

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
	<b>Nachschub aus dem Labor</b> (Sascha Rentzing)	<b>Solarzellen und Module werden leistungsstärker</b> (Sascha Rentzing)	
0	Neue Fabriken haben die Solarhersteller zuletzt nicht gebaut, dafür wurde fleißig geforscht und entwickelt. <b>In allen Technologiebereichen der Photovoltaik stehen Innovationsschübe an.</b>	In der Absatzkrise hatten Forscher und Entwickler genug Zeit, um sich auf Effizienzsteigerungen zu konzentrieren. <b>In allen Technologiebereichen stehen Innovationen an.</b>	0
		<b>Mut für neues Produktionsequipment</b>	
1	<b>Für neues Produktionsequipment hatten die Solarhersteller zuletzt keine Verwendung. Bei den von drastischen Überkapazitäten geplagten Firmen blitzten die Maschinenbauer selbst mit innovativster Technik ab. Nun wagt sich die Schmid Group aus Freudenstadt mit einer neuen Produktionslinie für so genannte bifaziale Solarzellen auf den Markt. Diese Zellen können dank einer lichtdurchlässigen Rückseite beidseitig Sonnenlicht absorbieren — dadurch sollen sie bis zu einem Drittel mehr Strom liefern als herkömmliche Siliziumzellen.</b>	<b>Für neues Produktionsequipment hatten die Solarhersteller zuletzt keine Verwendung. Bei den von drastischen Überkapazitäten geplagten Firmen blitzten die Maschinenbauer selbst mit innovativster Technik ab. Nun wagt sich die Schmid Group aus Freudenstadt (Bild 1) mit einer neuen Produktionslinie für sogenannte bifaziale Solarzellen auf den Markt. Diese Zellen können dank einer lichtdurchlässigen Rückseite beidseitig Sonnenlicht absorbieren — dadurch sollen sie bis zu einem Drittel mehr Strom liefern als herkömmliche Siliziumzellen.</b>	1
2	<b>Das Besondere an der Schmid-Lösung: Bisher wird ausschließlich hochwertiges monokristallines Silizium für die Herstellung von Bifazialzellen verwendet. Die Schmid-Maschinen verarbeiten erstmals günstigeres multikristallines Material. Das ist bei Bifazialzellen schwierig: Multikristallines Silizium ist hitzeempfindlicher als monokristallines und kann bei den für Bifazialzellen erforderlichen Prozessschritten leicht beschädigt werden.</b>	<b>Das Besondere an der Schmid-Lösung: Bisher wird ausschließlich hochwertiges monokristallines Silizium für die Herstellung von Bifazialzellen verwendet. Die Schmid-Maschinen verarbeiten erstmals günstigeres multikristallines Material. Das ist bei Bifazialzellen schwierig: Multikristallines Silizium ist hitzeempfindlicher als monokristallines und kann bei den für Bifazialzellen erforderlichen Prozessschritten leicht beschädigt werden.</b>	2
3	<b>Gewinne beim Wirkungsgrad rechtfertigen aber den höheren Produktionsaufwand:</b>	<b>Wirkungsgradgewinne rechtfertigen aber den höheren Produktionsaufwand:</b>	3
	<b>Die Effizienz der Zellen beträgt nach Unternehmensangaben 17,5 Prozent auf der Vorder- und 16 Prozent auf der Rückseite.</b>	<b>Die Effizienz der Zellen beträgt nach Unternehmensangaben 17,5 % auf der Vorder- und 16 % auf der Rückseite.</b>	
	<b>„Mit dieser neuen Technologie wird der Stromertrag von multikristallinen Zellen auf vergleichbare Werte angehoben wie der von teureren monokristallinen Zellen“, erklärt Schmid-Manager Christian Buchner.</b>	<b>„Mit dieser neuen Technologie wird der Stromertrag von multikristallinen Zellen auf vergleichbare Werte angehoben wie der von teureren monokristallinen Zellen“, erklärt Schmid-Manager Dr. Christian Buchner.</b>	
4	<b>Die Markteinführung kommt zum richtigen Zeitpunkt. Der solare Weltmarkt wächst,</b>	<b>Die Markteinführung der Linie ist clever getimt, denn der solare Weltmarkt wächst kontinuierlich. „Wir schätzen, dass die globalen Neuinstallationen dieses Jahr auf 45,4 GW steigen werden“, sagt Stefan de Haan, Analyst der US-amerikanischen Marktforschungsfirma IHS. Das wären ein Fünftel mehr als 2013. 2015 soll der weltweite Zubau nach seinen Angaben um weitere 16 % auf 52,6 GW wachsen, 2020 seien dann 85 bis 90 GW realistisch. China absorbiert die meisten Module. Die Neuinstallationen werden dort nach IHS-Schätzungen aufgrund üppiger staatlicher Zuschüsse von 10 GW 2013 auf 13 GW in diesem Jahr und 14,4 GW 2015 zunehmen. Zum</b>	4

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
		<p>Vergleich: 2010 lag der Zubau in China erst bei knapp 400 MW. Auch in Japan und den USA geht es für die Photovoltaik weiter aufwärts. Nach 6,3 GW Zubau 2013 sieht IHS Japan dieses Jahr bei 9,1 GW. Die USA sollen 7,2 GW erreichen, nach 5,2 GW im Vorjahr. Treiber der Photovoltaik dort sind die sogenannten Renewable Portfolio Standards (RPS). Mit diesen fixen Zielvorgaben für Erneuerbare zwingen die US-Bundesstaaten die Energieversorger, ihren Grünstromanteil teils deutlich zu steigern.</p>	
		<b>Globaler Aufschwung ist konsequent</b>	
		<p>Für Prof. Dr. Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg, ist der globale Solaraufschwung nur konsequent. „Stetig sinkende Kosten haben das Schleusentor geöffnet. Es ist auch ökonomisch interessant geworden, Solarenergie zuzubauen.“ Der durchschnittliche Verkaufspreis von Modulen liege nur noch bei 0,50 Dollar pro Watt. Damit könne in sonnenreichen Regionen wie in Nordafrika bereits Strom für 0,05 bis 0,07 Dollar produziert werden. „Das bedeutet Konkurrenzfähigkeit zu fossil erzeugtem Strom“, sagt Weber.</p>	5
		<p>Das stetige Marktwachstum sorgt für eine Wiederbelebung der Solarindustrie.</p>	6
	<p>Überkapazitäten verschwinden, einige Hersteller modernisieren bereits ihre Produktionsstätten (siehe Seite 24).</p>	<p>Überkapazitäten für die Modulproduktion verschwinden, einige Hersteller modernisieren bereits ihre Produktionsstätten.</p>	
	<p>Vor allem verbesserte Herstellungsprozesse für effizientere Zellen würden integriert, sagt der Analyst Finlay Colville vom US-Marktforschungsunternehmen NPD Solarbuzz. Er schätzt, dass durch die Modernisierungen die durchschnittliche Leistung multikristalliner Siliziummodule bis 2015 von derzeit 265 auf 275 Watt steigen wird.</p>	<p>Vor allem verbesserte Herstellungsprozesse für effizientere Zellen würden integriert, sagt der Analyst Dr. Finlay Colville vom US-Marktforschungsunternehmen NPD Solarbuzz. Er schätzt, dass durch die Modernisierungen die durchschnittliche Leistung multikristalliner Siliziummodule bis 2015 von derzeit 265 W auf 275 W steigen wird.</p>	
5	<p>Neben Bifazialzellen wird auch den so genannten Perc-Zellen (Passivated Emitter and Rear Contact) großes Potenzial zugesprochen. Ihre Rückseite ist mit einer Schicht aus Siliziumnitrid überzogen, die Lichtstrahlen reflektiert, die das Silizium durchdringen. „Das Licht wird so besser genutzt, der Wirkungsgrad steigt“, erklärt der Solarforscher Kristian Peter vom Konstanzer Solarforschungsinstitut ISC.</p>	<p>Neben Bifazialzellen wird auch den sogenannten Perc-Zellen (Passivated Emitter and Rear Contact) großes Potential zugesprochen. Ihre Rückseite ist mit einer Schicht aus Siliziumnitrid überzogen, die Lichtstrahlen reflektiert, die das Silizium durchdringen. „Das Licht wird so besser genutzt, der Wirkungsgrad steigt“, erklärt der Solarforscher Dr. Kristian Peter vom Konstanzer Solarforschungsinstitut ISC.</p>	7
6	<p>Perc-Zellen könnten zum neuen Industriestandard werden, denn immer mehr Hersteller investieren in die Technik. Solarworld etwa produziert monokristalline Perc-Zellen seit diesem Jahr. Sie wandeln nach Unternehmensangaben mehr als 20 Prozent des Lichts in Strom um und ermöglichen so einen</p>	<p>Perc-Zellen könnten zum neuen Industriestandard werden, denn immer mehr Hersteller investieren in die Technik. Solarworld etwa produziert monokristalline Perc-Zellen seit diesem Jahr (Bild 2). Sie wandeln nach Unternehmensangaben mehr als 20 % des Lichts in Strom um und ermöglichen so einen</p>	8

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
	Leistungsanstieg bei den Solarworld-Modulen von bisher 250 auf 275 bis 280 Watt.	Leistungsanstieg bei den Solarworld-Modulen von bisher 250 W auf 275 W bis 280 W.	
	<b>Freie Bahn für Licht</b>		
7	Noch höhere Modulleistungen von mehr als 300 Watt sind mit hocheffizienten Rückseitenzellen möglich. Dieser Zellentyp trägt sämtliche Kontaktfinger und Leiterbahnen auf der Rückseite. So bleibt die Front komplett frei und es kann mehr Licht eindringen. Die US-Firma Sunpower, Spezialist auf dem Gebiet der Rückseitensammler, produziert inzwischen Zellen mit 24,2 Prozent Effizienz.	Noch höhere Modulleistungen von mehr als 300 W sind mit hocheffizienten Rückseitenzellen möglich. Dieser Zellentyp trägt sämtliche Kontaktfinger und Leiterbahnen auf der Rückseite. So bleibt die Front komplett frei und es kann mehr Licht eindringen. Die US-Firma Sunpower, Spezialist auf dem Gebiet der Rückseitensammler, produziert inzwischen Zellen mit 24,2 % Effizienz.	9
8	Dank ihres hohen Wirkungsgrads lässt sich die Technik platzsparend installieren und eignet sich somit für Standorte, an denen viel Power auf engstem Raum gefragt ist. In Japan etwa, wo für die Solarenergie oft nur kleine Dachflächen zur Verfügung stehen, sind Rückseitensammler sehr beliebt. Auch Energieversorger in den USA bestücken ihre Solarparks im Südwesten der USA bevorzugt mit Sunpower-Modulen, denn sie nutzen die dort vorherrschende Direktstrahlung besonders effizient aus.	Dank ihres hohen Wirkungsgrads lässt sich die Technik platzsparend installieren und eignet sich somit für Standorte, an denen viel Leistung auf engstem Raum gefragt ist. In Japan etwa, wo für die Solarenergie oft nur kleine Dachflächen zur Verfügung stehen, sind Rückseitensammler sehr beliebt. Auch Energieversorger in den USA bestücken ihre Solarparks im Südwesten der USA bevorzugt mit Sunpower-Modulen, denn sie nutzen die dort vorherrschende Direktstrahlung besonders effizient aus.	10
9	Bisher profitiert Sunpower davon, der einzige Hersteller von Rückseitensammlern zu sein. Die Technik ist komplex, die Herstellung aufwändig.	Bisher profitiert Sunpower davon, der einzige Hersteller von Rückseitensammlern zu sein. Die Technik ist komplex und lässt sich nur mit relativ hohem Aufwand herstellen.	11
	Einige Solarforschungsinstitute wie das ISFH in Hameln haben aber mittlerweile ebenfalls serientaugliche Verfahren für Rückseitensammler entwickelt. Solarmaschinenbauer könnten sie aufgreifen und das für diesen Zellentyp nötige Equipment entwickeln.	Einige Solarforschungsinstitute wie das ISFH in Hameln haben aber mittlerweile ebenfalls serientaugliche Verfahren für Rückseitensammler entwickelt. Maschinenbauer könnten sie aufgreifen und das für diesen Zellentyp nötige Equipment entwickeln.	
10	Eine Hocheffizienz-Alternative zu Rückseitensammlern sind so genannte Heterojunction-Zellen, bei denen monokristalline Wafer beidseitig mit amorphem Silizium beschichtet werden. Weil durch die Schutzschichten weniger Ladungsträger an der Oberfläche des Siliziumkristalls verloren gehen, steigt der Wirkungsgrad. Panasonic erreichte mit einer 100 Quadratzentimeter großen Laborzelle im vorigen April 25,6 Prozent und hält damit nun den Effizienzrekord für Siliziumzellen.	Eine Hocheffizienz-Alternative zu Rückseitensammlern sind sogenannte Heterojunction-Zellen, bei denen monokristalline Wafer beidseitig mit amorphem Silizium beschichtet werden. Weil durch die Schutzschichten weniger Ladungsträger an der Oberfläche des Siliziumkristalls verloren gehen, steigt der Wirkungsgrad. Panasonic erreichte mit einer 143,7 cm <sup>2</sup> großen Laborzelle im April 25,6 % und hält damit nun den Rekord für Siliziumzellen.	12
11	Bisher besetzen Heterojunction-Zellen wegen ihres andersartigen Aufbaus nur eine Nische, doch könnte ihr Marktanteil bald steigen. Roth & Rau, die heutige Tochter des schweizerischen Unternehmens Meyer Burger, griff das bis 2010 patentrechtlich geschützte Konzept von Panasonic auf und entwickelte eine Linie für Heterojunction-Zellen, die mittlerweile verfügbar ist. Bei Meyer Burger heißt es, sie könne Zellen mit bis zu 24 Prozent hervorbringen.	Bisher besetzen Heterojunction-Zellen wegen ihres andersartigen Aufbaus nur eine Nische, doch könnte ihr Marktanteil bald steigen. Roth & Rau, die heutige Tochter des schweizerischen Unternehmens Meyer Burger, griff das bis 2010 patentrechtlich geschützte Konzept von Panasonic auf und entwickelte eine Linie für Heterojunction-Zellen, die mittlerweile verfügbar ist. Bei Meyer Burger heißt es, sie könne Zellen mit bis zu 24 % hervorbringen.	13

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
	Das Unternehmen arbeitet bereits an weiteren Effizienzsteigerungen, wofür es unter anderem die Heterojunction-Technologie auf Bifazialzellen anwendet. In seiner Entwicklungslinie in Thun baut Meyer Burger daraus Module mit rekordverdächtigen 327 Watt Leistung.	Das Unternehmen arbeitet bereits an weiteren Effizienzsteigerungen, wofür es unter anderem die Heterojunction-Technologie auf Bifazialzellen anwendet. In seiner Entwicklungslinie in Thun im Kanton Bern baut Meyer Burger daraus Module mit rekordverdächtigen 327 W Leistung.	
12	Noch effizienter als Silizium-Hochleistungszellen sind Mehrfachzellen, die aus vier verschiedenen halbleitenden Verbindungen von Materialien der chemischen Hauptgruppen III und V wie Aluminium, Gallium und Indium bestehen. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Ise), der französische Halbleiterzulieferer Soitec und weitere Partner haben mit der Technik soeben einen neuen Wirkungsgradrekord von 46,5 Prozent aufgestellt.	Noch effizienter als Silizium-Hochleistungszellen sind Mehrfachzellen, die aus vier verschiedenen halbleitenden Verbindungen von Materialien der chemischen Hauptgruppe III und V wie Aluminium, Gallium und Indium bestehen. Das ISE, der französische Halbleiterzulieferer Soitec und weitere Partner haben mit der Technik soeben einen neuen Wirkungsgradrekord von 46,5 % aufgestellt.	14
13	Mehrfachzellen sind das Herzstück konzentrierender Solarsysteme. Auf Nachführeinrichtungen, den Trackern, montierte Module folgen dem Verlauf der Sonne.	Mehrfachzellen sind das Herzstück konzentrierender Solarsysteme. Auf Nachführeinrichtungen montierte Module folgen dem Verlauf der Sonne.	15
	In die Module integrierte Linsen sammeln das Licht und lenken es, vielfach verstärkt, auf die winzigen Zellen. Die Kombination konzentrierender Optik und hocheffizienter Halbleiter sorgt dafür, dass das Licht besser genutzt wird.	In die Module integrierte Linsen sammeln das Licht und lenken es, vielfach verstärkt, auf die winzigen Zellen. Die Kombination konzentrierender Optik und hocheffizienter Halbleiter sorgt dafür, dass das Licht besser genutzt wird.	
14	Vom Ise entwickelte so genannte Flatcon-Module wandeln derzeit 35,7 Prozent des Lichts in Strom um.	Vom ISE entwickelte sogenannte Flatcon-Module wandeln derzeit 35,7 % des Lichts in Strom um.	16
	Dank der hohen Effizienz kann die Technik laut Ise-Forscher Andreas Bett an Standorten mit hoher Direkteinstrahlung günstiger Strom erzeugen als herkömmliche Siliziummodule. Deshalb würden weltweit auch immer mehr Konzentradorprojekte realisiert. Zu den größten zähle der 44-Megawatt-Solarpark Touwsrivier in Südafrika, den Soitec derzeit für den südafrikanischen Stromversorger Eskom baue, so Bett.	Dank der hohen Effizienz kann die Technik laut ISE-Forscher Dr. Andreas Bett an Standorten mit hoher Direkteinstrahlung günstiger Strom erzeugen als herkömmliche Siliziummodule. Deshalb würden weltweit auch immer mehr Konzentradorprojekte realisiert. Zu den größten zählt der 44-MW-Solarpark Touwsrivier in Südafrika, den Soitec derzeit für den südafrikanischen Stromversorger Eskom baue, so Bett.	
		<b>Aussicht für die Dünnschichttechnik</b>	
15	Auch Dünnschichttechnik könnte in Solarprojekten künftig wieder verstärkt zum Einsatz kommen. In den vergangenen Jahren verlor die Technik deutlich Marktanteile, weil die Hersteller bei den Effizienzen und den Kosten nicht mit der kristallinen Konkurrenz mithalten konnten. Doch der Abstand schmilzt: First Solar, US-Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid (CdTe), erzeugt mittlerweile Spitzenpaneele mit 17 Prozent Wirkungsgrad und dringt damit in Bereiche vor, die bisher multikristallinen Siliziummodulen vorbehalten waren. Zum Vergleich: Vor fünf Jahren dümpelten die Module der Amerikaner noch bei	Auch Dünnschichttechnik könnte in Solarprojekten künftig wieder verstärkt zum Einsatz kommen. In den vergangenen Jahren verlor die Technik deutlich Marktanteile, weil die Hersteller bei den Effizienzen und den Kosten nicht mit der kristallinen Konkurrenz mithalten konnte. Doch der Abstand schmilzt: First Solar, US-Hersteller von Dünnschichtmodulen aus Cadmium-Tellurid (CdTe), erzeugt mittlerweile Spitzenpaneele mit 17 % Wirkungsgrad und dringt damit in Bereiche vor, die bisher multikristallinen Siliziummodulen vorbehalten waren. Zum Vergleich: Vor fünf Jahren dümpelten die Module der Amerikaner noch bei	17

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
	zwölf Prozent.	12 %.	
16	Zufrieden sind die First-Solar-Entwickler mit ihrer Technik aber noch nicht: Im August erzielten sie einen neuen Effizienzrekord für Dünnschichtmodule von 21 Prozent. Diesem Wert wollen sie in der kommerziellen Produktion möglichst bald nahekomen und zugleich die Herstellungskosten von 0,63 Dollar 2013 auf 0,35 Dollar bis 2018 senken. Diese Entwicklung erscheint auch bei Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (Cigs) realistisch. Große asiatische Unternehmen wie Samsung oder Solar Frontier bauen ihre Cigs-Kapazitäten kräftig aus. Skaleneffekte durch die weltweit steigenden Produktionsmengen versprechen, die Kosten deutlich zu senken.	Zufrieden sind die First-Solar-Entwickler mit ihrer Technik aber noch nicht: Im August erzielten sie einen neuen Effizienzrekord für Dünnschichtmodule von 21 %. Diesem Wert wollen sie in der kommerziellen Produktion möglichst bald nahe kommen und zugleich die Herstellungskosten von 0,63 Dollar 2013 auf 0,35 Dollar bis 2018 senken. Diese Entwicklung erscheint auch bei Dünnschichtmodulen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium und Selen (CIGS) realistisch. Große asiatische Unternehmen wie Samsung oder Solar Frontier bauen ihre CIGS-Kapazitäten kräftig aus. Skaleneffekte durch die weltweit steigenden Produktionsmengen versprechen deutliche Kostensenkungen.	18
	In acht Jahren seien beim Cigs Moduleffizienzen von 20 Prozent und Kosten von weniger als 0,30 Dollar pro Watt möglich, erklärt der Dünnschichtexperte Bernhard Dimmler vom Reutlinger Maschinenbauer Manz.	In acht Jahren seien beim CIGS Moduleffizienzen von 20 % und Kosten von weniger als 0,30 Dollar pro Watt möglich, erklärt der Dünnschichtexperte Dipl.-Ing. Bernhard Dimmler vom Reutlinger Maschinenbauer Manz.	
17	In der Photovoltaik werden neben Gewinnen beim Wirkungsgrad aber auch materialsparende Technologien immer wichtiger.	In der Photovoltaik werden neben Wirkungsgradgewinnen aber auch materialsparende Technologien immer wichtiger.	
	Zwei Entwicklungen verstärken diesen Trend: Zum einen werden für neue Anwendungsbereiche wie die gebäudeintegrierte Photovoltaik flexible und leichte Module benötigt. Zum anderen entdecken Forscher immer neue, viel versprechende Halbleitermaterialien, die leichter zu Zellen verarbeitet werden können als Silizium. Lichtaktive Farbstoffe, Kunststoffmoleküle oder metallorganische Verbindungen wie Perowskit können — in Flüssigkeit gelöst — kontinuierlich und schnell im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folien gedampft oder gedruckt werden (neue energie 09/2014).	Zwei Entwicklungen verstärken diesen Trend: Zum einen werden für neue Anwendungsbereiche wie die gebäudeintegrierte Photovoltaik flexible und leichte Module benötigt. Zum anderen entdecken Forscher immer neue, viel versprechende Halbleitermaterialien, die leichter zu Zellen verarbeitet werden können als Silizium. Lichtaktive Farbstoffe, Kunststoffmoleküle oder metallorganische Verbindungen wie Perowskit können — in Flüssigkeit gelöst — kontinuierlich und schnell im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folien gedampft oder gedruckt werden.	
	Firmen wie die Dresdner Heliatek oder der chinesische Hanergy-Konzern treiben die Entwicklung flexibler Photovoltaik deshalb mit hohem Einsatz voran.	Firmen wie die Dresdner Heliatek oder der chinesische Hanergy-Konzern treiben die flexible Photovoltaik deshalb mit hohem Einsatz voran.	
18	In der Siliziumphotovoltaik geht es ebenfalls nicht mehr nur um Wirkungsgradsteigerungen, sondern auch um abgespeckte Zellenkonzepte. Die Wafer, die zu Zellen verarbeitet werden, sind heute immer noch durchschnittlich 170 Mikrometer dick und machen rund ein Drittel der Kosten am fertigen Modul aus.	In der Siliziumphotovoltaik geht es ebenfalls nicht mehr nur um Wirkungsgradsteigerungen, sondern auch um abgespeckte Zellenkonzepte. Die Wafer, die zu Zellen verarbeitet werden, sind heute immer noch durchschnittlich 170 pm dick und machen etwa ein Drittel der Kosten am fertigen Modul aus.	19
	Forscher des ISFH etwa experimentieren daher mit dünneren Wafern. Sie trennen mithilfe von Ätzstrom nur etwa 20 Mikrometer dicke Schichten von einem monokristallinen Wafer.	Forscher des ISFH etwa experimentieren daher mit dünneren Wafern. Sie trennen mithilfe von Ätzstrom nur etwa 20 pm dicke Schichten von einem monokristallinen Wafer.	
	Den abgetrennten Absorber kleben die	Den abgetrennten Absorber kleben die	

Abs	Neue Energie (10 / 2014)	Elektropraktiker (12 / 2014)	Abs
	<p>Wissenschaftler auf Glas, sodass er bruchsicher weiterverarbeitet werden kann. Zwar erreichen die ISFH-Forscher mit diesen Zellen derzeit nur rund 13 Prozent Wirkungsgrad, dafür sind sie wesentlich günstiger als herkömmliche Siliziumzellen. Laut ISFH ist der Prozess fast industriereif. An Nachschub aus den Laboren mangelt es der Solarindustrie in den kommenden Jahren nicht.</p>	<p>Wissenschaftler auf Glas, sodass er bruchsicher weiter verarbeitet werden kann. Zwar erreichen die ISFH-Forscher mit diesen Zellen derzeit nur rund 13 % Wirkungsgrad, dafür sind sie wesentlich günstiger als herkömmliche Siliziumzellen. Laut ISFH ist der Prozess fast industriereif. An Nachschub aus den Laboren mangelt es der Solarindustrie in den kommenden Jahren nicht.</p>	