

Abs	ÖKO-Test (5 / 2009)	ÖKO-Test Spezial Umwelt (6.10.2009)	Abs
	Photovoltaik <b>Mehr Leistung, niedrigere Kosten</b> (Sascha Rentzing)	Photovoltaiktechnik <b>Mehr Leistung, niedrigere Kosten</b> (keine Autorenangabe)	
0	Bei der Photovoltaik tut sich was: Neue Techniken wandeln Sonnenstrahlen effizienter in Strom oder benötigen weniger vom teuren Silicium. Das ist auch bitter nötig, damit sich die Technologie der Wettbewerbsfähigkeit nähert. Wir stellen die neuen Trends vor.	Bei der Photovoltaik tut sich was: Neue Techniken wandeln Sonnenstrahlen effizienter in Strom oder benötigen weniger vom teuren Silizium. Das ist auch bitter nötig, damit sich die Technologie der Wettbewerbsfähigkeit nähert. Wir stellen die neuen Trends vor.	0
1	Wer in jüngster Zeit in den Süden Spaniens gereist ist, dem sind sie beim Landeanflug vielleicht aufgefallen: die tiefblauen Seen, die aus der kargen Landschaft hervorstechen. Allerdings ist es kein Wasser, das da unten in der Sonne schimmert, sondern Millionen Solarzellen. Verschaltet zu Modulen, die sich zu riesigen Solarparks bündeln, wandeln sie Sonnenstrahlen in Strom für Tausende Haushalte.	Wer in jüngster Zeit in den Süden Spaniens gereist ist, dem sind sie beim Landeanflug vielleicht aufgefallen: die tiefblauen Seen, die aus der kargen Landschaft hervorstechen. Allerdings ist es kein Wasser, das da unten in der Sonne schimmert, sondern Millionen Solarzellen. Verschaltet zu Modulen, die sich zu riesigen Solarparks bündeln, wandeln sie Sonnenstrahlen in Strom für Tausende Haushalte.	1
2	Unter die starr nach Süden ausgerichteten Paneele mischt sich nun neueste Technik. Die Freiburger Firma Concentrix und der spanische Technologiekonzern Abengoa installieren bei Sevilla bewegliche Solarsysteme, die sich nach dem Lauf der Sonne ausrichten wie Blumen. So wird das Licht besser genutzt. Bis 2013 wollen die Unternehmen in der Region Anlagen mit 300 Megawatt Gesamtleistung installieren und 150.000 Haushalte mit Strom von der Sonne versorgen.	Unter die starr nach Süden ausgerichteten Paneele mischt sich nun neueste Technik. Die Freiburger Firma Concentrix und der spanische Technologiekonzern Abengoa installieren bei Sevilla bewegliche Solarsysteme, die sich nach dem Lauf der Sonne wie Blumen ausrichten. So wird das Licht besser genutzt. Bis 2013 wollen die Unternehmen in der Region Anlagen mit 300 Megawatt Gesamtleistung installieren und 150.000 Haushalte mit Strom von der Sonne versorgen.	2
	<b>Der Wirkungsgrad wird höher</b>	<b>Der Wirkungsgrad wird höher</b>	
3	Die neue Technik ist ein weiterer Schritt zur Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik. Denn nach wie vor ist Solarstrom teurer als konventionelle Energie, weil die Preise für Silicium, Hauptbestandteil der Zellen, unvermindert hoch sind. Um die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen zu verbessern, setzt die Branche auf Konzepte mit hohen Wirkungsgraden oder materialsparende Techniken. Concentrix senkt die Kosten, indem <b>es</b> beide Ansätze in seinen Kraftwerken vereint.	Die neue Technik ist ein weiterer Schritt zur Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik. Denn nach wie vor ist Solarstrom teurer als konventionelle Energie, weil die Preise für Silizium, Hauptbestandteil der Zellen, unvermindert hoch sind. Um die Wirtschaftlichkeit von Solaranlagen zu verbessern, setzt die Branche auf Konzepte mit hohen Wirkungsgraden oder materialsparende Techniken. Concentrix senkt die Kosten, indem <b>die Firma</b> beide Ansätze in ihren Kraftwerken vereint.	3
	Integrierte Linsen bündeln dazu das Licht auf winzige Solarzellen. „An guten Standorten können die Systeme schon heute kostengünstiger Strom <b>produzieren</b> als herkömmliche Module“, sagt Andreas Bett vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg, aus dem Concentrix als Ausgründung hervorgegangen ist.	Integrierte Linsen bündeln dazu das Licht auf winzige Solarzellen. „An guten Standorten können die Systeme schon heute kostengünstiger Strom als herkömmliche Module <b>produzieren</b> “, sagt Andreas Bett vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg, aus dem Concentrix als Ausgründung hervorgegangen ist.	
4	Doch die Produktion der Konzentratoren ist aufwendig. Damit der Fokus jeder Linse auf der	Doch die Produktion der Konzentratoren ist aufwendig. Damit der Fokus jeder Linse auf der	4

Abs	ÖKO-Test (5 / 2009)	ÖKO-Test Spezial Umwelt (6.10.2009)	Abs
	<p>jeweiligen Zelle liegt, müssen beide Bauteile genau zueinander ausgerichtet sein. Und da die Linsen nur bei direkter Einstrahlung funktionieren, werden sie auf sogenannte Tracker, riesige bewegliche Gestelle, montiert, die sie exakt der Sonne nachführen. Der Aufwand lohnt sich: Die Systeme wandeln das Licht mit 23 Prozent Wirkungsgrad in Strom um. Sie arbeiten damit fast doppelt so effizient wie gängige Module, die durchschnittlich 13 bis <b>14</b> Prozent Effizienz erreichen.</p>	<p>jeweiligen Zelle liegt, müssen beide Bauteile genau zueinander ausgerichtet sein. Und da die Linsen nur bei direkter Einstrahlung funktionieren, werden sie auf sogenannte Tracker, riesige bewegliche Gestelle, montiert, die sie exakt der Sonne nachführen. Der Aufwand lohnt sich: Die Systeme wandeln das Licht mit 25 Prozent Wirkungsgrad in Strom um. Sie arbeiten damit fast doppelt so effizient wie gängige Module, die durchschnittlich 13 bis <b>15</b> Prozent Effizienz erreichen.</p>	
	<p><b>Die Sonnenfänger werden dünner</b></p>	<p><b>Die Sonnenfänger werden dünner</b></p>	
5	<p>Concentrix hat sich dennoch gegen starke Konkurrenz zu behaupten. Angespornt durch die hohe Modulnachfrage sorgen Wissenschaftler und Ingenieure für stetige Innovationen. Dabei zählen nicht nur hohe Wirkungsgrade. Als vielversprechende Errungenschaft gelten auch Module, die Licht in hundertmal dünneren Absorberschichten einfangen als gängige Siliciumzellen. Sie sind nicht so effizient, lassen sich aber günstiger herstellen: Während bei der klassischen kristallinen Technik Siliciumblöcke erst aufwendig in Scheiben gesägt werden müssen, die dann in vielen Schritten zu Zellen verarbeitet werden, dampfen die Produzenten von Dünnschichtmodulen die fotoaktiven Schichten nur 0,003 Millimeter dick auf Glas oder Folie auf. Als Absorber dienen Materialien wie nicht kristallines Silicium, Kadmium-Tellurid oder CIS. Die Abkürzung steht für Verbindungen wie Kupfer, Indium sowie Selen oder Schwefel. Die US-Firma First Solar zum Beispiel stellt solche CdTe-Module nach eigenen Angaben für unter einem <b>m</b> Euro pro Watt Leistung her.</p>	<p>Concentrix hat sich dennoch gegen starke Konkurrenz zu behaupten. Angespornt durch die hohe Modulnachfrage sorgen Wissenschaftler und Ingenieure für stetige Innovationen. Dabei zählen nicht nur hohe Wirkungsgrade. Als vielversprechende Errungenschaft gelten auch Module, die Licht in hundertmal dünneren Absorberschichten einfangen als gängige Siliziumzellen. Sie sind nicht so effizient, lassen sich aber günstiger herstellen: Während bei der klassischen kristallinen Technik Siliziumblöcke erst aufwendig in Scheiben gesägt werden müssen, die dann in vielen Schritten zu Zellen verarbeitet werden, dampfen die Produzenten von Dünnschichtmodulen die fotoaktiven Schichten nur 0,003 Millimeter dick auf Glas oder Folie auf. Als Absorber dienen Materialien wie nicht kristallines Silizium, Kadmium-Tellurid oder CIS. Die Abkürzung steht für Verbindungen wie Kupfer, Indium sowie Selen oder Schwefel. Die US-Firma First Solar zum Beispiel stellt solche CdTe-Module nach eigenen Angaben für unter einen <b>n</b> Euro pro Watt Leistung her.</p>	5
	<p>Sie liegt damit weit unter den heute durchschnittlichen Produktionskosten für Solarmodule von <b>zwei</b> Euro.</p>	<p>Sie liegt damit weit unter den heute durchschnittlichen Produktionskosten für Solarmodule von <b>rund 1,80</b> Euro.</p>	
	<p>Da die schlanken Stromerzeuger aber leider nur rund zehn Prozent des Sonnenlichts umwandeln, benötigen sie mehr Fläche, um die gleiche Strommenge zu erzeugen wie ihre kristallinen Konkurrenten. Die höheren Installationskosten zehren ihren Produktionskostenvorteil zumindest teilweise wieder auf. Um die Stromausbeute der Dünnschichtpaneele zu erhöhen, arbeiten die Hersteller an besseren Absorberschichten oder verwenden zusätzliche Halbleiter. Die Brandenburger Firma Johanna zum Beispiel <b>produziert</b> Lichtsammler, die aus fünf Halbleitern – Kupfer, Indium, Gallium, Selen und Schwefel – bestehen.</p>	<p>Da die schlanken Stromerzeuger aber leider nur rund zehn Prozent des Sonnenlichts umwandeln, benötigen sie mehr Fläche, um die gleiche Strommenge zu erzeugen wie ihre kristallinen Konkurrenten. Die höheren Installationskosten zehren ihren Produktionskostenvorteil zumindest teilweise wieder auf. Um die Stromausbeute der Dünnschichtpaneele zu erhöhen, arbeiten die Hersteller an besseren Absorberschichten oder verwenden zusätzliche Halbleiter. Die Brandenburger Firma Johanna <b>produziert</b> zum Beispiel Lichtsammler, die aus fünf Halbleitern – Kupfer, Indium, Gallium, Selen und Schwefel – bestehen.</p>	

Abs	ÖKO-Test (5 / 2009)	ÖKO-Test Spezial Umwelt (6.10.2009)	Abs
	Mit so vielen Elementen arbeitet bislang keine andere Firma. Technisch ausgereift, verspricht Johanna, können diese Module Wirkungsgrade von 16 Prozent erreichen.	Mit so vielen Elementen arbeitet bislang keine andere Firma. Technisch ausgereift, verspricht Johanna, können diese Module Wirkungsgrade von 16 Prozent erreichen.	
6	Experten schätzen, dass der Marktanteil der Dünnschicht deutlich wachsen wird. Als flexible Module, die im Gegensatz zu Siliciumpaneelen auch Schwachlicht gut nutzen, also nicht auf direkte Sonne angewiesen sind, lassen sie sich vielseitig einsetzen. Doch verdrängen werden sie die bislang marktdominierende kristalline Technik wohl nicht, denn auch sie <b>entwickelt</b> sich rasch: Seit 2004 haben die Produzenten laut dem europäischen Photovoltaikindustrie-Verband EPIA den Wirkungsgrad von Siliciumzellen im Durchschnitt um zwei Prozentpunkte erhöht und gleichzeitig ihren Siliciumverbrauch um mehr als ein Viertel gesenkt. Experten erwarten weitere Effizienzgewinne und Materialersparnisse: „Siliciumzellen lassen sich mit relativ geringem Aufwand weiter deutlich verbessern“, sagt Jan Schmidt vom Institut für Solarenergieforschung in Hameln.	Experten schätzen, dass der Marktanteil der Dünnschicht deutlich wachsen wird. Als flexible Module, die im Gegensatz zu Siliziumpaneelen auch Schwachlicht gut nutzen, also nicht auf direkte Sonne angewiesen sind, lassen sie sich vielseitig einsetzen. Doch verdrängen werden sie die bislang marktdominierende kristalline Technik wohl nicht, da auch sie sich rasch <b>entwickelt</b> : Seit 2004 haben die Produzenten laut europäischem Photovoltaik-Industrieverband EPIA den Wirkungsgrad von Siliziumzellen im Durchschnitt um zwei Prozentpunkte erhöht und gleichzeitig ihren Siliziumverbrauch um mehr als ein Viertel gesenkt. Experten erwarten weitere Effizienzgewinne und Materialersparnisse: „Siliziumzellen lassen sich mit relativ geringem Aufwand weiter deutlich verbessern“, sagt Jan Schmidt vom Institut für Solarenergieforschung in Hameln.	6
	<b>Die Kontakte werden effizienter</b>	<b>Die Kontakte werden effizienter</b>	
7	Großes Potenzial wird zum Beispiel Modulen zugesprochen, die mit neuartigen Rückkontaktzellen bestückt sind. Normalerweise wird die in einer Zelle erzeugte Spannung durch metallene Kontakte auf der Front- und Rückseite abgegriffen. Bei Rückkontaktzellen beenden sich alle Stromanschlüsse auf dem Rücken. Durch diese Veränderungen wird die Front weniger verschattet und die Zellen können komplett rückseitig zu einem Modul verschaltet werden. Das erhöht die Stromausbeute und vereinfacht zugleich die Produktion, was Kosten spart.	Großes Potenzial wird zum Beispiel Modulen zugesprochen, die mit neuartigen Rückkontaktzellen bestückt sind. Normalerweise wird die in einer Zelle erzeugte Spannung durch metallene Kontakte auf der Front- und Rückseite abgegriffen. Bei Rückkontaktzellen befinden sich alle Stromanschlüsse auf dem Rücken. Durch diese Veränderungen wird die Front weniger verschattet und die Zellen können komplett rückseitig zu einem Modul verschaltet werden. Das erhöht die Stromausbeute und vereinfacht zugleich die Produktion, was Kosten spart.	7
8	Viele Hersteller, darunter Weltkonzerne wie Kyocera und Sharp in Japan, entwickeln derzeit Fertigungsverfahren für die neue Technik. Bei der deutsch-niederländischen Firma Solland läuft bereits die Testproduktion. Die Spezialisten bohren mit Lasern in jede Zelle 16 kleine Löcher. Durch sie wird die absorbierte Energie auf die Rückseite geleitet, wo alle für den Weitertransport des Solarstroms nötigen Anschlüsse angeordnet sind. Die Zellen werden dann rückseitig auf einer gut leitenden Spezialfolie zu einem Modul verklebt. So müssen sie nicht zeitaufwendig miteinander verlötet werden. Der neue Lichtsammler lasse sich zu gleichen Kosten herstellen wie Sollands bisheriges Standardmodul, arbeite aber deutlich	Viele Hersteller, darunter Weltkonzerne wie Kyocera und Sharp in Japan, entwickeln derzeit Fertigungsverfahren für die neue Technik. Bei der deutsch-niederländischen Firma Solland läuft bereits die Testproduktion. Die Spezialisten bohren mit Lasern in jede Zelle 16 kleine Löcher. Durch sie wird die absorbierte Energie auf die Rückseite geleitet, wo alle für den Weitertransport des Solarstroms nötigen Anschlüsse angeordnet sind. Die Zellen werden dann rückseitig auf einer gut leitenden Spezialfolie zu einem Modul verklebt. So müssen sie nicht zeitaufwendig miteinander verlötet werden. Der neue Lichtsammler lasse sich zu gleichen Kosten herstellen wie Sollands bisheriges Standardmodul, arbeite aber deutlich	8

Abs	ÖKO-Test (5 / 2009)	ÖKO-Test Spezial Umwelt (6.10.2009)	Abs
	effizienter. „Er erreicht einen Wirkungsgrad von 15 Prozent, während das alte Paneel lediglich auf 13,5 Prozent kommt“, erläutert Forschungschef Martin Fleuster. Sollands Kunden sollen vom Fortschritt alsbald profitieren: indem sie für das gleiche Geld mehr Leistung bekommen.	effizienter. „Er erreicht einen Wirkungsgrad von 16 Prozent, während das alte Paneel lediglich auf 13,5 Prozent kommt“, erläutert Forschungschef Martin Fleuster. Sollands Kunden sollen vom Fortschritt alsbald profitieren: indem sie für das gleiche Geld mehr Leistung bekommen.	
	<b>Wer macht das Rennen?</b>	<b>Wer macht das Rennen?</b>	
9	<p>Welche Solartechnik künftig den Markt dominieren wird, ist nicht absehbar, da alle großes Entwicklungspotenzial aufweisen. Dünnschichtmodule sind sehr günstig produzierbar, bei der kristallinen Technik und Konzentratorsystemen versprechen vor allem Wirkungsgradsteigerungen weitere Kostensenkungen. Vermutlich wird es ein Nebeneinander der Techniken geben: Billige Dünnschichtmodule werden als Strom erzeugende Fassaden und Fenster in Gebäude integriert, während leistungsstarke Siliziumpaneele auf Einfamilienhäusern arbeiten. Als dritte Kraft könnten sich Konzentratoren etablieren und in südlichen Ländern der Sonne nachjagen. Sie sind, da sie im Verbund mit anderen Kraftwerken auf der freien Fläche zum Einsatz kommen, vor allem für Großinvestoren interessant. Einfamilienhausbesitzer, die Strom vom eigenen Dach ernten wollen, investieren dagegen in kristalline Silizium- oder Dünnschichtmodule. Neuartige Rückkontaktzellen oder CIS-Technikbestückte Paneele werden bald in großen Mengen auf dem Markt erhältlich sein. Der besseren Effizienz dieser jungen Produkte dürfte jedoch anfangs noch ein vergleichsweise hoher Preis gegenüberstehen. Wenn die neuen Lichtsammler dank Massenfertigung und optimierter Herstellprozesse preiswerter werden, dürfte sich eine Investition in jedem Fall lohnen.</p>	<p>Welche Solartechnik künftig den Markt dominieren wird, ist nicht absehbar, da alle großes Entwicklungspotenzial aufweisen. Dünnschichtmodule sind sehr günstig produzierbar, bei der kristallinen Technik und Konzentratorsystemen versprechen vor allem Wirkungsgradsteigerungen weitere Kostensenkungen. Vermutlich wird es ein Nebeneinander der Techniken geben: Billige Dünnschichtmodule werden als stromerzeugende Fassaden und Fenster in Gebäude integriert, während leistungsstarke Siliziumpaneele auf Einfamilienhäusern arbeiten. Als dritte Kraft könnten sich Konzentratoren etablieren und in südlichen Ländern der Sonne nachjagen. Sie sind, da sie im Verbund mit anderen Kraftwerken auf der freien Fläche zum Einsatz kommen, vor allem für Großinvestoren interessant. Einfamilienhausbesitzer, die Strom vom eigenen Dach ernten wollen, investieren dagegen in kristalline Silizium- oder Dünnschichtmodule. Neuartige Rückkontaktzellen oder CIS-Technikbestückte Paneele werden bald in großen Mengen auf dem Markt erhältlich sein. Der besseren Effizienz dieser jungen Produkte dürfte jedoch anfangs noch ein vergleichsweise hoher Preis gegenüberstehen. Wenn die neuen Lichtsammler dank Massenfertigung und optimierter Herstellprozesse preiswerter werden, dürfte sich eine Investition in jedem Fall lohnen.</p>	9
		<b>Effizienzwunder im Miniformat</b>	
		Solarzellen, die Licht mit einem höheren Wirkungsgrad in Strom umwandeln, sind das Ziel der Forschung weltweit. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg haben einen Wirkungsgrad von 41,1 Prozent erreicht. Hierzu bündelten sie Licht 454-fach auf eine fünf Millimeter kleine, sogenannte Mehrfachsolarzelle. Die bislang gängigen Siliziumsolarzellen erreichen eine Effizienz von nur 14 bis 20 Prozent. Der neue Rekordlichtsammler besteht aus mehreren übereinander gestapelten Germanium- und	10

Abs	ÖKO-Test (5 / 2009)	ÖKO-Test Spezial Umwelt (6.10.2009)	Abs
		<p>Galliumverbindungen. Diese Materialien absorbieren Licht nacheinander in den Bereichen Blau-Grün, Rot und Infrarot. Eingesetzt werden Stapelzellen vor allem in Konzentratorsystemen. Das Fraunhofer-ISE arbeitet deshalb mit den Firmen Azur Space in Heilbronn und Concentrix zusammen, um die neue Technik so schnell wie möglich zur Industriereife zu bringen. Effizienzsteigerungen sind für die Photovoltaik elementar. Jeder Prozentpunkt senkt, so die Faustformel, die Kosten um mehrere Prozent, da pro Watt Leistung weniger Material verwendet wird.</p>	