

Abs	Neue Energie (9 / 2014)	ee-news (16.10.2014)	Abs
	<p align="center">Zellen von der Rolle (Sascha Rentzing)</p>	<p align="center">Photovoltaik: Strom von der Rolle (Sascha Rentzing)</p>	
0	<p>Die Solarbranche bereitet den nächsten Entwicklungsschritt vor: Flexible Photovoltaik-Folien und neue Halbleitermaterialien sollen Solarstrom deutlich billiger machen.</p>	<p>(©SR) Flexible Solarfolien könnten Sonnenstrom günstiger machen und der Photovoltaik neue Einsatzbereiche sichern. Firmen und Forscher arbeiten an geeigneten Produktionsmethoden und Materialien. Flexible, kostengünstig produzierbare Photovoltaik könnte zum grossen Trend werden. Die klassische Siliziumzelle muss zunehmend mit Konkurrenz rechnen.</p>	0
1	<p>Es war der bisher größte Flop in der Geschichte der Photovoltaik: Als der US-amerikanische Modulhersteller Nanosolar im Jahr 2007 die Produktion aufnahm, versprach sein Gründer Martin Roscheisen eine Kostenrevolution. Die Technik, bei der anstelle des massiven Siliziums winzige Nanoteilchen aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen (Cigs) Sonnenlicht in Strom umwandeln, sollte bei vergleichbaren Wirkungsgraden um ein Vielfaches günstiger sein als herkömmliche Siliziummodule.</p>	<p>(©SR) Die Kommerzialisierung flexibler Solarfolien für die Gebäudeintegration rückt näher. Die ostdeutsche Firma Heliatek, Hersteller und Entwickler von organischer Photovoltaik, hat eine neue Finanzspritze des Unternehmens Aqton und weiterer Geldgeber in Höhe von 18 Millionen Euro erhalten. Damit will Heliatek den für Mitte des kommenden Jahres geplanten Start der Serienfertigung des transparenten „Heliapfilm“ finanzieren.</p>	1
2	<p>Nanosolars Trick: Die nur 20 Nanometer großen Partikel werden gelöst, per Rotationsdruck auf einen günstigen Aluminiumträger aufgetragen und anschließend durch schnelles Aufheizen in eine stabile, ultradünne Halbleiterschicht verwandelt. So würden die Produktionskosten auf weniger als einen Dollar pro Watt sinken, versprach Roscheisen. Die Investoren waren begeistert, pumpten insgesamt eine halbe Milliarde Dollar in die Kommerzialisierung der Technik.</p>	<p>Derzeit liefert das Dresdner Unternehmen Prototypen von Solarfolien an Baumaterialproduzenten sowie Automobilhersteller und deren Zulieferer. „Das neue Kapital hilft uns dabei, die gesteckten operativen Ziele und Vertriebsziele bis 2016 umzusetzen“, erklärt Heliatek-Chef Thibaud Le Séguillon.</p>	
3	<p>Doch das Projekt scheiterte: Nanosolar erreichte weder stabile Wirkungsgrade noch die Kostenziele. Im vorigen Jahr schloss es deshalb seine Fabrik in San Jose und verkaufte sämtliche Maschinen. „Die Probleme waren zu komplex. Nanosolar ist Geschichte“, räumt Roscheisen heute ein.</p>		
		<p align="center">Günstiges Rolle-zu-Rolle-Aufdampfung</p>	
4	<p>Dennoch hat Nanosolars Konzept gedruckter Billig-Photovoltaik die Branche offensichtlich inspiriert. Immer mehr Solarhersteller schwenken zu Zellen, die sich kontinuierlich und schnell durch Rolle-zu-Rolle-Aufdampfung oder Rollendruck herstellen lassen.</p>	<p>Da Heliatek seine Folien per Rolle-zu-Rolle-Aufdampfung herstellt,</p>	3
	<p>Auf diese Weise können sie aufwändige und teure Produktionsschritte umgehen, die bei kristallinen Siliziumzellen oder Dünnschichtmodulen unvermeidbar wären.</p>	<p>umgeht es aufwändige und teure Produktionsschritte, die bei kristallinen Siliziumzellen oder Dünnschichtmodulen unvermeidbar sind.</p>	
	<p>So müssen bei der kristallinen Technik Siliziumblöcke erst in dünne Scheiben gesägt werden, ehe sie zu Zellen verarbeitet werden</p>	<p>Bei der kristallinen Technik müssen Siliziumblöcke erst in dünne Scheiben gesägt werden, ehe sie zu Zellen verarbeitet werden</p>	

Abs	Neue Energie (9 / 2014)	ee-news (16.10.2014)	Abs
	können. Dünnschichtmodule wiederum müssen minutenlang in speziellen Öfen gebacken werden,	können. Dünnschichtmodule aus halbleitenden Verbindungen wie Cadmium-Tellurid oder Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) wiederum müssen minutenlang in speziellen Öfen gebacken werden,	
	bis sich ihre photoaktiven Schichten herausgebildet haben. Außerdem sind Metall- oder Plastikfolien wesentlich günstigere Trägermaterialien als Glas, das üblicherweise verwendet wird.	bis sich ihre photoaktiven Schichten herausgebildet haben. Ausserdem sind Metall- oder Plastikfolien wesentlich günstigere Trägermaterialien als Glas, das üblicherweise verwendet wird.	
		Vorreiter der Folientechnik	
5	Die Dresdner Firma Heliatek gilt als ein Vorreiter der Folientechnik und will in Kürze die Serienfertigung starten.	Heliatek gilt als ein Vorreiter der Folientechnik und nährt die Hoffnung auf günstige, nahezu überall einsetzbare Photovoltaik.	2
	Sie nutzt kleine Moleküle, so genannte Oligomere, die als feines Pulver in eine beheizte Glasrinne kommen. Bei etwa hundert Grad Celsius verdampft es und setzt sich auf einer Plastikfolie fest, die von Rolle zu Rolle an der Rinne vorbeiläuft. Mit zwölf Prozent Wirkungsgrad reicht die Technik zwar nicht an die 20 Prozent Effizienz gängiger Siliziumzellen heran. Dafür ist sie günstiger und kann auch in Fassaden und Fenster integriert werden, die für die klobigen Siliziumzellen tabu sind.	Die Firma nutzt kleine Moleküle, sogenannte Oligomere, die als feines Pulver in eine beheizte Glasrinne kommen. Bei etwa hundert Grad Celsius verdampft es und setzt sich auf einer Plastikfolie fest, die von Rolle zu Rolle an der Rinne vorbeiläuft. Mit zwölf Prozent Wirkungsgrad reicht die Technik zwar nicht an die 20 Prozent Effizienz gängiger Siliziumzellen heran, dafür ist sie günstiger und kann auch in Fassaden und Fenster integriert werden.	
6	Neben den Herstellern organischer Photovoltaik wie Heliatek entwickeln auch immer mehr Produzenten von Dünnschichtmodulen Photovoltaik-Folien.	Deshalb schwenken immer mehr Firmen zur Rolle-zu-Rolle-Aufdampfung oder zum Rollendruck.	4
	Miasolé aus Kalifornien etwa, Tochterfirma des chinesischen Hanergy-Konzerns, erreicht mit Cigs-Folien mittlerweile mehr als 14 Prozent Wirkungsgrad.	Miasolé aus Kalifornien etwa, Tochterfirma des chinesischen Hanergy-Konzerns, erreicht mit CIGS-Folien mittlerweile mehr als 14 Prozent Wirkungsgrad.	
7	Beim Miasolé-Prozess werden in so genannten Sputterkammern Cigs-Festkörper mit energiereichen Ionen beschossen, wobei sich Atome lösen, in die Gasphase übergehen und sich auf einem durchlaufenden Metallsubstrat absetzen. Zum Vergleich: Bei der gängigen Cigs-Produktion werden Glasscheiben einzeln im Abstand mehrerer Minuten in so genannten Durchlauföfen beschichtet. Das kostet wesentlich mehr Zeit und Energie.	Beim Miasolé-Prozess werden in sogenannten Sputterkammern CIGS-Festkörper mit energiereichen Ionen beschossen, wobei sich Atome lösen, in die Gasphase übergehen und sich auf einem durchlaufenden Metallsubstrat absetzen. Zum Vergleich: Bei der gängigen CIGS-Modul-Produktion werden Glasscheiben einzeln im Abstand mehrerer Minuten in so genannten Durchlauföfen beschichtet. Das kostet wesentlich mehr Zeit und Energie.	
		Trend flexible, kostengünstig produzierbare Photovoltaik	
8	Der Chemnitzer Anlagenbauer 3D-Micromac wird im Herbst eine weitere Dünnschichtfirma mit Maschinen für die Rolle-zu-Rolle-Bearbeitung von dünnen Schichten ausstatten. Die Firma, über deren Namen Stillschweigen vereinbart wurde, werde zunächst eine Pilotlinie mit 50 bis 100 Megawatt Jahreskapazität errichten, erklärt Thomas Kießling, der bei 3D für den China-Vertrieb zuständig ist. In den kommenden zwei	Der Chemnitzer Anlagenbauer 3D-Micromac wird im Herbst eine weitere Dünnschichtfirma mit Maschinen für die Rolle-zu-Rolle-Bearbeitung von dünnen Schichten ausstatten. Die Firma, über dessen Namen Stillschweigen vereinbart wurde, werde zunächst eine Pilotlinie mit 50 bis 100 Megawatt Jahreskapazität errichten, erklärt Thomas Kiessling, der bei 3D für den China-Vertrieb zuständig ist. In den kommenden zwei	5

Abs	Neue Energie (9 / 2014)	ee-news (16.10.2014)	Abs
	bis drei Jahren sei dann der Bau einer kommerziellen Fertigung mit bis zu 300 Megawatt geplant. „Flexible, kostengünstig produzierbare Photovoltaik könnte zum großen Trend werden“, so Kießlings Einschätzung.	bis drei Jahren sei dann der Bau einer kommerziellen Fertigung mit bis zu 300 Megawatt geplant. „Flexible, kostengünstig produzierbare Photovoltaik könnte zum grossen Trend werden“, so Kiesslings Einschätzung.	
	Leichtbau statt Hochleistung		
9	Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim schwäbischen Maschinenbauer Manz, sieht das ähnlich: „Derzeit er reichen wir auf unserer „CIGS fab“ Produktionskosten von 0,41 Euro pro Watt. In acht Jahren sind 0,22 Euro realistisch. Aber darunter kommen wir nur, wenn wir Glas durch Laminierfolie ersetzen.“ Es sei deshalb denkbar, dass auch Manz künftig Rolle-zu-Rolle-Verfahren für Cigs-Module entwickle, erklärt Dimmler. Bis es so weit ist, müssten Forscher jedoch noch einige Vorarbeit leisten. So eigneten sich gängige Metallfolien nicht für die hohen Temperaturen bei der Cigs-Herstellung. „Die Folien müssen daher durch zusätzliche Superbarrieren geschützt werden.“ Außerdem benötige die Cigs-Abscheidung und -Kristallisation Zeit, die bei Rolle-zu-Rolle-Verfahren knapp werde.	Bernhard Dimmler, Dünnschichtexperte beim schwäbischen Maschinenbauer Manz, sieht das ähnlich: „Derzeit erreichen wir auf unserer CIGS fab Produktionskosten von 0.41 Euro pro Watt. In acht Jahren sind 0.22 Euro realistisch. Aber darunter kommen wir nur, wenn wir Glas durch Laminierfolie ersetzen.“ Es sei deshalb denkbar, dass auch Manz künftig Rolle-zu-Rolle-Verfahren für CIGS-Module entwickle, erklärt Dimmler. Bis es so weit ist, müssten Forscher jedoch noch einige Vorarbeit leisten. So eigneten sich gängige Metallfolien nicht für die hohen Temperaturen bei der CIGS-Herstellung. „Die Folien müssen daher durch zusätzliche Superbarrieren geschützt werden.“ Ausserdem benötige die Cigs-Abscheidung und -Kristallisation Zeit, die bei Rolle-zu-Rolle-Verfahren knapp werde.	6
		Forschung nimmt Perowskit ins Visier	
10	Auch in den Solarlaboren hat ein Umdenken eingesetzt. Das spiegelt unter anderem die kommende europäische Photovoltaik-Konferenz EU PVSec in Amsterdam wider. Zu früheren Veranstaltungen stand eine Frage im Mittelpunkt: Welche Schrauben müssen gedreht werden, um den Wirkungsgrad von Siliziumzellen zu steigern.	Auch in den Solarlaboren hat ein Umdenken eingesetzt.	7
11	Mit zunehmender Industriereife werden kostensenkende Effizienzgewinne jedoch immer schwieriger. Im Labor erreichten australische Wissenschaftler in den Neunzigerjahren mit einer Siliziumzelle 24,7 Prozent Effizienz — diesem Rekord sind die Hersteller mit industriellen Siliziumzellen bereits sehr nahegekommen. Um die verbleibende Lücke von etwa zwei bis drei Prozentpunkten zu schließen, müssten die Firmen mit hohem Aufwand zusätzliche Prozessschritte zwischenschalten.		
12	Da sich die Siliziumphotovoltaik ihren Grenzen nähert, stellen sich für die Wissenschaftler neue Fragen:	Da sich die Siliziumphotovoltaik allmählich ihren Grenzen nähert, stellen sich die Wissenschaftler neue Fragen:	
	Wie können die Solarstromkosten konsequent weiter gesenkt werden? Gibt es Alternativen zum Silizium? Offensichtlich haben die Wissenschaftler bereits einen viel versprechenden Kandidaten ins Auge gefasst. Auf der PVSec wird es gleich mehrere Veranstaltungen zu einem neuen Material für nanostrukturierte Zellen geben: Perowskit.	Wie können die Solarstromkosten konsequent weiter gesenkt werden? Gibt es Alternativen zum Silizium? Offensichtlich haben die Wissenschaftler bereits einen viel versprechenden Kandidaten ins Auge gefasst: Perowskit.	

Abs	Neue Energie (9 / 2014)	ee-news (16.10.2014)	Abs
	<p>Das Mineral verspricht, gleichzeitig effizient und preiswert zu sein. Beides lässt sich bisher nicht miteinander vereinbaren: Siliziumzellen sind leistungsstark, aber recht teuer. Organische Zellen wiederum können einfach auf Folie gedruckt werden, liegen derzeit aber erst bei zwölf Prozent Wirkungsgrad (neue energie 02/2014).</p>	<p>Das Mineral verspricht, gleichzeitig effizient und preiswert zu sein. Beides lässt sich bisher nicht miteinander vereinbaren: Siliziumzellen sind leistungsstark, aber recht teuer. Organische Zellen wiederum können einfach auf Folie gedruckt werden, liegen derzeit aber erst bei zwölf Prozent Wirkungsgrad.</p>	
	Viele neue Absorber		
13	<p>Perowskite könnten das Problem lösen. Gleich mehrere Forscherteams in Korea, Japan und in den USA erreichen mit Perowskit-Zellen jeweils einen Wirkungsgrad von annähernd 20 Prozent. Gegenüber den ersten Perowskitzellen vor fünf Jahren hat sich die Effizienz damit versechsfacht. Diese hohen Werte sind möglich, weil das Material organische und anorganische Bestandteile verbindet. Die organischen absorbieren viel Licht, die anorganischen transportieren die Ladungsträger verlustarm zu den Metallkontakten.</p>	<p>Perowskite könnten das Problem lösen. Gleich mehrere Forscherteams in Korea, Japan und in den USA erreichen mit Perowskitzellen jeweils einen Wirkungsgrad von annähernd 20 Prozent. Gegenüber den ersten Perowskitzellen vor fünf Jahren hat sich die Effizienz damit versechsfacht. Diese hohen Werte sind möglich, weil das Material organische und anorganische Bestandteile verbindet. Die organischen absorbieren viel Licht, die anorganischen transportieren die Ladungsträger verlustarm zu den Metallkontakten.</p>	8
14	<p>Forscher der University of California in Los Angeles halten mit einer Zelle mit 19,3 Prozent derzeit den Wirkungsgradrekord. Um die Rekordzelle herzustellen, bedampfen sie zunächst Glas mit anorganischen Bleikristallen und setzen die Schicht anschließend einer Atmosphäre aus organischen Molekülen (Methylammonium-Halogenid) aus. Bei 150 Grad Celsius verbinden sich die Kristalle und Moleküle zu einer nur einen Mikrometer starken Perowskit-Schicht. Dennoch erzeugt die Zelle fast so viel Strom wie eine 180 Mikrometer dicke Siliziumzelle.</p>		
15	<p>Forscher der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Lausanne wollen Perowskit-Zellen noch einfacher im Rolle-zu-Rolle-Verfahren drucken. Sie tragen dazu ein flüssiges Gemisch aus Blei und organischen Bestandteilen auf einen porösen Film aus Titandioxid auf. Dieser weiße Farbstoff dient als eine Art Autobahn für Elektronen. Dass die gedruckte ETH-Zelle derzeit nur maximal 15 Prozent Wirkungsgrad erreicht, zeigt aber: Bis zur Kommerzialisierung der Technik ist noch viel Forschung nötig. Eine Erklärung für die relativ geringe Effizienz: Beim Drucken geraten die Beschichtungen noch nicht so homogen wie beim Vakuumverfahren. Eine weitere Hürde ist die Lebensdauer: Perowskit ist empfindlich und zersetzt sich schnell, wenn es mit Wasser in Berührung kommt. Deshalb müssen die Forscher Verkapselungen entwickeln, um die Haltbarkeit zu erhöhen.</p>		

Abs	Neue Energie (9 / 2014)	ee-news (16.10.2014)	Abs
16	ETH-Forscher Mohammad Khaja Nazeeruddin hält die Probleme jedoch für lösbar. Selbst Zellen mit mehr als 20 Prozent Wirkungsgrad seien künftig vorstellbar. Dazu müssten mehrere Perowskit-Schichten zu einer so genannten Tandemzelle gestapelt werden. Auch die Kombination mit Silizium sei denkbar. Da sich die Absorber auf verschiedene Bereiche des Lichtspektrums abstimmen ließen, könnten sie zusammen mehr Licht nutzen.		
		Wolframdiselenid und Molybdändisulfid	
17	Perowskit ist aber nur eines von vielen interessanten Materialien für kommende Zellengenerationen. Forscher der TU Wien haben soeben eine Zelle aus den Halbleitermaterialien Wolframdiselenid und Molybdändisulfid entwickelt, die jeweils nur aus drei Atomlagen bestehen.	Perowskit ist aber nur eines von vielen interessanten Materialien für kommende Zellengenerationen. Forscher der Technischen Universität Wien haben soeben eine Zelle aus den Halbleitermaterialien Wolframdiselenid und Molybdändisulfid entwickelt, die jeweils nur aus drei Atomlagen bestehen.	9
	Beide Schichten wurden zunächst im Vakuum ausgeheizt und dann in gewöhnlicher Atmosphäre zusammengefügt, erklären die Forscher. Die Wolframdiselenid-Schicht übernimmt die Aufgabe, das Licht zu absorbieren.	Beide Schichten wurden zunächst im Vakuum ausgeheizt und dann in gewöhnlicher Atmosphäre zusammengefügt, erklären die Forscher. Die Wolframdiselenid-Schicht übernimmt in dieser Zelle die Aufgabe, das Licht zu absorbieren.	
	In der Grenzzone trennen sich die generierten Ladungsträger. Die positiv geladenen Elektronenlöcher bewegen sich im Wolframdiselenid, die negativ geladenen Elektronen wandern über die Molybdänverbindung ab. Über Elektroden könnte die elektrische Energie abgegriffen werden.	In der Grenzzone trennen sich die generierten Ladungsträger. Die positiv geladenen Elektronenlöcher bewegen sich im Wolframdiselenid, die negativ geladenen Elektronen wandern über die Molybdänverbindung ab. Über Elektroden könnte die elektrische Energie abgegriffen werden.	
18	Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich haben unterdessen in Zusammenarbeit mit der Firma Evonik eine weitere Nanozelle entwickelt. Anstelle von Siliziumscheiben nutzen die Wissenschaftler Silizium in einer flüssigen chemischen Verbindung und tragen es als einen einige hundert Nanometer dicken Film auf eine Glasscheibe auf. Mit 3,5 Prozent Effizienz liegt die Zelle zwar noch weit hinter konventionellen Lösungen. Doch die Jülicher Forscher glauben, dass die leicht herstellbaren Flüssigzellen noch effizienter werden können. In den Laboren läuft die Suche nach einem Ersatz für die klassischen Siliziumzellen auf Hochtouren.	Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich haben unterdessen in Zusammenarbeit mit der Firma Evonik eine weitere Nanozelle entwickelt. Anstelle von Siliziumscheiben nutzen die Wissenschaftler Silizium in einer flüssigen chemischen Verbindung und tragen es als einen einigen hundert Meter dicken Film auf eine Glasscheibe auf. Mit 3.5 Prozent Effizienz liegt die Zelle zwar noch weit hinter konventionellen Lösungen. Doch die Jülicher Forscher glauben, dass die leicht herstellbaren Flüssigzellen noch effizienter werden können. In den Laboren läuft die Suche nach einem Ersatz für die klassischen Siliziumzellen auf Hochtouren.	10
		©Text: Sascha Rentzing	