den oben beschriebenen Effekt Elektronen frei, die sich durch das elektrische Feld im p-n-Übergang bewegen und dadurch eine elektrische Spannung erzeugen. Das Entstehen der elektrischen Spannung wird als *photovoltaischer Effekt* bezeichnet.

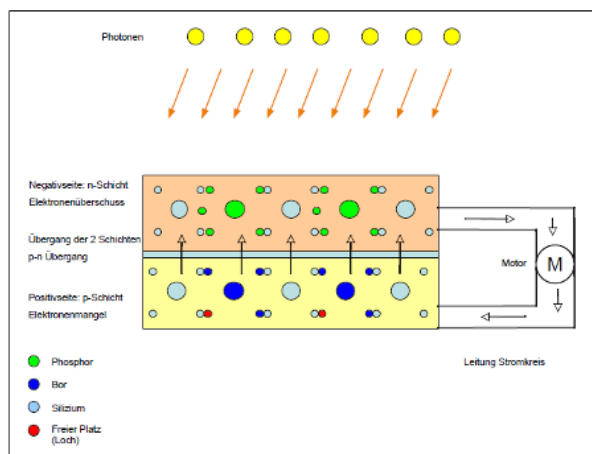


Abbildung 5: Aufbau und Funktionsweise eine Solarzelle (Quelle: Kliche/Draeger 2009, S. 13)

5.2 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 6: Was ist der Unterschied zwischen Photovoltaik und Solarthermie?

Aufgabe 7: Stellen Sie den Photovoltaischen Effekt in einer Solarzelle dar (grafisch oder in einem Modell).

6 Welche Arten von Solarzellen gibt es?

Die Nutzung der Photovoltaik wurde technologisch erst dann richtig interessant, als in der Mitte des 20. Jahrhunderts Silizium als Material für die Solarzellen entdeckt wurde. Silizium ist ein natürlicher Rohstoff, der z. B. in Form von Quarzsand vorkommt.

Für die meisten Solarzellen wird Silizium verwendet, und zwar hochreines Silizium, das in der Natur so gar nicht vorkommt. Es muss also von anderen Elementen gereinigt werden, was den teuersten Bestandteil der Herstellung ausmacht. Danach werden die Siliziumkristalle „dotiert“, was bedeutet, dass Fremdatome eingebracht werden, um dem Silizium die Halbleitereigenschaften zu geben, die für den Photovoltaischen Effekt notwendig sind.

Schauen Sie nach auf YouTube!

Dieses Video erklärt, wie man Solarzellen herstellt, wie Photovoltaik funktioniert und wie man aus den Zellen dann ganze Solarmodule produziert.

Dauer: 8:52 min.

Quelle: <http://youtu.be/ZXMxE30ztE>

Derzeit können folgende Arten von Solarzellen unterschieden werden:

1. Kristalline Siliziumzellen: Das sind sozusagen die „Klassiker“ unter den Solarzellen, die auch am meisten verwendet werden. Sie werden erzeugt, indem Siliziumkristall-Blöcke in sehr dünne Scheiben (die „Wafer“, circa 0,3 mm dick) gesägt werden.

Dabei entsteht relativ viel Verschnitt. Alternative Herstellungsweisen für kristalline Solarzellen sind das sogenannte EFG-Verfahren (Edge-defined Film-fed Growth) oder das String-Ribbon-Verfahren, bei denen durch eine Siliziumschmelze Fäden (Strings) bzw. Formteile gezogen werden, zwischen denen dann das Silizium in der gewünschten Form erstarrt.

Es gibt monokristalline und multi-/polykristalline Siliziumzellen. Die monokristallinen sind teurer in der Herstellung, erzielen aber auch höhere Wirkungsgrade (bis zu 20 %, im Vergleich zu multikristallinen, die etwa 16 % Wirkungsgrad aufweisen).

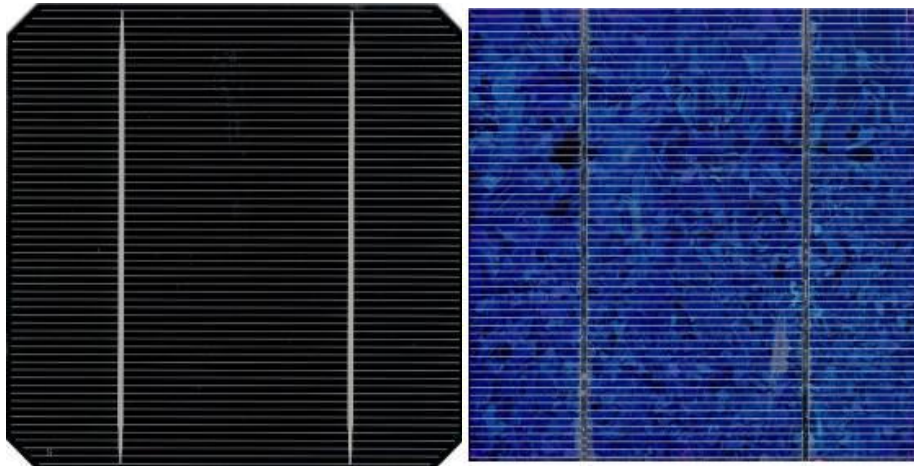


Abbildung 6: Monokristalline (links) und polykristalline (rechts) Solarzelle (Quelle: Fa. Ertex Solar)

Nach wie vor werden am häufigsten mono- und polykristalline Silizium-Solarzelltypen installiert. Mit einem Anteil von 85 % an der gesamten in Österreich im Jahr 2013 installierten Leistung wurden dabei polykristalline Zellen mit Abstand am häufigsten verbaut. Nachdem monokristalline Zellen im Jahr 2010 mit 53 % noch den größten Anteil einnahmen, verringerte sich dieser auf 23 % im Jahr 2012 bzw. 14 % im Jahr 2013.

2. Dünnschichtzellen: Der Unterschied zu den kristallinen Solarzellen ist, dass hier das Halbleitermaterial in einer oder mehreren sehr dünnen Schichten direkt auf ein sogenanntes „Substrat“ (z. B. Glas, Kunststoff oder Metall) aufgebracht wird. Dadurch entstehen viele neue Anwendungsmöglichkeiten für Photovoltaik (z. B. Dachelemente aus Metall, Fassadenelemente aus Glas).

Auch flexible Solarzellen können erzeugt werden, indem ein biegsames Substrat verwendet wird (z. B. Kunststoff oder auch Textilien für Kleidung oder Ähnliches). Als Halbleitermaterial wird sogenanntes amorphes Silizium (aSi) verwendet oder Cadmiumtellurid (CdTe) sowie Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) oder Kupfer-Indium-Gallium-Selenid (CIGS). Silizium ist aber im Gegensatz zu den anderen ein Rohstoff, der nahezu unbegrenzt verfügbar ist.

Eine Möglichkeit ist auch die Kombination verschiedener Halbleiter in sogenannten Mehrschichtzellen, um mehrere unterschiedliche Wellenlängen des Sonnenlichts gleichzeitig nutzen zu können.

Durch das Produktionsverfahren wird Energie und Material eingespart (Dünnschichtzellen benötigen nur etwa ein Hundertstel des Materials von kristallinen Solarzellen).

Dünnschichtzellen können auch diffuse Strahlung effizienter nutzen. Allerdings sind die Wirkungsgrade derzeit noch nicht sehr hoch (6–12 %), daher sind größere Flächen für dieselbe Leistung notwendig.

Sobald jedoch höhere Wirkungsgrade erzielt werden, könnte sich die Dünnschichttechnik gegenüber den kristallinen Solarzellen verstärkt durchsetzen. Nur eine Nebenrolle spielen Dünnschichtzellen, deren Anteil von 9 % im Jahr 2011 auf gerade einmal 1 % eingebrochen ist.

3. Eine weitere technologische Möglichkeit zeigt sich mit der Entwicklung von Farbstoffzellen oder von organischen Halbleitern, die aus Kunststoffen auf Kohlenwasserstoff-Basis hergestellt werden. Organische Halbleiter lassen sich mit einfachen kontinuierlichen Verfahren zu großen, dünnen, semitransparenten und flexiblen Schichten verarbeiten.

Die Produktion wird im Vergleich zu Siliziumzellen kostengünstiger, da nicht mehr aufwendig gereinigte Siliziumkristalle hergestellt werden müssen.

Bei Solarzellen aus organischen Halbleitern sind Wirkungsgrade von 5-10 % realistisch. Auch mit Farbstoffzellen wurden im Labor Wirkungsgrade von bis zu 10 % erreicht. Allerdings sind diese Entwicklungen noch nicht marktreif.



Gestalten mit Solarmodulen

Solarzellen sind heute bereits in verschiedenen Formen und Farben erhältlich. Damit lassen sie sich gut in die gestalterische Planung von Gebäuden (z. B. für Fassaden, Dachflächen oder Fenster) einsetzen. Für kristalline Siliziumzellen gibt es derzeit mehr Variationen als für Dünnschichtzellen, andererseits können diese auch biegsam sein, ebenso wie Zellen aus organischen Halbleitern.

Formen: Je nach Produktionsverfahren können z. B. rechteckige und quadratische, runde, drei- oder sechseckige Solarzellen hergestellt werden. Auch gewölbte Zellen sind möglich.

Farben: Kristalline Solarzellen sind standardmäßig dunkelblau bis schwarz, um möglichst viel Sonnenlicht zu absorbieren. Sie können aber auch in anderen Farben erzeugt werden, z. B. grün, violett, braun, hellblau, gold oder silber. Auch transparente bzw. halbtransparente Solarzellen werden hergestellt (z. B. mithilfe von mikroskopisch kleinen Löchern), was sich für die Verwendung in Fensterflächen anbietet. Dünnschichtzellen haben aufgrund ihrer Herstellungsweise ein gleichmäßigeres Erscheinungsbild als kristalline Solarzellen.

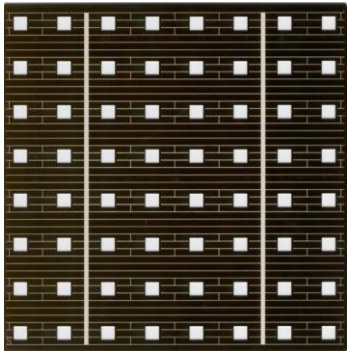


Abbildung 7: Halbtransparente Solarzelle (Quelle: Fa. Ertex Solar)

6.1 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 8: Wodurch unterscheiden sich Dünnschichtzellen von kristallinen Solarzellen?

Aufgabe 9: Welche Halbleitermaterialien werden neben Silizium noch für Solarzellen verwendet? Was ist der Unterschied zu Silizium?

7 Wie werden aus Solarzellen Solarmodule?

Kristalline Siliziumzellen sind circa 10 x 10 cm oder 15 x 15 cm groß, Dünnschichtzellen je nach Herstellungsverfahren circa 60 x 100 cm. Um Solarmodule in der gewünschten Form und Größe zu erhalten und damit die gewünschte elektrische Leistung zu erzielen, werden mehrere Solarzellen miteinander verschaltet (entweder in Reihe oder parallel).

Zum Schutz vor Belastungen und Witterung werden die Solarzellen zwischen Glasscheiben und/oder Folien eingeschlossen („verkapselt“). Der Schichtenaufbau dabei sieht folgendermaßen aus:

- Frontglasscheibe bzw. -folie,
- Folie,
- Solarzelle,
- Folie und
- Rückseitenglas bzw. -folie.

Diese Schichten werden miteinander laminiert. Dabei „verschmilzt“ bei hoher Temperatur die innere Folie mit den äußeren Schichten und der Solarzelle und bildet einen Verbund.

Es entstehen Glas-Glas-Module oder Glas-Folien-Module, je nachdem, ob für die Rückseite eine Glasscheibe oder eine Kunststoffolie verwendet wird. Die biegsamen Dünnschichtzellen können bei Bedarf auch ganz ohne Glas auskommen.

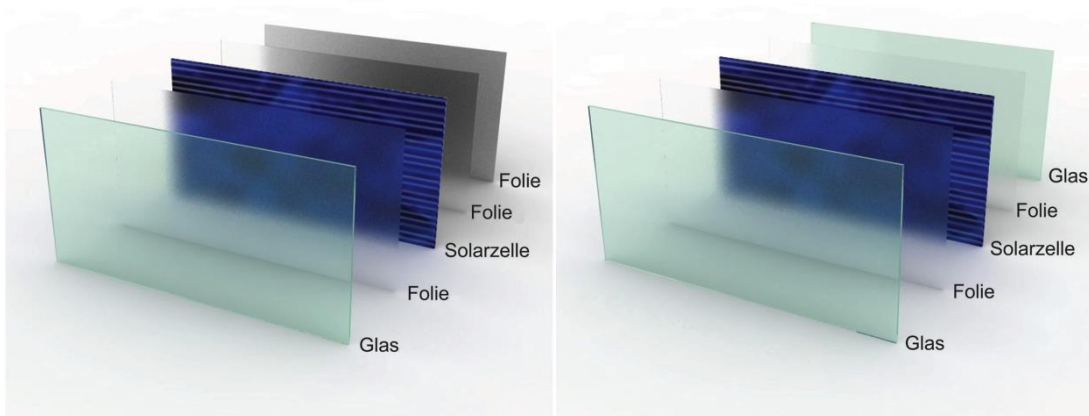


Abbildung 8: Schichtaufbau eines Solarmoduls, einmal als Glas-Folie-Modul (links), einmal als Glas-Glas-Modul (rechts) (Quelle: GrAT)

Bei Standardmodulen wird für die Frontseite (die der Sonne zugewandte Seite) Einscheibensicherheitsglas verwendet und für die Rückseite eine Kunststoffverbundfolie (Poly-Vinyl-Fluorid, PVF). Die innere Folie ist meist aus EVA (Ethyl-Vinyl-Acetat).

Alternativ dazu kann die Solarzelle auch mit PVB-Folie (Poly-Vinyl-Butyral) zwischen zwei Glasscheiben eingeschlossen werden. Dadurch entsteht ein starker Aufbau ähnlich wie Verbundsicherheitsglas, und das Solarmodul kann damit auch z. B. als Überkopfverglasung oder als eigenständiges Fassadenelement in Gebäude integriert werden.

Eine zweite Methode neben dem Laminieren mit Folien ist das Einschließen von Solarzellen mit Gießharz. Dafür werden die Solarzellen zwischen zwei Glasscheiben befestigt und die Zwischenräume mit flüssigem Gießharz ausgefüllt, das dann aushärtet.

Eine dritte Möglichkeit ist, Dünnschichtzellen gleich auf dem Trägermaterial herzustellen (dabei wird, wie wir bereits wissen, eine sehr dünne Schicht Halbleitermaterial direkt auf das Trägermaterial, z. B. eine Glasscheibe oder auf Metallbahnen, aufgebracht). Auch diese Elemente lassen sich gut für die Gebäudeintegration verwenden.

Schauen Sie nach auf YouTube!

In diesem Video wird die Herstellung von Solarmodulen aus Solarzellen und Einsatzmöglichkeiten erklärt.

Dauer: 6:36 min.

Quelle: <http://youtu.be/cXeDqCieUgc>



Gestalten mit Solarzellen

Nicht nur die einzelnen Solarzellen sind in verschiedenen Farben und Formaten erhältlich, auch die Solarmodule können unterschiedlich gestaltet sein, je nachdem, welche Gläser, Metalle und Folien verwendet werden. Auch mit der Entscheidung, wo die Module platziert werden, bieten sich viele gestalterische Möglichkeiten bei der Gebäudeintegration an.

Frontseitengläser: Die der Sonne zugewandte Seite soll so viel Strahlung wie möglich hereinlassen. Deshalb wird meist Weiß- oder Solarglas verwendet, das einen geringeren Grünanteil hat, oder strukturiertes Glas, das die Reflexion des Lichts verhindert. Auch entspiegeltes Glas ist möglich, aber teurer.

Rückseitengläser: Gläser für die Rückseite der Solarmodule können vielfältig gestaltet werden durch Einfärben, Beschichten, Emaillieren, Verspiegeln oder Bedrucken.

Folien: Die Kunststofffolien, die zur Verkapselung der Solarzellen verwendet werden, können transparent, weiß, blau, grün, grau, orange oder auch dunkelblau/schwarz sein. Dunkle Folien sollten aber nur auf der lichtabgewandten Seite eingesetzt werden und sind thermisch ungünstiger, weil sich das Modul stärker erwärmt.

Platzierung: Solarmodule können sowohl auf dem Dach installiert werden als auch direkt in die Gebäudehülle integriert werden. Wenn sie integriert werden, sind sie multifunktional und dienen nicht nur zur Energiegewinnung, sondern auch als Fassaden- oder Verschattungselement, zur Schall- und Wärmedämmung, als Sicht- und Witterungsschutz.



Abbildung 9: Halbtransparente Solarmodule für die Verschattung in einem Vordach (Quelle: Fa. Ertex Solar)

7.1 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 10: Beschreiben Sie verschiedene Möglichkeiten für den Schichtaufbau eines Solarmoduls.

Aufgabe 11: Stellen Sie sich ein (bestehendes oder neues) Gebäude vor, das solar mit Strom versorgt werden soll. Welche Möglichkeiten gibt es, wie man Solarzellen und Solarmodule kreativ für die Gestaltung des Gebäudes verwenden kann (Farben, Formen, Einsatzbereiche,...)?

8 Montagearten von PV-Anlagen

Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten, eine PV-Anlage zu montieren.

Die gängigste ist die **Aufdach-Montage**. 2013 wurden 83,4 % der neu installierten PV-Leistung in dieser Weise montiert. (Zahlen zur Marktentwicklung siehe Fechner, 2014) Dies liegt unter anderem auch daran, dass diese Montageart bei Nachrüstungen bestehender Gebäude kostengünstiger ist.

Bei dieser Methode werden die Module mithilfe von Gestellen oberhalb der vorhandenen Dacheindeckung befestigt. Bei der Nachrüstung bestehender Gebäude mit Schrägdächern mit einer Solaranlage ist eine Aufdachmontage preisgünstiger als eine Indachmontage. In diese Kategorie fällt auch die Flachdachmontage, bei der die Module über ein Montagesystem schräg aufgestellt werden.

Dachintegrierte Anlagen: Diese Methode ist vor allem bei Neubauten mit Schrägdächern geeignet. Neuentwicklungen sind zum Beispiel Solardachziegel, die jedoch sehr kostenintensiv sind. Sie kommen meist dann zum Einsatz, wenn ästhetische Überlegungen im Vordergrund stehen.

Dachintegrierte Anlagen stellten 2013 mit 1,6 % Marktanteil in Österreich gegenüber der Aufdach-Montage eine überaus kleines Marktsegment dar (Fechner, 2014).

Fassadenintegrierte Anlagen:

Diese Art der Montage bietet sich vor allem für Bürogebäude mit den entsprechend großen Flächen an.

Details siehe Vertiefendes Lernfeld „Integration von Photovoltaikanlagen in Gebäude“ auf www.e-genius.at.

Freistehende Anlagen:

Mit einem Anteil von 14,8 % (2012: 4,4 %) konnten freistehende Anlagen einen deutlichen Zuwachs verbuchen (siehe Fechner, 2014, S. 97).

Die Montage ist vergleichsweise einfach. Zu achten ist vor allem auf Verschattungen durch Bäume oder andere Pflanzen, aber auch auf die Wirkung auf das Landschaftsbild, da sie am sichtbarsten in das Landschaftsbild eingreift. Zu bedenken ist auch der Flächenverbrauch.

9 Welche Vorteile bietet Photovoltaik?

- Die Sonne liefert circa das Zehntausendfache der Energie, die weltweit benötigt wird.
- Im Gegensatz zu fossilen materiellen Ressourcen, wie Erdöl oder Erdgas, muss Sonneneinstrahlung nicht erst erschlossen und transportiert werden (wie z. B. Erdöl durch Ölbohrungen). Sie wird nicht weniger, wenn sie genutzt wird, sondern ist überall täglich verfügbar. Dadurch ist die Energieerzeugung auch nicht politisch und wirtschaftlich abhängig von Importen aus Ländern, die fossile Ressourcen (wie Erdöl) haben, sondern kann direkt dort erfolgen, wo der Strom auch verbraucht wird.
- Die Energiemenge, die für die Produktion von Solarmodulen benötigt wird, amortisiert sich bereits nach 1 bis 4 Jahren Nutzung. Das bedeutet, dass innerhalb dieser Zeit durch die Solarmodule so viel Energie erzeugt wird, wie für ihre Herstellung gebraucht wurde.
- Silizium, der am meisten verwendete Rohstoff für Solarzellen, ist auf der Erde das zweithäufigste chemische Element nach Sauerstoff und daher gut verfügbar.
- Photovoltaik trägt zu Umwelt- und Klimaschutz sowie zur Gesundheit bei: Millionen Tonnen an CO₂-Emissionen werden vermieden, auch Schadstoffe und Lärm werden während des Betriebs von Solarmodulen nicht emittiert.
- Mit der Stärkung der Photovoltaik-Industrie werden zahlreiche neue Arbeitsplätze geschaffen.
- Photovoltaik hat ein hohes Kostensenkungspotenzial. Das bedeutet, dass durch die technologische Weiterentwicklung die Produktion noch günstiger gemacht werden kann und die Preise für Solarmodule weiterhin sinken werden.
- Solarmodule können auf den bereits vorhandenen Dächern und Fassaden installiert werden. Sie nehmen keine zusätzlichen Bauflächen weg.



Abbildung 10: Bestehendes Dach einer Scheune, nachgerüstet mit PV-Modulen (Quelle: Fa. Ertex Solar)

- Solaranlagen können flexibel und gut in Gebäude integriert werden, da sie modular aufgebaut sind und es verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten gibt.
- Die solare Stromerzeugung kann nahezu überall und auch ohne Anbindung an das zentrale Stromnetz erfolgen (z. B. sinnvoll für abgelegene Gebäude und Regionen).
- Der meiste Strom kann genau dann erzeugt werden, wenn er auch am meisten benötigt wird (speziell auch für hohe Kühllasten an sonnigen Sommertagen) – das macht Photovoltaik sinnvoll für Spitzenlast-Management.
- Solarmodule haben eine lange Lebensdauer (zwischen 25 und 40 Jahre), sie sind mechanisch verschleißfrei und haben einen geringen Wartungsaufwand. Hersteller geben auch eine Leistungsgarantie: Nach 20 Jahren garantieren sie noch 80 % der Leistung.

9.1 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 12: Ein/e AuftraggeberIn soll von den Vorteilen von Photovoltaik überzeugt werden. Welche Vorteile können Sie ihm/ihr nennen?

10 Was kann noch weiterentwickelt werden?

Wie jede Technologie kann auch die Photovoltaik ständig verbessert werden. Es gibt viele neue Möglichkeiten, wie Solarzellen und Solaranlagen in Zukunft aussehen und wofür sie verwendet werden können. Es ist wichtig, dass ArchitektInnen und IngenieurInnen über diese Möglichkeiten Bescheid wissen, um sie sinnvoll in die Gebäudeplanung einzubeziehen.

Die Anwendungen für Solarmodule werden in Zukunft noch vielfältiger werden. Durch neue Materialien und Herstellungsweisen sollen dünnere, flexible und auch durchsichtige Module möglich sein. Damit können immer mehr und unterschiedliche Flächen zur Gewinnung von Strom genutzt werden (Fenster, Dach, Fassade,...). In Zukunft können Photovoltaikmodule daher als Standardbauteile in die Gebäudeplanung integriert werden.



Abbildung 11: Fassadenintegriertes PV-System (Quelle: Fa. Ertex Solar)

„Die Forschung beschäftigt sich vor allem mit der Erhöhung des Wirkungsgrades (d.h mehr Leistung bzw weniger Flächenverbrauch) sowie mit industriellen Fertigungsprozessen und Kostenoptimierungen. Große Relevanz hat die Entwicklung von neuen photovoltaischen Elementen für die Integration in Gebäude-, Fahrzeug- und Gerätehüllen“ (Zimmermann, 2013).

Geforscht wird auch an der Weiterentwicklung der Perowskit-Solarzellen. 2014 konnte bei einem Prototypen unter Laborbedingungen ein Wirkungsgrad von über 15 % erreicht werden. Diese neuen Solarzellen sollen effizient und preiswert zugleich werden, allerdings ist der Bleianteil als problematisch zu sehen. Mit der Marktreife wird in einigen Jahren gerechnet. Anwendungsbereiche sollen vor allem die Gebäudeintegration sein. (Siehe dazu auch <http://www.baulinks.de/webplugin/2014/1457.php4>.)

Im Jahr 2013 erreichte die Marktdiffusion von Photovoltaikanlagen in Österreich ihren vorläufigen Höhepunkt: Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 262.621 kW_{peak} (Fechner, 2014). Mit der zunehmenden Dichte der installierten PV-Anlagen ist die Netzintegration eine wichtige Forschungsfrage im Rahmen der „Smart Grids“-Thematik (siehe Zimmermann, 2013).

Autarke Anlagen sind mit einer Gesamtleistung von ca. 468 kW_{peak} deutlich in der Minderzahl. Insgesamt ergibt sich jedoch ein Zuwachs von 263.089 kW_{peak}, der in Österreich im Jahr 2013 zu einer kumulierten Gesamtleistung aller Photovoltaikanlagen von rund 626 MW_{peak} geführt hat. Die in Österreich in Betrieb befindlichen Photovoltaikanlagen führten 2013 zu einer Stromproduktion von 626 GWh und damit zu einer Reduktion von CO₂-Emissionen im Umfang von 227.416 Tonnen (Fechner, 2014, S. 13).



Informationen zu aktuellen Entwicklungen finden sich in:

Aktuelle Entwicklungen und Beispiele für zukunftsfähige Energietechnologien Zukunftstechnologie Photovoltaik. Forschung und innovative Entwicklungen aus Österreich. Energy innovation austria 2/2013. URL: http://www.nachhaltigwirtschaften.at/nw_pdf/eia/eia_132_de.pdf

Was ist noch notwendig, damit die Technologie der solaren Energieerzeugung stärker verbreitet wird?

Derzeit wird vor allem daran gearbeitet, die Produktion der Solarzellen kostengünstiger zu machen und die Wirkungsgrade zu optimieren. Theoretisch werden Wirkungsgrade von 80 % für möglich gehalten. 2014 konnte mit einer Mehrfachsolarzelle ein Wirkungsgrad von 46 % erreicht werden (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Presseinformationen 2014). Außerhalb des Labors variiert je nach gewählter Solarzelle der Wirkungsgrad zwischen 5 % und 20 % (<http://www.photovoltaik.org/>).

Während jetzt noch circa 8–10 m² Modulfläche für 1 kWp benötigt werden (bei kristallinen Solarzellen), ist anzunehmen, dass diese Zahl bis zum Jahr 2050 auf 3–5 m² sinkt. Dadurch

kann mit weniger Solarzellen mehr Strom erzeugt werden, was die Photovoltaik insgesamt rentabler macht.

10.1 Zum Üben...

Aufgaben zum Üben oder als Anregung für den Unterricht

Aufgabe 13: Wie kann noch mehr Sonnenenergie für die Stromerzeugung genutzt werden? Wo könnten Solarmodule überall integriert werden? Sammeln Sie Ideen, was in Zukunft mit der Nutzung von Photovoltaik alles möglich sein könnte.



Abbildung 12: Innovative Anwendungen von Photovoltaik: als begehbare Bodenfläche (oben links); im Dach von öffentlichen Verkehrsmitteln (oben rechts); als Carport für E-Autos (unten) (Quelle: Fa. Ertex Solar)

11 Quellen

BSW Bundesverband Solarwirtschaft. URL: <http://www.solarintegration.de> (19.06.2011).

Fechner, H. (2014): Marktentwicklung Photovoltaik. In: Peter Biermayr, Manuela Eberl, Monika Enigl, Hubert Fechner, Christa Kristöfel, Kurt Leonhartsberger, Florian Maringer, Stefan Moidl, Christoph Strasser, Werner Weiss, Manfred Wörgetter: Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2013. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 26/2014. URL: http://www.nachhaltigwirtschaften.at/e2050/e2050_pdf/201426_marktentwicklung_2013.pdf (15.12.2014).

Fechner, Hubert/Heidenreich, M. (2000): Technologie Portrait. Photovoltaik. Berichte aus Energie- und Umweltforschung (Schriftenreihe des BMVIT) 32/2010.

Fechner, Hubert/Lugmaier, A. et al. (2007): Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich. Berichte aus Energie- und Umweltforschung (Schriftenreihe des BMVIT) 28/2007.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2014: Presseinformationen 2014. URL: <http://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/presseinformationen-2014/solarzelle-mit-46-prozent-wirkungsgrad-neuer-weltrekord> (06.12.2014).

Kliche, Florian/Draeger, Iken (2009): Schulpaket Solarsupport. Materialien für Schulen und Bildungseinrichtungen zum Thema Photovoltaik. Berlin.

Kurse.ibo.at. URL: http://kurse.ibo.at/mod/scorm/player.php?a=20¤torg=eXesanieren_24823c6301d864942c32&scoid=466 (05.03.2011).

Loster, Matthias (2010): Total Primary Energy Supply – From Sunlight. URL: www.ez2c.de/ml/solar_land_area/ (13.04.2011).

Solarfassade.info. Portal für gebäudeintegrierte Photovoltaik. URL: <http://www.solarfassade.info> (19.06.2011).

Universität für Weiterbildung Krems – Department für Bauen und Umwelt (o. J.): Schulungsunterlagen. URL: <http://www.solarfassade.info/de/schulungsunterlagen> (13.04.2011).

ZAMG. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. URL: <http://www.zamg.ac.at> (19.06.2011).

Zimmermann, A. (2013): Mehr Strom aus Sonne. Internationale und nationale Entwicklungen im Bereich Photovoltaik. In: Aktuelle Entwicklungen und Beispiele für zukunftsfähige Energietechnologien. (Hrsg. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie). URL: file:///C:/Users/User/Documents/bmvit%20materialien/eia_132_de.pdf (17.05.2014).

12 Übersicht Aufgaben

Aufgabe 1: Welche Vorgänge auf der Erde fallen Ihnen ein, die durch Sonnenlicht und Sonnenenergie bewirkt werden?	3
Aufgabe 2: Wofür steht die Abkürzung STC?	9
Aufgabe 3: Was ist mit kWp gemeint?	9
Aufgabe 4: Wofür ist es wichtig, die Nennleistung von Solaranlagen zu kennen?.....	9
Aufgabe 5: Wie viel Energie (in kWh) kann eine Solaranlage in Österreich mit einer Nennleistung von 1 kWp im Jahr ungefähr produzieren?.....	9
Aufgabe 6: Was ist der Unterschied zwischen Photovoltaik und Solarthermie?	11
Aufgabe 7: Stellen Sie den Photovoltaischen Effekt in einer Solarzelle dar (grafisch oder in einem Modell).....	11
Aufgabe 8: Wodurch unterscheiden sich Dünnschichtzellen von kristallinen Solarzellen?	14
Aufgabe 9: Welche Halbleitermaterialien werden neben Silizium noch für Solarzellen verwendet? Was ist der Unterschied zu Silizium?	14
Aufgabe 10: Beschreiben Sie verschiedene Möglichkeiten für den Schichtaufbau eines Solarmoduls.	17
Aufgabe 11: Stellen Sie sich ein (bestehendes oder neues) Gebäude vor, das solar mit Strom versorgt werden soll. Welche Möglichkeiten gibt es, wie man Solarzellen und Solarmodule kreativ für die Gestaltung des Gebäudes verwenden kann (Farben, Formen, Einsatzbereiche,...)?	17
Aufgabe 12: Ein/e AuftraggeberIn soll von den Vorteilen von Photovoltaik überzeugt werden. Welche Vorteile können Sie ihm/ihr nennen?	19
Aufgabe 13: Wie kann noch mehr Sonnenenergie für die Stromerzeugung genutzt werden? Wo könnten Solarmodule überall integriert werden? Sammeln Sie Ideen, was in Zukunft mit der Nutzung von Photovoltaik alles möglich sein könnte.....	21

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Sonne – Vorteile nutzen, Nachteile vermeiden. (Quelle: Stefan Prokupek, GrAT)	3
Abbildung 2: Weltweite Sonneneinstrahlung und Potenzial zur Stromerzeugung (Quelle: Loster 2006, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Solar_land_area.png).....	6
Abbildung 3: Strahlungsleistung bei unterschiedlichem Wetter (Quelle: GrAT)	8
Abbildung 4: Mittlere jährliche Summe der Globalstrahlung auf die horizontale Fläche in Österreich (Quelle: ZAMG)	8
Abbildung 5: Aufbau und Funktionsweise eine Solarzelle (Quelle: Kliche/Draeger 2009, S. 13).....	10
Abbildung 6: Monokristalline (links) und polykristalline (rechts) Solarzelle (Quelle: Fa. Ertex Solar)	12
Abbildung 7: Halbtransparente Solarzelle (Quelle: Fa. Ertex Solar).....	14
Abbildung 8: Schichtaufbau eines Solarmoduls, einmal als Glas-Folie-Modul (links), einmal als Glas-Glas-Modul (rechts) (Quelle: GrAT)	15
Abbildung 9: Halbtransparente Solarmodule für die Verschattung in einem Vordach (Quelle: Fa. Ertex Solar)	16
Abbildung 10: Bestehendes Dach einer Scheune, nachgerüstet mit PV-Modulen (Quelle: Fa. Ertex Solar)	18
Abbildung 11: Fassadenintegriertes PV-System (Quelle: Fa. Ertex Solar).....	19
Abbildung 12: Innovative Anwendungen von Photovoltaik: als begehbare Bodenfläche (oben links); im Dach von öffentlichen Verkehrsmitteln (oben rechts); als Carport für E-Autos (unten) (Quelle: Fa. Ertex Solar).....	21



14 Impressum

Herausgeber und für den Inhalt verantwortlich:



e-genius – Verein zur Förderung und Entwicklung offener Bildungsmaterialien im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich

Postfach 16
1082 Wien
Österreich

E-Mail: info@e-genius.at

Projektleiterin: Dr. Katharina Zwiauer
E-Mail: katharina.zwiauer@e-genius.at

Autorin und Fachdidaktisierung: Magdalena Burghardt MA
Fachliche Beratung: DI Hubert Fechner MAS MSc.
Lektorat: Mag. Silvia Grillitsch

Finanziert durch:



Nutzungsbedingungen:

Alle Inhalte sind unter folgender Creative-Commons-Lizenz lizenziert:



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Austria Lizenz.

Das bedeutet:



Sie dürfen

- *das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,*
- *Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen.*

Zu den folgenden Bedingungen:

- **Namensnennung** — *Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.*
- **Keine kommerzielle Nutzung** — *Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.*
- **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — *Wenn Sie das lizenzierte Werk bzw. den lizenzierten Inhalt bearbeiten oder in anderer Weise erkennbar als Grundlage für eigenes Schaffen verwenden, dürfen Sie die daraufhin neu entstandenen Werke bzw. Inhalte nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.*

Hinweise zur Namensnennung/Zitierweise:

Texte: AutorInnen des Lernfelds, Titel des Lernfelds. Hrsg.: Verein e-genius, www.e-genius.at

Bilder: Nennung der Rechteinhaberin/des Rechteinhabers und www.e-genius.at

Haftungsausschluss:

Sämtliche Inhalte auf der Plattform e-genius wurden sorgfältig geprüft. Dennoch kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität und Verfügbarkeit der Inhalte übernommen werden. Der Herausgeber übernimmt keinerlei Haftung für Schäden und Nachteile, die allenfalls aus der Nutzung oder Verwertung der Inhalte entstehen. Die Zurverfügungstellung der Inhalte auf e-genius ersetzt keine fachkundige Beratung, die Abrufbarkeit der Inhalte ist kein Angebot zur Begründung eines Beratungsverhältnisses.

e-genius enthält Links zu Webseiten Dritter. Das Setzen von Links ist ein Verweis auf Darstellungen und (auch andere) Meinungen, bedeutet aber nicht, dass den dortigen Inhalten zugestimmt wird. Der Herausgeber von e-genius übernimmt keinerlei Haftung für Webseiten, auf die durch einen Link verwiesen wird. Das gilt sowohl für deren Verfügbarkeit als auch für die dort abrufbaren Inhalte. Nach Kenntnisstand der BetreiberInnen enthalten die verlinkten Seiten keine rechtswidrigen Inhalte, sollten solche bekannt werden, wird in Erfüllung rechtlicher Verpflichtungen der elektronische Verweis umgehend entfernt.

Inhalte Dritter sind als solche gekennzeichnet. Sollten Sie trotzdem auf eine Urheberrechtsverletzung aufmerksam werden, bitten wir um einen entsprechenden Hinweis. Bei Bekanntwerden von Rechtsverletzungen werden wir derartige Inhalte umgehend entfernen bzw. korrigieren.

Link zur Lernplattform: <http://www.e-genius.at>