

Module für trübe Tage

Dünnschicht bringt wegen ihres geringen Wirkungsgrads zu wenig Erträge, heißt es landläufig. Betreiber kommen zu anderen Ergebnissen. Dank des **besseren Schwachlicht- und Temperaturverhaltens** könnte die Technologie gegenüber der Dickschicht in unseren Breiten sogar im Vorteil sein.

Text: Sascha Rentzing, Fotos: Georg Schreiber

Max Meier ist froh, dass er sich für die Dünnschicht entschieden hat. Im September 2006 installierte der Landwirt aus dem oberpfälzischen Cham Cadmium-Tellurid(CdTe)-Paneele mit 30 Kilowatt (kW) Gesamtleistung auf dem Dach seiner Scheune. Anfangs konnte er kaum glauben, wie gut die Anlage lief: Bei gleicher Ausrichtung, Einstrahlung und Wechselrichtermarkte erntete sie in den Herbstmonaten Oktober bis Dezember 2006 rund sechs Kilowattstunden (kWh) mehr Strom als das benachbarte 30-kW-Sonnenkraftwerk aus multikristallinen Siliziummodulen. „Bei diffusem Licht habe ich meist wesentlich mehr Ertrag, aber auch bei richtig gutem Sonnenschein hat meine Anlage oft ein paar Prozent mehr“, teilte Meier seinen Betreiberkollegen im Februar 2007 im Internet auf dem Photovoltaikforum mit. Dennoch blieb er zunächst skeptisch. „Am Ende wird abgerechnet. Mir fehlt noch die Ganzjahreserfahrung.“

Nach vier Jahren intensivem Vergleich hat Meier Gewissheit: Seine Dünnschichtanlage kann locker mit den kristallinen Kraftprotzen in der Region mithalten. 2009 habe er eine Jahresernte von 1093 kWh pro Kilowatt installierter Leistung eingefahren, im vorigen Jahr 976 kWh/kW. „Die besten kristallinen Anlagen in der Umgebung laufen mit rund 1000 kWh/kW nicht besser“, resümiert Meier.

Erfahrungsberichte wie dieser finden sich in den Betreiberforen im Internet immer häufiger. Nicht nur CdTe schneidet gut ab. Auch die anderen beiden Dünnschichttechniken CIS, ein Absorber auf Basis von Kupfer, Indium und Selen, und amorphes Silizium (a-Si) erzielen den Be-

treiberangaben zufolge pro kW installierter Leistung oft höhere Erträge als ihre kristallinen Konkurrenten. Viele Experten hatten die a-Si-Zellen wegen ihres geringen Wirkungsgrads schon abgeschrieben. In Kombination mit mikrokristallinem Silizium oder als Triplezelle mit drei übereinander liegenden Zellschichten erweist sich das Material aber als überaus guter Photonen-



Leistungsvergleich: Ein Jahr lang hat der TÜV-Rheinland Erträge von Solarmodulen gemessen.

absorber. Mikromorphe Anlagen des taiwanesischen Modulherstellers Nexpower zum Beispiel werden in den Foren dank guter Erträge sehr gelobt.

Damit ist die Dünnschnitt offenbar besser als ihr Ruf. Aufgekommen zu Zeiten des Siliziumengpasses im Jahr 2007, sollte sie die teuren kristallinen Module als führende Photovoltaik(PV)-Technik 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 die dicken Wafer durch billige Glasscheiben, die sie mit hauchdünnen halbleitenden Schichten überzogen. Der große Durchbruch der Dünnschicht blieb bisher dennoch aus (neue energie 7/2010). Zum einen war Silizium dank rascher Produktionserweiterungen der Chemiekonzerne bald wieder reichlich und billiger verfügbar, zum anderen kann die Technik nur mit relativ geringen Effizienzen aufwarten. Noch immer dümpeln einfache a-Si-Module bei einstelligen Wirkungsgraden, während die kristallinen Absorber im Durchschnitt schon 14 Prozent erreichen. Das schmälert die Attraktivität der Dünnschicht erheblich. „Der geringere Wirkungsgrad ist oft das Knock-Out-Kriterium“, erklärt Philipp Vanicek, Projektingenieur bei der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS).

Dabei sagt der Wirkungsgrad nichts über den tatsächlichen Ertrag einer Solaranlage aus. Er gibt 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 schlicht größer und braucht mehr Platz. Je geringer also der Wirkungsgrad ist, desto größer sind in der Regel Flächenbedarf und Installationsaufwand.

Nicht viel schlauer werden Betreiber aus den technischen Angaben auf dem Moduldatenblatt. Die hier angegebenen Werte wie Füllfaktor, Nennleistung oder Wirkungs-



Auf die Plätze, fertig, ...Strahlen sammeln: Module verschiedener Halbleiter-Technologien auf dem Testfeld des TÜV-Rheinland.

grad werden im Labor unter genormten Standardtestbedingungen gemessen: bei 1000 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter, einem bestimmten Strahlungsspektrum und 25 Grad Celsius Zelltemperatur. Experten sind sich einig, dass die realen Betriebsbedingungen erheblich von denen im Standardtest abweichen und einen viel größeren Einfluss auf den Ertrag haben. „Die Aussagekraft von Effizienz 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, Wolkendecke und Luftverschmutzung.“ Außerdem senke eine steigende Zelltemperatur, beeinflusst durch Außentemperatur, Einstrahlung und Wind, die gewonnene Energiemenge, so Krauter.

Gerade bei Hitze sowie geringer Einstrahlung hat die Dünnschicht Vorteile (siehe Grafiken). „In der Tendenz zeigen a-Si- und CdTe-Module ein besseres Schwachlichtverhalten als die kristalline PV“, weiß der Dünnschichtforscher Hans-Dieter Mohring vom Zentrum für Sonnenener-

gie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart. Während Siliziummodule mit sinkendem Lichtangebot deutlich an Effizienz einbüßten, 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.“

Damit ist die Dünnschicht für das oft wolkenverhangene Deutschland ideal ge-

Dass eine Siliziumanlage power, wenn die Sonne brennt, ist ein Irrglaube. Wirklich stark ist sie nur an klaren und kühlen Frühjahrs- oder Herbsttagen.

eignet. Auf dem Modultestfeld des ZSW in Widderstall in Baden-Württemberg zum Beispiel kommen im Jahr nach Angaben des Instituts in über der Hälfte der Zeit weniger als 650 Watt Einstrahlung pro Quadratmeter an. Über 650 Watt sind es nur in 45 Prozent der Zeit. Der niedere und mittlere Einstrahlungsbereich ist also hierzulande wichtig.

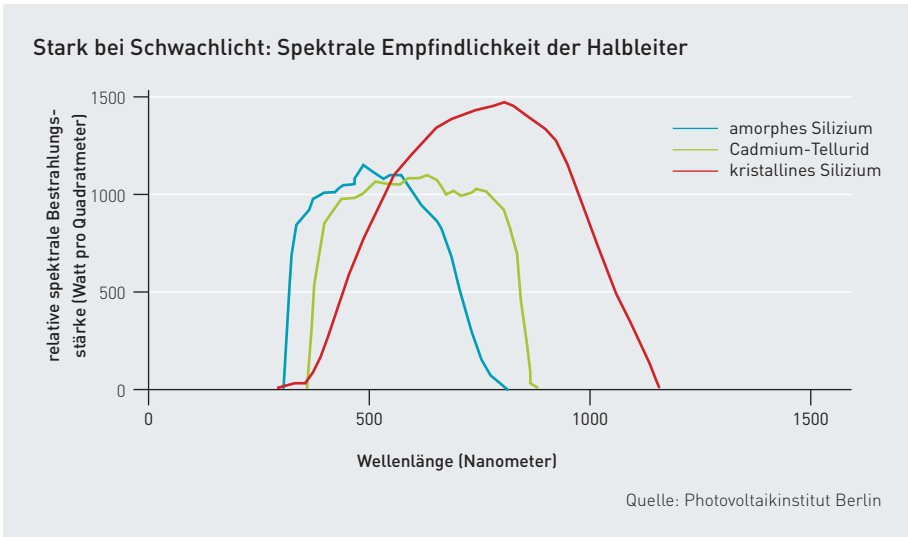
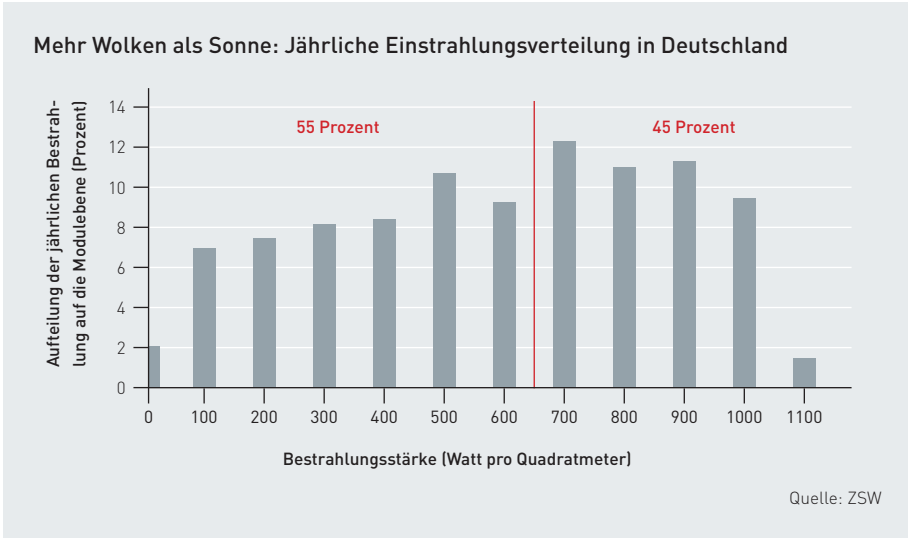
Verfechter der kristallinen Systeme halten dagegen, die Technik liefere dafür bei

hohem Strahlungsangebot bessere Erträge als die Dünnschicht. Aber das ist nur die halbe Wahrheit: Unbestritten ist, dass Siliziummodule ihre maximale Empfindlichkeit bei rötlichem Licht bei hoher Direktstrahlung aufweisen. Das Problem: Wenn die Sonne kräftig scheint, herrschen oft auch hohe Temperaturen.

Wärme mindert aber die Leistung der kristallinen Module – anders als bei ihren schlanken Schwestern. 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 Dünnschicht-Techniken geringer“, erklärt ZSW-Forscher Mohring. CdTe, die temperaturbeständigste Variante, 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. Der Irrglaube: Die Siliziumanlage power, wenn die Sonne heiß vom Himmel strahlt. Wirklich stark ist sie nur an klaren und kühlen Frühjahrs- oder Herbsttagen.

Wie sich die verschiedenen Faktoren konkret auf die Erträge der beiden Techniken auswirken, testet aktuell der TÜV Rheinland. Seit dem vorigen Jahr sind 30 ▶



verschiedene Modultypen auf seinem Testgelände in Köln installiert, erste Betriebsergebnisse werden für diesen Sommer erwartet.

Die TÜV-Ingenieure glauben allerdings nicht an Dünnschicht-Vorteile gegenüber dem Silizium. „Der Low Irradiance-Effekt dürfte sich kaum bemerkbar machen, denn der Anteil der bei Schwachlicht generierten Leistung ist nur gering“, sagt der Testingenieur Jan Girndt. Für den Ertrag entscheidend sei vielmehr die Qualität eines Moduls. „Die saubere Produktion ist das A und O.“

Girndt ist nur einer von vielen Dünnschichtskoptikern. Tina Ternus vom Rüsselsheimer Solarberater und -planer Photovoltaikbüro hält das gute Schwachlicht- und Hitzeverhalten der Dünnschicht gar für ein „Märchen für Photovoltaik-Betrei-

ber“: „Dahinter steckt viel Marketingprosa der Hersteller.“

Fakt ist aber auch: Dünnschichtkacheln tauchen immer öfter in den vorderen Rängen der Ertragsportale auf. 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 1013 kWh pro kW im vorigen Jahr 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 installiertem kW nur 31 kWh mehr Strom. Trotz guter Erträge werden sich die schlanken Absorber gegen die

kristallinen Klassiker nur schwer behaupten können. Langzeiterfahrungen mit der Technik fehlen.

Siliziumanlagen haben ihre Verlässlichkeit bereits bewiesen – einige von ihnen laufen hierzulande schon seit fast zwei Jahrzehnten störungsfrei. Schafft das auch die Dünnschicht? Der Marktführer des Segments, First Solar, verkauft seine CdTe-Module erst seit sieben Jahren. Bisher zeigen sie keine unvorhergesehenen Alterungserscheinungen. Ob sie aber 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.

Während das CdTe wegen seiner Ökotoxizität kritisch gesehen wird, entwickeln sich beim a-Si und CIS Innovationen zu langsam. Das ZSW erzielt mit CIS-Zellen im Labor bereits 20,3 Prozent Effizienz, industriell gefertigte Module aus diesem Halbleiter erreichen jedoch maximal zwölf Prozent. „Das Hochskalieren der Technik ist eine schwierige Aufgabe“, sagt ZSW-Vorstand Michael Powalla. Da der technische Fortschritt beim CIS stockt und bisher keine Massenfertigung etabliert wurde, bleiben auch die Produktionskosten hoch. Konsequenz: CIS ist bei geringerer Effizienz teurer als kristalline Module.

Erschwerend kommt für die Dünnschicht hinzu, dass der Preis der Siliziumpaneele dank Kostenreduktionen rasch fällt. Damit sinken auch die realen Produktionskosten je Kilowattstunde deutlich – was die Anlagen ökonomisch attraktiver macht. Dass der kristalline Klassiker noch mal einen solchen Entwicklungssprung vollbringt, hätte zu Zeiten des Siliziumengpasses vor vier Jahre niemand für möglich gehalten. 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. ◀