

Abs	NZZ (26.11.2008)	Ingenieur (8.5.2009)	Abs
	<u>Mehr Licht für Solarzellen</u> (Sascha Rentzing)	Wettlauf: <u>Solarzellen werden immer effizienter</u> (Sascha Rentzing)	
0	Es gibt <b>verschiedene</b> Faktoren, die den Wirkungsgrad von Solarzellen begrenzen. Einer davon ist der <b>Schattenwurf durch metallische Kontakte auf der Frontseite</b> . Jetzt kommen die ersten Solarzellen auf den Markt, bei denen sich alle Kontakte auf der Rückseite befinden.	Es gibt <b>viele</b> Faktoren, die den Wirkungsgrad von kristallinen Solarzellen begrenzen. Dazu zählen die <b>Verschattung durch metallene Kontakte auf der Frontseite</b> und Ladungsverluste im Kristall. Neue Zellenkonzepte und Produktionsprozesse verbessern die Stromausbeute.	0
1	Solarsysteme mit einer höheren Stromausbeute sind das Ziel weltweiter Forschung. Die neueste Entwicklung ist eine Zelle, bei der sich die Stromanschlüsse auf der Rückseite befinden, so dass die Frontseite nicht von Kontakten verschattet wird. Dadurch steigt <b>der Wirkungsgrad</b> und <b>sinken die Kosten</b> .	Solarsysteme mit einer höheren Stromausbeute sind das Ziel weltweiter Forschung. Die neueste Entwicklung ist eine Solarzelle, bei der die Stromanschlüsse auf der Rückseite liegen, so dass die Frontseite nicht von Kontakten verschattet wird. Dadurch steigt <b>die Effizienz</b> und <b>sinkt der Materialverbrauch</b> , was Herstellkosten spart und die Energiebilanz verbessert.	1
	Entwickelt haben sie das Institut für Solarenergieforschung in Hameln und die hessische Firma Stiebel Eltron. Diese <b>will den Rückseitensammler, der bis zu 22 Prozent des Sonnenlichts in Strom umwandeln soll, nun serienmässig herstellen</b> . Das Versprechen klingt nach einer kleinen Revolution: <b>Derzeit erreichen marktübliche Solarzellen aus Silizium nur einen Wirkungsgrad von durchschnittlich 16,5 Prozent</b> .	Entwickelt hat die Zelle aus monokristallinem Silizium das Institut für Solarenergieforschung in Hameln, kurz ISFH. <b>Stiebel Eltron will den Rückseitensammler, der Sonnenlicht mit bis zu 23 % Wirkungsgrad in Strom umwandeln soll, nun serienmäßig herstellen. Derzeit erreichen gängige Siliziumzellen nur durchschnittlich 16,5 % Effizienz</b> .	2
		Damit beteiligt sich der niedersächsische Mittelständler an einem Wettlauf, bei dem Weltkonzerne vorgelegt haben: Sanyo und die US-Firma Sunpower produzieren schon Zellen mit mehr als 20 % Wirkungsgrad und kommen so dem Labor-Weltrekord von 24,7 %, derzeit gehalten von der australischen University of New South Wales, ziemlich nahe.	3
		Die Effizienz der Solarzellen beeinflusst die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere einzelne Faktor bei der Herstellung. Jeder Prozentpunkt mehr Effizienz senkt, so die Faustregel, die Kosten um 5 % bis 7 %, denn pro Watt erzeugter Leistung wird dann weniger Zellfläche benötigt. Damit verringert sich auch die Energierücklaufzeit von Photovoltaikanlagen.	4
		Laut einer Erhebung im Rahmen des EU-Projekts Crystal Clear braucht ein kristallines Solarsystem heute 2,6 Jahre bis 4,4 Jahre, um die Energiemenge zu erzeugen, die für seine Herstellung nötig war. Anlagen, die mit Stiebel Eltrons neuer sogenannter Rise-Zelle (Rear Interdigitated Single Evaporation) bestückt würden, könnten die Zeit der Energieamortisation durch eine höhere Stromausbeute deutlich verkürzen, sagt Jan Schmidt, Gruppenleiter Photovoltaik-Materialien im ISFH.	5

Abs	NZZ (26.11.2008)	Ingenieur (8.5.2009)	Abs
		Die Produktion der Rise-Zellen ist komplex.	6
	<b>Abwägen von Vor- und Nachteilen</b>		
2	Um mit einer Solarzelle Strom zu erzeugen, müssen die Elektronen, die durch das einfallende Licht erzeugt werden, mit einer sogenannten Emitterschicht eingefangen und zu den negativen Kontakten geleitet werden.	Um mit einer Zelle Strom zu erzeugen, müssen die Elektronen und Löcher, die durch Licht erzeugt werden, eingefangen und zu den Metallkontakten in der Solarzelle geleitet werden. Den Transport der Elektronen übernimmt die sogenannte Emitterschicht, eine negativ leitfähige Zone im Kristall.	
	Normalerweise befindet sich diese Schicht samt den fingerartigen Metallkontakten auf der Frontseite der Solarzelle. Das hat den Vorteil, dass die Elektronen nicht weit wandern müssen. Umgekehrt begrenzt der Schattenwurf jedoch die Lichtausbeute.	Normalerweise befinden sich Kontakte und Emitter auf der Zellvorderseite, damit die Elektronen nicht weit wandern müssen - sie könnten sonst leicht wieder rekombinieren. Doch die Kontakte stehen im Licht und begrenzen durch ihren Schatten die Ausbeute.	7
	Bei der Rise-Solarzelle (Rear Interdigitated Single Evaporation) von Stiebel Eltron ist die Emitterschicht deshalb samt Kontakten auf die Rückseite der Solarzelle verbannt worden.	Bei Stiebel Eltrons Rise-Zelle ist der Emitter samt Kontakten auf die Rückseite verbannt worden.	8
3	Das bringt zwei Schwierigkeiten mit sich. Zum einen müssen die Elektronen nun durch das Halbleitermaterial hindurch zum rückseitigen Emitter diffundieren. Das funktioniert nur dann ohne nennenswerte Verluste, wenn die Solarzelle aus monokristallinem Silizium besteht, einem sehr reinen, aber auch teuren Material.		
	Zum anderen befinden sich die negativen Kontakte nun in unmittelbarer Nachbarschaft zu den positiven, die ebenfalls auf der Rückseite liegen. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, müssen die Kontakte deshalb durch feine Grenzschichten voneinander getrennt werden.	Problematisch ist nun, dass die elektrischen Kontakte, negative wie positive Pole, beide auf der Rückseite liegen. Sie müssen bei der Herstellung durch spezielle Behandlung voneinander getrennt werden, um Kurzschlüsse zu vermeiden.	
4	Viele Hersteller von Solarzellen haben bereits die Erfahrung gemacht, dass nicht alles, was im Labor mit einem hohen Wirkungsgrad glänzt, in der Massenfertigung mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann.		
	Das Institut in Hameln hat jedoch nach Angaben von Jan Schmidt, dem Gruppenleiter Photovoltaik-Materialien, einen wirtschaftlichen Herstellprozess gefunden.	Das ISFH habe einen wirtschaftlichen Herstellprozess dafür gefunden, erklärt Gruppenleiter Schmidt:	9
	Man benutzt Laser zum berührungslosen Strukturieren der Rückseite.	"Wir benutzen Laser zum berührungslosen Strukturieren der Rückseite."	
	Beide Kontakte werden anschliessend durch Aufdampfen in einem einzigen Metallisierungsschritt hergestellt. Dieses Verfahren bringt neben einer höheren Effizienz einen weiteren Vorteil:	Beide Kontakte würden danach durch Aufdampfen in einem einzigen Metallisierungsschritt hergestellt.	
	Da das Halbleitermaterial durch den Lasereinsatz weniger strapaziert wird als durch herkömmliche Druckverfahren, können dünnere und damit preiswertere Siliziumscheiben (Wafer) verwendet werden.	Da das Halbleitermaterial durch den Lasereinsatz weniger strapaziert wird als durch gängige Druckverfahren, können dünnere und damit preiswertere Wafer verwendet werden.	
	<b>Eine Idee – mehrere Konzepte</b>		

Abs	NZZ (26.11.2008)	Ingenieur (8.5.2009)	Abs
5	Stibel Eltron muss allerdings mit starker Konkurrenz rechnen. <b>Weltweit</b> treiben Forscher und Ingenieure die Entwicklung leistungsstärkerer Techniken mit hohem Einsatz voran. Die amerikanische Firma Sunpower, der Weltkonzern Sharp oder der Zellenhersteller Q-Cells arbeiten ebenfalls an Rückseitensammlern mit über 20 Prozent Wirkungsgrad. Ihr Ziel ist es, dem Labor-Weltrekord von 24,7 Prozent möglichst schnell sehr nahe zu kommen.	Neben Rückseitensammlern bringen optimierte Herstellprozesse für kristalline Standardzellen Effizienzsteigerungen. <b>Weltweit</b> wird etwa an Wegen geforscht, Ladungsverluste durch Rekombination in der Zelle zu verringern. Sie findet vor allem an Defekten im multikristallinen Halbleiter sowie an dessen Oberflächen statt.	10
6	Beim Wettlauf um die Wirtschaftlichkeit haben aber auch Solarzellen aus multikristallinem Silizium mit Rückkontakten Chancen. Sie erreichen zwar nicht so hohe Wirkungsgrade wie monokristalline Rückseitensammler, dafür ist der Halbleiter billiger. So forscht Q-Cells auch an industrietauglichen Fertigungsanlagen für eine vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg und von dem Institut in Hameln entwickelte multikristalline EWT-Zelle (Emitter-Wrap-Through) mit einem Wirkungsgrad von 18 Prozent. Dabei wird die Elektronen sammelnde Schicht durch Tausende von lasergebohrten Löchern von der Frontseite auf den Zellrücken geführt. So müssen die Elektronen nicht durch das relativ unreine Halbleitermaterial wandern, um zu den positiven Kontakten auf der Rückseite zu gelangen. Der zusätzliche Prozessschritt steigert zwar die Kosten, lohnt sich aber offensichtlich: Die höheren Produktionskosten würden durch den Effizienzgewinn überkompensiert, sagt Q-Cells-Technikchef Florian Holzapfel. Zum Vergleich: Multikristalline Standardzellen der Firma kommen derzeit auf 14,1 Prozent Wirkungsgrad, liegen also gut 4 Prozentpunkte unter der EWT-Zelle.	Das Massachusetts Institute of Technology (MIT) hat sich auf die Entwicklung von Herstellprozessen spezialisiert, bei denen Verunreinigungen im Kristall so verwahrt werden, dass sie nicht schädlich sind. Durch gutes "Defect Engineering" seien Effizienzsteigerungen von ein bis zwei Prozentpunkten möglich, sagt Tonio Buonassisi, Leiter der Forschungsgruppe Photovoltaik im MIT.	11
7	Am leichtesten zu produzieren ist ein dritter Typ von Rückkontaktzelle, die sogenannte MWT-Zelle (Metal-Wrap-Through). Sie hat allerdings auch den geringsten Wirkungsgrad. Das deutsch-niederländische Unternehmen Solland Solar stellt die Technik seit kurzem im Pilotmasstab her. Die Spezialisten verlegen nur die für die Verschaltung im Modul nötigen Stromsammelschienen auf die Rückseite und verbinden sie über 16 in den Wafer gebohrte Löcher mit den Metallkontakten auf der Frontseite. Durch diesen relativ einfachen Trick steigt der Wirkungsgrad der Zellen um 0,3 auf 16,1 Prozent.	Das Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme (ISE) erforscht Passivierschichten, die Ladungen daran hindern, an den Oberflächen zu rekombinieren. Bringt man eine solche Schicht auf der Zellenrückseite auf, wirkt diese aufgrund ihrer speziellen elektrischen Leitfähigkeit wie eine Barriere, die Elektronen keinen Zugang zur Oberfläche gewährt. Die Löcher, welche die Oberfläche erreichen, können alleine nicht rekombinieren und stehen für den Solarstrom zur Verfügung.	12
	<b>Am Ende zählt die Wirtschaftlichkeit</b>		
8	Weitere technische Verbesserungen sind schon kurzfristig zu erwarten. Das Zentrum für Energieforschung der Niederlande, das die	Neue Methoden zur Herstellung der Kontakte helfen bei der Effizienzsteigerung ebenfalls weiter. Heute werden diese meist durch	13

Abs	NZZ (26.11.2008)	Ingenieur (8.5.2009)	Abs
	<p>Metal-Wrap-Through-Zelle entwickelt hat, präsentierte jüngst das Konzept für deren Nachfolger: Er soll dank einer schonenderen Zellprozessierung nur noch 150 statt 180 Mikrometer dick sein und bis zu 17 Prozent Wirkungsgrad erreichen. Dafür soll eine spezielle auf die Zellrückseite aufgebrauchte Schicht sorgen, die die Verluste durch die Rekombination von Ladungsträgern verringert.</p>	<p>Siebdruck von Metallpasten produziert. Die so hergestellten breiten Kontaktfinger behindern den Lichteinfall. Macht man deren Fläche jedoch zu klein, erhöht sich der elektrische Widerstand und die Leistung wird geringer. Zudem treten beim Drucken große Kräfte auf, dem nur relativ dicke Wafer trotzen können. Das Fraunhofer ISE hat Metallisierungsprozesse entwickelt, die ohne Siebdruck auskommen. Dabei setzt das Institut auf das kontaktlose Drucken von Metallaerosolen. Derart produzierte Zellen erreichten im Labor eine Effizienz von mehr als 20 %.</p>	
9	<p>Wissenschaftler glauben, dass sich Rückkontaktzellen dank ihrem grossen Kostensenkungspotenzial gegen andere Solartechniken durchsetzen werden. Bis jetzt sehen sie aber noch kein bestimmtes Rückseitenkonzept im Vorteil. Alle seien spannend. Das wirtschaftlichste werde sich am Ende durchsetzen, sagt Christian Ulzhöfer, ein Spezialist für Zellencharakterisierung am Institut für Solarenergieforschung in Hameln.</p>	<p>Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer ISE, ist überzeugt, dass die technischen Verbesserungen den durchschnittlichen Wirkungsgrad kristalliner Zellen von derzeit 16,5 % auf deutlich mehr als 20 % erhöhen können. Gleichzeitig reduzierten sich die Kosten und die Energierücklaufzeit kristalliner Solaranlagen. Die Photovoltaik werde so zu einer konkurrenzfähigen Energiequelle, die nur noch einen sehr schwachen CO2-Fußabdruck hinterlasse.</p>	14