

# Konzentriert Kosten senken

Die konzentrierende Photovoltaik hat Hochkonjunktur. Energieversorger und Wagniskapitalgesellschaften investieren kräftig in die junge Technik. Mit dem frischen Kapital können die Hersteller das große Leistungspotenzial der lichtbündelnden Solarmodule endlich ausreizen.

Text: Sascha Rentzing, Fotos: Olivier Pagès

„Konzentrator-Photovoltaik ist 2015 ein Gigawatt-Markt.“

Greg Sheppard, CRO von iSuppli

„Allein 18 CPV-Unternehmen wurden in den vergangenen zwölf Monaten gegründet.“

Arnulf Jäger-Waldau, Europäisches Forschungszentrum

Solche Nachrichten sind selten: Die US-Firma Solaria hat in ihrer vierten Finanzierungsrunde mehr Geld eingesammelt als erhofft. Der Entwickler von konzentrierenden Solarsystemen hatte das Closing bereits im Mai 2010 bei einem Stand von 45 Millionen Dollar verkündet. Doch weil nachträglich weitere Investoren auf eine Beteiligung drängten, verlängerte das Unternehmen die Beteiligungsphase bis August. Die Aktion hat sich gelohnt: Bei Solaria flossen über den Sommer insgesamt 65 Millionen Dollar an.

„Wir werden das Kapital für Produktionssteigerungen nutzen“ sagt Solaria-Chef Dan Shugar. Ein höherer Output wird auch nötig sein, denn die auf Nachführsystemen gebockten lichtbündelnden Module der Kalifornier sind viel gefragt. Energieanbieter Enxco zum Beispiel, eine in San Diego ansässige Tochter des französischen Konzerns EDF, die ebenfalls in Solaria investiert hat, will mit den Konzentratoren ihre Solarparks in den USA und Kanada erweitern. Dafür haben beide Parteien im August eine Liefervereinbarung für fünf Jahre getroffen.

Die Investoren lockt die Aussicht auf billigen Solarstrom. „Wir liegen mit 14 Prozent Wirkungsgrad auf Augenhöhe mit normalen Standardmodulen, können aber dank der Halbleitersparnis 15 bis 30 Prozent günstiger produzieren“, erklärt Solaria-Deutschlandchef Philipp Kunze. Dafür sägen die Spezialisten gängige monokristalline Siliziumzellen in zwei Millimeter breite Streifen und ordnen diese mit ebenso großen Zwischenräumen neu an. „Wir kommen so mit der Hälfte an Silizium aus und produzieren aus einer Zelle zwei“, erklärt Kunze. In die Lücken setzt Solaria V-förmige Plastiklichtleiter, die Licht mit doppelter Stärke auf die Siliziumstreifen bündeln. Die Module landen schließlich auf sogenannten Trackern, die sie exakt der Son-

ne nachführen (neue energie 6/2010). Es klingt widersprüchlich, fertige Bauteile zu zersägen und wieder zu neuen Zellen zusammensetzen. Doch weil die Kosten für Plastik und neue Prozessschritte niedriger seien als für konventionelle Zellen, spare der Ansatz Geld, erklärt Kunze. Auch der Einsatz von Trackern rechnet sich. Da mit ihrer Hilfe die Energieausbeute pro Flächeneinheit steige, reduzierten sich die Installationskosten.

## Plastik ersetzt teures Silizium

Damit macht die Technik der teuren Photovoltaik (PV) Hoffnung. Viele Firmen suchen händelnd nach Wegen, Kosten zu sparen. Und sie wissen: Die bisherigen Technologien stoßen wohl bald an ihre Grenzen. Kristalline Zellen können nicht beliebig billig werden, da die Herstellung des Siliziums und die Weiterverarbeitung der Wafer energieintensiv und aufwändig ist, Dünnschichtmodule bekommen wegen ihrer begrenzten Leistung schon heute Probleme (neue energie 7/2010). Systeme, die Licht bündeln, so die Energiedichte erhöhen und dann zur Stromproduktion nutzen, haben ein schier unbegrenztes Entwicklungspotenzial: Billige Optiken ersetzen teures Absorbermaterial, die Effizienz von Mehrfachzellen, Herzstücke hochkonzentrierender Systeme, ist noch deutlich steigerbar. „Das lässt dramatische Preisreduktionen erwarten“, sagt Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission.

Investitionswillige Energieversorger und Wagniskapitalgesellschaften stehen bei den einschlägigen Anbietern deshalb Schlang. Vor allem US-Utilities zeigen großes Interesse. 2010 könnte das Jahr des Durchbruchs für die Konzentrator-technik werden. In Kalifornien müssen Stromkunden in Spitzenverbrauchszeiten fast einen halben



**Versammlung von Sammlern:** Fresnel-Linsen des japanischen Herstellers Daido Steel, bündeln das Licht so, dass seine Intensität auf das 500-Fache steigt.

Dollar pro Kilowattstunde zahlen – in Solarparks kann Sonnenstrom bereits günstiger hergestellt werden. Die wachsende Nachfrage lässt die Zahl der Neueinsteiger weltweit rasant wachsen. „Rund 50 Unternehmen sind in der konzentrierenden PV inzwischen aktiv, wovon 60 Prozent in den vergangenen fünf Jahren gegründet wurden“, erklärt Jäger-Waldau. Die meisten Entwickler setzen wegen der höheren Stromausbeute auf hohe Konzentration von 100 Sonnen und mehr (siehe Grafik).

Einen weiteren Schub verspricht der italienische Markt: Im kürzlich verabschiedeten Conto Energia ist ein eigener Einspeisetarif für Konzentrator-Photovoltaik (CPV) eingeführt worden (neue energie 8/2010). Bis zu 200 Megawatt (MW) CPV können, je nach Anlagengröße, mit 28 bis 37 Cent pro Kilowattstunde gefördert werden. Für Analysten ist die Noch-Nischentechnologie so ein heißer Favorit, weil die Stromgestehungskosten von derzeit 26 Cent schon 2015 bei acht Cent angelangt sein könnten.

### 50 Prozent Effizienz avisiert

Die Firma Concentrix Solar aus Freiburg, Ende 2009 vom französischen Halbleiterzulieferer Soitec übernommen, zählt zu den führenden Anbietern solch hochkonzentrierender PV-Systeme (neue energie 6/2009). Sie stellt Module her, bei denen so genannte Fresnellinsen das Licht 500-fach verstärkt auf winzige Mehrfachzellen mit bis zu 38 Prozent Wirkungsgrad lenken. „In Ländern mit hoher Einstrahlung arbeitet die Technik zehn bis 20 Prozent wirtschaftlicher als herkömmliche Solarsysteme“, sagt Concentrix-Chef Hansjörg-Lerchenmüller.

Allerdings ist die Produktion aufwändig: Damit der Fokus jeder Linse genau auf der jeweiligen Zelle liegt, müssen beide Bauteile millimetergenau zueinander ausgerichtet sein. So kann Concentrix Zellen verwenden, die kleiner sind als ein Fingernagel, und es sich sogar leisten, teure Mehrfachzellen aus drei übereinander gestapelten Absorberschichten einzubauen. Da die Linsen nur bei direkter Einstrahlung funktionieren, werden sie auf Trackern montiert. Hohe Systemeffizienzen rechtfertigen jedoch den Aufwand. Unter südlicher Sonne, sagt Lerchenmüller, wandle die Technik 25 Prozent des einfallenden Lichts in Strom um – fast doppelt so viel wie gängige Module. Und die nächste Innovation ist schon absehbar: Die Mutterfirma Soitec entwickelt ein Fertigungsverfahren, mit dem fünf verschiedene halbleitende Verbindungen von Materialien der chemischen Hauptgruppe III und V wie Alu-

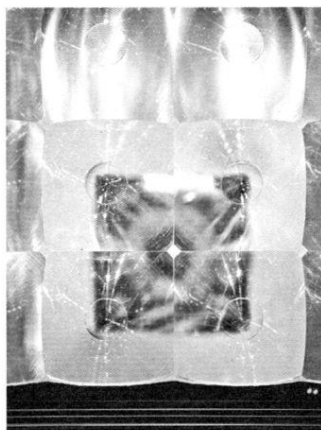
minium, Gallium und Indium aufeinandergestapelt werden können. Bisher lassen sich nur Stapelzellen aus drei Absorberschichten herstellen. Dadurch soll die Effizienz der Mehrfachzellen gleich um mehrere Prozentpunkte auf 45 bis 50 Prozent und die Effizienz des Systems auf 35 Prozent steigen. „Das Verfahren könnte in drei Jahren industriell einsetzbar sein“, sagt Andreas Bett, Leiter der Abteilung Materialien, Solarzellen und Technologie beim Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg.

Mit der neuen Superzelle rechnet sich Concentrix sehr gute Marktchancen aus. EU-Marktbeobachter Jäger-Waldau schätzt, dass die weltweit installierte Konzentrator-Leistung von derzeit 50 bis 100 MW bis 2015 auf 2000 MW steigen könnte. „Von diesem Kuchen wollen wir ein großes Stück abbekommen“, sagt Lerchenmüller. Um den Weg für Kraftwerksprojekte im Nahen Osten und Nordafrika zu ebnen, ist die Firma der Desertec-Industrie-Initiative als assoziiertes Partner beigetreten. In den USA haben die Freiburger bereits Fuß gefasst: Sie werden für den Ölkonzern Chevron in New Mexico ein Konzentratorkraftwerk mit einem Megawatt Leistung bauen.

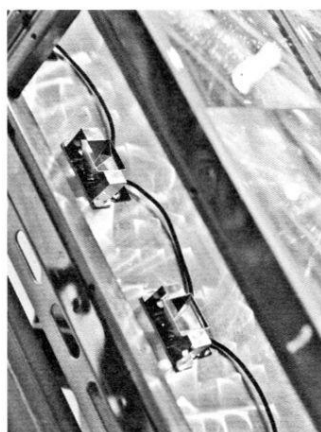
Zu Concentrix' schärfsten Konkurrenten um die begehrten Wüstenstandorte zählen die US-Unternehmen Amonix und Solfocus. Amonix teilt sich mit Concentrix den Effizienzrekord: Die Systeme der Amerikaner wandeln 25 Prozent des Lichts in Strom um. In Taiwan wird derzeit das bisher größte Konzentratorprojekt mit 59 Megawatt umgesetzt. Der Konkurrent heißt Arima Eco, setzt ebenfalls auf Fresnel-Technik, verwendet eine III-V-Zelle mit 36 Prozent Effizienz. Auch die australische Solar Systems und Solfocus aus Kalifornien arbeiten mit 500-facher Konzentration, doch fangen bei ihren Systemlösungen nicht Linsen, sondern parabolisch gekrümmte Spiegel das Licht ein. Sie bündeln die Strahlung auf eine nahe dem Brennpunkt angeordnete Mehrfachstapelzelle.

### Energie von 1000 Sonnen

Mit noch höherer Konzentration von 1000 Sonnen wollen Isofotón aus Spanien, Morgan Solar aus Kanada und der japanische Stahlkonzern Daido Steel der Konkurrenz künftig die Stirn bieten. Daido nutzt wie Concentrix Mehrfachzellen des Heilbronner Herstellers Azurspace Solar, packt diese aber für eine noch stärkere Energiedichte hinter zwei Optiken, eine Fresnel- und eine Zweitlinse, die das Licht aufkonzentrieren. Bisher erreichen die Systeme der Asiaten nach



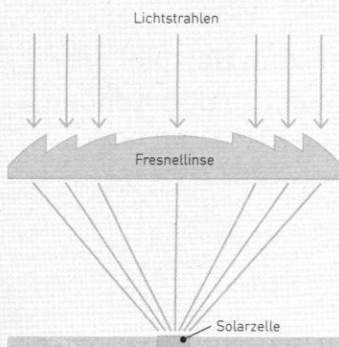
Bei Fresnel-Linsen (Bild oben) lässt sich die Strahlungsintensität zusätzlich durch kleine Trichter (Bild unten) erhöhen. Das Ergebnis: Verglichen mit herkömmlichen Solarmodulen werden deutlich geringere Mengen an Halbleitermaterial benötigt.



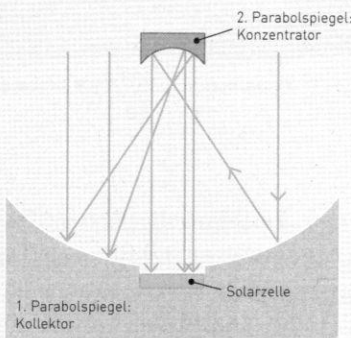


## Drei Arten der Lichtbündelung

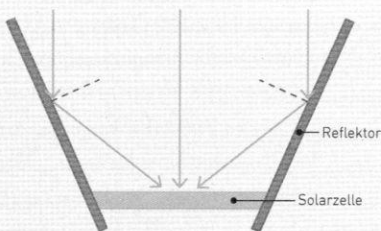
Hoch konzentrierte PV-Variante per Fresnellinse



Hoch konzentrierte PV-Variante per Parabolspiegel



Niedrig konzentrierte PV mit einfachen Reflektoren

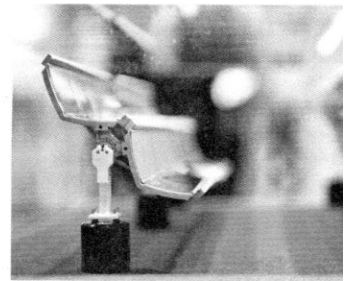


Die Konzentrator-Technik reduziert den Bedarf an teurem Halbleitermaterial dadurch, dass Licht mit einem preiswerten optischen Konzentrator gebündelt wird. Der Konzentrationsfaktor reicht heute von zwei bis 1000. Für niedrig konzentrierende Systeme werden meist simple Optiken genutzt, die das Licht mit doppelter Stärke auf eine monokristalline Siliziumzelle bündeln. Bei hochkonzentrierenden Systemen bündeln komplexe Optiken wie Fresnellinsen oder Parabolspiegel das Licht auf eine Mehrfachzelle aus mehreren übereinandergestapelten Halbleitern.

eigenen Angaben nur 22 bis 23 Prozent Wirkungsgrad und kosten inklusive zweiachsiger geführter Tracker fünf Euro pro Watt installierter Leistung. Doch Daido Steel glaubt an sprunghafte Fortschritte: Produktionstechnische Verbesserungen sollen, so erklärte ein Firmenvertreter auf der PV-Konferenz in Valencia, den Systempreis schon 2011 auf drei bis vier Euro pro Watt und damit auf das Niveau herkömmlicher Flachmodule drücken. Gleichzeitig sei geplant, die Stromgestehungskosten durch Effizienzgewinne von mehr als zehn Prozentpunkten in den kommenden Jahren dramatisch zu senken.

Auch die kanadische Firma Morgan Solar verspricht eine Technik anzubieten, die in sonnenreichen Regionen Strom bis zu 70 Prozent billiger produzieren will als heutige Standardmodule. Schlüssel zu höherer Wirtschaftlichkeit sei die günstige lichtführende Optik, erklärt Firmenchef Eric Morgan. Eine speziell geformte, fünf Millimeter dünne Acrylplatte sammelt das Licht und lenkt es auf eine sekundäre Glasoptik im Inneren des Bauteils. Das nach außen gewölbte Glas empfängt das Licht mit 50-facher Sonnenintensität, konzentriert es auf die Intensität von 1000 Sonnen und lenkt es senkrecht auf die Solarzelle an der Unterseite. Die Technik nutzt das optische Phänomen der totalen internen Reflexion, durch das ein Lichtstrahl, der in einem genau definierten Winkel auf die Grenzfläche einer Optik trifft, in diese reflektiert wird, statt zu entweichen. Technisch ausgereift, sollen die Systeme 25 bis 30 Prozent Effizienz erreichen. Investoren wie den spanischen Energiekonzern Iberdrola und die kalifornische Energiekommission hat Morgan Solars Ansatz überzeugt. Sie haben bisher 11,5 Millionen Dollar in die Firma investiert. Das Geld fließt vor allem in den Bau einer Fabrik in Kalifornien mit 35 MW Kapazität, wo Ende 2011 die Serienfertigung starten soll.

Zwar entwickeln die meisten anderen Firmen ebenfalls Systeme mit komplexen Optiken und hoher Konzentration, doch auch für die niedrig konzentrierenden Anlagen sehen Experten Marktchancen. „Das Rennen ist offen“, sagt der Solarwissenschaftler Joachim Luther, ehemaliger Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg. Allerdings kann einzig Solaria nennenswerte Fortschritte vorweisen. Trotz der starken Konkurrenz wähnt sich die Firma auf gutem Kurs: „Unsere Technik funktioniert auch ohne direkte Sonne“, sagt Deutschlandchef Kunze. Solaria-Module könnten deshalb in Regionen wie Deutschland installiert werden.



**Ernte-Modelle:** Beim High-Gain-System des amerikanischen Herstellers Skyline Solar lenken Metallspiegel die Lichtstrahlen zu den Randbereichen der Anlage hin, wo sich die photovoltaisch aktiven Siliziumzellen befinden.