

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
	Photovoltaik <u>Sonnenstrom unter der Lupe</u> (Sascha Rentzing)	Konzentriert Kosten senken (Sascha Rentzing)	
0	Nach Silizium- und Dünnschichtmodulen steht eine dritte Solartechnik in Lauerstellung: Konzentratoren, Systeme, die Licht bündeln, so die Energiedichte erhöhen und dann zur Stromproduktion nutzen. Konzentratorsysteme könnten für Kostensenkungen in der Photovoltaik sorgen. Zurzeit konkurrieren diverse Konzepte, auch von US-Firmen, die den Europäern den Vorsprung in puncto Solarstrom nicht lassen wollen.	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.	0
		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.	1
1	Das kalifornische Silicon Valley gilt als Hochburg der Informationstechnik. Doch schon längst ist die Photovoltaik der eigentlich Innovationstreiber. Zum Beispiel Solaria aus Fremont. Das Unternehmen fährt zurzeit die Produktion neuartiger Konzentratormodule hoch.	„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.	2
2	Die Solaria-Spezialisten schneiden fertige Solarzellen in kleine Streifen und decken	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.	3
	die Lücken mit kegelförmigen Plastiklichtleitern ab. Diese bündeln das Sonnenlicht, das dann mit verdoppelter Lichtstärke auf die Siliziumstreifen trifft. So lassen sich, so Solaria, ohne Effizienzeinbußen Kosten sparen.	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 Sonne nachführen (neue energie 6/2010). Es klingt widersprüchlich, fertige Bauteile zu zersägen und wieder zu neuen Zellen zusammzusetzen. Doch weil die Kosten für Plastik und neue Prozessschritte niedriger seien als für konventionelle Zellen, spare der Ansatz	

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
		Geld, erklärt Kunze. Auch der Einsatz von Trackern rechne sich. Da mit ihrer Hilfe die Energieausbeute pro Flächeneinheit steige, reduzierten sich die Installationskosten.	
		Die Investoren lockt die Aussicht auf billigen Solarstrom.	3
3	"Wir liegen mit 12 % Wirkungsgrad auf Augenhöhe mit Standardmodulen, können aber dank der Halbleiterersparnis 15 % bis 30 % günstiger produzieren", sagt Solaria-Deutschlandchef Philipp Kunze.	„Wir liegen mit 14 Prozent Wirkungsgrad auf Augenhöhe mit normalen Standardmodulen, können aber dank der Hballeiterersparnis 15 bis 30 Prozent günstiger produzieren“, erklärt Solaria-Deutschlandchef Philipp Kunze.	
		Plastik ersetzt teures Silizium	
	Module mit einer Gesamt-Spitzenleistung von 1 MW will die Firma in ihrer Fabrik auf den Philippinen dieses Jahr herstellen, 2010 dann die Kapazität von 25 MW voll auslasten.	Damit macht die Technik der teuren Photovoltaik (PV) Hoffnung. Viele Firmen suchen händeringend 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 Mehr-Fachzellen, Herzstücke hochkonzentrierender Systeme, ist noch deutlich steigerbar. „Das lässt dramatische Preisreduktionen erwarten“, sagt Arnulf Jäger-Waldau von der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission.	4
		Investitionswillige Energieversorger und Wagniskapitalgesellschaften stehen bei den einschlägigen Anbietern deshalb Schlange. Vor allem US-Utilities zeigen großes Interesse. 2010 könnte das Jahr des Durchbruchs für die Konzentratortechnik werden. In Kalifornien müssen Stromkunden in Spitzenverbrauchszeiten fast einen halben 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).	5
4	Bei gängigen Zellen bedeckt Silizium die gesamte Oberfläche des Moduls und fängt so das Licht	Einen weiteren Schub verspricht der italienische Markt: Im kürzlich verabschiedeten Conto	6

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
	über das ganze Gebiet ein. "Wir kommen mit der Hälfte an Silizium aus und produzieren aus einer multikristallinen Zelle zwei", erklärt Solaria-Technikvorstand Kevin Gibson. Auch wenn es unwirtschaftlich erscheint, fertige Bauteile zu zersägen und wieder neu zusammensetzen: Der Ansatz spare Geld, so Gibson. Die Gesamtkosten für Plastik und neue Prozessschritte seien niedriger als die für konventionelle Zellen.	Energia ist ein eigener Einspeisetarif für Konzentration-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 könnte.	
		50 Prozent Effizienz avisiert	
5	Die Konkurrenz für Solaria ist vielfältig. Viele Firmen arbeiten an lichtbündelnden Techniken, wobei die meisten Konzepte auf einer wesentlich stärkeren Konzentration des Lichts fußen.	Die Firma Concentrix Solar aus Freiburg, Ende 2009 vom französischen Halbleiterzulieferer Soitec übernommen, zählt zu den führenden Anbietern solcher hochkonzentrierender PV-Systeme (neue energie 6/2009).	7
	So stellt die Freiburger Concentrix Solar Module her, bei denen Fresnellinsen das Licht fast 385-fach verstärkt auf winzige Mehrfachzellen mit mehr als 37 % Wirkungsgrad lenken.	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 bis zu 20 % wirtschaftlicher als herkömmliche Solarsysteme", sagt Firmenchef Hansjörg Lerchenmüller.	„In Ländern mit hoher Einstrahlung arbeitet die Technik zehn bis 20 Prozent wirtschaftlicher als herkömmliche Solarsysteme“, sagt Concentrix-Chef Hansjörg-Lerchenmüller.	
	Solarmodule aus zerschnibbelten Solarzellen sind günstiger		
6	Allerdings ist die Produktion aufwendig: 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, relativ teure Mehrfachzellen aus drei übereinanderliegenden Absorberschichten einzubauen.	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.	8
	Da die Linsen nur bei direkter Einstrahlung funktionieren, sind sie auf Nachführeinrichtungen montiert, neudeutsch Tracker genannt.	Da die Linsen nur bei direkter Einstrahlung funktionieren, werden sie auf Trackern montiert.	
7	Hohe Systemwirkungsgrade rechtfertigen den Aufwand: Unter südlicher Sonne wandelt die Technik 25 % des einfallenden Lichts in Strom um - doppelt so viel wie übliche Sonnenstromanlagen. Erste Kraftwerke baut Concentrix derzeit in Spanien und den USA.	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 Aluminium, Gallium und Indium aufeinandergestapelt werden können. Bisher lassen sich nur Stapelzellen aus drei Absorberschichten herstellen. Dadurch soll die Effizienz der Mehrfachzellen gleich um mehrere	

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
		<p>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.</p>	
		<p>Mit der neuen Superzelle rechnet sich Concentrix sehr gute Marktchancen aus. EU-Marktbeobachter Jäger-Waldau schätzt, dass die weltweit installierte Konzentratoren-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 assoziierter 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.</p>	
		<p>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 Konzentratorenprojekt 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.</p>	
		<p>Energie von 1000 Sonnen</p>	
		<p>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 eigenen Angaben nur 22 bis 23 Prozent Wirkungsgrad und kosten inklusive zweiachsig geführter Tracker fünf Euro pro Watt</p>	11

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
		<p>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.</p>	
8	<p>Die kanadische Firma Morgan Solar verspricht durch ihren Chef Eric Morgan, eine Technik anzubieten, die in sonnenreichen Regionen Strom bis zu 70 % billiger produzieren wird als heutige Standardmodule. Schlüssel zu niedrigen Kosten sei die günstige lichtführende Optik: Statt teurer Linsen setzt Morgan auf eine günstige Acrylplatte. Sie sammelt das Licht, lenkt es auf ein Spezialglas, das das Licht mit dem Faktor 1000 aufkonzentriert und das Lichtbündel einer Mehrfachzelle zuführt. Eine Effizienz von 21 % sollen die Systeme erreichen,</p>	<p>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,</p>	12
	<p>die Morgan Solar 2010 auf den Markt bringen will.</p>	<p>wo Ende 2011 die Serienfertigung starten soll.</p>	
	<p>Bei Solarkonzentratoren werben viele junge Firmen um die Gunst des Marktes</p>		
9	<p>Bei der australischen Solar Systems fangen parabolisch gekrümmte Spiegel das Sonnenlicht ein. Sie werfen ihr Licht auf eine nahe ihres Brennpunktes angeordnete Mehrfachzelle mit fast 40 % Wirkungsgrad. Die spanische Firma Guascor Fotón verwendet zwar eine komplexe Linsenoptik, kombiniert diese aber mit gängigen Siliziumzellen. Dadurch müssen sich die Basken zwar mit einem vergleichsweise geringen Systemwirkungsgrad von 16 % begnügen, sparen aber Kosten.</p>	<p>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.</p>	13

Abs	Ingenieur (25.9.2009)	Neue Energie (10 / 2010)	Abs
10	Solaria sieht trotz der Konkurrenz gute Marktchancen:	Trotz der starken Konkurrenz wähnt sich die Firma auf gutem Kurs:	
	"Die Technik funktioniert auch ohne direkte Sonne", sagt Deutschlandchef Kunze. Solaria-Module könnten auch in Regionen wie Deutschland installiert werden.	„Unsere Technik funktioniert auch ohne direkte Sonne", sagt Deutschlandchef Kunze. Solaria-Module könnten deshalb in Regionen wie Deutschland installiert werden.	
11	Kunze sieht noch großes technisches Entwicklungspotenzial: Solarias Entwickler wollen die Lichtsammler künftig mit höher konzentrierenden Kunststoffen ausstatten. Oder sie verlegen die Stromanschlüsse auf die Rückseite, damit die Kontakte keine Schatten werfen. Zuerst aber muss der Firma die Serienproduktion gelingen.		