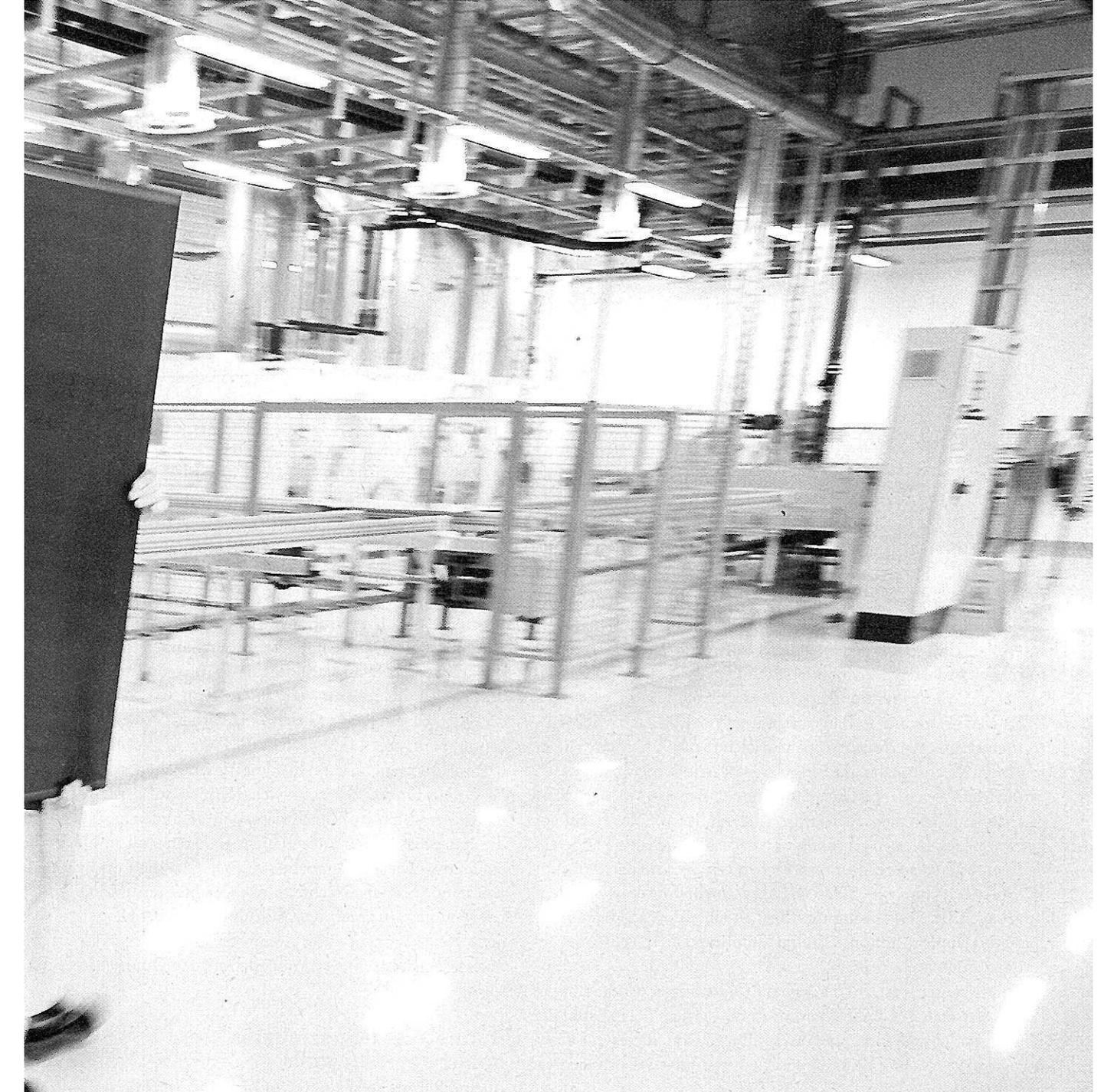




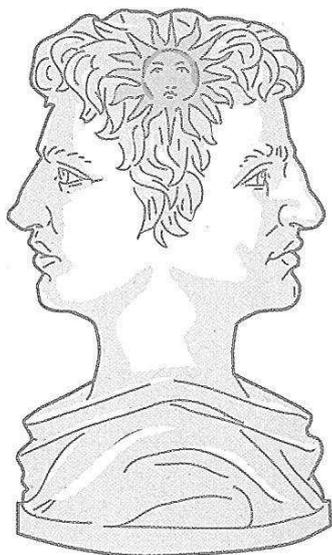
KEIN WEITER WEG MEHR: Die Nachfrage nach Modulen aus kristallinem Dünnschicht-Silizium ist riesig. Die CSG Solar GmbH muss sich mit der Anlieferung der Sonnenfänger sputen.



Quo vadis Solar?

WEIL DER ANHALTENDE SILIZIUMMANGEL DAS BRANCHENWACHSTUM BREMST, SETZEN IMMER MEHR HERSTELLER KLASSISCHER ZELLEN UND MODULE AUCH AUF DÜNNSCICHT-TECHNOLOGIE. EINE SCHWIERIGE DOPPELKOPF-STRATEGIE. DENN PRODUKTIONSLINIEN FÜR DIE SCHLANKEN SONNENFÄNGER ERFORDERN VIEL KNOW-HOW UND HOHE INVESTITIONEN.

Text: Sascha Rentzing



Es ist noch gar nicht lange her, da schien die Dünnschicht-Technologie für die Aleo Solar GmbH völlig uninteressant zu sein: „Wir werden uns auch in Zukunft ausschließlich auf die Produktion und den Vertrieb kristalliner Siliziummodule konzentrieren. Alles andere

ist für uns kein Thema“, betonte der damalige Prokurist des Unternehmens Detmar Dettmann vor zwei Jahren auf der Freiburger Intersolar. Und so wurde getreu der Firmenstrategie in den darauf folgenden Monaten die Modulfabrik in Prenzlau von 35 auf 90 Megawatt (MW) Produktionskapazität ausgebaut und in eine neue Zehn-MW-Fertigung in Barcelona investiert. Das Ziel: Mit Hightech aus Deutschland auch in Spanien (siehe Seite 90), einem der potenziellen Wachstumsmärkte, ins Geschäft zu kommen.

Im März dieses Jahres hatte das Unternehmen dann jedoch Überraschendes mitzuteilen: Aleo steige bei der Johanna Solar Technology GmbH ein. Die neu gegründete Firma, an der sich unter anderem der Genfer Luxusgüter-Konzern Richemont SA beteiligt, wolle für 72 Millionen Euro eine 30-MW-Dünnschicht-Fabrik in Brandenburg bauen; bereits vom Sommer 2007 an sollen dort Module auf der Basis von Kupfer, Indium, Gallium, Sulfid und Selen (CIGSSe) gefertigt werden (siehe Seite 42).

Ein riskanter Deal, auf den sich die Oldenburger Modulschmiede eingelassen hat. CIGSSe kommt frisch aus dem Solar-Labor der Universität Johannesburg und ob es gelingen wird, diese neue Technologie in so kurzer Zeit in die serielle Fertigung zu übertragen, ist keineswegs sicher.

Von ungefähr kommt Aleos Strategiewechsel indes nicht. Denn bei dem Unternehmen herrscht großer Mangel an dem Solarzellen-Grundstoff Silizium – nach Angaben von Geschäftsführer Jakobus Smit wird die Prenzlauer Fabrik in diesem Jahr vermutlich nur zu 50 Prozent ausgelastet werden können. Und momentan sei auch nicht davon auszugehen, dass sich an der misslichen Rohstofflage so bald etwas ändern werde. Für sein Unternehmen sieht Smit daher nur einen Ausweg: „Um weiteres Wachstum sicherzustellen, brauchen wir ein zweites, starkes Standbein. Die Dünnschicht erscheint uns derzeit als einzig sinnvolle Alternative.“

Siliziummangel dauert länger als gedacht

Aleo ist nicht der einzige Hersteller, der neuerdings auch auf die Dünnschicht setzt. Weltweit investieren mittlerweile zahlreiche Firmen, von „kleineren“ Zellenherstellern wie der Sunways AG bis hin zu großen Solarunternehmen wie der Q-Cells AG oder der Sharp Corporation, in die Forschung und Entwicklung der schlanken

Stromgeneratoren sowie erste Produktionsstätten. Schätzungsweise rund eine Milliarde Euro wollen allein diese Unternehmen in den nächsten Jahren in die Dünnschicht investieren – das entspricht immerhin etwa einem Drittel des Gesamtumsatzes der gesamten deutschen Solarbranche im Jahr 2005.

Beweggrund ist für die meisten Unternehmen derselbe wie für Aleo: Das Silizium ist knapp und die Nachfrage hoch. Nach Informationen des Bundesverbands Solarwirtschaft (BSW) stehen in Deutschland derzeit 40 Prozent der Fertigungskapazität für kristalline Siliziummodule still. Weil der Rohstoffengpass wahrscheinlich über Jahre anhält, wird sich an der Unterauslastung in den Hightech-Produktionsstätten vermutlich wenig ändern. Laut Karl Hesse, Entwicklungsleiter beim Burghausener Siliziumhersteller Wacker Polysilicon, werden der Solarindustrie 2010 weltweit 30.000 Tonnen des „grauen Goldes“ zur Verfügung stehen, was für gut 3.000 MW Module reichen dürfte. Gleichzeitig wird für dieses Jahr jedoch ein Modulmarkt von 4.000 bis 6.000 MW erwartet. Nur wer weniger Material verbraucht, kann hier künftig mithalten.

Grund für den Schwenk vieler Firmen auf die schlanken Sonnenfänger ist aber wohl auch, dass sie ihre Kunden nicht kampflos an die „pure player“ der Dünnschicht verlieren wollen. Der Trend ist eindeutig: Weil Siliziumpanels schwer erhältlich und zudem sehr teuer sind, steigt die Nachfrage nach leichter verfügbaren, günstigeren Modulen aus amorphem Silizium (a-Si) oder Halbleitermaterialien. Kein Wunder also, wenn die Hersteller konventioneller Technologien so schnell wie möglich auf den Dünnschicht-Zug aufspringen wollen.

Dünnschicht-Spezialisten geben den Takt vor

Auch die Ersol Solar Energy AG hat vor, ihr Produktportfolio um Dünnschichtmodule zu erweitern. Der Zellenhersteller will am Standort Erfurt eine 40-MW-Fabrik für a-Si-Module bauen, deren erste Stufe 2007 in Betrieb gehen soll. Rund 80 Millionen Euro wird das Unternehmen dieses Projekt kosten. Damit müssen sich die Thüringer finanziell ganz schön strecken. Denn auch im Bereich der Silizium-Wafer-Technologie soll weiter expandiert werden – bis Ende 2007 will Ersol seine Waferkapazitäten von 45 MW auf 100 MW erweitern und seine Zellenfabriken von 60 MW auf insgesamt 180 MW ausbauen. Alles in allem werden hierfür schätzungsweise 190 Millionen Euro notwendig sein – Kapital, das sich laut Vorstandsvorsitzenden Claus Beneking aus Eigen- und Fördermitteln, Bankkrediten und anderen Finanzierungsformen zusammensetzt. Viel von den 117 Millionen Euro, die der Börsengang im September letzten Jahres in Ersols Kassen spülte, dürfte danach nicht mehr übrig sein. Dennoch ist für den Ersol-Chef eine Investition in die Dünnschicht inzwischen ein Muss: „Diese Photovoltaik-Technologie ist marktreif. Wir würden eine Option verschenken, wenn wir damit jetzt nicht beginnen würden.“



IM SPIEGEL DER DÜNN SCHICHT: Ein Modul der CSG Solar AG vor der Siliziumbeschichtung.

Anschluss an Firmen wie die US-amerikanische First Solar LLC, die Würth Solar GmbH & Co. KG oder die Berliner Sulfurcell Solar-technik GmbH zu finden, wird für Doppelstrategen wie Ersol aber keineswegs leicht. First Solar beispielsweise hat Jahre der Forschung und Entwicklung gebraucht, bis seine Cadmium-Tellurid (CdTe)-Technologie reif für die Massenfertigung war (neue energie 9/2005). Nun wollen die Amerikaner auch in Deutschland ihre erste große Fabrik bauen: In Frankfurt an der Oder soll in Kürze eine Produktion mit einer Kapazität von sage und schreibe 100 MW errichtet werden, die Mitte 2007 in Betrieb gehen soll. Insgesamt 115 Millionen Euro wird das Projekt kosten, 45,5 Millionen Euro finanziert der deutsche Staat über eine Beihilfe, die kürzlich von den Brüsseler Behörden genehmigt wurde. Mit dieser Fertigung wird First Solar der mit Abstand größte Dünnschicht-Produzent in Deutschland sein. Nicht jeder hatte dem Unternehmen diesen Wachstumssprung zugetraut. Denn wegen ihres Anteils an dem Schwermetall Cadmium sind First Solar-Module nicht ganz unumstritten.

Ebenso schnell aufwärts könnte es von nun an auch bei Sulfurcell gehen. Erst jetzt, nach Jahren der Pilotierung seiner Kupfer-Indium-Sulfid (CIS)-Technologie, kommen die Linien bei den Berlinern langsam auf Touren (neue energie 11/2005). 2007 will das Unternehmen laut seinem Geschäftsführer Nikolaus Meyer seine bestehende Fertigung von unter einem MW „in Richtung fünf MW“ ausbauen. Gesamtkosten für dieses Projekt: 21 Millionen Euro. Parallel dazu soll wahrscheinlich ebenfalls am Standort Berlin-Adlershof eine neue Fabrik mit „einigen MW“ entstehen.

Die Silizium-Wafer-Spezialisten haben mit dieser Technologie dagegen keinerlei Erfahrung und müssen den Einstieg in die Dünnschicht quasi aus dem Stand meistern. Das ist nicht nur tech-

Dünnschicht-Technologien im Überblick

a-Si	Module aus amorphem Silizium
a-Si/ μ -Si	Tandemzellen aus amorphem und mikrokrystallinem Silizium
a-Si/Ge/a-Si	Triplezellen aus einer von amorphem Silizium umgebenen Schicht aus Germanium
c-Si	Module aus kristallinem Dünnschichtsilizium
CIS	Module aus Kupfer, Indium und Sulfid; Kupfer, Indium und Selen
CIGS	Module aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen
CIGSse	Module aus Kupfer, Indium, Gallium, Sulfid und Selen

nologisch äußerst ambitioniert, sondern auch finanziell mit größten Anstrengungen verbunden: Während die neuen Dünnschicht-Fabriken hochgezogen werden, gilt es, bestehende Linien auf Basis kristallinen Siliziums so gut wie möglich am laufen zu halten. Das heißt auch: Die Firmen müssen weiter teures Silizium einkaufen. Hierauf zu verzichten und das Kerngeschäft ruhen zu lassen wäre fatal. Ein Großteil der Produktionsstraßen wurde erst vor kurzem errichtet. Ließen die Firmen sie verwaisen, würden sie frisch investiertes Kapital zum Fenster rausschmeißen.

Als wäre die Janus-Köpfigkeit nicht schon genug, kommt eine dritte Herausforderung hinzu, die ebenfalls hohe Investitionen erfordert: die Internationalisierung. Viele Firmen wollen unabhängiger werden vom dominierenden deutschen Markt und in neuen Sonnenländern wie Spanien, China oder Kalifornien Fuß fassen.

Ausgewählte Doppelstrategen und ihre Dünnschicht-Pläne

Hersteller	Vorhaben	Investitionsvolumen
Aleo Solar	19-prozentige Beteiligung an Johanna Solar Technology; Bau einer CIGSse-Fabrik, Kapazität von 30 MW bis 2007 und 60 MW bis 2009 geplant	72 Mio. Euro Gesamtkosten für erste Ausbaustufe
Ersol	a-Si-Fabrik mit 40 MW Kapazität geplant, Inbetriebnahme der ersten Stufe in 2007; mittelfristig 100 MW, langfristig 500 MW geplant	80 Mio. Euro für erste Ausbaustufe
Q-Cells	23-prozentige Beteiligung an c-Si-Hersteller CSG Solar, weiterer Ausbau der CSG-Fabrik geplant; Kooperation mit Calyxo, das die Kommerzialisierung einer neuen Dünnschicht-Technologie anstrebt	k. A.
Scheuten Solar	Ausbau der CIGS-Fertigung bis 2009 von zehn MW auf 250 MW geplant; Erweiterung auf 1.000 MW bis 2012 angedacht	k. A.
Schott Solar	Neue Fabrik für a-Si-Zellen mit 30 MW Kapazität geplant; Inbetriebnahme für 2007 vorgesehen	60 Mio. Euro
Sharp	Ausbau der 15-MW-Fabrik für a-Si/ μ -Si-Zellen	k. A.
Solon	19-prozentige Beteiligung an Global Solar Energy; Kapazitätsausbau der CIGS-Fabrik von zwei auf 40 MW bis 2008 geplant	Solon beteiligt sich an dem Projekt mit 2,43 Mio. Euro
Sunways	Vorvertrag mit Unaxis über Aufbau einer Fertigungsanlage für a-Si/ μ -Si-Zellen; Produktion von zunächst zehn bis 20 MW soll 2008 starten	-

Wären die Geschäfte der Unternehmen zuletzt nicht so gut gelaufen und die Börsengänge einiger Kandidaten weniger erfolgreich gewesen, könnten sie dieses kostenintensive Expansionsprogramm nicht durchhalten.

Bereits 20 Prozent Dünnschicht in 2010

Glückt den Newcomern der Spagat, wird bei der Dünnschicht in den nächsten Jahren ohne Zweifel die Post abgehen. Werden alle angekündigten Projekte der Firmen, von Doppelstrategen wie pure playern, realisiert, könnten 2010 bereits mehr als 1.000 MW der schlanken Sonnenfänger produziert werden. Damit würde der Marktanteil von a-Si, CdTe und Co. von derzeit sieben auf schätzungsweise rund 20 Prozent steigen. Zur Erinnerung: Vor zwei Jahren wurde den dünnen Modulen allenfalls eine Zukunft als Nischenprodukt zugetraut.

Wesentlichen Anteil am Durchbruch der neuen Technologie in Deutschland könnte die Schott Solar GmbH haben. Die Tochter des Mainzer Technologiekonzerns Schott AG investiert am Standort Jena 60 Millionen Euro in den Aufbau einer Fertigung für a-Si-Module mit einer Kapazität von 30 MW; die Inbetriebnahme der Fabrik ist bereits für Herbst 2007 geplant. „Damit bauen wir die Dünnschicht-Technologie zur industriellen Serienfertigung aus und rücken in diesem Sektor zu den weltweit führenden Herstellern auf“, erklärt Udo Ungeheuer, Vorstandsvorsitzender der Schott AG.

Ein so klares Bekenntnis zur Dünnschicht hätte von dem Unternehmen vor ein, zwei Jahren wohl niemand erwartet. Zwar trat die RWE Schott Solar GmbH, aus der die Schott Solar GmbH im letzten Jahr hervorgegangen ist, immer auch als Anbieter von Dünnschichtmodulen auf (neue energie 1/2006). Doch der Fokus des Unternehmens lag bisher klar auf der Silizium-Wafer-Technologie: Die Fabriken für Siliziumzellen und -module wurden sukzessive auf eine Gesamtkapazität von über 100 MW ausgebaut,

während die Putzbrunner a-Si-Pilotfertigung mit drei MW Kapazität mehr oder weniger nebenher lief.

Schott und Sunways setzen auf Tandemmodule

Das wird sich nun schlagartig ändern. Technologisch wird Schott Solar mit seinen neuen Modulen niemanden vom Hocker hauen – die 1,2 Quadratmeter großen Panels erreichen Spitzenwirkungsgrade von nicht mehr als sechs Prozent, arbeiten also weit weniger effizient als ihre kristallinen Konkurrenten. Dafür lassen sie sich aber kostengünstiger herstellen. In der Putzbrunner Fabrik wird das Watt schon heute weit unter drei Euro, dem aktuellen durchschnittlichen Produktionspreis für Siliziummodule, gefertigt.

Außerdem tüfteln die Rheinland-Pfälzer bereits an einem effizienteren Nachfolger, einem Tandemmodul, das aus je einer Schicht amorphen und mikrokristallinen Siliziums besteht und Wirkungsgrade von bis zu zwölf Prozent verspricht. In zwei bis drei Jahren könnte diese mikromorphe Technologie nach Angaben des Unternehmens reif für die serielle Produktion sein. Eine weitere Fabrik müsste Schott hierfür dann aber nicht mehr aufstellen. Da sich der Herstellungsprozess von Single- und Tandemmodulen ähnelt, wäre ein ‚Umswitchen‘ von a-Si auf die mikromorphe Variante ohne große Probleme möglich; die Linien müssten im Prinzip nur neu eingestellt werden.

Auch die Sunways AG, Zellenhersteller aus Konstanz, liebäugelt bereits mit Tandemmodulen und hat mit dem Schweizer Hersteller von Fertigungssystemen und Komponenten Unaxis AG vor kurzem einen Vorvertrag (Letter of Intent) über die Lieferung entsprechender Produktionsmaschinen abgeschlossen. „Ziel ist es, gemeinsam innerhalb von zwei Jahren eine entsprechende Produktionsanlage mit einer Kapazität von zehn bis 20 MW aufzustellen“, erläutert

Fortsetzung auf Seite 44

Dünnschichthersteller und ihre Expansionspläne

Hersteller	Technologie	Kapazität 2005	Geplanter Ausbau	Investitionsvolumen
Antec Solar	CdTe	zehn MW	25 MW bis Ende 2007	k. A.
CSG Solar	c-Si		25 MW bis Ende 2006, langfristig 100 MW	53 Mio. Euro für erste Ausbaustufe
First Solar	CdTe	20 MW	neue Fabrik mit 100 MW Kapazität in Frankfurt/Oder; Beginn der Fertigung für Mitte 2007 vorgesehen; Ausbau der CdTe-Fabrik in Perryburg von 21,5 auf 75 MW bis Ende 2007	115 Mio. Euro
Kaneka	a-Si und a-Si/ μ -Si	23 MW	30 MW bis Ende 2006	k. A.
Mitsubishi Heavy Industries	a-Si/ μ -Si	zehn MW (amorph)	50 MW (neue 40-MW-Fabrik für Tandemzellen) bis Ende 2007	74 Mio. Euro
Shell Solar	CIGS	Pilotfertigung	Ausbau geplant	k. A.
Sulfurcell	CIS	Pilotfertigung (1,5 MW)	fünf MW bis Ende 2007; parallel dazu: weitere Fabrik mit „einigen zehn MW“	21 Mio. Euro für Ausbau bis fünf MW
United Solar Ovonic	a-Si, a-Si/Ge/a-Si	25 MW	50 MW bis Ende 2006	k. A.
Würth Solar	CIGS	Pilotfertigung (1,2 MW)	15 MW bis Ende 2006	55 Mio. Euro

Vorstandsvorsitzender Roland Burkhardt den Plan. Damit, so der Sunways-Chef, könne dann dem immer häufiger geäußerten Wunsch der Kunden nach den neuen Modulen entsprochen werden.

Ob der Deal mit den Liechtensteinern zustande kommt, ist längst nicht sicher: Bedingung für Sunways ist laut Burkhardt, dass Unaxis den Konstanzern eine Produktionsstätte aufstellt, in der Module mit Wirkungsgraden von zehn Prozent produziert werden können. „Noch hat man uns die Machbarkeit aber nicht bestätigt“, erläutert Burkhardt den Stand der Dinge.

Geschäft der Anlagenbauer brummt

Unterdessen versichert Unaxis, bei Anlagen- wie Prozesstechnologie rasch Fortschritte zu machen: „In unserer Testfabrik in Trübbach implementieren wir die guten Resultate, die wir in unserem Neuenburger Labor erzielen konnten, derzeit auf die volle Produktionsgröße“, sagt Sprecher Jürg Steinmann.

Bei der momentanen Auftragslage würde es Unaxis aber sicher verschmerzen können, wenn ein Liefervertrag mit Sunways nicht zustande käme. Denn mit der steigenden Nachfrage nach Dünnschichtpanels ist auch das Solargeschäft des Maschinenbauers so richtig in Fahrt gekommen. So wird Unaxis unter anderem der Schott Solar zwei a-Si-Fertigungslinien und die dazu gehörigen Lasersysteme liefern. Außerdem konnte ein Vertrag mit Ersol für die Lieferung einer Produktionsanlage und fünf Lasersystemen abgeschlossen werden. Entsprechend optimistisch sind denn auch die Umsatzerwartungen des Unternehmens: Wurden 2005 im Sonnensegment nur 13 Millionen Euro umgesetzt, was einen Anteil am Gesamtumsatz von gerade einmal 1,2 Prozent entspricht, peilt Unaxis für dieses Jahr bereits 70 bis 100 Millionen Euro an.

Neben den amorphen und mikromorphen Modulen werden auch Technologien wie CdTe, Sonnenfänger auf der Basis von Kupfer, Indium und Selen oder Sulfid (CIS) sowie kristallines Dünnschichtsilizium verstärkt auf den Markt kommen. Letztere befindet sich beispielsweise unmittelbar vor dem Sprung von der Pilot- in die industrielle Fertigung.

Soeben hat die CSG Solar AG im sachsen-anhaltinischen Thalheim die erste Stufe einer 23 MW-Produktion für diese Module in Betrieb genommen. Besonderes Merkmal der Sonnenfänger: Sie bestehen aus einer hauchdünnen auf Glas aufgetragenen Siliziumschicht von nur zwei Mikrometern – herkömmliche Wafer sind 150 bis 200 Mal dicker. Halten die Sonnenfänger, was CSG-Vorstandsvorsitzender David Hogg verspricht, könnten sie zu einem regelrechten Verkaufsschlager werden: „Wir starten mit Fertigungs-

kosten von etwas mehr als 1,50 Euro je Watt und einem Wirkungsgrad von bis zu acht Prozent.“ Schnelle Produktionssteigerungen vorausgesetzt, so Hogg, könnte es beim Preis noch weiter runter und beim Wirkungsgrad deutlich rauf gehen.

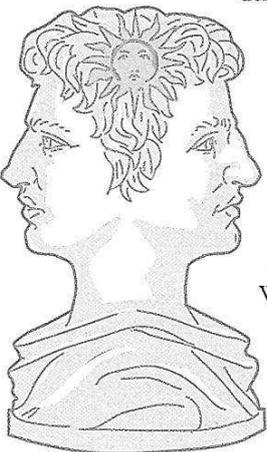
Keine Panik bei den „Großen“

Kein Wunder, wenn diese Technologie auch CSGs Nachbar in Thalheim reizt: die Q-Cells AG. Bereits Anfang 2005 hat sich der Zellengigant deshalb mit 23 Prozent an dem Dünnschicht-Hersteller beteiligt. Allerdings lässt Q-Cells-Vorstandsvorsitzender Anton Milner keinen Zweifel daran aufkommen, dass die Dünnschicht das Silizium-Wafer-Geschäft der Thalheimer keinesfalls ersetzen soll: „Unser primäres Ziel ist es, Solarstrom so schnell wie möglich billiger zu machen. Die Dünnschicht ist ein interessanter Weg, doch die Fertigung kristalliner Siliziumzellen wird ganz klar unser Kerngeschäft bleiben.“ Die Planzahlen des Unternehmens lassen an dieser Aussage Milners keinen Zweifel: Bis Ende 2006 will Q-Cells seine Produktionskapazitäten in Thalheim von 257 MW auf 336 MW ausbauen.

Und was plant der andere deutsche „Big Player“, die Solarworld AG? Definitiv nichts im Dünnschichtbereich, wie Vorstandsvorsitzender Frank Asbeck versichert. Damit gehört der Bonner Konzern in Deutschland zu den wenigen konsequenten Dünnschicht-Verweigerern. Stattdessen konzentriert sich das Unternehmen voll auf die kristalline Siliziumtechnologie und den Ausbau seines Produktionsstandortes Freiberg. So soll die dortige Modulfertigung noch in diesem Jahr um 60 MW auf 90 MW ausgebaut werden. Außerdem steht eine Erweiterung der Zellenfabrik um 100 MW auf 160 MW an. Zweifel, die Linien könnten angesichts des Siliziumengpasses stillstehen, hat Vorstandsvorsitzender Frank Asbeck nicht: „Alles was wir installieren, werden wir auch auslasten“, versichert er.

In der Tat hat sich Solarworld gut positioniert. Wie Q-Cells haben die Bonner langfristige Lieferverträge mit Siliziumherstellern abgeschlossen, die sie für die nächsten Jahre auf die sichere Seite bringen. Doch das Unternehmen hat zwei weitere Trümpfe im Ärmel: Am Standort Freiberg betreibt der Konzern eine eigene Modul-Recyclinganlage, ist also in der Lage, aus ausrangierten Stromgeneratoren Wafer zurückzugewinnen (neue energie 1/2006). Außerdem wird der Konzern einen Teil seines Siliziums künftig selbst herstellen: Im badischen Rheinfeldern betreibt Solarworld gemeinsam mit dem Chemiekonzern Degussa AG eine Prototyp-Anlage zur Siliziumproduktion, dessen Kapazität 2007 bereits 800 Tonnen pro Jahr betragen soll – das würde immerhin reichen, um 80 bis 100 MW Module zu fertigen.

Asbeck ist für diese beiden Projekte oft belächelt worden: Für solche Vorhaben so hohe Investitionen zu tätigen, so hieß es nicht selten, sei völliger Humbug. Heute wären sicher nicht wenige seiner damaligen Kritiker froh, wenn sie in Asbecks komfortabler Situation wären – und sich die kostspielige Investition in die Dünnschicht sparen könnten. ◀





KRITISCH BEÄUGT: Bei Sulfurcell wird jeder Produktionsschritt genau beobachtet.