

# Mit der Sonne durch dick oder dünn?

Um den Platz an der Sonne streiten zwei Technologien: Die klassischen Siliziumpaneele gelten als effizient und verlässlich, dafür bringen neuartige Dünnschichtplatten auch bei Schwachlicht und Hitze maximale Leistung. Wer hat die Nase vorn?

Sascha Rentzing, Dortmund

Raus aus der Atomkraft, rein in die Sonnenenergie, darin sind sich heute fast alle einig. Nur der Weg ist noch umstritten, selbst bei der technischen Ausrüstung wie den Solarpanelen, die das Licht direkt in elektrische Energie umwandeln. Befürworter und Skeptiker liefern sich dazu in Betreiberforen des Internets sogar heiße Debatten. Zum Bei-

spiel Max Meier. Der Landwirt aus dem oberpfälzischen Cham berichtet froh, dass er sich für die Dünnschicht entschieden hat. Im September 2006 installierte er Module aus Cadmium-Tellurid (CdTe) mit 30 Kilowatt (kW) Gesamtleistung auf dem Dach seiner Scheune. Schon von Beginn an war er überrascht, wie gut seine Anlage lief: Bei glei-

cher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarke erntete sie in den Herbstmonaten Oktober bis Dezember 2006 rund sechs Kilowattstunden (kWh) mehr Strom als das benachbarte 30-kW-Sonnenkraftwerk aus herkömmlichen multikristallinen Siliziummodulen. „Bei diffusem Licht habe ich meist wesentlich mehr Ertrag, aber auch bei richtig gutem

12 ■ forum.new power 4/2011 (05. Jg.) ■

Sonnenschein hat meine Anlage meist ein paar Prozent mehr“, teilte Meier seinen Betreiberkollegen im Februar 2007 im Photovoltaikforum mit.

Nach vier Jahren intensivem Vergleich ist der Landwirt überzeugt: Seine Dünnschichtanlage kann locker mit den kristallinen Kraftprotzen in der Region mithalten. 2009 habe er 1.093 kWh/kW, im vorigen Jahr 976 kWh/kW Jahresernte eingefahren. „Die besten kristallinen Anlagen in der Umgebung laufen mit rund 1.000 kWh/kW nicht besser“, resümiert der Landwirt. Erfahrungsberichte wie dieser finden sich im Internet immer häufiger. Nicht nur das CdTe schneidet darin gut ab, sondern auch die anderen beiden Dünnschichttechniken CIS, ein Absorber auf Basis von Kupfer, Indium und Selen, und amorphes Silizium erzielen laut ihren Betreibern pro kW installierter Leistung oft höhere Erträge als ihre kristallinen Konkurrenten.

Dagegen hatten viele Experten das amorphe Silizium wegen seines geringen Wirkungsgrads fast schon abgeschrieben,



Viel zu tun: In der Produktion des US-Dünnschichtanbieters First Solar ist von Flaute keine Spur. Vor allem in Großprojekten kommen die günstigen Cadmium-Tellurid-Module zum Einsatz.

Foto: First Solar

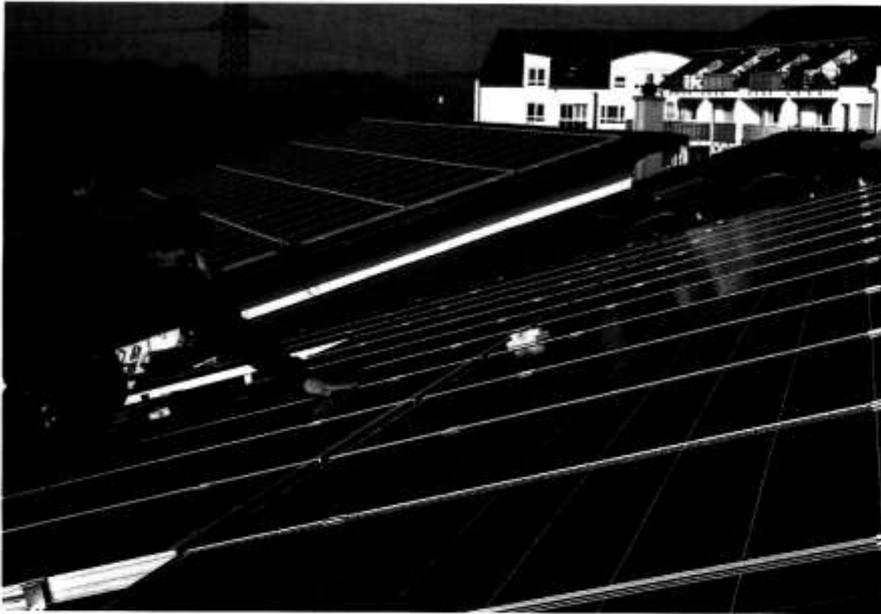
in Kombination mit mikrokristallinem Silizium oder als Triplezelle mit drei über-

einander liegenden Zellschichten erweist sich das Material aber als überaus guter Photonenabsorber. Über mikromorphe Anlagen des taiwanesischen Modulherstellers Nexpower zum Beispiel sind die Foren dank guter Erträge voll des Lobes.

## Dünnschicht besser als ihr Ruf

Aufgekommen zu Zeiten des Siliziumengpasses im Jahr 2007, sollte Dünnschnitt die teuren kristallinen Module als führende Solartechnik ablösen. Siliziumzellen, so das Argument, nutzten bei 180 bis 250 Mikrometern Dicke nur 20 Mikrometer für die Lichtumwandlung, das restliche Material diene 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.

Der große Durchbruch der Dünnschicht blieb aber bisher aus. Das Haupt-



**Begehrte Technik:** Kristalline Solarmodule gelten als besonders leistungsstark und sind in Deutschland sehr gefragt.

Foto: Aleo Solar

problem: Die Technik kann nach wie vor nur mit relativ geringen Effizienzen aufwarten. Noch immer dümpeln einfache amorphe Siliziummodule bei einstelligen Wirkungsgraden, während die kristallinen Absorber mindestens 14 Prozent Effizienz erreichen. Das schmälert die Attraktivität der Dünnschicht erheblich. „Der geringere Wirkungsgrad ist oft das Knock-out-Kriterium für die Technik“, bestätigt Philipp Vanicek, Projekt-Ingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) viele Dünnschicht-Skeptiker.

Dabei sagt der Wirkungsgrad nichts über den Ertrag einer Solaranlage aus. Er gibt lediglich an, wie viel Prozent des Lichts auf einer bestimmten Fläche in Strom umgewandelt wird. Das heißt: Ein Dünnschichtmodul mit zehn Prozent Wirkungsgrad ist verglichen mit einer kristallinen Kachel mit 14 Prozent Effizienz bei gleicher Leistung größer und braucht mehr Platz. Je geringer also der Wirkungsgrad ist, desto größer ist in der Regel der Flächenbedarf. Er spielt eine untergeordnete Rolle, wenn etwa auf einem landwirtschaftlichen oder Industriegebäude genug bebaubares Solarareal zur Verfügung steht.

Nicht viel schlauer wird man aus den übrigen technischen Daten auf dem Modul-Datenblatt. Werte wie Füllfaktor oder Nennleistung werden im Labor unter genormten Testbedingungen gemessen: bei 1.000 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter, einem bestimmten Strahlungsspektrum und 25 Grad Celsius Zelltemperatur. Experten sind sich

einig, dass die realen Betriebsbedingungen erheblich von den Standards abweichen und einen viel größeren Einfluss auf den Ertrag haben. „Die Aussagekraft von Wirkungsgrad und maximaler Leistungskraft ist bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Solaranlage irreführend“, erklärt der Elektroingenieur Stefan Krauter vom Photovoltaik-Institut in Berlin, das Module prüft und zertifiziert. „Für den Ertrag maßgeblich sind Faktoren wie Einstrahlung, Breitengrad, Jahreszeit, Tageszeit, Luftmasse, Wolkenbedeckung und Luftverschmutzung.“ Außerdem senke eine steigende Zelltemperatur, beeinflusst durch Außentemperatur, Einstrahlung und Wind, die gewonnene Energiemenge, so Krauter.

### Vorteile bei bedecktem Himmel

Gerade bei Hitze sowie geringer Einstrahlung hat die Dünnschicht Vorteile. „In der Tendenz zeigen Dünnschichtsilizium- und CdTe-Module ein besseres Schwachlichtverhalten als die kristalline PV“, sagt Dünnschichtforscher Hans-Dieter Mohring vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Während Siliziummodule mit sinkendem Lichtangebot deutlich an Effizienz einbüßen, zeige CdTe seine Stärken besonders bei mittlerer Einstrahlung von 500 Watt pro Quadratmeter. Dünnschichtsilizium wiederum nutze das gesamte Einstrahlungsangebot konstant gut aus, erklärt Mohring. „Im Vergleich zum kristallinen Silizium

sind die Materialien empfindlicher gegenüber Diffuslicht mit hohem Blauanteil, wie es vor allem bei bedecktem Himmel vorkommt.“

Demnach scheint die Dünnschicht für das oft wolkenverhangene Deutschland bestens geeignet zu sein. Auf dem Modultestfeld des ZSW in Widderstall in Baden-Württemberg kommen nach Angaben des Instituts im Jahr in mehr als der Hälfte der hellen Zeit weniger als 650 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter an, aber in nur 45 Prozent der Zeit erreichen mindestens 650 Watt die Module. Damit zeigt sich: Entscheidend für den Ertrag einer Solaranlage ist hierzulande besonders der niedrige und mittlere Einstrahlungsbereich.

Nun wird häufig argumentiert, die kristalline Technik liefere dafür bei hohem Strahlungsangebot bessere Erträge als die Dünnschicht. Das ist aber nur die halbe Wahrheit: Unbestritten ist, dass Siliziummodule ihre maximale Empfindlichkeit bei rötlichem Licht bei hoher Direktstrahlung haben. Nur herrschen bei kräftigem Sonnenschein oft auch hohe Temperaturen. Und Wärme können die kristallinen im Gegensatz zu den schlanken Stromgeneratoren nur schwer ertragen. Der Temperaturkoeffizient drückt aus, um wie viel Prozent die Leistung eines Moduls mit jedem Grad Zelltemperatur über 25 Grad Celsius abnimmt. „Er ist bei allen Dünnschichten geringer“, erklärt ZSW-Forscher Mohring. Die temperaturbeständigste Dünnschicht, CdTe, liegt bei einem Wert von minus 0,25 Prozent – damit verliert der Halbleiter pro Grad Celsius nur halb so viel Leistung wie Silizium mit einem Wert zwischen minus 0,45 und 0,50 Prozent. Wirklich stark ist die Siliziumanlage nur an klaren und kühlen Frühjahrs- oder Herbsttagen.

Wie sich die verschiedenen Faktoren konkret auf die Erträge der beiden Techniken auswirken, testete jüngst der TÜV Rheinland. Er hat über ein Jahr hinweg Betriebsergebnisse von einem Dutzend verschiedener Module auf seinem Testgelände in Köln gesammelt. Das überraschende Resultat: Anders als es die physikalischen Eigenschaften der Dünnschichtmodule erwarten lassen, schnitten die schlanken Stromgeneratoren bei durchwachsenem westdeutschem Wetter nicht besser ab als ihre dicken Konkurrenten. „Wir können Mehrerträge nicht pauschal bestätigen“, sagt Testingenieurin Ulrike Jahn. Dünnschichtskeptiker sehen sich durch die Ergebnisse des TÜV bestätigt: Das gute Schwachlicht- und Hitzeverhalten der Dünnschicht sei ein

„Märchen für PV-Betreiber“, sagt zum Beispiel Tina Ternus vom Rüsselsheimer Solarberater und -planer Photovoltaikbüro. „Dahinter steckt viel Marketingprosa der Hersteller.“

Fakt ist aber auch: Dünnschichtkacheln tauchen immer öfter auf den vorderen Rängen der Ertragsportale auf. Auch auf dem Testfeld der Fachzeitschrift Photon in Aachen, wo seit 2005 Module verschiedener Hersteller unter gleichen Bedingungen ihre Ertragsstärke beweisen müssen, zählen CdTe- und CIS-Lichtsammler zu den Top-Performern. Das CdTe-Panel wurde schon 2007 aufgestellt, sein Ertrag war mit 1.013 kWh pro kW im vorigen Jahr aber genauso hoch wie der von manch neuem kristallinem Modul. Der Spitzenreiter 2010, ein 2009 installiertes multikristallines Modul des spanischen Herstellers Siliken, erzeugte im vergangenen Jahr pro kW nur 31 kWh mehr Strom.

### Nachteile bei Platzbedarf und Effizienz

Trotz guter Erträge werden sich die schlanken Absorber gegen die kristallinen Klassiker aber wohl nur schwer behaupten können. „Die Dünnschicht hat keine Lobby“, sagt DGS-Ingenieur Vanicek. Das liegt vor allem daran, dass Langzeiterfahrungen mit der Technik fehlen. Der Marktführer des Segments, die US-Firma First Solar, verkauft seine CdTe-Module erst seit sieben Jahren. Bisher zeigen sie keine unvorhergesehenen Alterserscheinungen, aber ob sie, wie First Solar verspricht, weitere zwei Jahrzehnte halten, weiß niemand. Zudem gibt es Vorbehalte gegen das giftige Cadmium in den CdTe-Modulen. In Verbindung mit Tellur gilt es zwar als ungefährlich, doch lehnen es viele Betreiber ab, mit einem bedenklichen Absorber Grünstrom zu erzeugen. Siliziumanlagen hingegen haben ein besseres Ökoimage und ihre Verlässlichkeit bereits bewiesen. Einige von ihnen laufen schon seit fast zwei Jahrzehnten störungsfrei.

Ein weiteres Argument gegen die Dünnschicht ist der relativ hohe Platzbedarf. Zwar erzielen CdTe und Co. pro installiertem kW Leistung oft bessere Erträge als Siliziummodule, doch bezogen auf den Quadratmeter ernten sie wegen ihrer schwächeren Effizienz in der Regel weniger Strom. Daher ist die kristalline Technik bei Einfamilienhausbesitzern meist erste Wahl. Sie müssen aus einer begrenzten Fläche das Maximum an

Solarstrom herausholen, um eine möglichst hohe staatliche Förderung zu erhalten. Effizienzsteigerungen könnten der Dünnschicht helfen, die flächenbezogenen Kosten zu senken und in der Gunst der Anwender zu steigen, doch entwickeln sich Innovationen zu langsam. Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart erzielt mit CIS-Zellen im Labor bereits 20,3 Prozent Effizienz, industriell gefertigte Module aus diesem Halbleiter wandeln bisher jedoch maximal 14 Prozent des Lichts in Strom um. „Das Hochskalieren der Technik ist eine schwierige Aufgabe“, sagt ZSW-Vorstand Michael Powalla.

Da der technische Fortschritt beim CIS stockt und sich die Massenfertigung erst allmählich etabliert, bleiben auch dessen Produktionskosten hoch. Konsequenz: CIS ist bei geringerer Effizienz teurer als kristalline Module. Der Preis der Siliziumpaneele hingegen hat sich dank Kostenreduktionen durch bessere Produktionen und Massenfertigung in den vergangenen fünf Jahren halbiert. Dass die „alte“ Technik noch einmal einen solchen

Entwicklungssprung vollbringt, hätte zu Zeiten des Siliziumengpasses vor vier Jahren niemand für möglich gehalten.

### Fazit

Alle drei Dünnschichttechniken sind aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften bestens für Standorte mit wechselhaftem Wetter geeignet und können hier höhere Erträge erzielen als ihre kristallinen Kontrahenten. Werden sie aber nicht rasch billiger und effizienter, wird das Interesse an ihnen trotz ihres großen Sonnenhungers gering bleiben. Denn auf Preis und Effizienz schauen potenzielle Kunden als erstes. <<

### ■ KONTAKT ■ ■ ■

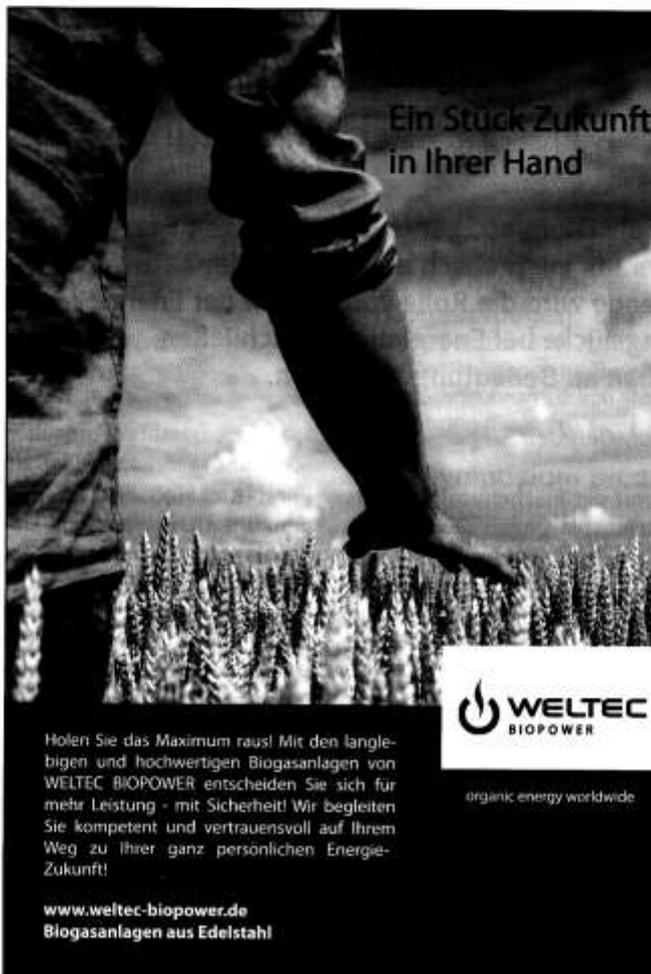
Sascha Rentzing

Dortmund

Telefon: 0231 47438776

Mobil: 0178 5256103

Sascha@rentzing.com



Ein Stück Zukunft  
in Ihrer Hand

Holen Sie das Maximum raus! Mit den langlebigen und hochwertigen Biogasanlagen von WELTEC BIOPOWER entscheiden Sie sich für mehr Leistung - mit Sicherheit! Wir begleiten Sie kompetent und vertrauensvoll auf Ihrem Weg zu Ihrer ganz persönlichen Energie-Zukunft!

**WELTEC**  
BIOPOWER

organic energy worldwide

www.weltec-biopower.de  
Biogasanlagen aus Edelstahl