

Innovative Fassadenmaterialien (II):

Fassade unter Solarstrom

Johannes Lang • Ralf Haselhuhn

Photovoltaik-Anlagen können nachträglich auf Gebäudedächern montiert oder aber in die Gebäudehülle integriert werden. Mit der Einbindung in Dach oder Fassade wird die Solartechnik zur Hightech-Gebäudehaut. Photovoltaik (PV) hilft, verschiedene Ziele mit einer Maßnahme zu erreichen: u. a. Energieerzeugung, Wärme-, Schall-, und Sonnenschutz. Für die Baubranche ist Photovoltaik eine dynamische Technologie an der Schnittstelle zwischen Energietechnik und Gebäudehülle.



Bild: Braas

Dachintegrierte Solarmodule sowie Solarkollektoren in Auf-Dach-Montage

Mit der Solartechnik können Gebäude ihre benötigte Energie mit verringertem Rohstoffbedarf selbst gewinnen – und dies nach der Lebenszyklusbilanz mit geringen Schadgas- oder Treibhausgasemissionen; sie tragen somit zur Klimaentlastung bei. Ein Ziel heutiger Architektur sind Gebäude mit minimalem Wärmeverbrauch. Dies kann erreicht werden mit neuen Wärmedämmstandards, mit Niedrigenergie- oder Passivhausbauweise und durch solare

Gebäudekonzepte. Immer mehr Gebäude werden mit solarthermischen Kollektoren zur Warmwassererzeugung oder Heizungsunterstützung ausgestattet. In wärmeoptimierten Gebäuden tritt dann der elektrische Energiebedarf in den Vordergrund. Primärenergetisch bewertet wird hier der Strombedarf von elektrischen Geräten, Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung zum wesentlichen Posten in der Energiebilanz. Mit Solarstrom kann diese Bilanz ausgeglichen werden, ja es kann sogar ein Überschuss erwirtschaftet werden.

Für viele ist das Kraftwerk auf dem eigenen Dach auch ein Schritt in Richtung Unabhängigkeit. Energie wird dezentral, also vor Ort, erzeugt. In Zukunft könnten viele, über das öffentliche Stromnetz verknüpfte Stromerzeuger kleinerer Leistung, zur wesentlichen Säule der Stromversorgung werden.

Von der Zelle zum Kraftwerk

Es gibt eine Vielzahl von Materialien und Konzepten für Solarzellen, die sich in Form und Farbe sowie in ihren Eigenschaften und Leistungsdaten unterscheiden: Solarzellen auf Basis von kristallinem Silizium dominieren heute mit fast 90 % den Markt. Silizium ist ein ungiftiges und in der Elektronik



Bild: Bsi

Solarmodule in Auf-Dach-Montage

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Johannes Lang ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei BINE Informationsdienst (www.bine.info) mit dem Themenschwerpunkt neue Technologien für Gebäude.

Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn ist Mitarbeiter des Berliner Büros der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (www.dgs-berlin.de). Daneben ist er als Gutachter, Sachverständiger, Fachplaner, Autor und Referent (Schwerpunkt Photovoltaik) tätig.

bekanntes und erprobtes Material. Silizium ist das zweithäufigste Element auf der Erde und damit reichlich verfügbar. Es kommt jedoch nicht in Reinform vor, sondern muss aus eingeschmolzenem Quarzsand unter hohen Temperaturen gewonnen werden. In chemischen Prozessen wird das Rohsilizium weiter gereinigt, bis ein fast 100%iger Reinheitsgrad erreicht ist. Das hochreine Silizium kann auf verschiedene Arten zu mono- oder polykristallinen Solarzellen weiterverarbeitet werden.

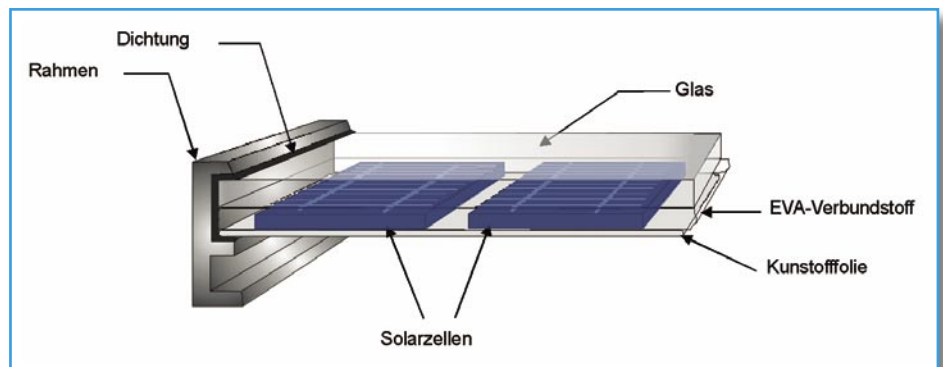
Monokristalline Zellen: Da das Zellmaterial aus nur einem Kristall besteht, ist die Oberfläche der Zellen homogen dunkelblau bis schwarz. Die Zellen erreichen Wirkungsgrade bis zu 20 %.

Polykristalline Zellen: An ihrer unterschiedlich blau schimmernden Kristallstruktur sind die polykristallinen (= mehrkristallinen) Zellen leicht zu erkennen. Die üblichen Wirkungsgrade liegen zwischen 13 und 15 %. Polykristallines Silizium ist kostengünstiger herzustellen als monokristallines Silizium.

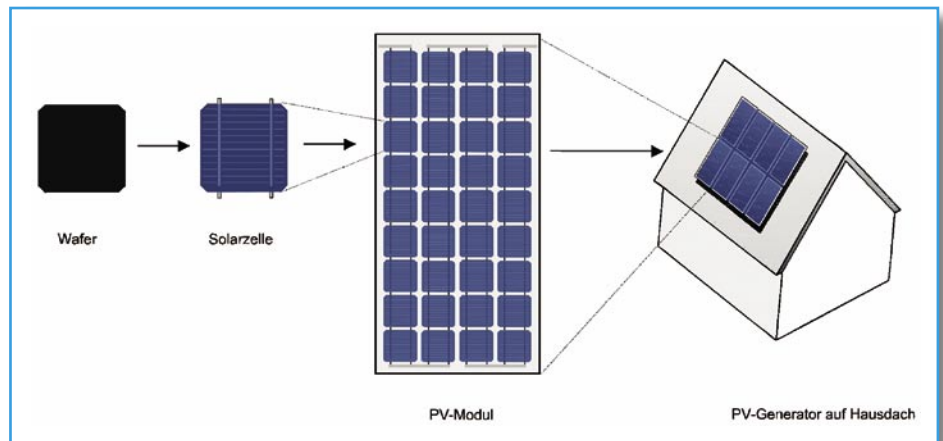
Dünnschichtzellen: Der hohe Material- und Energieverbrauch sowie die aufwändige Herstellung halten die Produktionskosten kristalliner Siliziumzellen auf hohem Niveau. Der Kostendruck führte in den 90er Jahren zur verstärkten Entwicklung und Produktion von Dünnschichtzellen, bei denen der produktionstechnische Aufwand und der Material- und Energieeinsatz viel geringer ist. Der Marktanteil von Dünnschichtmodulen liegt bei ca. 10 %. Es wird erwartet, dass mittelfristig jedes dritte Solarpanel ein Dünnschichtmodul ist. Im Gegensatz zur typischen Rasterstruktur kristalliner Module wirken Dünnschichtmodule aus größerer Entfernung homogen. Bei näherer Betrachtung werden viele zentimeterdicke Zellstreifen sichtbar. Durch die Verbreiterung der Abstände zwischen den Zellstreifen oder auch durch zusätzliche, senkrecht zu den Zellstreifen angebrachte Trennschnitte lassen sich semitransparente Module herstellen.

Solarmodule werden größer

Kristalline Solarzellen zeigen derzeit Leistungswerte von bis zu 2,75 Watt mit einer typischen Zellspannung von 0,5 Volt. Um größere Einheiten mit gängigen Spannungen als anschlussfertiges Bauteil bereitzustellen, werden bis zu 216 Solarzellen zu einem „Solarpanel“ zusammengefasst. Übliche Solarmodule – die Standardmodule – besitzen heute meist 36, 48 bzw. 72 Zellen, die zu einem bis vier Zellsträngen („Strings“) elek-



Aufbau eines gerahmten Standardmoduls



Vom Siliziumwafer zum Dach-Kraftwerk

trisch hintereinander („in Reihe“) geschaltet sind. Bei der Herstellung von Dünnschichtmodulen entfällt das Verlöten der einzelnen Zellen. Die Dünnschichtzellen werden als lange schmale Streifen auf eine Glasscheibe aufgedampft und schon während des Beschichtungsverfahrens in Reihe geschaltet. Für die Herstellung eines Moduls werden meist vier bzw. acht Zellreihen nebeneinander gelegt und verkapselt. Es ergeben sich so rechteckige Modulabmessungen, die von der Zellgröße bestimmt werden. Die fertigen Strings werden zwischen einer Glasscheibe auf der Vorderseite und einer Kunststoffolie

(Tedlar) auf der Rückseite zu dem Solarpanel verkapselt. Dabei werden die Solarzellen beidseitig in Ethylen-Vinyl-Acetat (EVA) eingebettet. So sind die Zellen vor Witterungseinflüssen, mechanischen Beanspruchungen und Feuchtigkeit geschützt. Alternative Verfahren sind die Teflonverkapselung oder der Gießharzverbund.

Ethylen-Vinyl-Acetat ist transparent und isoliert die Zellen elektrisch. Unter Wärme und Druck werden die Zellen mit dem Glas und der Folie zu einem wetterfesten und bruchsicheren Verbund zusammengebacken oder laminiert. Als Frontglas dient ein spezielles, gehärtetes Solarglas, das eisenoxidarm und stark lichtdurchlässig ist. Diese kostengünstigste und leichteste Variante wird als Glas-Folien-Modul bezeichnet. Wenn auch die Rückseite aus Glas besteht, spricht man von Doppelglasmodulen. In vielen Fällen bekommen die Module einen Rahmen aus Alu, der die Glaskanten schützt und zur Montage genutzt wird. Rahmenlose Module werden meist Laminate genannt.

Durch ein Loch in der Rückseitenfolie oder im Rückseitenglas gelangen die Anschlüsse der Zellstrings nach außen. Auf die Durchgangsstelle wird die Modulanschlussdose geklebt. Sie besteht aus UV- und wärmebeständigem Kunststoff und beherbergt die Bypassdioden



Neue, hermetisch verschlossene Modulanschlussdose in sehr flacher Bauweise

Bild: Raif Haselhuber

Bild: Raif Haselhuber

Bild: SolarWorld AG

und die Anschlussklemmen, mit denen mehrere Module mit Solarleitungen untereinander verbunden werden. Viele Module werden bereits mit Anschlussleitungen und verpolungs- und berührungssicheren Steckern geliefert. Die Module lassen sich so einfach zusammenstecken, ohne dass die Modulanschlussdose geöffnet werden muss.



Bild: SEV Bayern

Photovoltaik und Architektur: Semitransparente Fassadenmodule liefern Strom und gestalten Fassaden und Räume

Kraftwerk in Dach und Fassade

Noch immer werden heute die Photovoltaik-Anlagen in Auf-Dach-Montage, d. h. additiv auf Gebäuden errichtet – neuerdings vermehrt auf Flachdächern. Die Anlagen werden hier mit einer Metallkonstruktion zusätzlich zur Dachhaut am Gebäude befestigt.

Doch mit der neuen Technik können weit mehr Möglichkeiten genutzt werden, wenn die Anlage vollständig in Dach oder Fassade eingebunden wird. Damit können PV-Anlagen neben der Stromerzeugung auch Funktionen wie Verschattung, Dacheindeckung, Fassadenbekleidung, Wärmedämmung, Witterungs- oder Sichtschutz übernehmen. Erreicht wird das mit der Integration in die Gebäudesubstanz: Dächer, Fassaden aber auch Überdachungen etc. eignen sich hierfür.

Bei diesen integrierten Systemen werden Dach- oder Fassadenbauteile komplett durch Solarmodule ersetzt. Die Photovol-

taik-Anlage wird so zum Gebäudebestandteil, da die Solarmodule zugleich die regendichte Gebäudehaut sind. Erst mit diesen Mehrfachnutzen können PV-Anlagen ihre Möglichkeiten voll ausspielen.

Dächer eignen sich besonders gut für die Platzierung von Solarmodulen. Als oberer Gebäudeabschluss bietet das Dach eine große zusammenhängende Fläche und ist aufgrund seiner exponierten Lage am ehesten verschattungsfrei. Auch auf dem Dach können solaraktive Flächen die Aufgaben wie Wetter- und Wärmeschutz komplett übernehmen.

Neben den Dächern bieten zudem Fassaden, Überdachungen, Lichtkuppeln oder Atrien viele Möglichkeiten, um solaraktive Flächen in das Gebäude zu integrieren. Neben den Kosten für die Technik können in der Wirtschaftlichkeitsbilanz die vermiedenen Kosten für die eingesparten Fassadenelemente u. ä. berücksichtigt werden. Zwar liegt der Energieertrag von Fassadenanlagen etwa 30 bis 40 % unter dem von ideal ausgerichteten Dachanlagen, doch der Ertrag ist nicht der alleinige Bewertungsmaßstab für solaraktive Fassaden. Denn die PV-Anlage wird Bestandteil der Gebäudehülle und übernimmt neben der Stromerzeugung zusätzliche Funktionen wie Dämmung, Wetter-, Schall- oder Sonnenschutz.

Qualität und Performance

Wichtig für die Wahl des Standortes ist die Ausrichtung der solaraktiven Fläche zur Sonne und eine weitgehende Verschattungsfreiheit. Bei bestehenden Gebäuden ist die Wahl des Standortes aber von vornherein meist eingeschränkt. Ein Flachdach bietet meist noch sämtliche Freiheiten, während z. B. ein Nord-Süd-Giebelhaus nur eine Ost- und Westdachfläche und eine Südfassade anbietet. Um die Flächen in ihrer Ausrichtung einschätzen zu können, muss man die Performance der Anlage für unterschiedliche Orientierungen kennen. Wenn eine Fläche senkrecht zur bevorzugten Einfallrichtung der Sonnenstrahlung steht, trifft auf sie eine höhere Einstrahlungsleistung. Da sich der Sonnenstand im Laufe eines Tages und auch während des Jahres ändert, variiert der Einfallswinkel der Solarstrahlung ständig. Um abzuschätzen, ob bestimmte Dachflächen für die Nutzung der Sonnenenergie geeignet sind, müssen die Einstrahlungsverhältnisse über das ganze Jahr betrachtet werden. Als Hilfsmittel dienen hierfür im ersten Schritt Einstrahlungsdiagramme, aus denen die Jahreseinstrahlung für jede beliebige Ausrichtung und Neigung einer Fläche abgelesen werden kann.

Die maximale Einstrahlung über das Jahr erhält man in Deutschland auf Süddächern mit ca. 30 bis 40°-Neigung (abhängig vom geographischen Breitengrad und regionalen Wetter). Etwa 10 % beträgt der Einstrahlungsgewinn gegenüber einer horizontalen Fläche. Zudem lagern sich auf horizontalen Flächen Staub, Schnee und Laub ab. Die Verluste aufgrund von Verschmutzung betragen etwa zwischen 1 und 5 %. Nur durch regelmäßiges Reinigen kann die Anlage vor größeren Verlusten bewahrt werden. Bei Flächen, die mehr als ca. 12° geneigt sind, ist der Selbstreinigungseffekt durch Regen und Schwerkraft ausreichend, auf ein manuelles Reinigen kann verzichtet werden. Mit steigender Neigung verstärkt sich der Selbstreinigungseffekt.

Eine Abweichung von Süden von $\pm 10^\circ$ und eine Abweichung der Neigung von $\pm 5^\circ$ lässt keinen merklichen Unterschied in der jährlichen Einstrahlung erkennen. Der „optimale“ Standort bezogen auf die Einstrahlung kommt auf unseren Dächern selten vor. Aber die Abweichungen vom Einstrahlungsoptimum sind oft nicht so gravierend und betragen zwischen Südwest und Südost und bei einer Dachneigung zwischen 10° und 50° maximal 10 %. Auch manche Ost- oder Westdächer und Fassaden bieten geeignete Standorte für Solaranlagen.

In der nächsten Folge der Serie geht es darum, mit welchen Konstruktionen Photovoltaik-Anlagen in die Fassade integriert werden.

„Photovoltaik – Gebäude liefern Strom“

Das BINE-Informationspaket „Photovoltaik – Gebäude liefern Strom“ von Autor Ralf Haselhuhn bietet in kompakter Form die praxisrelevanten Aspekte für Planung, Montage und Betrieb einer Anlage. Weitere Themen sind die Wirtschaftlichkeit, der rechtliche Rahmen, die Markt- und Technologieentwicklung und ökologische Aspekte.

Das Informationspaket wendet sich an Planer, Handwerker sowie Investoren.

BINE-Informationspaket Photovoltaik – Gebäude liefern Strom, 160 Seiten, TÜV Verlag, Dezember 2004, 17,80 €.

