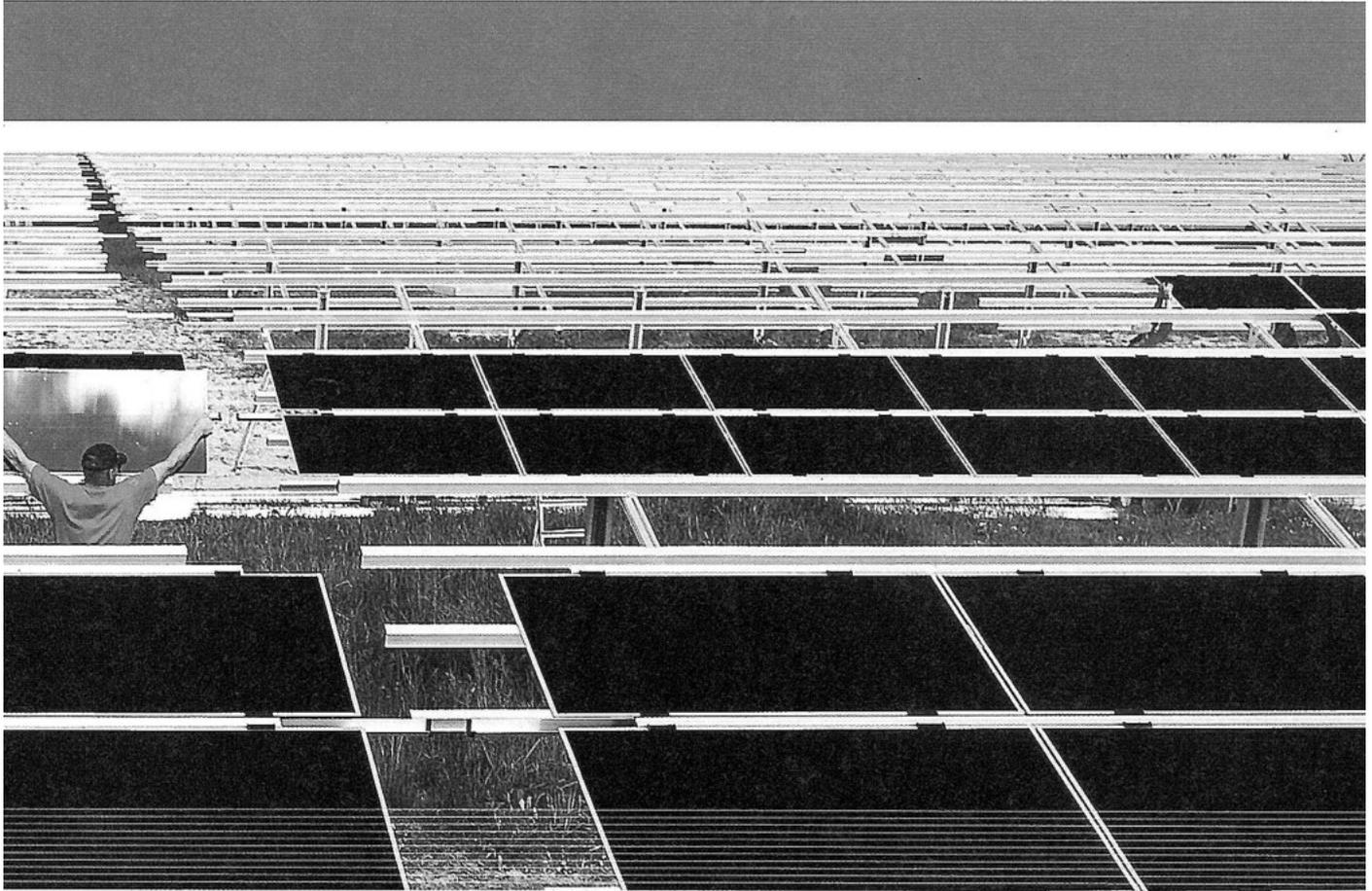


Viel zu tun: Die erste Hälfte beim Aufbau des weltgrößten Solarkraftwerks Waldpolenz in Brandis bei Leipzig ist geschafft. 20 Megawatt Dünnschichttechnologie kommen noch hinzu.

Die Schlankheitswelle

Die Dünnschichthersteller wollen ihre Produktionskapazitäten 2008 auf 3,5 Gigawatt verdreifachen. Massenproduktion und moderne Fertigungslinien sollen massiv Kosten senken. Ähnlich gehen auch die Vertreter klassischer Siliziumtechnologien vor. Das Rennen um das Erfolg versprechendste Konzept ist im vollen Gang.



Text: Sascha Rentzing, Fotos: Paul Langrock

Im Wettlauf um die effizienteste Dünnschichtsolarzelle der Welt hat das National Renewable Energy Laboratory (NREL) der USA seinen Vorsprung ausgebaut: Es erreichte mit einem Lichtsammeler aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) einen Laborwirkungsgrad von 19,8 Prozent. Damit stoßen kupferbasierte Dünnschicht-Zellen, vereinfacht mit CIS abgekürzt, in Effizienzbereiche der konventionellen Photovoltaik (PV) vor: Zellen aus multikristallinem Silizium, die heute den größten Marktanteil haben, kommen auf Wirkungsgrade von 20,3 Prozent, schneiden im Labor also nur etwas besser ab als ihre kupfernen Konkurrenten.

In der Praxis bleibt die CIS-Technologie jedoch weit hinter diesen Möglichkeiten zurück: Industriell hergestellte Module aus diesem Verbindungshalbleiter erreichen Effizienzen von rund elf Prozent, multikristalline Panels wandeln dagegen durchschnittlich zwölf bis 14 Prozent, monokristalline sogar 15 bis 17,5 Prozent

des einfallenden Lichts in Energie um. Diesen Rückstand können die Kupfermodule bislang nicht durch günstigere Fertigungskosten ausgleichen: Sie sind in der Produktion mit zwei bis 2,50 Euro pro Watt genauso teuer wie multikristalline Sonnenfänger (siehe Tabelle Seite 22). Das wichtigste Ziel setzt CIS bislang also nicht ansatzweise um: Die Herstellkosten durch Materialeinsparungen so weit zu senken, dass Solarstrom konkurrenzfähig ist.

Andere Dünnschichttechnologien überzeugen ebenso wenig. Module aus Dünnschichtsilizium zum Beispiel haben Experten zufolge das Potenzial für Effizienzen jenseits von 15 Prozent – bei Herstellkosten von unter 0,3 Euro pro Watt. Damit würden sie jede verfügbare Solartechnologie in den Schatten stellen und wahrscheinlich konkurrenzlos günstigen Strom erzeugen. Gängige Dünnschichtmodule aus amorphem Silizium sind jedoch nur halb so effizient und in der Fertigung derzeit mindestens drei Mal teurer.

Kleines Dünnschicht- und Silizium-Lexikon

c-Si monokristallines Silizium	CIGSe Kupfer-Indium-Gallium-Selenid
mc-Si multikristallines Silizium	CIGS ₂ Se Kupfer-Indium-Gallium-Sulfid-Selenid
Cdte Cadmiumtellurid	TFSi Dünnschichtsilizium
CIS Kupfer-Indium-Diselenid, Kupfer-Indium-Sulfid CIS wird auch als Oberbegriff für alle auf Kupfer basierenden Halb- leiterverbindungen verwandt.	a-Si amorphes Silizium a-Si/ μ c-Si mikromorphes Silizium

Riesenpotenziale bislang ungenutzt

Doch CIS, Dünnschichtsilizium und Co stehen vor einem großen Entwicklungsschritt. Nach einer aktuellen Markterhebung der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU-Kommission sollen die Dünnschicht-Produktionskapazitäten in diesem Jahr um 2,5 Gigawatt (GW) auf insgesamt 3,5 GW erweitert werden. Gleichzeitig kämpfen ehrgeizige Fabrik- und Maschinenbauer wie die Schweizer Oerlikon Solar und der US-Technologiekonzern Applied Materials um die beste Ausgangsposition im beginnenden Dünnschichtgeschäft und liefern sich einen harten Wettstreit um die effizientesten Produktionslinien. Massenherstellung und bessere Fertigungstechnologien lassen Kosteneinsparungen und sinkende Preise erwarten. Dadurch, so die Hoffnung, wird der Effizienznachteil der schlanken Stromgeneratoren mehr als ausgeglichen.

Experten gehen davon aus, dass sich nennenswerte Skaleneffekte durch eine größere Produktion schon in zwei Jahren einstellen könnten: „2010 werden die meisten der angekündigten Linien online sein und zwischen 2,5 und drei GW ausstoßen. Die Dünnschicht wird damit einen Marktanteil von 20 bis 25 Prozent haben“, schätzt Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle. Zum Vergleich: 2007 lag ihr Anteil an der Modulgesamtproduktion bei etwa zehn Prozent (400 Megawatt (MW)).

Der Markterfolg des US-Herstellers von Modulen aus Cadmiumtellurid (Cdte) First Solar lässt die junge Branche auf gutes Wachstum hoffen. Er hat den Schritt zur Massenfertigung bereits erfolgreich gemeistert: Zwar kommen auch die Panels der Amerikaner nicht über einen Effizienzwert von zehn bis elf Prozent hinaus, dafür fertigen sie das Watt aber nach eigenen Angaben für nur noch 0,74 Euro. Sie sind damit viel günstiger als alle anderen Hersteller.

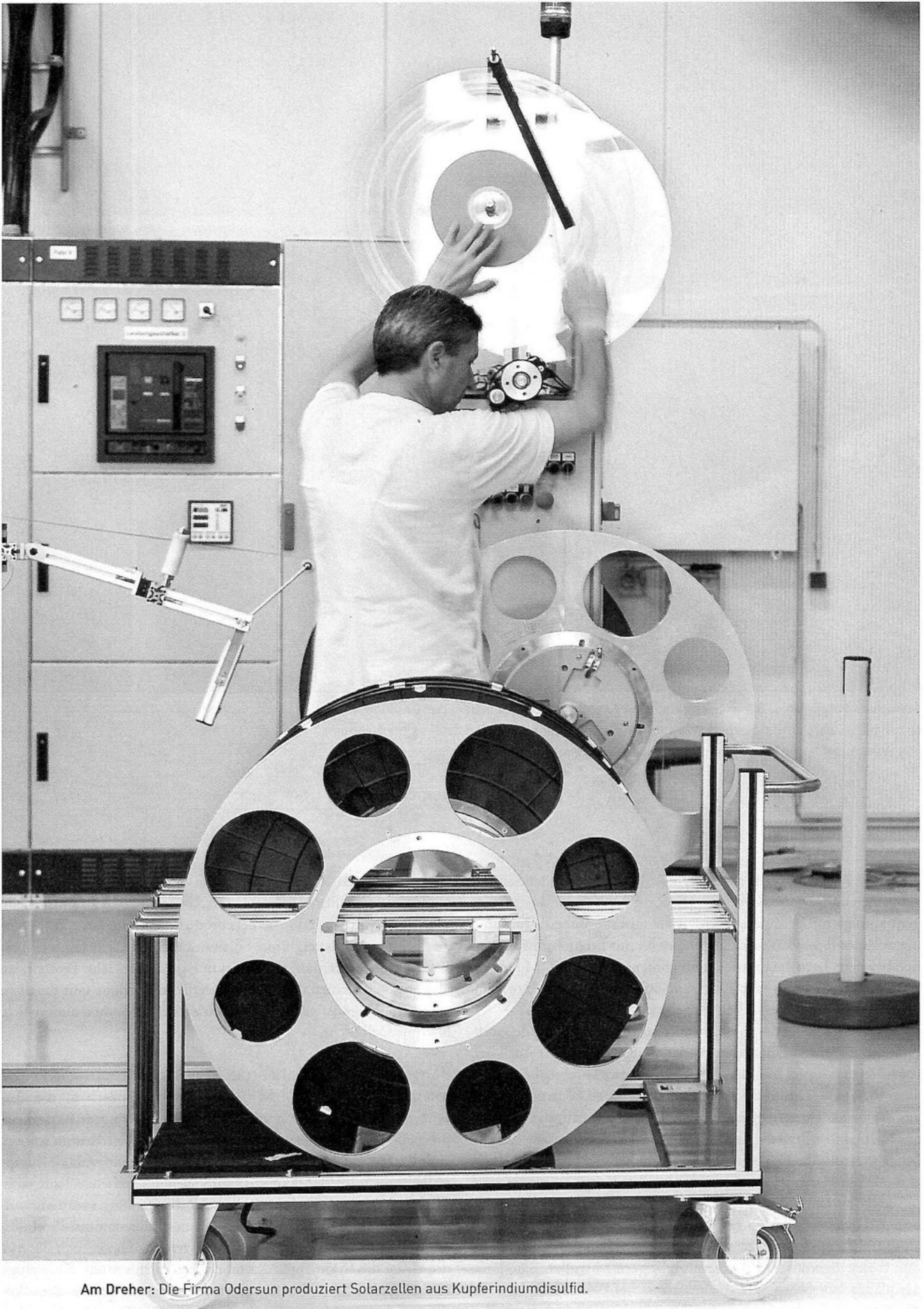
Wegen ihres guten Preis-Leistungs-Verhältnisses sind die US-Lichtsammler sehr gefragt: First Solar-Systeme sind in der Anschaffung pro Kilowatt um bis zu 15 Prozent günstiger als Standard-solaranlagen. Dafür billigen Investoren offensichtlich, dass die Panels wegen ihrer niedrigeren Wirkungsgrade mehr Fläche benötigen, um die gleichen Energieerträge zu erzielen. So konnte die Firma bereits Modullieferverträge mit einem Volumen von über einem Gigawatt abschließen. Im sächsischen Muldentalkreis wird derzeit eine der weltweit größten Solaranlagen ausgestattet (siehe Seite 6).

Um ihre Vereinbarungen einhalten zu können und weiter Kosten zu senken, baut First Solar seine Kapazitäten zügig aus. Das Unternehmen expandiert ausschließlich in Malaysia, wo bis 2009 vier Fabriken mit einer Gesamtkapazität von 480 MW entstehen sollen. Linien mit 210 MW Kapazität sind bereits in Betrieb, darunter ein 120-MW-Werk in Frankfurt/Oder (neue energie 3/2007).

Die Amerikaner haben bei den Kosten Maßstäbe gesetzt. Wer es nicht schafft, mindestens ebenso günstig zu produzieren, oder mit höheren Wirkungsgraden die Systemkosten zu senken, wird sich nicht durchsetzen. Entsprechend ehrgeizig ist die Konkurrenz: Die neu gegründete CTF Solar zum Beispiel verfolgt die gleiche Strategie wie der Branchenprimus. Sie setzt auf Cdte und plant, zügig große Kapazitäten aufzubauen. Bis 2011 will sie zehn Linien mit einer Gesamtkapazität von 500 MW errichten. „Was First Solar in Malaysia schafft, wollen wir in Deutschland realisieren“, sagt Andrew Murphy, Geschäftsführer der Beteiligungsgesellschaft Murphy and Spitz Green Capital. Sie hat 22,5 Prozent an der CTF Solar erworben und unterstützt den Kapazitätsaufbau. Zudem hat Green Capital ein Kaufangebot für den insolventen Arnstädter CdTe-Hersteller Antec abgegeben. Dessen Zehn-MW-Fabrik soll CTF Solar als Testlinie oder für die Sonderfertigung dienen (neue energie 5/2008).

Tandempanels vor dem Markteintritt

Im Bereich Dünnschichtsilizium sorgt unterdessen Linienbauer Oerlikon Solar für Schlagzeilen: Er verspricht, dass die auf seinen Anlagen hergestellten Module bis 2010 in den meisten Regionen der Welt Solarstrom zu den gleichen Kosten wie Netzstrom liefern werden. Hierfür sollen die Produktionskosten in zwei Jahren von 0,87 bis 0,97 auf 0,44 Euro pro Watt halbiert werden. Oerlikon Solar führt zudem die Mikromorph-Technologie in den Markt ein. Mikromorphe Module haben im Gegensatz zur einfachen amorphen Version einen doppelten Aufbau aus einer amorphen und einer mikrokristallinen Siliziumschicht. Die Anordnung nutzt das Licht besser aus, weil die beiden Siliziumebenen das gesamte Spektrum in Strom umwandeln. Nach Aussage von Oerlikon Solar-Chefin Jeannine Sargent erreichen die neuen Tandempanels Effizienzen von neun bis 9,5 Prozent, liegen also um etwa zwei Prozent über der



Am Dreher: Die Firma Odersun produziert Solarzellen aus Kupferindiumdisulfid.



Glänzende Perspektive: Dünnschichtproduzent First Solar hat gut Lachen. Das Geschäft läuft - so wie hier in dem Juwi-Solarpark, wo über eine halbe Million Solarmodule des Unternehmens aus Frankfurt Oder und der Phoenix Arizona auf Aluminiumgestängen verbaut werden.

einfachen Amorph-Technologie. Die Ankündigungen der Schweizer stoßen auf positive Resonanz: Die Zahl der Kunden wächst Sargent zufolge stetig. Zuletzt wurden die taiwanische E-Ton und die Berliner Firma Inventux Technologies mit Produktionsmaschinen beliefert. Letztgenanntes Unternehmen investiert 40 Millionen Euro in eine 33-MW-Fabrik für Tandemmodule. Sie soll noch im Dezember dieses Jahres in Betrieb gehen.

Besonders rege ist das Interesse an amorphem Silizium, der vom Produktionsprozess einfachsten Variante, in China: Ende April hat Oerlikon den ersten Auftrag vermeldet. Tianwei Baoding bekommt eine 46,5-MW-Dünnschichtlinie geliefert. Teile könnten bereits aus der neuen Fertigungsstätte in Singapur stammen, die im zweiten Halbjahr in Betrieb geht. Auf einer Solarmesse Anfang Mai in Schanghai verkündete aber mindestens ein halbes Dutzend weiterer chinesischer Firmen den Start einer a-Si-Fertigung.

Weltkonzern Sharp denkt bereits in ganz anderen Größenordnungen. Nachdem er den Titel des größten Zellenherstellers 2007 an Q-Cells abgeben musste, scheint er sich im Dünnschichtgeschäft nun frühzeitig von der Konkurrenz absetzen zu wollen: Die Japaner planen laut Sharp Solar-Deutschlandchef Peter Thiele, die Kapazitäten für Tandemmodule am Standort Katsuragi bis Ende des

dritten Quartals 2008 von 30 auf 160 MW zu erweitern. Zudem wolle Sharp in einem neuen Werk in Sakai von 2010 an jährlich ein Gigawatt Triple Junction-Panels produzieren. Die neue Technologie, bei der drei hauchdünne Siliziumschichten Licht sammeln, erreicht nach Konzernangaben Wirkungsgrade von zehn Prozent, ist also etwas effizienter als die neuen Oerlikon-Module. Gut möglich, dass sie auch günstiger sind. Zu den avisierten Kosten äußert sich Sharp jedoch nicht.

Vom Standardverfahren noch weit entfernt

Modulhersteller Nanosolar erhebt ebenfalls Anspruch auf die Kostenkrone: Die US-Firma gibt an, das Watt für unter 0,65 Euro produzieren zu können. Der Schlüssel für niedrige Kosten soll im simplen Herstellungsprozess liegen: Eine aus winzigen Halbleiterpartikeln aus Kupfer-Indium-Gallium-Selenid bestehende Tinte wird wie beim Zeitungsdruck im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folie aufgetragen – auf teure Vakuummaschinen und Reinraum-Produktionsbedingungen kann also verzichtet werden. Theoretisch könnte die Firma die Massenproduktion unverzüglich starten: Sie verfügt in San José, USA, und Luckenwalde bei Berlin bereits über Produktionskapazitäten von insgesamt 430 MW. Gerüchten zufolge

Die größten Dünnschichtproduzenten: Verdopplung der Kapazität in 2008

Technologie Firma/Land	2007 Kapazität (MW)	2007 Produktion (MW)	2008e Kapazität (MW)	2008e Produktion (MW)	2009e Kapazität (MW)
CdTe					
Calyxo, D	8	1*	25	5*	>25*
First Solar, USA	210	100*	210	200*	690
Gesamt CdTe	218	101	235	205	715
CIS					
Avancis, D	-	-	20	1	>20*
Day Star Technologies, USA	-	-	25	1	>25*
Global Solar, USA	3	3	75	75	>75*
Honda Soltec, J	27,5	0	27,5	20	>27,5*
Johanna Solar, D	-	-	30	3*	60
Odersun, D	4,5	1*	30	1*	45
Nanosolar, USA	430	0	430	1*	430
Scheuten	10	3*	40	10*	250
Showa Shell Sekiyu, J	20	10	20	20	60
Solibro, D	-	-	25	1*	>24*
Sulfurcell, D	5	1	<5	2*	>5*
Würth Solar, D	15	15	30	30	30
VHF Technologies, CH	2	0,1	25	5	>25*
Gesamt CIS	517	33,1	782,5	170	1.076,5
Dünnsilicium					
Bangkok Solar, T	11	11	56	56	100
Baoding Tianwei, VRC	-	-	46,5	3*	>46,5*
CMC, TW	-	-	40	3*	100
Ersol, D	40	8	40	24	100
E-Ton Solar, TW	-	-	60	3*	120
Fuji Electric, J	12	12	40	40	>40*
Inventux, D	-	-	33	3*	>33*
Kaneka, J	55	28	75	<28*	>75*
Mitsubishi Heavy Industries, J	14	14	54	54	>54*
Photo Voltaic Technologies India, IND	-	-	40	3*	200
Polar Photovoltaics, VRC	1	5,5	30	10	>30*
Sontor, D	8	1*	24	10*	>24*
Schott Solar, D	36	3*	36	33*	>33*
Sharp, J	30	30	160	33*	>160*
Sunfilm, D	-	-	60	3*	120
Tianjin Jinneng Solar, VRC	2,5	2,5	8	8	>8
United Solar, USA	118	48*	178*	<48*	>178*
Gesamt Dünnsilicium	327,5	163	920,5	359	1.301,5
Gesamt	1.062,5	297,1	1.968	734	3.093

Quelle: Photon, PV Status Report 2007, eigene Recherchen, * = Schätzung

Die Tabelle zeigt die Ausbau- und Produktionspläne der Dünnschichtfirmen, die noch 2008 in die Fertigung einsteigen wollen. Module aus Dünnschichtsilizium dürften künftig den Dünnschichtmarkt dominieren, bei Cadmiumtellurid sind die geringsten Modulmengen zu erwarten. Allerdings hat die Technologie für die Dünnschicht eine große Bedeutung: Sie ist derzeit die mit Abstand günstigste und gilt damit als Maßstab für Dünnschichtsilizium und CIS.

sucht Nanosolar aber noch Kapital, um in die Serienproduktion gehen zu können. Bisher stellt die Firma daher nur geringe Modulmengen her.

Im Dünnschichtsektor stehen die Zeichen also klar auf Wachstum. Wie viele Hersteller ihre ambitionierten Ausbau- und Produktionsziele im zeitlich vorgegeben Rahmen erreichen, ist eine offene Frage. Erfahrungsgemäß sind Verzögerungen keine Seltenheit und oft ist großes Stehvermögen vonnöten, um ein Dünnschichtvorhaben umzusetzen. Der Gang vom Labor zur Fertigung dauert häufig Jahre und je mehr Halbleitermaterialien zum Einsatz kommen, desto schwieriger wird es, einen stabilen Produktionsprozess umzusetzen. Branchenprimus First Solar zum Beispiel benötigte für die

Kommerzialisierung seiner Module genau ein Jahrzehnt. CIS-Hersteller Würth Solar optimierte seine Technologie sieben Jahre in einer Pilotlinie, bevor er 2007 mit der Serienfertigung begann.

Sulfurcell, eine Ausgründung des Hahn-Meitner-Instituts, hätte diesen Schritt gern auch schon hinter sich. Die Berliner arbeiten bereits seit 2001 an Modulen, bei denen Schwefel statt Selen eingesetzt wird, produziert aber immer noch im Pilotmaßstab. Für die Schwierigkeiten bei der Kommerzialisierung der Kupfermodule gibt es eine plausible Erklärung: „Anders als bei der kristallinen Technologie fehlt beim CIS grundsätzlich das Verständnis von Struktur und physikalischem Verhalten“, sagt Hansjörg Gabler, Dünnschichtexperte und ehemaliger Geschäftsbereichsleiter Photovoltaik ▶



Schicht: In der First Solar Manufacturing GmbH in Frankfurt Oder wird nach amerikanischem Muster jeweils zwölf Stunden in zwei Schichten gearbeitet.

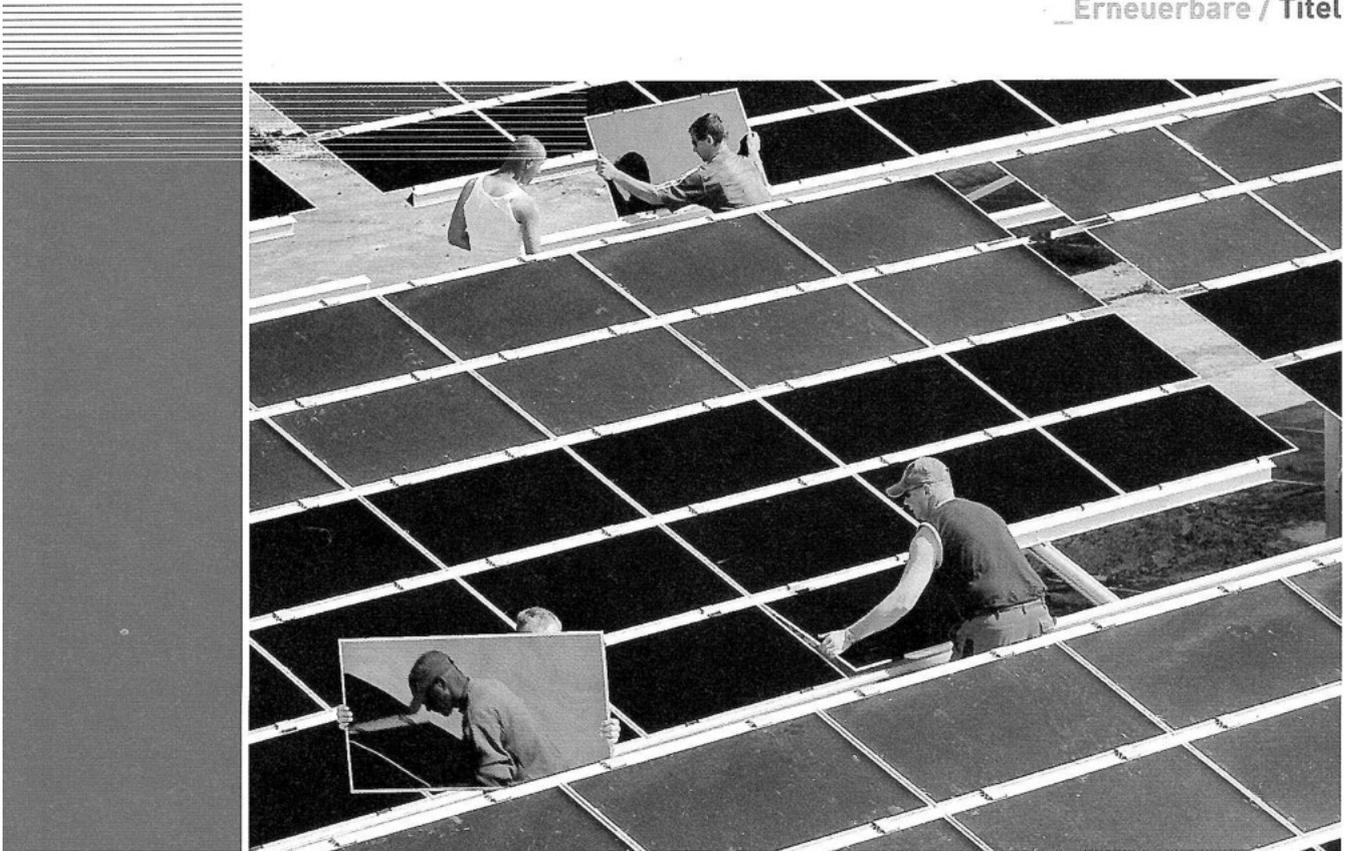
im Stuttgarter Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW). Bis die CIS-Produktion also ein Standardverfahren ist, das auch von Neueinsteigern schnell bewältigt werden kann, ist noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten. Für die anderen Dünnschichttechnologien dürfte Ähnliches gelten.

Ein weiteres Problem kommt hinzu: Wollen die Dünnschichtfirmen der dominierenden Silizium-Wafer-Technologie Marktanteile streitig machen, müssen sie sie bei den Kosten klar abhängen und bei den Effizienzen aufschließen. Das wird schwierig, weil die Standardsonnenfänger selbst über großes Entwicklungspotenzial verfügen. „Kristalline Siliziumzellen werden auch in Zukunft eine dominierende Rolle spielen“, sagt Stefan Glunz. „Einerseits steht

die Langzeitstabilität dieser Module außer Frage und andererseits können dank der konsequenten Weiterentwicklung von Silizium-solarzellen die Stromgestehungskosten gesenkt werden“, erklärt der Leiter der Abteilung Entwicklung und Charakterisierung von Silizium-solarzellen am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg.

Starke kristalline Konkurrenz

So herrscht auf der oberen Wirkungsgradskala ein reger Wettstreit um die besten Konzepte: Einige von ihnen, zum Beispiel Rückkontaktzellen, stehen vor der breiten Markteinführung (neue energie 3/2008). Bei diesem Typ Lichtsammler befinden sich die Strom-



Jobmotor: Bis Ende 2009 benötigt die Juwi Solar Gruppe jede Menge Arbeitskräfte für die Errichtung des 40-Megawatt-Parks auf dem ehemaligen Militärflughafen bei Leipzig.

Effizienz- und Kostenpotenzial der Solartechnologien

	c-Si	mc-Si	CdTe	CIS	a-Si	a-Si/ µc-Si
erreichbare Effizienz (Modul) in Prozent	<20,0	<18,0	18,0	16-18	9,0	15,0
von Industrie erreichte Effizienz (Modul) in Prozent	19,3	16,1	11,1	11,0	6,0	9,5
Produktionskosten in Euro pro Watt	>2,5	>2,0	0,74	>2,0	0,9	0,87
erwartet für 2013-2020	1,5	1,0	0,6	0,8	<0,9	0,5
erwartet ab 2020	<0,5	<0,5	<0,3	<0,4	-	<0,3

Quellen: EU PV Plattform, eigene Recherchen
 Die Dünnschicht hat das Potenzial für ähnlich hohe Wirkungsgrade wie kristalline Siliziummodule. Dafür werden die konventionelle Panels in einigen Jahren ebenso günstig zu produzieren sein wie ihre schlanken Konkurrenten. Noch hinkt die Dünnschicht der klassischen Technologie jedoch hinterher: Ihre Effizienzen sind noch deutlich niedriger und bei den Kosten können sich bisher nur Cde-Module absetzen.

anschlüsse auf der Rückseite, so dass die Front nicht von Kontakten verschattet wird. Auf diese Weise können sie höhere Effizienzen erreichen als der kristalline Standard: Monokristalline Rückkontaktzellen kommen auf über 20 Prozent, Zellen aus multikristallinem Material liegen bei rund 15 Prozent. Gleichzeitig benötigt die neue Technologie weniger Rohstoff. Da die Rückseite berührungslos mit Lasern hergestellt und nicht mehr mit Siebdruck gearbeitet wird, können dünnere Wafer zum Einsatz kommen, was wiederum Kosten spart. Bei einem Durchbruch von direkt gereinigtem metallurgischen Silizium könnten die Produktionskosten kristalliner Siliziumzellen noch weiter sinken. Der neue Sonnenstoff ist zwar nicht so rein wie das üblicherweise verwendete Halbleitersil-

luzium, weshalb sich mit ihm keine Hochleistungszellen herstellen lassen. Dafür ist er aber wesentlich günstiger: Nach Angaben von Fraunhofer ISE-Leiter Eicke Weber kann das Material für umgerechnet drei bis sechs Euro produziert und selbst für zehn bis 13 Euro pro Kilogramm noch gewinnbringend verkauft werden (neue energie 5/2008). Der augenblickliche Spotmarktpreis für konventionelles Silizium liegt dagegen bei rund 260 Euro beziehungsweise 400 US-Dollar. Vorstellbar also, dass schon bald auch die klassische PV Niedrigpreisprodukte auf dem Markt anbieten und die Luft für die Dünnschicht damit noch enger wird. Der Wettbewerb wird nicht so hart sein, wenn die Nachfrage nach Solaranlagen in den kommenden Jahren stark wächst – es also genug Platz für ver-

Erneuerbare / Titel

schiedene Player gibt. Sollte sich der Bedarf bis 2010 zum Beispiel auf über 20 GW vervielfachen, wie die Beratungsgesellschaft Photon Consulting prognostiziert, dürften die Dünnschichtfirmen keine Probleme haben, Abnehmer zu finden. Wächst die Nachfrage dagegen moderat, wie der europäische Solarindustrieverband Epia glaubt, würden vor allem Hersteller mit einem schlechteren Preis-Leistungs-Verhältnis große Absatzschwierigkeiten bekommen. Geben die Dünnschichtfirmen jetzt nicht kräftig Gas, werden sie vermutlich dazu zählen. Nach Epias Schätzung wird sich der Bedarf bis 2010 nur auf sieben GW erhöhen (2007: 2,3 GW) – bei einer Weltmodulproduktion von insgesamt zwölf GW (2007: vier GW). Demnach wären fünf GW Panels zu viel auf dem Markt.

Die verhaltene Prognose deckt sich mit der derzeitigen Entwicklung am ehesten: Sicher werden einzelne Märkte stark wachsen – in Spanien etwa soll sich die neu installierte Leistung in diesem Jahr auf 700 MW verdoppeln. Auch in den USA, dem Heimatmarkt vieler Dünnschichtfirmen, wird von einer guten Entwicklung ausgegangen: Epia hält dort 2010 einen Zubau von einem bis 1,4 GW für möglich (2007: 250 MW). Doch in den meisten asiatischen und südeuropäischen Ländern kommt die Solarenergie deutlich langsamer von der Stelle. So stieg China zwar mit einem Zellenproduktionsvolumen von 1,2 GW im vergangenen Jahr zum welt-

größten PV-Hersteller auf, doch weil die Solarenergie in dem Land kaum gefördert wird, gingen dort im letzten Jahr nur Anlagen mit 50 MW ans Netz. Derzeit gibt es außer Kleinstanlagen für den Off-grid-Einsatz und wenigen Pilotprojekten keine nennenswerten Installationen. Bis 2010 wird Peking an dieser Situation vermutlich wenig ändern: Gerechnet wird für dieses Jahr mit einem Zubau von maximal 300 MW.

Frankreich und Italien enttäuschten bis dato ebenso: 45 MW und 25 MW wurden dort im letzten Jahr aufgestellt. Und mit einem baldigen Solarboom am Mittelmeer ist nicht zu rechnen: Noch immer verhindert eine langsame Administration die zügige Umsetzung von Solarvorhaben. Schließlich wird laut Experten auch Deutschland, mit 1,1 GW Zubau 2007 größter PV-Markt, sein Wachstum verlangsamen. Die Bundesregierung will die Einspeisevergütungen für Solarstrom mit der Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) senken (siehe Seite 16). Bisher betrug die jährliche Degression fünf Prozent.

Mehr als ein Nischenprodukt

Die Dünnschichtfirmen werden also wahrscheinlich hart um Marktanteile kämpfen müssen. Vorerst dürfte es ihre Technologie wegen der niedrigen Effizienzen vor allem dort schwer haben, wo ►



Hauchdünne Sonnenfänger: Der Hersteller First Solar mit Hauptsitz in den USA liefert Module aus Cadmiumtellurid und ist dabei mit 0,74 Euro pro Watt der Billigheimer am Markt.

viel Leistung auf wenig Fläche erbracht werden muss. Hausbesitzer in Ländern mit attraktiver Solarförderung zum Beispiel werden ihr Dach eher mit kristallinen Siliziumpanels bestücken, weil sie auf zehn Quadratmetern schlicht mehr Strom erzeugen und eine Einspeisevergütung erwirtschaften, mit der sich der Preisnachteil gegenüber der Dünnschicht mehr als aufwiegen lässt.

Kurzfristige Chancen bieten sich den schlanken Lichtsammlern dagegen auf großen Industrie- und Gewerbedächern oder im Freiland: Hier ist reichlich Platz vorhanden, so dass der Preis das entscheidende Kriterium ist. Einige interessante Dünnschichtlösungen für Fabrikgebäude, Lagerhallen und andere Nutzgebäude sind bereits auf dem Markt: Solarkonzern Centrosolar zum Beispiel bietet neuerdings aus Dünnschichtsiliziumzellen bestehende Dachfolien für Flachdächer an. Diese Lichtsammler des US-Herstellers United Solar erreichen zwar nur Effizienzen von 6,5 Prozent, ersetzen aber die Dachhaut und sparen damit letztlich Kosten.

Auch für die Fassadenintegration sind Dünnschichtmodule prädestiniert, denn sie sind leichter und flexibler als ihre dicken kristallinen Kollegen. Zudem haben sie den physikalischen Vorteil, dass sie bei hohen Temperaturen weniger Leistungsverluste aufweisen. Besonders bei Fassaden, die nicht hinterlüftet sind, kann Hitze den Zellen arg zusetzen. Beim Gebäudehüllenspezialist Schüco spielt die Dünnschicht mittlerweile eine zentrale Rolle: Er will nach Anga-

ben von Christof Erban, zuständig für den Internationalen Vertrieb von PV-Elementen zur Gebäudeintegration, ein Fassadenelement aus Dünnschichtsilizium auf den Markt bringen, das mit bis zu 5,7 Quadratmetern doppelt so groß ist wie bisher handelsübliche Module. Es werde sowohl semitransparent als auch opak, also undurchsichtig, sowie in Sonderformen erhältlich sein. Große Hoffnungen auf den Einsatz seiner speziellen Kupfer-Module in Gebäuden macht sich auch die Frankfurter Odersun (siehe Seite 82):

Gelingt es Firmen wie First Solar oder Oerlikon, die Fertigungskosten für Dünnschichtmodule in zwei Jahren tatsächlich so weit zu senken, dass sie Solarstrom zu den gleichen Kosten wie Netzstrom liefern, könnte die Technologie ihren Marktanteil sicher erheblich erhöhen. Denn ist die Photovoltaik erst einmal auf Augenhöhe mit dem Netzstrompreis, wird sich niemand mehr über die Abnahme Sorgen machen müssen.

Nach den ehrgeizigen Zielen von Oerlikon, könnte das bereits 2010 der Fall sein. Bis dahin wollen die Schweizer Produktionskosten von 0,44 Euro pro Watt bei einem Wirkungsgrad von zehn Prozent schaffen. Die kristalline Technologie wäre damit ausgestochen: Für unter 0,50 Euro wird sich in den nächsten Jahren kein kristallines Modul fertigen lassen. Theoretisch kann die Dünnschicht also viel, nun muss sie erst einmal den anstehenden Kapazitätsausbau bewältigen. ◀