

# Wettstreit der Technologien

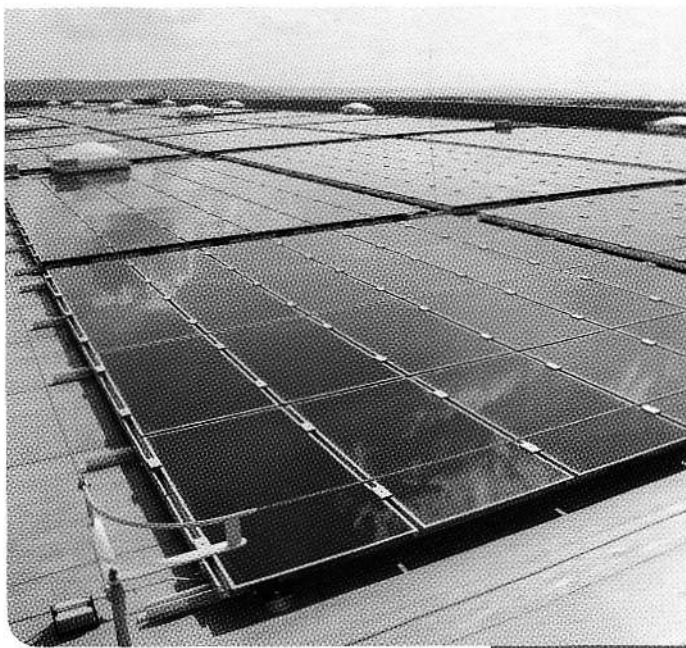
Welches Solarpaneel ist das richtige für mein Dach? Diese Frage stellt sich jeder angehende Betreiber einer Photovoltaikanlage. Die Antwort ist schwierig, denn um den Platz an der Sonne streiten zwei starke Technologien: Neuartige Dünnschicht- fordern die klassischen kristallinen Siliziummodule heraus.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

Noch vor wenigen Jahren war der Modulkauf leicht. Die Auswahl beschränkte sich auf wenige Formate und zwei Techniken: einfache multikristalline und die effizienteren monokristallinen Siliziumplatten. Der Installateur setzte sie um 30° gen Süden – fertig war das Solarkraftwerk auf dem heimischen Dach. Inzwischen ist es komplizierter, denn die Auswahl ist dank der aufkommenden Dünnschichttechnik größer geworden. Die Idee ist, Solarstrom anstelle des massiven Halbleiters Silizium mit einem hauchfeinen Absorber zu fangen, um Kosten zu senken. Forscher und Ingenieure treiben die Entwicklung mit hohem Einsatz voran. 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. Das übertrifft nicht nur die Werte anderer Institute deutlich, sondern minimiert auch den Effizienzvorsprung der dominierenden multikristallinen Solarzellen auf nur noch 0,1 %.

## Zwischen Labor und Praxis

Klafft bei den kupferbasierten Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, jedoch eine große Lücke. Industriell hergestellte Module erreichen Effizienzen von maximal 12 %, während die klassischen Siliziummodule durchschnittlich 14 % des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Diesen Rückstand kann CIS bisher nicht durch geringere Fertigungskosten ausgleichen. Im Gegenteil: „CIS sind in der Produktion mit rund 2 €/W fast noch doppelt so teuer wie Siliziummodule“, sagt Bernd Schüßler, Sprecher der Fachzeitschrift Photon.

Die anderen Dünnschichttechniken stehen kaum besser da. Module aus Dünnschichtsilizium etwa erreichen bei Herstellungskosten



von rund 1,50 €/W nicht mal mehr als 10 % Effizienz.

Dabei hätte die Dünnschicht die massiven Siliziumzellen längst als führende Technik ablösen sollen. Diese nutzen schließlich bei 180 bis 250 Mikrometern Dicke nur 20 davon für die Lichtumwandlung, der Rest dient 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 ausgeblieben. „Der geringe Wirkungsgrad ist oft das Knock-out-Kriterium für die Technik“, erklärt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie.

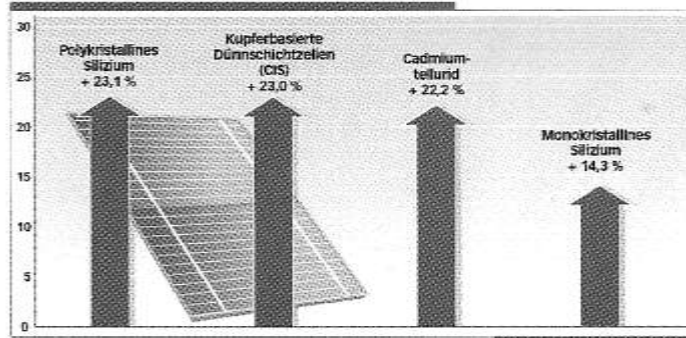
*Die Dünnschichtmodule holen auf. Dank der größeren Auswahl an Technologien können alle denkbaren Standorte genutzt werden.*

*Fotos: Green City Energy, foto-moment (2), lanapixel*

**Doch CIS und Co.** stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach Angaben von Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission wurden 2010 noch 2.000 MW Dünnschichtmodule produziert, 2012 sollen schon 22.000 MW von den Bändern 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 (CaTe), gilt als Primus der jungen Branche. Die US-Firma hat ihre Produktionskosten auf rund 0,5 €/kW gedrückt. Daher sind ihre Anlagen bis zu 10 % billiger als Standardsolarsysteme. Bei einem so günstigen Preis nehmen Investoren in Kauf, dass CdTe-Paneele wegen ihres geringeren Wirkungsgrads bei gleicher Leistung mehr Fläche benötigen.

Was der Technik weiteren Auftrieb verleihen dürfte: In den Betreiberforen im Internet erhalten First-Solar-Anlagen Bestnoten. Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarken erzielen sie oft höhere Erträge als kristalline Kraftwerke. „Tendenziell nutzen Dünnschichtmodule Schwachlicht besser aus und verlieren bei steigenden Temperaturen nicht so schnell an Leistung“, erklärt ZSW-Forscher 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 1.000 auf 2.500 MW steigern.



**Die Amerikaner** haben bei Preisen und Erträgen ihrer Anlagen Maßstäbe gesetzt – andere Dünnschichtfirmen wollen nachziehen. Die japanische Firma Solar Frontier zum Beispiel hat Anfang dieses Jahres in ihrer neuen Fabrik in Miyazaki, Japan, mit 1.000 MW Kapazität die Produktion von CIS-Modulen aufgenommen. Die sollen Wirkungsgrade bis 13 % erreichen und kosteneffizienter gefertigt werden als vergleichbare Module aus diesem Material. Das könnte der lang erwartete Durchbruch des CIS sein. Sharp pusht wiederum das Dünnschichtsilizium. Sie haben eine so genannte 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 im langwelligeren rötlichen Bereich nach Photonen. So soll die Effizienz über 10 % gesteigert werden. 2015 will Sharp bereits 1.500 MW Modulleistung herstellen.

Wirkungsgrade der verschiedenen Technologien bei der PV-Modulherstellung.

Grafik: Agentur für Erneuerbare Energien



## joule-Checkliste

### Nachteile Dünnschichtmodule

- Schlechterer Wirkungsgrad als kristalline Module,
- pro m<sup>2</sup> Dachfläche weniger kWh Strom im Jahr,
- bei gleicher Leistung höherer Flächenverbrauch.

### Vorteile Dünnschichtmodule

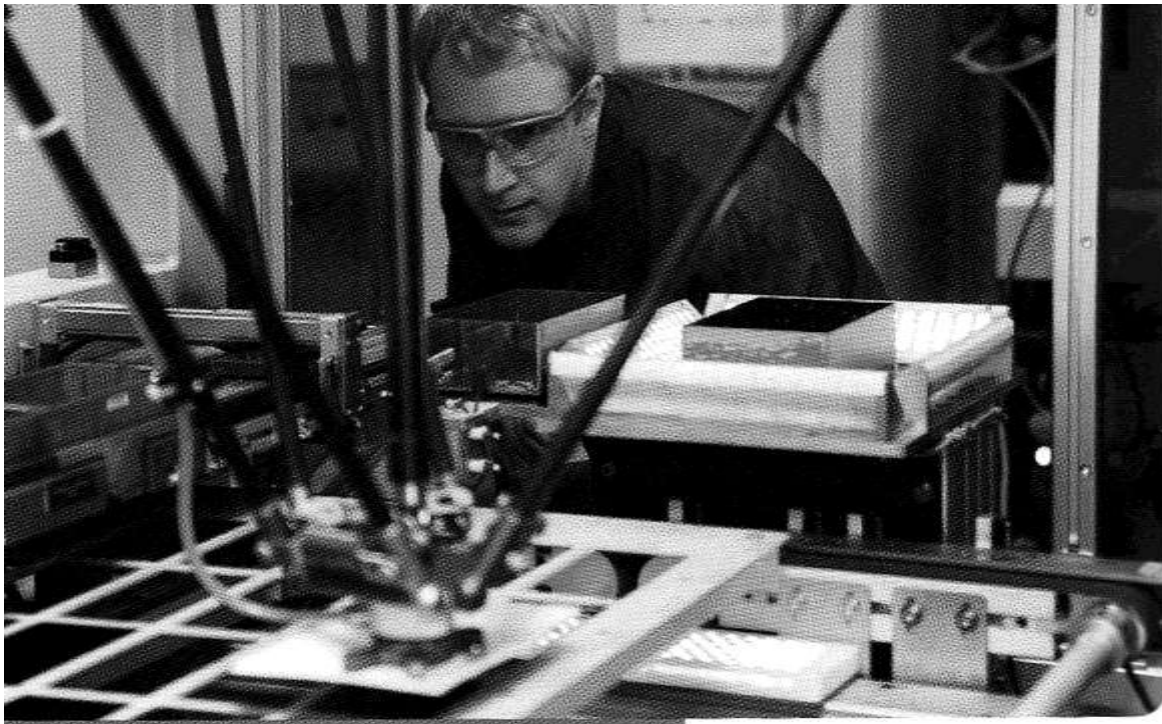
- Geringerer Leistungsverlust der Module bei steigenden Temperaturen,
- höhere Erträge pro inst. kW bei diffuser Einstrahlung,
- rahmenlose Module – gute Selbstreinigung,
- meistens höhere Rendite.

### Nachteile kristalliner Module

- Teurer als Dünnschichtmodul,
- höherer Materialverbrauch,
- geringere Erträge bei diffuser Einstrahlung.

### Vorteile kristalliner Module

- Mehr Ertrag pro m<sup>2</sup> und Jahr,
- höherer Wirkungsgrad,
- Maximaler Stromertrag.



*Modulcheck bei der Fertigung. Die Dünnschichttechnologie holt im Augenblick gewaltig auf – dank steigender Wirkungsgrade und sinkender Herstellungskosten.*

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 seit mehr als 20 Jahren störungsfrei. Zweitens haben auch die Siliziummodule noch großes Entwicklungspotenzial. Die Annahme, die Technik könne wegen des teuren Halbleiters nicht wesentlich billiger werden, hat sich als Trugschluss erwiesen. Innerhalb der vergangenen zwei Jahre wurde der durchschnittliche Preis kristalliner Solarsysteme von rund 4 auf 2 €/W Leistung halbiert. Hauptgrund dafür ist das preisaggressive Auftreten der chinesischen Produzenten. Modulhersteller Trina Solar zum Beispiel fertigt das Watt nach eigenen Angaben bereits für weniger als 1 € – kein europäischer Hersteller und schon gar kein Newcomer aus dem Dünnschichtsektor kann da mithalten. Aber Trina liefert keineswegs minderwertige Ware. „Chinesische Hersteller

legen großen Wert auf aktuellste Technologien und produzieren auf moderneren Maschinen als mancher europäische Hersteller“, sagt Wolfgang Seeliger, Leiter Konzernentwicklung des schwäbischen PV-Anlagenbauers Centrotherm.

So will Trina dieses Jahr die Produktion hocheffizienter Zellen aus monokristallinem Silizium starten, aus denen Module mit 16 % Effizienz werden sollen. „Wir erwarten eine Leistungssteigerung bis 8 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.

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 Solarteuer Özcan Pak-

Die deutschen Hersteller stellen sich dem Wettbewerb auf der oberen Wirkungsgradskala.

demir aus dem westfälischen Bergkamen. Die deutschen Hersteller 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 Studie „Wegweiser Solarwirtschaft: PV-Roadmap 2020“, ihre Ausgaben für Forschung und Entwicklung auf 5 Prozent ihrer Umsätze zu verdreifachen. 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 Mio. € auszahlen. Eine Hälfte soll aus dem Forschungsministerium kommen, die andere steuert das Umweltministerium bei. Bedingung für die „Innovationsallianz Photovoltaik“ ist, dass die Industrie 500 Mio. € selbst investiert.

„Wir konzentrieren uns wieder stärker auf wesentliche Dinge wie Innovationen“, verspricht also 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 % Wirkungsgrad. Sie bestehen aus Zellen, deren Stromsammelschienen auf die Rückseite verbannt wurden. So wird ihre lichtzugewandte Front weniger verschattet. Die Serienfertigung soll 2011 starten. Auch Q-Cells aus Bitterfeld will 2011 ein Siliziummodul mit mehr als 16 % Wirkungsgrad auf den Markt bringen. „Der Schlüssel zu hoher Effizienz ist die neuartige Rückseitenstruktur der Zellen“, sagt Cheftechnologe Peter Wawer. Antireflex- und Passivierschichten erhöhen ihre Lichtausbeute und verringern Ladungsträgerverluste an der Oberfläche.

Experten glauben, dass die Firmen weiter um jeden Prozentpunkt Effizienz ringen werden, da sie sonst im immer härter werdenden Wettbewerb nicht konkurrieren können. 25 % halten Wissenschaftler bei kristallinen Siliziumzellen noch für möglich, derzeit liegen die „besten“ bei etwa 20 % Effizienz. Demnach gibt es bei der Silizium-Wafer-Technik noch viel Spielraum für Optimierungen.

Die Dünnschichthersteller werden technisch also zulegen müssen. First Solar hat gezeigt, das man seine Kosten radikal senken kann. „Viele Firmen werden daran scheitern“, sagt EU-Forscher Jäger-Waldau. Dem Kunden soll es recht sein, so erhält er die leistungsstärksten Module. **Sascha Rentzing**

*Der Kunde profitiert vom gnadenlosen Kampf der PV-Anbieter um Preise und Effizienz. So können die besten und leistungsstärksten Module zu einem günstigen Preis den Weg auf sein Dach finden.*

