

Abs	NZZ (26.11.2008)	Top Agrar (1 / 2012)	Abs
	<u>Mehr Licht für Solarzellen</u> (Sascha Rentzing)	<u>Solarmodule werden effizienter</u> (Sascha Rentzing)	
0	Es gibt verschiedene Faktoren, die den Wirkungsgrad von Solarzellen begrenzen. Einer davon ist der Schattenwurf durch metallische Kontakte auf der Frontseite. Jetzt kommen die ersten Solarzellen auf den Markt, bei denen sich alle Kontakte auf der Rückseite befinden.	Die Solarbranche wird innovativer. Die größten Fortschritte gibt es bei den klassischen Siliziumzellen: Neue kristalline Techniken absorbieren mehr Licht und bringen höhere Leistung.	0
		Über viele Jahre hinweg rissen Kunden den Photovoltaik (PV)-Herstellern Solarmodule nahezu aus den Händen: Üppige Einspeisevergütungen für den Solarstrom in vielen europäischen Ländern trieben die Nachfrage nach Paneelen von einem Rekord zum nächsten. So konnten die Unternehmen selbst für einfachste Technik, Höchstpreise erzielen.	1
		Wirkungsgrad im Visier:	
		Inzwischen hat sich der Markt gedreht. Viele Anbieter bleiben auf ihren Modulen sitzen, denn wichtige Länder wie Deutschland, Spanien oder Tschechien haben ihre Solartarife deutlich gesenkt und so den Boom ausgebremst.	2
1	Solarsysteme mit einer höheren Stromausbeute sind das Ziel weltweiter Forschung.	Die Hersteller stehen damit vor einer großen Herausforderung: Sie müssen das Preis-Leistungs-Verhältnis ihrer Produkte rasch verbessern, um sich gegen die Konkurrenz behaupten zu können. Das zwingt sie zu Innovationen und zur Teilnahme an einen Wettlauf um Wirkungsgrade, in dem jeder einzelne Prozentpunkt mehr Effizienz über Erfolg oder Misserfolg entscheidet.	3
	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 der Wirkungsgrad und sinken die Kosten. Entwickelt haben sie das Institut für Solarenergieforschung in Hameln und die hessische Firma Stiebel Eltron. Diese will den Rückseitensammler, der bis zu 22 Prozent des Sonnenlichts in Strom umwandeln soll, nun serienmässig herstellen. Das Versprechen klingt nach einer kleinen Revolution: Derzeit erreichen marktübliche Solarzellen aus Silizium nur einen Wirkungsgrad von durchschnittlich 16,5 Prozent.	Zu den neuesten Entwicklungen zählen Zellen, bei denen die Stromanschlüsse auf der Rückseite angeordnet sind, sodass die Frontseite nicht von Kontakten und Stromsammelschienen verschattet wird (Übersicht links). Hintergrund:	4
	Abwägen von Vor- und Nachteilen		
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. Normalerweise befindet sich diese Schicht samt den fingerartigen Metallkontakten auf der Frontseite der Solarzelle. Das hat den Vorteil,	Um mit einer Zelle Strom zu erzeugen, müssen die Elektronen, die das einfallende Licht erzeugen, mit einer Emitterschicht eingefangen und zu den negativen Kontakten geleitet werden. Normalerweise befindet sich diese Schicht samt den fingerartigen Kontakten und den Stromsammelschienen auf der Frontseite der Zelle. Das hat den Vorteil, dass die	

Abs	NZZ (26.11.2008)	Top Agrar (1 / 2012)	Abs
	dass die Elektronen nicht weit wandern müssen. Umgekehrt begrenzt der Schattenwurf jedoch die Lichtausbeute.	Elektronen nicht weit wandern müssen. Umgekehrt begrenzt der Schattenwurf der Kontakte und Leiterbahnen jedoch die Lichtausbeute.	
	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 Rückkontaktzellen ist die Emitterschicht deshalb samt Kontakten auf die Rückseite verbannt worden.	
		Protagonist bei diesen sogenannten Rückkontaktzellen ist der US-Hersteller Sunpower. Seine Module wandeln Licht mittlerweile mit einem Wirkungsgrad von gut 22 Prozent in Strom um, bezogen auf das Modul, das derzeit unter dem Namen „Maxeon“ in den Markt eingeführt wird, immerhin mit 20 Prozent. Das ist ein Prozentpunkt mehr als Sunpowers bisher gängige Module aus Rückkontaktzellen und ein Viertel mehr als marktübliche Siliziummodule, die aktuell durchschnittlich 15 Prozent Effizienz erreichen.	5
		Hocheffizient, aber teuer:	
		Einen Solaranlagenbetreiber bräuchte der Wirkungsgrad eigentlich nicht zu interessieren, denn immerhin strahlt die Sonne kostenlos vom Himmel. Dennoch beeinflusst die Effizienz die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere einzelne Faktor bei der Herstellung, einschließlich der Skaleneffekte durch eine größere Produktionsmenge: Jeder Prozentpunkt mehr Wirkungsgrad, so die Faustregel, senkt die Kosten auf Systemebene um fünf bis sieben Prozent, da pro Watt weniger Material benötigt wird.	6
3	Das bringt zwei Schwierigkeiten mit sich.	Bei Sunpower wird dieser Effizienz- Effekt jedoch noch durch die relativ teure Produktion aufgezehrt:	7
	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 einen müssen bei Rückseitensammlern die Elektronen durch das Halbleitermaterial hindurch zum rückseitigen Emitter diffundieren. Das funktioniert nur dann ohne nennenswerte Verluste, wenn die Zelle 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.	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 elektrischen Anschlüsse beider Pole ineinander verschachtelt werden. Deshalb sind weitere Prozess- und Justierschritt erforderlich, die die Herstellungskosten erhöhen. Sie liegen laut Sunpower rund 50 US-Dollar pro Watt über denen der preiswertesten Wettbewerber.	8

Abs	NZZ (26.11.2008)	Top Agrar (1 / 2012)	Abs
4	<p>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. Man benutzt 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: Da das Halbleitermaterial durch den Lasereinsatz weniger strapaziert wird als durch herkömmliche Druckverfahren, können dünnere und damit preiswertere Siliziumscheiben (Wafer) verwendet werden.</p>		
	<p>Eine Idee – mehrere Konzepte</p>		
5	<p>Stiebel Eltron muss allerdings mit starker Konkurrenz rechnen. Weltweit 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.</p>		
		<p>Ästhetik spielt eine Rolle:</p>	
6	<p>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</p>	<p>Die Amerikaner können trotz des hohen Preises ziemlich viele Module verkaufen, da diese sehr homogen erscheinen und wegen ihrer unerreichten Leistungsstärke von vielen Betreibern als Statussymbol gesehen werden. Doch wenn Sunpower die Kosten nicht rapide senkt, drohen ihm Absatzschwierigkeiten, denn starke Konkurrenz kommt auf.</p>	9

Abs	NZZ (26.11.2008)	Top Agrar (1 / 2012)	Abs
	Vergleich: Multikristalline Standardzellen der Firma kommen derzeit auf 14,1 Prozent Wirkungsgrad, liegen also gut 4 Prozentpunkte unter der EWT-Zelle.		
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 Pilotmassstab her.	„Gute Marktchancen haben auch Rückkontaktzellen aus multikristallinem Silizium“, sagt Paul Wyers, Chef-Solarforscher des Energieforschungszentrums der Niederlande ECN. So zeigt die Industrie immer stärkeres Interesse an der so genannten Metal-Wrap-Through (MWT)- Zelle , die sein Institut entwickelt hat (Übersicht auf Seite 36).	10
	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 .	Dabei werden, anders als bei Sunpower-Rückseitensammlern, nur die für die Verschaltung im Modul nötigen Stromsammelschienen auf die Zellenrückseite verlegt. Sie werden über viele winzige Löcher intern mit den feinen Kontaktfingern verbunden, die auf der Front verbleiben.	11
	Durch diesen relativ einfachen Trick steigt der Wirkungsgrad der Zellen um 0,3 auf 16,1 Prozent .	Durch dieses relativ einfache Durchfädeln der breiten Leiterbahnen wird die Zelle weniger verschattet und der Wirkungsgrad steigt auf über 17 Prozent . Zum Vergleich: Multikristalline Standardzellen Standardzellen kommen derzeit auf rund 16 Prozent Effizienz.	12
	Am Ende zählt die Wirtschaftlichkeit		
8	Weitere technische Verbesserungen sind schon kurzfristig zu erwarten. Das Zentrum für Energieforschung der Niederlande, das die 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 aufgebrachte Schicht sorgen, die die Verluste durch die Rekombination von Ladungsträgern verringert.	Schon 2007 hatte das deutsch-niederländische Unternehmen Solland Solar die MWT-Zellen des ECN zur Serienreife gebracht, nur fanden sich lange keine Hersteller, die sie in Module einbauen wollten. Jetzt, da sie der harte Wettbewerb zu kostensenkenden Innovationen zwingt, erlebt die MWT-Technik eine Renaissance. Der Mainzer Photovoltaikhersteller Schott Solar zum Beispiel gründete 2010 ein Joint Venture mit Solland Solar und will spätestens Anfang 2012 die Serienproduktion multikristalliner „Sunweb-MWT“-Module mit über 16 Prozent starten.	13
		Ebenso nutzt Canadian Solar das von ECN entwickelte MWT-Konzept für seine so genannten ELPS-Module. Die Paneelen sind sowohl mit multi- als auch mit monokristallinen Zellen ausgestattet, woraus sich unterschiedliche Effizienzen ergeben. Liegt der Wirkungsgrad bei den multikristallinen Modulen bei knapp 16 Prozent, erreichen monokristalline Kacheln 16,5 Prozent.	14
		Der chinesische Solarkonzern Yingli will Schott Solar und Canadian Solar technisch noch übertrumpfen. Er plant, den Wirkungsgrad von MWT-Zellen mittels eines speziellen monokristallinen n-Typ-Siliziums auf 20 Prozent zu steigern. Bezogen auf das Modul würde das	15

Abs	NZZ (26.11.2008)	Top Agrar (1 / 2012)	Abs
		eine Effizienz von etwa 18 Prozent bedeuten, was für die MWT-Technik einem Quantensprung gleichkäme.	
		Hinter Yinglis Konzept steht folgende Überlegung: Siliziumzellen bestehen aus zwei unterschiedlich dicken Bereichen, die sich in ihrer Leitfähigkeit unterscheiden. In Standardzellen ist die dickere, untere Schicht mit Bor angereichert, um einen Überschuss positiver Ladungsträger zu erhalten, im oberen Emitter sorgt dagegen Phosphor für einen Überschuss negativer Ladungsträger.	16
		n-Typ-Zellen sind genau umgekehrt aufgebaut (Übersicht auf Seite 36). Ihr Vorteil: Wegen seiner speziellen Atomeigenschaften verhindert Bor, dass sich generierte Ladungsträger in der Zelle gegenseitig neutralisieren, im Fachjargon: rekombinieren. Dadurch erreichen n- Typ-Zellen einen höheren Wirkungsgrad. Das wiederum macht es möglich, mit billigerem Silizium zu arbeiten, das mehr Verunreinigungen enthält, oder Zellen mit höheren Effizienzen herzustellen.	17
		Starke Konkurrenz:	
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>Wissenschaftler glauben, dass die Rückkontaktkonzepte dank ihres großen Kostensenkungspotenzials eine wichtige Rolle auf dem Solarmarkt spielen könnten. Eine Garantie für ihren Erfolg gibt es aber nicht, denn es liegen noch andere viel versprechende kristalline Konzepte aussichtsreich im Rennen. Dazu zählt die bereits seit Jahren bekannte, stetig verbesserte HIT-Zelle des japanischen Konzerns Sanyo. Er ummantelt monokristalline Siliziumscheiben (Wafer) mit einer dünnen Schicht aus amorphen Silizium, die als Passivierschicht Ladungsträger daran hindert, an der Oberfläche des Monokristalls zu rekombinieren. Durch diese Maßnahme erreichen die Zellen mehr als 21 Wirkungsgrad, im Modul fast 19 Prozent.</p>	18
		Fortschritte bei neuen PV-Anwendungen wie die Dünnschicht oder konzentrierende PV-Systeme erschweren die Lage für die Anbieter kristalliner Technik. CIGS-Module zum Beispiel erreichen in der Serienproduktion inzwischen 14 Prozent Wirkungsgrad. CIGS steht für eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen. Üblich sind für die Dünnschicht rund zehn Prozent Effizienz, im Durchschnitt rund 16 Prozent erreichen Module aus kristallinem Silizium. Damit stößt die Dünnschicht in Effizienzbereiche vor, die bisher der Siliziumtechnik vorbehalten waren.	19

