

...PHOTOVOLTAIK



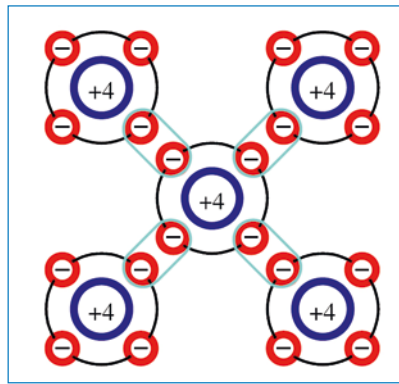
[1] Diese Silizium-Brocken erzeugen ohne Weiteres keinen Strom; ein paar Tricks sind schon nötig

Photonenbeschuss gewünscht

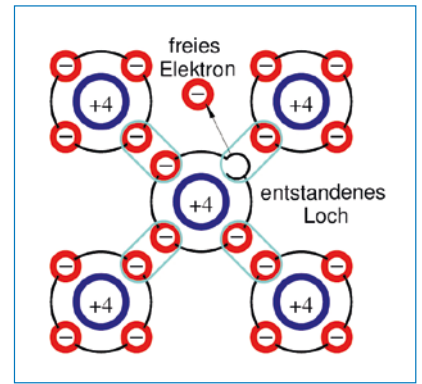
Freiwillig kriegt der weißhäutige Mitteleuropäer bei intensiver und anhaltender Sonnenbestrahlung eine kräftige Rotfärbung. Zur Energie- oder gar Stromerzeugung lässt er sich nicht animieren. Anders bei einem Material, das in unserer Erdkruste das zweithäufigste ist: Silizium. Aber reicht es aus, einen Siliziumklumpen mit zwei Drähten zu versehen und in die Sonne zu legen, um Strom zu erzeugen?



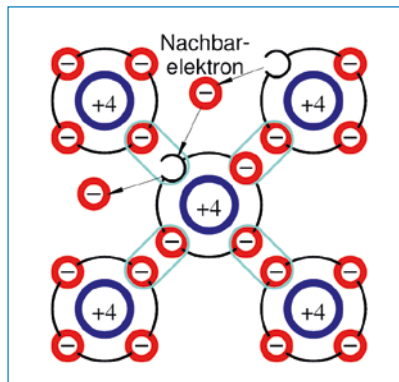
Bild: Schott und Wacker



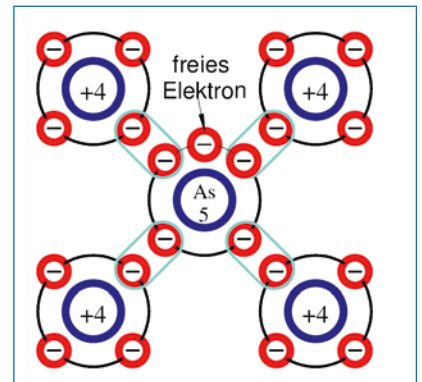
[2] Die Silizium-Atome bilden über ihre Elektronenpaare ein stabiles Gitter



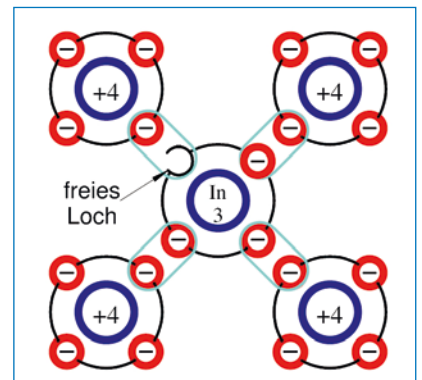
[3] Unter Einfluss von Energie können Elektronen aus dem Gitter gelöst werden



[4] Ein Gitterloch wird, ähnlich wie beim Stagediving, weitgereicht



[5] Mit Arsen (As) dotiertes Silizium wird zum n-Typ



[6] Mit Indium (In) dotiertes Silizium wird zum p-Typ

So ohne Weiteres klappt das wohl nicht. Fakt ist jedoch, dass Deutschlands Dächer gerade in den letzten Jahren mit Photovoltaikanlagen gepflastert wurden wie in keinem anderen Land sonst. Dieser Bericht will Einblick geben in diese allgegenwärtige Technik. Fast schon selbstverständlich ist die glänzend blau und schwarz schimmernde Oberfläche im täglichen Leben. Da sind der Solartaschenrechner oder der solarbetriebene Parkautomat, die Solarleuchte im Garten und natürlich die Dächer in der Nachbarschaft, um nur einige Beispiele zu nennen.

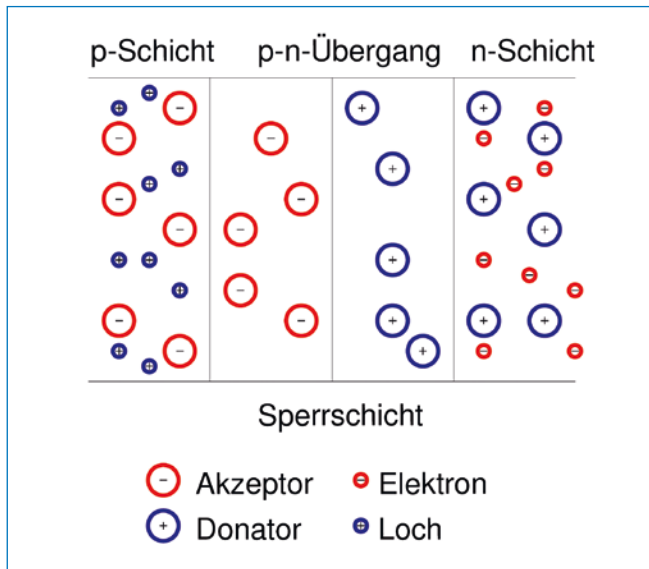
IM GLEICHGEWICHT GEHT NIX

Die Natur will, oft im Gegensatz zu uns Menschen, ausgeglichene Verhältnisse. Es wird grundsätzlich der energieärmste Zustand angestrebt. Daher gibt beispielsweise ein warmer Raum seine Wärmeenergie an die kalte Umgebung. Zusammengepresste Gase entspannen sich auf Umgebungsdruck. Wasser fließt den Berg hinunter, weil die Lageenergie im Tal geringer ist. Und, um zum Thema zurückzukehren, Elektronenüberschüsse wandern zu Orten mit Elektronenmangel. Ohne äußere Anregung lassen sich diese Ladungsüberschüsse

aber nicht erzeugen. Bei der Piezo-Zündung an dem atmosphärischen Gaskessel oder in einem entsprechenden Feuerzeug, hilft der heftige Schlag auf einen Kristall. Bei einem Thermoelement zur Temperaturmessung und Überwachung sind Temperaturen im Spiel die eine Spannung erzeugen. Und bei einer Solarzelle sind es die sogenannten Photonen die den Vorgang beleben. Daher auch der Name „Photovoltaik“ .

TEILCHEN UND WELLE ZUGLEICH

Diese Photonen-Teilchen gelten als masselos und können daher unbedenklich während einer Diät verzehrt werden (strahlen Sie sich hierzu einfach mit einer Taschenlampe in



[7] Erst in der Kombination von n-Typ und p-Typ entsteht eine Solarzelle

den Mund). Im Vakuum bewegen sich Photonen mit einer Geschwindigkeit von rund 299.792.458 m/s. Daher legen sie die Entfernung zwischen Sonne und Erde in schlappen acht Minuten zurück. Sie treffen dann auf die Hülle unseres Erdballs und haben noch eine Wucht um 1367 Watt pro Quadratmeter zu erzeugen. Dies ist die sogenannte Solarkonstante. Die Atmosphäre der Erde bremst die Photonen. Staub und ein sich ständig ändernder Einfallswinkel der Photonen mindern zusätzlich die Leistung dieser Energiewellen bis diese auf die Erdoberfläche treffen. In Spitzenzeiten bleiben noch rund 1000 Watt pro Quadratmeter über, um weißhäutige Menschen zu verbrennen oder auch in Solarzellen aktiv zu werden. Es handelt sich bei den Photonen um elektromagnetische Strahlung und masselose Teilchen zugleich. Einstein und andere Größen haben sich dazu noch weiter ausgelassen. Umgangssprachlich lässt sich der ganze Zauber aber mit dem Wort „Sonnenlicht“ am besten beschreiben.



DICTIONARY

elektrischer Strom	=	electrical power
Silizium	=	silicon
Solarenergie	=	solar energy, solar power
Solarkollektor	=	solar collector, solar panel

SILIZIUM, EIN HALBLEITER

Nicht Fisch und nicht Fleisch gilt wohl für das Element Silizium. Während beispielsweise die bekannten Metalle wie Kupfer, Eisen, Blei den elektrischen Strom leiten, gibt es andererseits auch Nichtleiter wie Kohlenstoff oder Phosphor. Silizium nimmt eine Zwischenrolle ein, Halbleiter eben. Unter normalen Bedingungen ist Silizium ein Nichtleiter. Dies liegt an dem sehr ausgeglichenen Aufbau der Atome und dem daraus resultierenden stabilen Aufbau eines Kristallgitters. Ein Silizium-Kristall ruht, wie in Bild 2 gezeigt, völlig in sich. Die vier Elektronen auf der Außenschale werden durch insgesamt vier Nachbar-Atome ergänzt. Eine Stabilität ist nämlich erst bei einer mit acht Elektronen aufgefüllten Außenschale erreichbar, dem sogenannten Oktettzustand. Dank des Nachbarn hat jeder in diesem Geflecht diesen energieärmsten Zustand. Die Neigung, sich mit der Umgebung auszutauschen, ist daher erst einmal äußerst gering. Es sei denn, man führt Energie zu. Donnern zum Beispiel die Photonen der Sonne auf dieses friedliche Gitter, so kann dies zu einer Bewegung führen (Bild 3). Die Elektronen, als Bestandteil eines jeden Atoms, können gelockert und vom Nachbar-Atom weitergeleitet werden. Wo eben also noch ein Elektron mit seiner negativen Ladung saß, ist dann ein Loch. Ähnlich wie beim Stagediving wird dieses Elektron immer weiter geleitet (Bild 4). Ein Ungleichgewicht (Loch und damit unausgeglichene positive Ladung) wird ja ebenso wenig akzeptiert wie ein freies Elektron. Der Nachbar in diesem Gitter hilft nach Kräften aus und liefert schnell sein Elektron, das ihm dann wieder fehlt und so weiter... Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Kristallgitter des Siliziums sich durch Photonenbeschuss kurzzeitig aus dem Gleichgewicht bringen lässt und Elektronen transportieren kann.

AUSSTATTUNG WIRD GEÄNDERT

Zur Herstellung einer Solarzelle wird es nun noch notwendig, die Eigenschaften ein wenig zu beeinflussen. Ungefähr jedes Zehn-Millionste Silizium-Atom wird ersetzt. Führt man diesen Austausch mit Arsen (Bild 5) durch, so ist plötzlich ein Elektron überzählig. Geschieht dies mit Indium (Bild 6), so fehlt ein Elektron im Gitter. Diesen Vorgang nennt man Dotierung, also Ausstattung. Im Kristallgitter mit dem Arsen-Atom schwirren überschüssige, freie Elektronen umher. Im Kristallgitter mit dem Indium existiert ein Mangel an Elektronen. Einer kann also Geschenke machen und wird daher als Donator bezeichnet, während der andere diese Geschenke gerne empfängt und als Akzeptor bezeichnet wird. In reinem Fachjargon ausgedrückt kann also festgehalten werden, dass die Dotierung der Kristalle zu einer Ausstattung als Donator oder Akzeptor führt. Der Donator mit seinen freien Elektro-

nen wird als n-Typ-Silizium (n für negativ) bezeichnet, hingegen der Akzeptor als p-Typ-Silizium (p für positiv).

DIE KOMBI MACHTS

Legt man die unterschiedlich dotierten Siliziumklumpen getrennt in die Sonne und pappt ein paar Drähtchen dran, tut sich immer noch nichts. Erst wenn man beide Schichtarten kombiniert, wird es interessant. An der Berührungsstelle dieser Schichten findet kurzzeitig ein Austausch statt. Der eine gibt, der andere nimmt und es bildet sich eine Sperrschicht am Übergang aus. Führt man dann eine angemessene Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung zu, löst man, wie bereits beschrieben, ein Elektron aus dem sonst so stabilen Gitter. Die elektromagnetische Strahlung ist wiederum ein Geschenk des Himmels, also das Sonnenlicht, die Photonen, die Energiewellen... In der Folge liegt dann eine elektrische Spannung von ca. 0,5 Volt an. Auf den ersten Blick ist diese Spannung lächerlich. Betrachtet man zum Vergleich die winzigen Mignonzellen einer Armbanduhr, so entgeht einem nicht, dass hier bereits eine Spannung von 1,5 Volt anliegt. Solarzellen werden daher normalerweise kombiniert zu sogenannten Solarmodulen und liefern in dieser Konstellation höhere Spannungen. Es handelt sich immer um Gleichstrom. Dieser Gleichstrom muss technisch noch aufbereitet werden,



[8] Die Montage der Photonensammler wird in der Regel durch Fachbetriebe ausgeführt

um den haushaltstypischen Wechselstrom zu ersetzen. Dies geschieht im sogenannten Wechselrichter.

JA, LOHNT DAS DENN?

Photovoltaikanlagen sind aufwendig in der Fertigung. Das Silizium will mit energetisch hohem Aufwand aufbereitet und veredelt werden. Bis es also auf dem Dach eines Hauses seine Ernte einfährt, ist ein erheblicher energetischer Aufwand betrieben worden. Vernünftigerweise fragt man sich, in welchem Zeitraum diese aufgewendete Energie wieder eingefahren wird, um den Nutzen solcher Konstruktionen zu ermesen. Der Zeitraum lässt sich für Anlagen der Photovoltaik nicht allgemein und verbindlich festlegen. Es gibt erhebliche Unterschiede, beispielsweise in der Produktion. Für eine Anlage die von Sonnenenergie abhängig ist, gilt natürlich auch die Abhängigkeit von Sonnenscheindauer und Intensität. Dieser Wert ändert sich bereits innerhalb Deutschlands mit einem Nord-Süd-Gefälle. Packt man alle Komponenten und Einflüsse zusammen, so dürfte der Wert für das sogenannte „Energy payback“ bei rund drei Jahren liegen. Damit ist der ökologische Nutzen weitestgehend im grünen Bereich.

Nach Berechnungen von Fachleuten strahlt die Sonne 10000-mal mehr Energie zur Erde, als die Menschheit verbraucht. Und die Sonne wird voraussichtlich auch in den nächsten Jahren nicht schlapp machen. Es spricht also einiges dafür, den photovoltaischen Effekt zu nutzen und für die Zukunft zu verbessern. ■



FILM ZUM THEMA



Wer sich Photovoltaik mal anschauen möchte, der sollte sich diesen Film ansehen:

www.sbz-monteur.de → Das Heft → Lehrfilme zum Heft