

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
	<p align="center"><u>Besser als Silizium?</u> (Sascha Rentzing)</p>	<p align="center"><u>Fassaden im Fokus:</u> Hauchdünne Solarzellen verwandeln Glasfronten in Kraftwerke (keine Autorenangabe)</p>	
0	<p>Perowskit gilt vielen als neues Wundermaterial für Solarzellen. Es könnte konkurrenzlos günstigen Sonnenstrom produzieren. Das Wettrennen mit den gängigen Siliziummodulen ist eröffnet.</p>	<p>Städte verschlingen immer mehr Wärme und Strom. Um ihren Verbrauch zu senken, müssen Gebäude effizienter werden und mehr erneuerbare Energien integrieren. Neue, druckbare Photovoltaik-Halbleiter könnten dieser Entwicklung Vorschub leisten. Sie ermöglichen Solarfolien und Module, die aus Fenstern oder Fassaden Stromgeneratoren machen. Für die Hersteller von Solarglas und -modulen entsteht ein neuer Markt.</p>	0
1	<p>Das Rennen um das beste Material für Solarzellen hat einen neuen Kandidaten: Perowskit. Bei keinem Grundstoff vorher gelang Forschern eine derart rasante Verbesserung des Wirkungsgrads. "Es ist ein regelrechter Hype um Perowskit ausgebrochen", sagt Thomas Unold, Leiter des Instituts für Technologien am Helmholtz-Zentrum Berlin.</p>	<p>Der Wettlauf um das beste Material für Solarzellen hat einen neuen Kandidaten: Perowskit. Bei keinem Halbleiter gelang Forschern eine derart rasante Entwicklung des Wirkungsgrads. „Es ist ein regelrechter Hype um Perowskit ausgebrochen“, sagt Thomas Unold, Leiter des Instituts für Technologien am Helmholtz-Zentrum Berlin.</p>	1
2	<p>Perowskit verspricht, gleichzeitig effizient und preiswert zu sein. Beides lässt sich bisher nicht unter einen Hut bringen: Derzeit erreichen die besten Siliziumzellen mehr als 20 Prozent Wirkungsgrad, sind aber teuer in der Herstellung. Organische Zellen wiederum können einfach auf Folie gedruckt werden, kommen allerdings über einen Wirkungsgrad von zwölf Prozent nicht hinaus.</p>	<p>Das Mineral verspricht, gleichzeitig effizient und preiswert zu sein. Beides lässt sich bisher nicht miteinander vereinen: Derzeit erreichen die besten Siliziumzellen mehr als 20 Prozent Wirkungsgrad, sind aber teuer in der Herstellung. Farbstoff- und organische Solarzellen wiederum können einfach auf Folie gedruckt werden, kommen jedoch über einen Wirkungsgrad von zehn Prozent oft nicht hinaus.</p>	2
3	<p>Mit einer Perowskitzelle hingegen erreichten Forscher der University of California in Los Angeles (UCLA) kürzlich einen Wirkungsgrad von 19,3 Prozent. Gegenüber den ersten Perowskit-Zellen vor fünf Jahren hat sich der Wirkungsgrad damit versechsfacht. "Einen solchen Fortschritt haben wir bisher mit keinem anderen photovoltaischen Material erlebt", sagt Helmholtz-Forscher Unold.</p>	<p>Mit einer Perowskitzelle hingegen erreichten Forscher der University of California in Los Angeles (UCLA) kürzlich einen Wirkungsgrad von 19,3 Prozent. Gegenüber den ersten Perowskit-Zellen vor fünf Jahren hat sich der Wirkungsgrad damit versechsfacht.</p>	3
4	<p>Den hohen Wirkungsgrad erreicht Perowskit, weil es organische mit anorganischen Bestandteilen verbindet. Erstere absorbieren Licht gut, letztere transportieren die Ladungsträger verlustarm zur Elektrode (siehe Kasten rechts). Zudem enthält es keine teuren Rohstoffe.</p>	<p>Das ist umso bemerkenswerter, als sich Perowskit einfach und sehr sparsam verarbeiten lässt.</p>	
	<p>Die Zellen bestehen aus den Allerweltsmaterialien Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Blei, Chlor und Jod. Sie sind gut verfügbar und werden nur sparsam eingesetzt, erklärt UCLA-Forscher Yang Yang.</p>	<p>Es besteht aus den Allerweltsmaterialien Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Blei, Chlor und Jod, die sich als hauchdünne Schicht auf Glas aufdampfen oder auf Folie drucken lassen. Die UCLA-Forscher erzeugten nur eine knapp einen Millimeter starke Perowskitschicht,</p>	
5	<p>Um ihre Rekordzelle herzustellen, bedampfen die Wissenschaftler zunächst Glas mit anorganischem</p>	<p>indem sie Glas mit organischen Molekülen und Bleikristallen bedampften.</p>	

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
	Bleihalogenid. Anschließend setzen sie die Schicht einer Atmosphäre aus organischem Methylammonium-Halogenid aus. Bei 150 Grad Celsius verbinden sich die organischen Moleküle mit den Bleikristallen zu einer nur knapp einen Mikrometer starken Perowskitschicht.		
	Dennoch erzeugt die Zelle fast so viel Strom wie eine 180 Mikrometer dicke Siliziumzelle.	Dennoch generiert die Zelle fast so viel Strom wie eine 180 Mikrometer dicke Siliziumzelle.	
6	Forscher der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Lausanne wollen Perowskitzellen noch einfacher im Druckverfahren herstellen. Sie tragen dazu ein flüssiges Gemisch aus Blei und organischen Bestandteilen auf einen porösen Film aus Titandioxid auf. Dieses Weißpigment dient den technisch verwandten Farbstoffzellen als eine Art Schnellstraße für Elektronen. Doch während dort organische Farbstoffe das Licht absorbieren, sind es in der neuen ETH-Zelle winzige bleihaltige Perowskitkristalle.	Damit könnten die leistungsstarken Leichtgewichte Märkte erobern, die für die Photovoltaik bisher weitgehend tabu waren. Die gebäudeintegrierte Photovoltaik beispielsweise, kurz BIPV (Building-Integrated Photovoltaics), ist nach wie vor nur eine Nische, weil die Herstellung und Installation multifunktionaler BIPV-Module aufwändig und teuer ist. Von den 3.300 Megawatt an Solarstromleistung, die 2013 in Deutschland ans Netz ging, wurden schätzungsweise nur rund 100 Megawatt in die Gebäudehülle integriert. Ein Markthemmnis: Bei den BIPV-Elementen handelt es sich meistens um projektorientierte Varianten, die in Größe, Form, Material, Farbe, Varianz in der Transparenz und Design an das jeweilige Gebäude angepasst sind – Individualität und der hohe Planungsaufwand haben ihren Preis. Perowskitzellen könnten die Kosten senken.	4
7	Allerdings wandelt die gedruckte ETH-Zelle derzeit nur maximal 15 Prozent des Lichts in elektrische Energie um. Eine Erklärung für die vergleichsweise geringe Effizienz: Das Titandioxid saugt sich zwar innerhalb von Sekunden mit der Flüssigkeit voll und erzeugt dabei eine relativ gleichmäßige Perowskitschicht; aber so homogen wie beim Vakuumverfahren geratene gedruckte Beschichtungen grundsätzlich nicht.	Außerdem sind die für die BIPV in Frage kommenden Technologien bisher nicht effizient genug. Oft werden Module aus Dünnschichtsilizium angeboten, doch diese erreichen selten einen Wirkungsgrad von zehn Prozent – zu wenig, um sich mit klassischen Siliziumzellen auf dem Dach messen zu können, die fast doppelt so viel Licht in elektrische Energie umwandeln. Sie selbst eignen sich nur bedingt für die Gebäudeintegration: Sie werden direkt aus Blöcken gesägt, weshalb sie für komplexere BIPV-Anwendungen schlicht zu dick und unflexibel sind.	5
8	ETH-Forscher Mohammad Khaja Nazeeruddin hält dennoch einen Wirkungsgrad von über 20 Prozent für möglich. Dazu müssten mehrere Perowskitschichten zu einer sogenannten Tandemzelle aufeinandergepackt werden. Auch die Kombination von Perowskit mit Silizium sei denkbar. Da sich die Absorber auf verschiedene Bereiche des Lichtspektrums abstimmen ließen, könnten sie insgesamt mehr Strahlungsenergie nutzen – der Wirkungsgrad stiege.	Dennoch hoffen Experten auf einen baldigen Durchbruch der gebäudeintegrierten Photovoltaik, denn sie birgt immenses Klimaschutzpotenzial. Obwohl Großstädte nur ein Prozent der Erdoberfläche bedecken, verbrauchen sie 75 Prozent der eingesetzten Primärenergie und verursachen 80 Prozent der Treibhausgasemissionen.	6
9	Bis solche Zellen kommerziell einsetzbar sind, müssen die Forscher jedoch noch einige Herausforderungen meistern. "Die Lebensdauer ist eine Hürde bei der Kommerzialisierung",	„Sie müssen bei einem Großteil ihrer Prozesse kohlendioxidneutral werden, sonst droht der Klimakollaps“, warnt die Wissenschaftlerin Christina Sager vom Fraunhofer-Institut für	

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
	<p>erklärt Nazeeruddin. Perowskit ist empfindlich und zersetzt sich schnell, wenn es mit Wasser in Kontakt kommt. Deshalb müssen die Zellen so konstruiert werden, dass auch über 20 Jahre hinweg keine Feuchtigkeit eindringen kann. Mit dichten Plexiglas-Verpackungen oder Verkapselungen, die für organische Leuchtdioden entwickelt wurden, wollen Forscher das Problem lösen. Bisher sind aber noch keine Langzeittests mit diesen Materialien gelaufen.</p>	<p>Bauphysik (IBP) in Stuttgart. Effizientere Gebäude und erneuerbare Energien könnten aus ihrer Sicht die Trendwende bringen. Vor allem Solartechnik lasse sich gut in die Häuser einbinden. Wo sich Module nicht auf Dächer schrauben ließen, könnten sie als stromerzeugende Fenster oder Ersatz für die Betonfassade dienen, erklärt Sager.</p>	
10	<p>Ein weiteres Problem ist, dass Perowskitzellen immer giftiges Blei enthalten. Selbst wenn der Anteil relativ gering ist und das Schwermetall auch in den Lötverbindungen gängiger Siliziumzellen vorkommt, könnte es dem Image der neuen Solartechnik schaden. Ziel ist es daher, das Blei durch weniger bedenkliche Materialien wie Zinn oder Germanium zu ersetzen. Die ersten Versuche liefen bereits: Forscher der Universität Oxford sowie der Northwestern University in Evanston stellten kürzlich die ersten zinnbasierten Perowskitzellen vor. Allerdings erreichten beide Gruppen mit ihren Zellen jeweils nur sechs Prozent Wirkungsgrad, also nicht einmal ein Drittel der UCLA-Rekordzelle.</p>		
11	<p>Sind Perowskitzellen also eine greifbare Option oder nur eine Vision? Noch lässt sich das nicht eindeutig beantworten, da auf dem Weg zur industriellen Produktion noch viele Probleme zu lösen sind. "Die Entwicklung steht erst am Anfang", sagt Helmholtz-Forscher Unold. Besonders schwierig dürfte es werden, die Langzeitstabilität sicherzustellen. Bei den artverwandten Farbstoffzellen bemühen sich die Wissenschaftler seit den frühen Neunzigern vergeblich, eine Lebensdauer von zehn Jahren zu erreichen. Selbst die besten Farbstoffzellen verlieren wegen der wasser- und hitzeempfindlichen Bestandteile spätestens nach fünf Jahren deutlich an Leistung.</p>	<p>Bis die verheißungsvollen Perowskitzellen kommerziell einsetzbar sind, müssen die Forscher aber noch einige Herausforderungen meistern. „Die Entwicklung steht erst am Anfang“, sagt Helmholtz-Forscher Unold. Als größte Hürde gilt die Lebensdauer. Perowskit ist empfindlich und zersetzt sich schnell, wenn es mit Wasser in Berührung kommt. Deshalb müssen die Zellen so konstruiert werden, dass auch über 20 Jahre hinweg keine Feuchtigkeit eindringen kann. Dichte Verkapselungen, die für organische Leuchtdioden entwickelt wurden, sind ein Lösungsansatz.</p>	7
		<p>In der Zwischenzeit könnten andere vielversprechende Technologien den BIPV-Markt vorantreiben, die derzeit Marktreife erlangen. Die Dresdner Firma Heliatek beispielsweise hat eine organische Photovoltaik-Folie entwickelt, die sich sowohl transparent als auch getönt herstellen lässt. Undurchsichtig erreicht sie einen Wirkungsgrad von zwölf Prozent, bei der lichtdurchlässigen Variante sinkt die Effizienz auf rund sieben Prozent. Das ist im Vergleich zu herkömmlichen Siliziummodulen wenig, stellt aber im Bereich der organischen Photovoltaik einen neuen Rekord dar. Außerdem lassen sich die flexiblen Folien in geschwungene Formen wie</p>	8

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
		<p>Glasdächer von Autos oder unregelmäßig geformte Fassaden einbetten. Da in Fahrzeugen und Büros in der Regel auch abdunkelnde Folien gefragt seien, gebe es keinen zusätzlichen Montageaufwand, argumentiert Heliatek-Chef Thibaut Le Séguillon. Dadurch seien wettbewerbsfähige Preise möglich.</p>	
		<p>Andere Unternehmen setzen ebenfalls auf das Konzept von flexiblen und transparenten Zellen aus organischem Material. Die bayerische Firma Belectric sowie Crystalsol aus Österreich etwa arbeiten an gedruckten Polymer-Zellen. Polymere sind chemische Verbindungen aus langen Molekülketten, die in einer Lösung angereichert und anschließend gedruckt werden können. Heliatek hingegen nutzt Oligomere als Lichtsammler, also kürzere Molekülketten. Außerdem druckt es diese nicht, sondern dampft sie im Vakuum auf eine Trägerfolie auf. Derzeit betreibt Heliatek noch eine Pilotproduktion. Mit Solarfolien aus dieser Fertigung hat das Unternehmen soeben die erste Fensterfassade in Dresden errichtet. Als nächstes plant die Firma eine kommerzielle Fertigung mit 100 Megawatt Jahreskapazität.</p>	9
		<p>Mit der BIPV könnte auch für die Glasindustrie ein wichtiges neues Betätigungsfeld entstehen. Bei den Modulproduzenten kommen Fragen auf, die sie nur in Zusammenarbeit mit der Glasbranche beantworten können: Wie lassen sich die Solarfolien in die Scheiben integrieren? Wie klappt die Integration möglichst kostensparend? Können Arbeitsschritte wie das Aufdampfen der photoaktiven Materialien in die Glasveredelung eingebunden werden? „So richtig hat sich die BIPV noch nicht durchgesetzt. Aber es ist sicher erforderlich, dass Glas- und Photovoltaikindustrie näher zusammenrücken“, sagt Timo Feuerbach vom Forum Glastechnik im deutschen Maschinenbauverband VDMA. Die ersten Kooperationen gibt es bereits. So haben Heliatek und der in Brüssel ansässige Flachglashersteller AGC Glass Europe im vorigen Jahr eine Entwicklungsvereinbarung zur Integration von Solarfolien in Bauglas geschlossen. AGC-Technikchef Marc Van Den Neste sagt, dass die Glas-/Solar-Fassadenlösung der beiden Unternehmen Architekten und Designern völlig neue Möglichkeiten eröffne, Kreativität und Energieeffizienz miteinander zu verbinden.</p>	10
		<p>Nicht nur wegen der Zusammenarbeit mit Heliatek gilt AGC Europe als Wegweiser für die Glasindustrie. Seine Fabriken beherbergen eine vollintegrierte Produktion, die nicht nur die</p>	11

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
		Herstellung von Glas, sondern auch dessen Beschichtung und Weiterverarbeitung umfasst. Verschiedene funktionale Beschichtungen stehen Photovoltaik-Produzenten zur Auswahl, beispielsweise elektrische Kontaktschichten für Dünnschichtmodule. Ein ähnliches solarorientiertes Konzept verfolgt sonst bisher nur die ostdeutsche Firma F-Solar. Auch sie hat ihre Produktionslinie im eigenen Haus um Beschichtungsanlagen verlängert.	
		Auf der glasstec 2014 in Düsseldorf, der weltweit größten und internationalsten Fachmesse der Glasbranche, haben die Unternehmen vom 21. bis 24.10.2014 Gelegenheit, weitere Kooperationen anzubahnen. So kommen Experten der Solar- und Glasindustrie vom 20. bis 21.10.2014 auf der Konferenz „Solar meets Glass“ zusammen, um sich über Fortschritte in der Fertigung von Solargläsern und -modulen sowie beim Material und den Kosten auszutauschen. Auch die Sonderschau „glass technology live“, die vom Institut für Baukonstruktion der Universität Stuttgart organisiert wird, zielt unter anderem auf die Schnittstelle von Solartechnik und Glas. Hier werden am Beispiel von großformatigen Fassaden-Mock-ups und Eins-zu-Eins-Modellen die neuesten Entwicklungen im Bereich Fassade und Energie vorgestellt, darunter Innovationen in der Photovoltaik und der Solarthermie.	12
		Auf der „glass technology live“ werden jedoch auch Projekte vorgestellt, die über reine Solaranwendungen hinausgehen. Wie zum Beispiel das so genannte BIQ – die Abkürzung steht für „Haus mit Biointelligenzquotient“. In seiner Bioreaktorfassade wachsen Algen an Glasplatten und produzieren aus Licht und Kohlendioxid Biomasse und Wärme. Die Wärme wird über Wärmetauscher den 15 Wohnungen direkt zum Heizen zur Verfügung gestellt, die Biomasse wird abgeschöpft. Aus ihr wird Biogas gewonnen, das eine Brennstoffzelle in Strom und zusätzliche Wärme umwandelt. Sämtliche benötigte Energie zur Erzeugung von Strom und Wärme entstehe aus regenerativen Quellen, fossile Brennstoffe seien nicht im Spiel, heißt es beim verantwortlichen Bauunternehmen Otto Wulff.	13
		Energieerzeugende Hausfassaden wie die des BIQ könnten eine wesentliche Rolle bei der Energiewende in Städten spielen. Forscher und Firmen arbeiten mit Hochdruck an Konzepten und Technologien, die Gebäudehüllen in effiziente Kraftwerke verwandeln. Der Glasbranche könnte hierbei eine Schlüsselrolle zukommen: Indem sie	14

Abs	Technology Review (7 / 2014)	Messe Düsseldorf (13.8.2014)	Abs
		enger mit Herstellern von Solarmodulen und -kollektoren kooperiert, könnte sie Innovationen weiter beschleunigen.	