

## Dünnschichtmodule für größere und große Dächer

Bei der Stromerzeugung mit Photovoltaik spielen Dünnschichtmodule ihre Vorteile gegenüber der kristallinen Technik immer mehr aus. Dies dürfte ihnen in diesem Jahr zum Durchbruch verhelfen. Branchenintern wird von einem strukturellen Vorsprung für diese Technik gesprochen.

### Struktureller Vorsprung für die Dünnschichttechnik

Bei der Stromerzeugung mit Photovoltaik spielen Dünnschichtmodule ihre Vorteile gegenüber der kristallinen Technik immer mehr aus. Dies dürfte ihnen in diesem Jahr zum Durchbruch verhelfen. Branchenintern wird von einem strukturellen Vorsprung für diese Technik gesprochen. Dünnschichtmodule hatten 2006 in Deutschland einen Marktanteil von etwa 7 % [1]. Er ist stark steigend, für 2010 wird mit 20 bis 25 % gerechnet [2]. Verstärkt wird der Trend durch die, zwar gesunkenen, aber immer noch relativ hohen Preise kristalliner Module.

### Kontinuierlich Energie mit dünner Beschichtung

Im Bereich Dünnschichtmodule sind eine Reihe neuer, siliziumsparender bzw. siliziumfreier Techniken auf dem Markt, wodurch eine relative Unabhängigkeit vom mittelfristig noch vorhandenen Engpass bei Solar-Silizium besteht. Fast alle Module nutzen die schnelle, großflächige und dünne Beschichtung von Glas, Metallfolien oder Kunststoff (Bild 1).

Aufgrund eines günstigeren Schwach- und Diffuslichtverhaltens, lässt sich in unseren Breiten mit Dünnschichtmodulen gleichmäßiger elektrische Energie bereitstellen als mit kristallinen Modulen. Außerdem sind Module mit Dünnschichttechnik weniger temperaturempfindlich, sodass bei Erwärmung die Leistung deutlich weniger sinkt. Bei der Dimensionierung der Wechselrichter ist die kontinuierlichere Leistungsabgabe der Module zu beachten. Das Leistungsverhältnis  $P_{PV-Nenn} : (P_{WR-Nenn} / \eta_{Euro})$  (PV-Generator-Nennleistung : (Wechselrichter-Nennleistung/

Europäischer Wirkungsgrad)) sollte bei Süddächern etwa 1 : 1 betragen. Bei kristallinen Anlagen dagegen ist ein Verhältnis von 1,15 : 1 üblich.

### Derzeit dominieren zwei Techniken

Trotz der Vielfalt der Dünnschichtmodule dominieren mit Abstand zwei Techniken: amorphes Silizium (a-Si) und Cadmium-Tellurid (CdTe).

**Amorphes Silizium.** Beim amorphen Silizium (aSi) ist die Triple-Junction-Technik von Unisolar marktführend [3]. Diese hocheffizienten Lamine des amerikanischen Herstellers werden in sehr unterschiedlichen Produkten verarbeitet. Für größere und große Photovoltaikanlagen sind dabei von Bedeutung:

- Indachsystem XXL (Biohaus),
- Großflächenmodul PV Plate (Biohaus),
- Dacheindeckungsfolien (alwitra, Sarnafil),
- Blechbedachungen (Thyssen-Krupp, Kalzip, Rheinzink, Corus) sowie
- gerahmte Standardmodule (Unisolar, Biohaus).

Bei der Triple-Junction-Technologie werden der blaue, rote und gelbgrüne Spektralbereich des Lichtes genutzt. Dies ermöglicht gute Erträge auch bei ungünstig flacher Neigung sowie Ausrichtung und trotz des in Deutschland herrschenden hohen Schwachlichtanteils. Da in jeder Zelle eine Bypass-Diode integriert ist, ist das Leistungsverhalten bei einer Teil-Verschattung günstiger als bei kristallinen Modulen. Die Triple-Junction-Technologie wird seit Ende der 70er Jahre für Inselanwendungen angeboten. Seit Mitte der 90er werden die Module in Standardanwendungen eingesetzt.

Der Modulhersteller Sharp stellt seine Dünnschichtsparte derzeit von der bisher favorisierten mikromorphen Technik auf „Triple Junction“ um. Durch die geringe Masse der glasfreien Module aus amorphem Silizium sind diese auch noch auf statisch ausgereizten Leichtdächern einsetzbar, insbesondere dann, wenn es aufgrund ausreichend vorhandener Dachfläche nicht auf einen hohen Modulwirkungsgrad ankommt. So ist pro 1 kWp eine Brutto-Dachfläche von etwa 25 m<sup>2</sup> erforderlich – bei kristallinen Modulen dagegen nur eine Fläche von ca. 10 m<sup>2</sup>.

**Cadmium-Tellurid.** Die Cadmium-Tellurid-Module (CdTe) von First Solar verfügen mit 9 % über den höchsten Modul-Wirkungsgrad handelsüblicher Dünnschichtmodule, der deutlich über den üblichen 6 bis 7 % liegt [3]. Dies führt dazu, dass für die gleiche Leistung nur noch etwa die 1,4-fache Fläche gegenüber kristallinen

Modulen benötigt wird, deren Wirkungsgrade bei 12 bis 15 % liegen. Der prinzipielle Nachteil der Dünnschichttechnik, der erhöhte Flächenbedarf, ist hier auf ein Minimum reduziert.

Ungerahmte Glaslamine wie die von First Solar sind in der Montage aufwendiger, da sie präzise geklemmt werden müssen, um Spannungen im Glas zu verhindern. Insbesondere auf Ziegeldächern ist ein etwas teureres Kreuzschienen-Montagesystem meist nicht zu vermeiden. Aufgrund der Rücknahmeverpflichtung des Herstellers ist die Mindestgröße einer PV-Anlage von First Solar 30 kWp (ca. 550 m<sup>2</sup>). Die bislang weltweit größte PV-Freiland-Anlage mit 40 MWp (etwa 200 Fußballfelder) wird im Moment westlich von Leipzig mit Modulen dieses Herstellers errichtet.

### Module für verschiedene Untergründe

Beim System PV-Plate von Biohaus sind zwei Unisolar-aSi-Lamine auf ein spezialbeschichtetes, verzinktes Stahlblech aufgeklebt. Bei der Variante T (für die Montage auf Trapezblech) hat es die Abmessungen 5586 x 867 x 0,63 mm<sup>3</sup>. Das Modul hat eine Leistung von 272 Wp und wiegt nur 44 kg. Dies entspricht einer Systemmasse von ca. 9 kg/m<sup>2</sup>. Es ist damit ideal – und die oft einzige Lösung – bei statisch kritischen Leichtdächern. Die Oberfläche des Moduls besteht aus dem hochtransparenten und stabilen ETFE-Polymer-Tefzel, das aus der Teflon-Familie kommt und einen höheren Abriebwert hat als Glas. Die spezielle strukturierte Oberfläche verhindert insbesondere bei flachen Dachneigungen eine Verschmutzung. Durch den umlaufenden und mittigen Blechbereich des Moduls wird es ohne ein Montagesystem mit Dichtbohrschrauben direkt auf das Trapezblech geschraubt. Zwischen PV-Modul und Trapezblech sorgt ein Stück Butylband für dauerhafte Dichtheit. Das Modul ist bei der Montage vorsichtig betretbar (Achtung! Gefahr durch Verkratzen). Es wird quer zur Abflussrichtung auf der nicht wasserführenden Obersicke des Trapezbleches montiert und kann



1 Glasfreie Dünnschichtmodule sind flexibel und nicht zerbrechlich

Foto: Biohaus



**② Auf Trapezblechen wird das Modul quer zur Abflussrichtung auf der nicht wasserführenden Obersicke montiert**



**③ Eine Variante für Bitumendächer ist geringfügig größer und wird durchdringungsfrei aufgeklebt**

Fotos: Parabel

auch überlappend verlegt werden, wodurch die Montage noch einmal beschleunigt werden kann (Bild ②). Wenn das Trapezblech mit Montageschrauben an der Obersicke befestigt ist, müssen diese ausgespart werden, was meist gut möglich ist, da die Schrauben parallel zur Verlege-Richtung verlaufen. Eine Mindestdachneigung von  $3^\circ$  ist ausreichend, sodass auch flache Norddächer noch wirtschaftliche Erträge ermöglichen. Die Variante B (Bitumendächer) ist geringfügig größer und wird durchdringungsfrei und unabhängig von der Verlege-Richtung direkt aufgeklebt (Bild ③). Zudem besteht der Vorteil, dass das Dach unter dem Modul vor Witterung und UV-Strahlung geschützt ist. Der fehlenden Hinterlüftung der Module kommt der sehr gute Temperaturkoeffizient entgegen. Für diese beiden Varianten existiert ein Systemkabelkanal, der die oben liegenden Anschlussdosen des Moduls und die Modulverkabelung abdeckt und vor Witterungseinflüssen schützt. Das PV-Modul kann auf Flachdächern eine teure, windanfällige und schwere Aufständering von kristallinen Modulen ersetzen. Durch die vollflächige Verlegung ist gegenüber der Aufständering kristalliner Module die Installation der gleichen Leistung auf dem Dach

möglich. Die ungünstigere Ausrichtung des flach liegenden PV-Moduls gegenüber der optimal ausgerichteten Aufständering wird durch den höheren Ertrag pro kWp des Moduls kompensiert. Bei der Variante F (Freifläche) des so genannten Plates (geeignet beispielsweise als Bodenabdeckung von Deponien) ist ein PV-Modul auf die Obersicke eines Trapezblechs geschraubt, das mittels Kiesschüttung in der Untersicke beschwert wird. Auf das Modul gibt es eine 5-jährige Produktgarantie und eine 20-jährige Leistungsgarantie auf 80 % der Leistung. Die Leistungstoleranz beträgt  $\pm 5\%$ . Zwei Anschlussdosen mit dem üblichen MC3-Steckverbindersystem erleichtern die Verkabelung. Aufgrund des geringen MPP-Stroms von 4,1 A und der recht hohen Spannung von 92,4 V sind meist zwei relativ kurze Parallel-Strings bei der Wechselrichter-Verschaltung notwendig.

#### Literatur

- [1] Hirshman, W. P.; Hering, G.; Schmela, M.; Kreuzmann, A.: Die neue Maßeinheit heißt Gigawatt, Photon (4/2007), S. 52-65
- [2] European Photovoltaik Industry Association (EPIA), Production capacity towards 2010, (12/2005)
- [3] Marktübersicht Solarmodule 2007 amorphes Dünnschichtsilizium, Photon (2/2007), S. 56-85  
A. Uhlenhoff