

Photovoltaik-Module – Dick oder dünn?

Welches Solarpaneel ist das richtige für mein Dach? Diese Frage stellt sich jeder angehende Betreiber einer Photovoltaikanlage. Die Antwort ist schwierig, denn um den Platz an der Sonne streiten zwei starke Technologien: Neuartige Dünnschichtmodule fordern die klassischen kristallinen Siliziummodule heraus. Beide arbeiten ertragreich und werden dank besserer Produktionen immer günstiger. Das Rennen um das erfolgversprechendste Konzept ist in vollem Gange.



Ja gut: wenig Sonne – aber unheimlich günstigen Strom

Große Fortschritte

Die Dünnschichtforschung macht große Fortschritte: Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart erreichte mit einem Dünnschichtmodul aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) einen Laborwirkungsgrad von 20,3 Prozent. Damit übertrifft das ZSW nicht nur deutlich die Werte anderer Institute, sondern minimiert auch den Effizienzvorsprung der auf dem Markt dominierenden multikristallinen Solarzellen auf nur noch 0,1 Prozent. Zwischen Labor und Praxis klafft bei den kupferbasierten Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, jedoch eine große Lücke. Industriell hergestellte Module aus diesem Verbindungshalbleiter erreichen Effizienzen von maximal zwölf Prozent, während die klassischen Siliziummodule durchschnittlich 14 Prozent des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Diesen Rückstand kann CIS bisher nicht durch geringere Fertigungskosten ausgleichen.

Im Gegenteil: „CIS ist in der Produktion mit rund zwei Euro pro Watt fast noch doppelt so teuer wie Siliziummodule“, sagt *Bernd Schüssler*, Sprecher des Solarstrommagazins Photon. Die anderen Dünnschichttechnologien stehen kaum besser da. Module aus Dünnschichtsilizium etwa erreichen bei Herstellungskosten von rund 1,50 Euro pro Watt selten mehr als zehn Prozent Effizienz. Dabei hätte die Dünnschicht die massiven Siliziumzellen längst als führende Photovoltaik (PV)-Technik ablösen sollen. Siliziumzellen, so das Argument, nutzen bei 180 bis 250 µm Dicke nur 20 µm für die Lichtumwandlung, das restliche Material diene nur der Stabilität der Zelle. Warum also nicht für den gleichen Effekt auf das teure Silizium verzichten? Immer mehr Firmen ersetzen deshalb die dicken Wafer durch billige Glasscheiben, die sie mit hauchdünnen halbleitenden Schichten überzogen. Dennoch ist der große Durchbruch der Dünnschicht bisher ausgeblie-

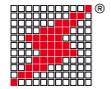
ben. „Der geringe Wirkungsgrad ist oft das Knock-Out-Kriterium für die Technik“, erklärt Dipl.-Ing. (FH) *Philipp Vanicek*, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS). Hinzu kommt, dass Silizium inzwischen wieder reichlich und billiger vorhanden ist – das schwächt das Dünnschichtargument ab. In den Jahren 2007 und 2008 war Silizium wegen der rasanten Produktionserweiterungen der PV-Industrie knapp geworden. Der Preis pro Tonne war deshalb vorübergehend von 50 auf mehr als 400 Dollar gestiegen. Doch dank neuer Siliziumfabriken hat sich die Lage auf dem Halbleitermarkt wieder entspannt.

Dünnschicht vor dem Durchbruch?

Doch CIS und Co. stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach Angaben von Dr. *Arnulf Jäger-Waldau* von der Ge-

meinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission (GFS) wurden im vorigen Jahr 2000 MW Dünnschichtmodule produziert, 2012 sollen bereits 22000 MW von den Bändern der Dünnschichtfabriken laufen. „Die Vorhaben sind gewaltig“, sagt *Jäger-Waldau*. Massenherstellung und bessere Produktion lassen Kostenersparnisse und sinkende Preise erwarten. Dadurch, hoffen die Firmen, wird der Effizienznachteil mehr als ausgeglichen. First Solar, Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid, gilt als Primus der jungen Branche. Die US-Firma hat ihre Produktionskosten auf rund 0,50 Euro gedrückt. Daher sind ihre Anlagen in der Anschaffung pro Kilowatt um bis zu zehn Prozent billiger als Standardsolarsysteme. Bei einem so günstigen Preis billigen Investoren, dass die CdTe-Paneele wegen ihres geringeren Wirkungsgrads bei gleicher Leistung mehr Fläche benötigen. Was der Technik weiteren Auftrieb verleihen dürfte: In den Betrei-

MOBIL-STROM



Dieselstromerzeuger – Produktion/Service/Verkauf/Vermietung

Strom-Aggregate und Netz-Ersatzanlagen von MOBIL-STROM zum Kauf/zur Miete

Durch unsere langjährige Erfahrung können wir Ihnen jederzeit den richtigen Stromerzeuger, egal ob als **Standard- oder Individualaggregat**, in folgenden Varianten anbieten:

- ■ ■ ■ ■ **Klemmenkastenaggregat**
- ■ ■ ■ ■ **Kompaktaggregat**
- ■ ■ ■ ■ **Schallgedämmte Stromerzeuger**
- ■ ■ ■ ■ **Container-Stromerzeuger**
- ■ ■ ■ ■ **Individueller Anlagenbau**
als Schlüssel- und betriebsfertige Anlagen für Krankenhäuser, Theater, Hotels, Hochhäuser, Industriebetriebe, USV-Anlagen u.a.m. Lieferumfang nach Bedarf: Stromerzeuger, Schaltanlage, Kraftstoffanlage, Zu- und Abluftanlage, Abgasanlage, Schalldämmung

Informationen und Anfragen unter **(03 42 94) 7 14-0** oder auf **www.mobil-strom.com**

berforen im Internet erhalten First Solar-Anlagen Bestnoten. Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarke erzielen sie oft höhere Erträge als kristalline Kraftwerke. „Tendenziell nutzen Dünnschichtmodule Schwachlicht besser aus und verlieren bei steigenden Temperaturen nicht so schnell an Leistung wie Siliziummodule“, erklärt ZSW-Forscher Dipl.-Phys. *Hans-Dieter Mohring*. Damit sind sie für Standorte wie Deutschland, wo oft wechselhaftes Wetter herrscht, bestens geeignet. Um Kosten weiter zu senken, will First Solar seine Kapazitäten bis 2012 um 1000 MW auf 2500 MW steigern. Zudem will die Firma viel Geld in Forschung und Entwicklung investieren. „Die Kosten kriegen wir nur mit hohen Forschungsinvestitionen runter“, erklärt Technikchef *Dave Eaglesham*.

Die Amerikaner haben bei Preisen und Erträgen ihrer Anlagen Maßstäbe gesetzt – andere Dünnschichtfirmen wollen nun nachziehen. Die Firma Solar Frontier zum Beispiel, Tochter des japanischen Konzerns Showa Shell Sekiyu, hat Anfang dieses Jahres in ihrer neuen Fabrik mit 1000 MW Kapazität in Miyazaki, Japan, die Produktion von CIS-Modulen aufgenommen. Die Technik soll Wirkungsgrade von bis zu 13 Prozent erreichen und dank moderner Produktion kosteneffizienter gefertigt werden als bisher gängige Module aus diesem Material. Das könnte der lang erwartete Durchbruch des CIS sein. Sharp pusht wiederum das Dünnschichtsilizium. Die Japaner haben eine sogenannte Tandemzelle entwickelt, bei der zwei übereinander gestapelte Halbleiterschichten aus amorphem und mikrokristallinem Silizium verschiedene Bereiche des Lichtspektrums ausnutzen – der eine Absorber hat seine maximale Empfindlichkeit bei kurzwelligem Blaulicht, der andere fischt lieber in langwelligem rötlichen Bereich nach Photonen. So soll die Effizienz über die „magische“ Grenze von zehn Prozent gesteigert werden. 2015 will Sharp bereits 1500 MW Modulleistung herstellen.

Die US-Firma Uni-Solar treibt den Wirkungsgrad des Dünnschichtsiliziums noch höher. Sie hat ein Modul entwickelt, das Licht mit

zwölf Prozent Effizienz in Strom umwandelt. Schlüssel zu einer solch guten Photonen ausbeute sind die insgesamt drei Absorberschichten, die dafür sorgen, dass das gesamte Lichtspektrum optimal ausgenutzt wird.

Starke kristalline Konkurrenz

Doch so einfach wird die Dünnschicht der kristallinen Technik die marktbeherrschende Stellung nicht streitig machen. Erstens haben Siliziummodule ihre Langzeitstabilität bereits unter Beweis gestellt – viele Anlagen laufen in Deutschland bereits seit mehr als 20 Jahren störungsfrei. Das ist ein wichtiges Argument, denn mit jedem Stillstand entgeht einem Anlagenbetreiber Einspeisevergütung und sinkt die Rentabilität einer Solaranlage. Zweitens haben auch die Siliziummodule noch großes Entwicklungspotential. Die Annahme, die Technik könne wegen des teuren Halbleiters nicht mehr wesentlich billiger werden, hat sich als Trugschluss erwiesen. Innerhalb der vergangenen zwei Jahre wurde der durchschnittliche Preis kristalliner Solarsysteme von rund vier auf zwei Euro pro Watt Leistung halbiert. Hauptgrund dafür ist neben der Auflösung des Siliziumengpasses das preisaggressive Auftreten der chinesischen Produzenten. Modulhersteller Trina Solar zum Beispiel fertigt das Watt nach eigenen Angaben bereits für weniger als einen Euro – kein europäischer Hersteller und schon gar kein Newcomer aus dem Dünnschichtsektor kann da mithalten.

Trina liefert keineswegs minderwertige Ware. „Chinesische Hersteller legen großen Wert auf aktuellste Technologien und produzieren auf moderneren Maschinen als mancher europäischer Hersteller“, sagt Dr. *Wolfgang Seeliger*, Leiter Konzernentwicklung des schwäbischen PV-Anlagenbauers Centrotherm. So will Trina dieses Jahr die Produktion hocheffizienter Zellen aus monokristallinem Silizium starten, aus denen sich Module mit 16 Prozent Effizienz fertigen lassen sollen. „Wir erwarten eine Leistungssteigerung von bis zu acht Prozent, verglichen mit

konventionellen monokristallinen Modulen“, sagt Trina-Produktmanager *Tim Heltner*. Suntech Power und Yingli Solar, die beiden anderen großen chinesischen Hersteller, bieten bereits kristalline Hocheffizienzmodule an. Suntech verkauft sie seit Herbst 2010 unter dem Namen Pluto, Yingli vertreibt seine „Panda“-Module ebenfalls seit Ende vorigen Jahres. Wegen des guten Preis-Leistungs-Verhältnisses nehmen hierzulande immer mehr PV-Händler Module „made in China“ in ihr Portfolio auf. „Die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage ist für Kunden entscheidend. In diesem Punkt bieten Module von chinesischen Qualitätsanbietern derzeit klare Vorteile“, sagt der Elektromeister und Solarteur *Özcan Pakdemir* aus dem westfälischen Bergkamen.

Die deutschen Hersteller, viele Jahre markt- und technologieführend, wollen sich von den chinesischen Anbietern nicht abhängen lassen und stellen sich dem Wettbewerb auf der oberen Wirkungsgradskala. Dafür verpflichten sich die Solarfirmen in der vom Bundesverband Solarwirtschaft (BSW) im vergangenen Spätherbst vorgestellten Studie „Wegweiser Solarwirtschaft: PV-Roadmap 2020“, ihre Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf fünf Prozent ihrer Umsätze zu verdreifachen. Es gibt Chancen für eine erfolgreiche Aufholjagd. Mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg oder dem Institut für Solarenergieforschung in Hameln finden die Hersteller geballtes PV-Know-how quasi direkt vor ihren Werkstoren.

Die Bundesregierung will den Innovationsmotor von Wissenschaft und Wirtschaft befeuern und bis 2013 insgesamt 100 Millionen Euro für Forschungsaktivitäten auszahlen. 50 Millionen Euro sollen aus dem Forschungsministerium kommen, die andere Hälfte steuert das Umweltministerium bei. Bedingung für die „Innovationsallianz Photovoltaik“ ist allerdings, dass die Industrie bis 2013 500 Millionen Euro selbst investiert. Dieses Angebot können die Firmen nicht ausschlagen. „Wir konzentrieren uns wieder stärker auf wesentliche Dinge wie Innovationen“, verspricht Dr. *Martin Heming*,

Chef des Mainzer Herstellers Schott Solar. Gemeinsam mit dem deutsch-niederländischen Zellenproduzenten Solland Solar entwickelt seine Firma derzeit ein Produktionsverfahren für Rückkontaktmodule mit 16 Prozent Wirkungsgrad. Die Module bestehen aus Zellen, deren Stromsammelschienen auf die Rückseite verbannt wurden. Auf diese Weise wird ihre lichtzugewandte Front weniger verschattet, sodass mehr Licht eindringen kann. Die Serienfertigung der neuen Module soll dieses Jahr starten. Auch PV-Hersteller Q-Cells aus Bitterfeld will noch 2011 ein neues Siliziummodul mit mehr als 16 Prozent Wirkungsgrad auf den Markt bringen. „Schlüssel zu hoher Effizienz ist die neuartige Rückseitenstruktur der Zellen“, sagt Q-Cells-Cheftechnologie Dr. *Peter Wawer*. Spezielle Antireflex- und Passivierschichten erhöhen ihre Lichtausbeute und verringerten Ladungsträgerverluste an der Oberfläche des Siliziumkristalls. Experten glauben, dass die Firmen weiter um jeden Prozentpunkt Effizienz ringen werden, da sie sonst im immer härter werdenden Wettbewerb nicht konkurrieren können. 25 Prozent Wirkungsgrad können, so glauben Wissenschaftler, bei kristallinen Siliziumzellen noch erreicht werden, derzeit liegen die „besten“ unter ihnen bei etwa 20 Prozent Effizienz. Spielraum für Optimierungen gibt es bei der Silizium-Wafer-Technik auch noch in der Produktion. So wollen die Firmen Silizium sparen, indem sie die Dicke der Wafer durch „sensiblere“ Prozesse weiter reduzieren. Zudem soll der Durchsatz, also die pro Zeiteinheit hergestellte Menge an Zellen und Modulen, erhöht und auf diese Weise Kosten weiter gesenkt werden. Die Dünnschichthersteller werden technisch also massiv zulegen müssen, wenn sie mithalten wollen. First Solar hat gezeigt, worauf es ankommt: Das Unternehmen hat seine Kosten so radikal gesenkt, dass kein anderes Unternehmen mithalten kann. „Viele Firmen werden an der Kosten-Aufgabe scheitern“, prophezeit EU-Forscher *Jäger-Waldau*. Dem Kunden soll es recht sein, denn so können nur die leistungsstärksten Module den Weg auf sein Dach finden. *S. Rentzing*