

PHOTOVOLTAIK

Die Photovoltaik nutzt die Solarstrahlung unmittelbar. Eine Solarzelle kann einen Teil der auf sie fallenden Sonnenstrahlung direkt in Gleichstrom umwandeln. Voraussetzung dafür ist, dass die absorbierte Strahlung genügend Energie besitzt, um im Halbleitermaterial der Solarzelle freie Ladungsträger zu erzeugen.

Photovoltaik – wie groß ist das Potenzial an einem Standort?

Stärke der Sonnenstrahlung

Im Mittel strahlt die Sonne etwa 1370 W/m^2 auf die Atmosphäre der Erde.

Das Photovoltaikpotenzial hängt vom Standort und den Witterungsbedingungen ab.

Je nach Witterungsbedingungen schwankt die Leistung der Globalstrahlung in Deutschland von etwa 100 W/m^2 an einem trüben, bewölkten Tag bis hin zu 1.200 W/m^2 an einem wolkenlosen Sommertag.

Dauer der Bestrahlung

Standort, erhält man die Jahressumme der Globalstrahlung in kWh/m^2 . In Deutschland schwanken die Werte von ca. 900 kWh/m^2 im Norden bis etwa 1.200 kWh/m^2 im Süden.

Ausrichtung der Solaranlage

Daher sind die nach Süden ausgerichteten Solarmodule mit einem Neigungswinkel von $30\text{-}40^\circ$ in unseren Breitengraden optimal.

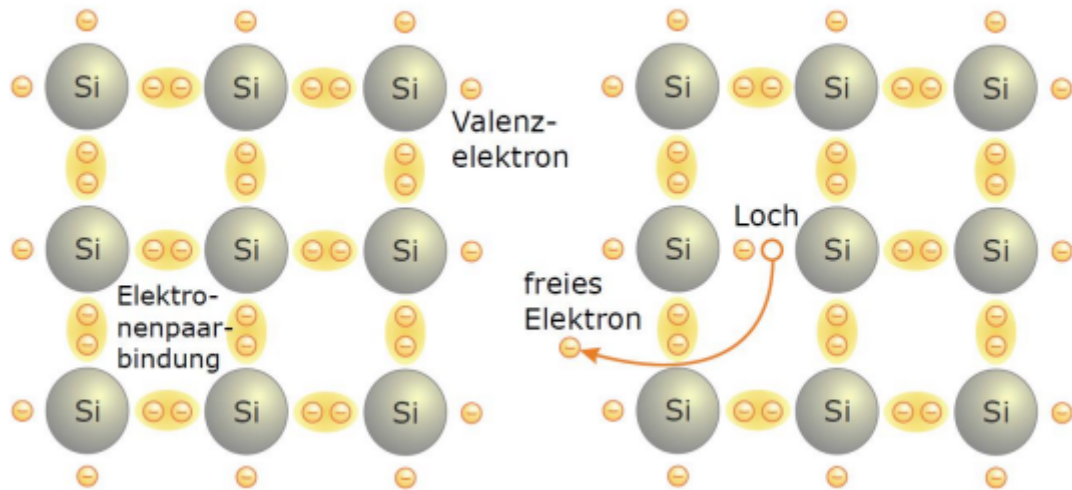
Verschattungen der Solaranlage, etwa durch Bauten oder Bäume, sind zu vermeiden, weil sie ebenfalls mit Leistungseinbußen verbunden sind.

Anlagenfläche

Solaranlagen sind modular aufgebaut. Ist der Stromertrag je Modul ermittelt, lässt er sich auf eine beliebige Anzahl von Modulen skalieren. Meist ist die zur Verfügung stehende Fläche aber begrenzt und die maximale Modulanzahl wird auf diese Weise limitiert. Dadurch werden dann auch die am Standort zu installierende Leistung und der zu erwartende Stromertrag begrenzt.

Der photoelektrische Effekt

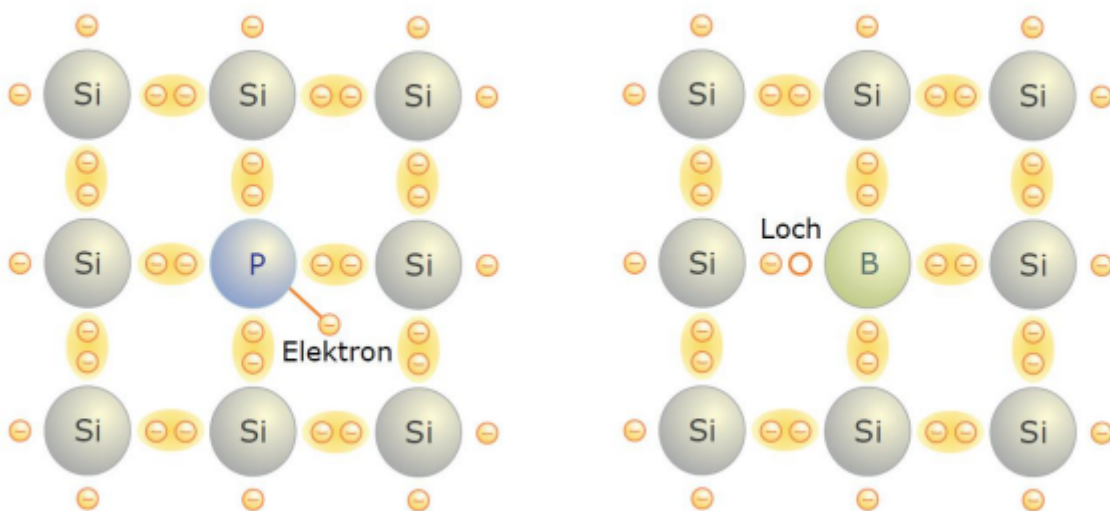
Zunächst fällt Sonnenlicht auf die Solarzelle. Diese besteht in den allermeisten Fällen aus dem Halbleiter Silizium. Das Silizium absorbiert das Sonnenlicht und nimmt auf diese Weise Energie auf. Die aufgenommene Energie ermöglicht es einem negativ geladenen Elektron, sich aus dem Kristallgitter des Siliziums zu lösen. Ein positiv geladener Atomrumpf, Loch genannt, bleibt zurück. Es liegen also bei Sonnenstrahlung freie Ladungsträger (Elektronen werden ins Leitungsband gehoben) vor – die erste Voraussetzung für den Fluss von Strom ist also bereits erfüllt. Das ist der photoelektrische Effekt.



Nun haben die sogenannten Elektronen-Loch-Paare aber die Eigenschaft, sich einfach wieder zu vereinen. Damit wäre dann wieder alles beim Alten (außer einer Erwärmung der Solarzelle) und dementsprechend kein Strom geflossen. Man muss es also noch zusätzlich eine Dynamik schaffen, die Elektronen-Loch-Paare dauerhaft trennen und ableiten zu können.

Dotierung des Halbleiters

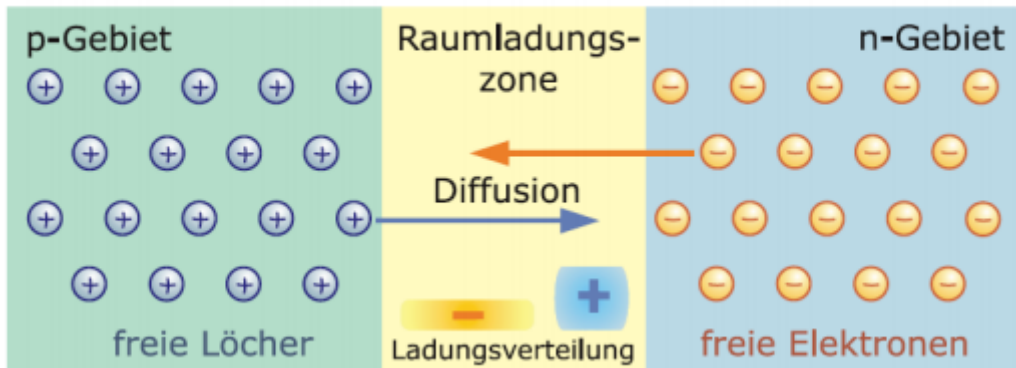
Dabei hilft eine weitere Eigenschaft des Halbleiters. Er stellt nicht nur freie Ladungsträger zur Verfügung, es ist auch leicht möglich, seine Leitfähigkeit durch die Einbringung von positiv oder negativ geladenen Fremdatomen in das Siliziumkristallgitter (Dotierung) zu beeinflussen.



Nach der Dotierung hat die Solarzelle eine mit positiv geladenen Atomen angereicherte Schicht (p-dotiert), in der ein Lochüberschuss herrscht, und entsprechend eine mit negativ geladenen Atomen angereicherte Schicht (n-dotiert), in der ein Elektronenüberschuss herrscht.

Die Raumladungszone

An der Grenze zwischen den beiden Schichten strebt das Ungleichgewicht zwischen positiven und negativen Ladungen nach Ausgleich. Überschüssige Elektronen aus der n-dotierten Schicht vereinigen sich mit den freien Löchern der p-dotierten Schicht. Es entsteht eine Zone, in der nahezu keine freien Ladungsträger mehr vorhanden sind. Die ortsfesten positiven und negativen Ladungen erzeugen dann ein konstantes elektrisches Feld.



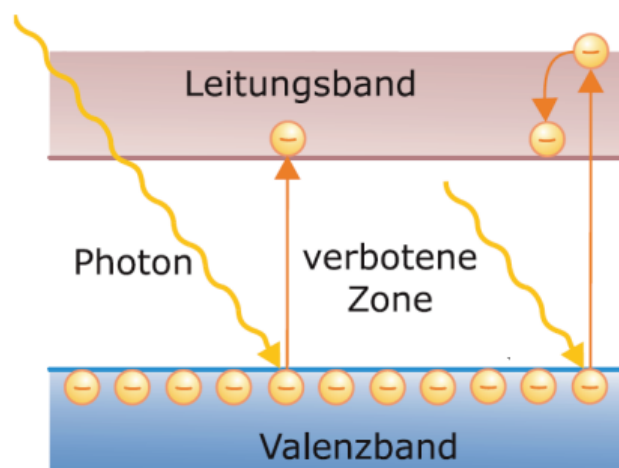
Bildet sich jetzt innerhalb dieser Raumladungszone ein Elektronen-Loch-Paar, wird es aufgrund des elektrischen Feldes getrennt. Das Elektron wird so in die n-dotierte Schicht gezwungen. Dort herrscht ein Mangel an Löchern, das Elektron kann sich dementsprechend nicht wiedervereinigen. Es entsteht ein Überschuss an Elektronen, der eine Ladungsdifferenz zwischen n- und p-Schicht bewirkt, es entsteht die sogenannte Diffusionsspannung.

Die Solarzelle als Stromquelle (Der photovoltaische Effekt)

Somit ist die zweite Voraussetzung für den Fluss elektrischen Stroms ebenfalls erfüllt: an der Solarzelle liegt eine elektrische Spannung an. Treffen nun Photonen in die

pn-Anordnung (s.o.), so können die zusätzlichen ins Leitungsband angehobenen Elektronen über eine von außen angeschlossene leitende (ggf. mit Verbraucher) Verbindung von der p-Schicht zur n-Schicht fließen – es fließt ein Gleichstrom.

Vom Verbraucher aus gesehen „sehen“ die Elektronen die p-Schicht als negatives Potential, die n-Schicht als positives Potential – die Diffusionsspannung (s.o.). Die „freien“ (das sind die Elektronen im Leitungsband) Elektronen fließen also über den geschlossenen Stromkreis außerhalb der Solarzelle von der n-Schicht in die p-Schicht.



Photovoltaik - wie wird die Sonnenenergie gewandelt?

Um die Solarzellen praktikabel nutzen zu können, werden mehrere Solarzellen zu einem Solarmodul zusammengefasst. Die Zellen innerhalb eines Moduls sind miteinander verschaltet und werden vor Witterungseinflüssen geschützt. Eine Solaranlage besteht aus einer beliebigen Anzahl von Solarmodulen, die parallel oder in Reihe geschaltet werden können.

Da die Solaranlage Gleichstrom produziert, ist als zusätzliches Bauteil noch ein sogenannter Wechselrichter erforderlich. Er wandelt den Gleichstrom mit einem Wirkungsgrad von etwa 97 % in Wechselstrom, der in das öffentliche Netz eingespeist werden kann.

Durchschnittlich wurden in Deutschland 2015 je Kilowatt installierter Solarstromleistung 973 kWh Solarstrom erzeugt. Eine Vollbenutzungsstundenzahl von 973 ist im Vergleich mit der Auslastung anderer erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen der mit Abstand niedrigste Wert.