

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
	Photovoltaik <u>Wettlauf um den Wirkungsgrad</u> (Sascha Rentzing)	Solartechnik wird effizienter (keine Autorenangabe)	
0	Ringen um Effizienz: Solarzellen sind in der Herstellung teuer. Neues Material verspricht mehr Leistung. Die Intersolar-Messe beginnt.	Düsseldorf, 30. Juli 2010 - Der Wirkungsgrad von Photovoltaikmodulen ist noch längst nicht ausgereizt. Firmen kämpfen an vielen Fronten um jeden Prozentpunkt. Dabei rückt neben den Zellen und dem Herstellungsprozess auch das Modulglas ins Blickfeld. Denn neueste Gläser versprechen zusätzliche Effizienzgewinne und die Möglichkeiten sind noch lange nicht ausgeschöpft.	0
1	Beiläufig verkündete Ulrich Stiebel kürzlich ein unbescheidenes Vorhaben: Mit einer neuen Solarzelle will der Unternehmer (Stiebel Eltron) einen Wirkungsgrad von 20 Prozent erreichen; derzeit kommen Standardzellen auf 15 bis 17,5 Prozent.	Der kalifornische Solarproduzent Sunpower beweist sich erneut als Innovationstreiber in der Photovoltaik (PV). Die Firma hat in einer industrienahen Fertigung eine Solarzelle hergestellt, die Sonnenlicht mit einem Wirkungsgrad von 24,2 Prozent in Strom umwandelt.	1
2	Damit beteiligt sich der niedersächsische Mittelständler an einem Wettlauf, bei dem Weltkonzerne schon vorgelegt haben: Sanyo und die US-Firma SunPower produzieren bereits Zellen mit mehr als 20 Prozent Wirkungsgrad und kommen damit dem Labor- Weltrekord von 24,7 Prozent , gehalten von der University of New South Wales in Sydney , recht nah. Auch auf der Intersolar-Messe, die am heutigen Donnerstag in München beginnt, werden Wirkungsgrade und deren Verbesserung vieldiskutiertes Thema sein.	Damit haben die Amerikaner die Effizienz ihrer Zellen in den vergangenen fünf Jahren um vier Prozentpunkte gesteigert und sind nun dicht dran am Weltrekord der University of New South Wales in Sydney . Bereits Ende der neunziger Jahre erreichten dort Forscher mit einer Siliziumzelle 24,7 Prozent Wirkungsgrad. Sunpowers Schlüssel zu hoher Effizienz ist das Rückkontaktkonzept.	
	Lasern statt drucken		
3	Da die Sonne kostenlos vom Himmel strahlt, könnte einem Solaranlagenbetreiber der Wirkungsgrad seiner Module egal sein.	„Wir verbannen sämtliche Stromanschlüsse unserer monokristallinen Silizium-Solarzellen auf die Rückseite“, erklärt Technologe Bill Mulligan. So wird die lichtzugewandte Front der Zellen nicht durch Metallbahnen verschattet und es fällt mehr Licht zur Energieproduktion ein. Die Technik ist wegen ihrer hohen Leistung sehr gefragt: Serienmäßig hergestellte Rückseitensammler erreichen knapp 23 und bezogen aufs Modul 19,5 Prozent Wirkungsgrad – gängige Siliziumpaneele liegen im Durchschnitt bei 13 bis 16 Prozent.	2
	Doch der Wirkungsgrad beeinflusst die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere Faktor bei der Herstellung: Jeder Prozentpunkt mehr Wirkungsgrad senkt die Kosten um fünf Prozent, so die Faustregel, da pro Watt weniger Material benötigt wird. Allerdings lässt sich nicht alles, was im Labor mit hohem Wirkungsgrad glänzt, in der Massenfertigung mit vertretbarem Aufwand realisieren. Auch hinter den Rise-Zellen (Rear Interdigitated Single Evaporation), die Stiebel Eltron herstellen will, standen zunächst	Der Wirkungsgrad beeinflusst die Wirtschaftlichkeit stärker als jeder andere Faktor bei der Herstellung von Zellen und Modulen. Jeder Prozentpunkt mehr Wirkungsgrad senkt, so die Faustregel, die Kosten um rund fünf Prozent, da pro Watt weniger Material benötigt wird.	3

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
	Fragzeichen.		
4	<p>Bei der vom Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) entwickelten Technologie befinden sich die Stromanschlüsse auf der Rückseite, so dass die Front nicht von Kontakten verschattet wird. Dadurch wird die Zelle effizienter, aber auch schwieriger produzierbar. Das ISFH hat jedoch nach eigenen Angaben einen industrietauglichen Herstellungsprozess gefunden: "Wir benutzen Laser zum berührungslosen Strukturieren der Rückseite. Beide Kontakte werden durch Aufdampfen in einem einzigen Metallisierungsschritt hergestellt", erklärt Jan Schmidt, Gruppenleiter Photovoltaik-Materialien am ISFH.</p>	<p>Bei Sunpower schlägt dieser kostensenkende Effekt aufgrund des teuren monokristallinen Halbleiters und der aufwendigen Produktion jedoch noch nicht durch. Rückseitensammler tragen Minus- und Pluspol auf der Rückseite. Sie müssen deshalb ineinander verschachtelt werden, um Kurzschlüsse zu vermeiden. „Das erfordert zusätzliche Prozessschritte und viel Know-how“, sagt Jan Schmidt vom Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH).</p>	
		Mit Hi-Tech Glas zu mehr Effizienz	
		<p>Die Firmen suchen deshalb fieberhaft nach kosteneffizienteren Alternativen. Sanyo aus Japan zum Beispiel hat eine Mono-Zelle entwickelt, die von Schichten aus günstigem amorphen Silizium umgeben ist. Sie dienen vor allem als Barriere, die verhindert, dass im Kristall erzeugte Ladungsträger an dessen Oberfläche verloren gehen. Dadurch steigt die Effizienz der Zellen auf 20,7 Prozent, die Module schaffen 18,2 Prozent. Alfasolar aus Hannover setzt dagegen für Optimierungen am Modul an. Das Unternehmen verwendet multikristalline Zellen des belgischen Herstellers Photovoltech mit bis zu 17 Prozent Effizienz und verpackt die kleinen Kraftmeier hinter Modulglas mit pyramidenförmigen Strukturen. An der Glasinnenseite werden austretende Strahlen so reflektiert, dass sie erneut auf die Zellen treffen – also quasi eine neue Chance zur Absorption erhalten, falls sie nicht schon beim ersten Kontakt mit dem Silizium in Strom umgewandelt worden sind. So holt Alfasolar maximale Power aus den Zellen – der Modulwirkungsgrad beträgt 15,4 Prozent.</p>	4
5	<p>Dieses Verfahren bringt neben einer höheren Effizienz einen weiteren Vorteil: Dank Lasereinsatz kommen die Rise-Zellen mit dünneren und damit preiswerteren Silizium-Wafern aus.</p>	<p>Immer mehr Hersteller nutzen inzwischen Antireflexionsgläser für Effizienzsteigerungen, wobei Lichtfallen nur ein Weg zu einer besseren Photonenausbeute sind. Centrosolar Glas aus Fürth zum Beispiel durchsetzt die Antireflexschichten seiner Gläser mit winzigen Luftporen, die für einen weichen Übergang des Lichts sorgen. Strukturierte und beschichtete Solargläser bringen einen weiteren Vorteil mit sich: Ihre Oberfläche ist glatter als die konventioneller Gläser, da sie durch Walzen stark verdichtet werden. Dadurch perlen Dreck und Wasser wie am Blatt einer Lotusblume ab und behindern somit den Lichteinfall nicht.</p>	5

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
		Glasspezialisten werden ihre Innovationen vom 28. September bis 1. Oktober 2010 zur Weltleitmesse der Glasindustrie, glasstec , beziehungsweise zur parallel stattfindenden Fachmesse für solare Produktionstechnik, solarpeq , in Düsseldorf zeigen.	
6	Noch effizienter als Hochleistungszellen aus kristallinem Silizium sind lichtbündelnde Systeme. Dabei konzentrieren integrierte Spiegel oder Linsen Licht auf eine winzige Zelle. Die effizientesten unter ihnen erreichen Wirkungsgrade von bis zu 40 Prozent. "An guten Standorten können Konzentratorsysteme schon heute kostengünstiger Strom erzeugen als herkömmliche Flachmodule", sagt Andreas Bett, Leiter der Abteilung Solarzellen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Allerdings müssen Konzentrator-Module exakt der Sonne nachgeführt werden, was die Kosten erhöht und bei Dachanlagen kaum möglich ist.	Bei der konzentrierenden PV geht es ebenfalls um geschickte Lenkung des Lichts. Die Module enthalten Spiegel oder Linsen, die Strahlung auf eine winzige Zelle konzentrieren. Die effizientesten unter ihnen erreichen Wirkungsgrade von bis zu 40 Prozent. „An guten Standorten können Konzentratorsysteme schon heute kostengünstiger Strom erzeugen als herkömmliche Flachmodule“, sagt Andreas Bett, Leiter der Abteilung Solarzellen am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Allerdings müssen Konzentrator-Module exakt der Sonne nachgeführt werden, was die Kosten erhöht und bei Dachanlagen kaum möglich ist.	6
7	Auch am unteren Ende der Preisspanne, bei der Dünnschicht-Technologie , herrscht reger Wettbewerb. Das größte Wirkungsgradpotenzial wird so genannten CIS-Zellen zugesprochen.	Solarzellen im Nanoformat Auch bei der Dünnschichttechnik herrscht reger Wettbewerb. Das größte Wirkungsgradpotenzial wird CIS-Zellen zugesprochen. Die Abkürzung steht für halbleitende Verbindungen aus Kupfer, Indium, Gallium, Selen oder Schwefel.	7
	Das National Renewable Energy Laboratory der USA erreichte damit eine Effizienz von 19,8 Prozent. Allerdings sind industriell gefertigte Zellen hiervon noch weit entfernt, und bei den Produktionskosten haben sie sich noch nicht von der konventionellen Konkurrenz abgesetzt.	Das National Renewable Energy Laboratory der USA erreichte damit eine Effizienz von 20,3 Prozent. Allerdings sind industriell gefertigte Zellen hiervon noch weit entfernt, und bei den Produktionskosten haben sie sich noch nicht von der kristallinen Konkurrenz abgesetzt.	
	"Für CIS existieren einfach noch zu kleine Produktionseinheiten. Erst wenn die Massenproduktion läuft, werden die Kosten sinken", sagt Hansjörg Gabler , bis vor kurzem Leiter Photovoltaik im Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung.	„Für CIS existieren einfach noch zu kleine Produktionseinheiten. Erst wenn die Massenproduktion läuft, werden die Kosten sinken“, sagt EU-Energieexperte Arnulf Jäger-Waldau .	
8	Langfristig sehen die Experten aber alle drei Dünnschichttechnologien - dazu zählen neben CIS- auch Cadmiumtellurid - und Dünnschichtsilizium-Zellen - bei Effizienzen weit jenseits der zehn Prozent und bei Kosten von unter 50 Cent pro Watt.	Dünnschichtmodule aus Cadmium-Tellurid sind weiter entwickelt. Die US-Firma First Solar fertigt sie bereits für 0,60 Euro pro Watt. Die wenigsten Hersteller produzieren Module schon für weniger als ein Euro pro Watt.	
9	Organische Nanozellen könnten in Zukunft ebenfalls eine Option für die Photovoltaik sein. Dabei wandelt ein Gemisch aus Titandioxid-Nanopartikeln und Farbstoffmolekülen - winzige Bällchen einer Ruthenium-Verbindung - ähnlich wie bei der Photosynthese Licht in Strom um.	Nanozellen sind ebenfalls eine Option für die PV. Dabei wandeln winzige Kunststoff- oder Farbstoffpartikel Licht in Energie um. Heliatek aus Dresden zum Beispiel hat ein Verfahren entwickelt, bei dem Farbstoffmoleküle im Vakuum großflächig auf Plastikfolie aufgedampft werden.	8
	Die hauchdünnen Lichtsammler versprechen Produktionskosten , die weit unter denen	Da dabei nur wenig Material und Energie benötigt werden, sinken die Produktionskosten .	

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
	konventioneller Solarmodule liegen.	Die Sachsen streben 0,40 Euro pro Watt an und würden damit weit unter den Kosten konventioneller Solarmodule liegen .	
10	Ihre Schwäche ist jedoch, dass sie schnell an Leistung verlieren, weil der ladungsträgerleitende Flüssigkeitsfilm bei intensiver Sonnenbestrahlung eintrocknet. Um die Massenfertigung zu rechtfertigen, müssen länger haltbare Flüssigkeiten gefunden werden - Forscher weltweit suchen derzeit danach.	Die große Schwäche der Nanozellen ist jedoch, dass sie schnell an Leistung verlieren, weil die als Halbleiter eingesetzten Polymere und Farbstoffe schnell degenerieren. Doch wegen der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten arbeiten Forscher eifrig daran, ihre Haltbarkeit zu verbessern.	
		So lassen sich die schlanken Stromgeneratoren dank ihres geringen Gewichts und ihrer Flexibilität gut als stromerzeugende Glasfassaden oder Fenster in Gebäude integrieren. Experten sprechen dem Marktsegment der Gebäudeintegration großes Wachstumspotenzial zu. Den Maschinen- und Anlagenbauern bietet die Nano-PV ein neues Betätigungsfeld. Unternehmen wie Centrotherm, Leybold Optics oder Von Ardenne, die Ihre Innovationen zur solarpeq vorstellen werden, beliefern bereits Dünnschicht-Produzenten oder Hersteller organischer Leuchtdioden (OLED) mit Beschichtungsanlagen. Diese Maschinen werden verstärkt auch die Hersteller von organischen oder Farbstoffzellen nachfragen. Zur glasstec wird es im Rahmen der Sonderschau glass technology live Beispiele für ästhetische fassadenintegrierte Photovoltaik bzw. Multifunktionsfassaden zu sehen geben.	9
	Strom aus Farbstoffolien	Silizium weiter dominierend	
11	Trotz des großen Entwicklungspotenzials von Dünnschicht & Co. glaubt Stefan Glunz, Leiter der Abteilung Entwicklung von Siliziumsolarzellen am Fraunhofer ISE, an die Zukunft der Silizium-Wafer-Technologie,	Trotz des großen Entwicklungspotenzials von Dünnschicht & Co. glaubt Stefan Glunz, Leiter der Abteilung Entwicklung von Siliziumsolarzellen am ISE, an die Zukunft der Siliziumzellen,	10
	da ihre Langzeitstabilität außer Frage stehe und sich ihre Effizienz bereits mit geringem Aufwand verbessern lasse. Wirkungsgradsteigerungen von einem Prozent seien etwa zu erreichen, indem Antireflexionsschichten mehr Strahlung nutzbar machen und Passivierschichten Ladungsträgerverluste durch die sogenannte Rekombination entgegenwirken.	da ihre Langzeitstabilität außer Frage stehe und sich ihre Effizienz bereits mit geringem Aufwand verbessern lasse. Wirkungsgradsteigerungen von einem Prozent sind etwa zu erreichen, indem bessere Antireflexionsschichten mehr Strahlung nutzbar machen und neue sogenannte Passivierschichten Ladungsträgerverluste an der Kristalloberfläche entgegenwirken.	
12	Auch neue Methoden zur Herstellung von Zellenkontakten helfen weiter. Heute werden Frontkontakte meist durch Siebdruck von Metallpasten produziert. Die so hergestellten breiten Kontaktfinger behindern den Lichteinfall und haben hohe Widerstände. Zudem treten beim Druck große Kräfte auf, dem nur dickere Zellen trotzen können.	Auch neue Methoden zur Herstellung von Zellenkontakten helfen weiter. Heute werden Frontkontakte meist durch Siebdruck von Metallpasten produziert. Die so hergestellten breiten Kontaktfinger behindern den Lichteinfall und haben hohe Widerstände. Zudem treten beim Druck große Kräfte auf, dem nur dickere Zellen trotzen können.	
13	Das Fraunhofer ISE entwickelt deshalb Metallisierungsprozesse, die ohne Siebdruck	Das ISE entwickelt deshalb Metallisierungsprozesse, die ohne Siebdruck	

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
	auskommen. "Wir setzen dabei auf die chemische Abscheidung von Metallen oder das kontaktlose Drucken von Metallaerosolen", sagt Glunz.	auskommen. „Wir setzen dabei auf die chemische Abscheidung von Metallen oder das kontaktlose Drucken von Metallaerosolen“, sagt Glunz.	
14	<p>Weitere Effizienzgewinne verspricht mit Bor angereichertes monokristallines Silizium. Es hat bessere elektrische Eigenschaften als alle anderen derzeit verwendeten Siliziumtypen. So überleben die Ladungsträger darin länger, was bei Rückkontaktzellen, in denen Elektronen und Elektronenlöcher weite Strecken zurücklegen müssen, unabdingbar ist. Fraunhofer ISE und ISFH suchen derzeit nach Wegen, um den schwer handhabbaren Wunderstoff in industrielle Prozesse einzubinden.</p>	<p>Weitere Effizienzgewinne verspricht „N-Typ“-Silizium, ein mit Bor angereicherter, positiv leitender Absorber. Diese spezielle Siliziumvariante hat besonders gute elektrische Eigenschaften, ist wegen des reaktionsfreudigen Bor in der Produktion jedoch schwer handhabbar. So ist eine optimale Passivierung von N-Typ-Zellen mit gängigen Barriereschichten nicht zu erreichen. Der chinesische PV-Konzern Yingli Solar hat in Kooperation mit dem Energieforschungszentrum der Niederlande (ECN) und dem US-Anlagenbauer Amtech Systems nun einen industrietauglichen Prozess für die N-Typ-Zelle gefunden. Die Module, die Yingli vom Herbst 2010 an aus den neuen Lichtsammlern fertigen will, sollen bis zu 16,5 Prozent des Lichts in Energie umwandeln und mit 190 bis 315 Watt locker so viel Leistung wie gute Paneele westlicher Produzenten bringen.</p>	11
15	<p>Eine Alternative dazu könnten sogenannte "Emitter Wrap Through"-Zellen (EWT) sein. Diese Rückkontaktzellen sind weniger effizient, aber günstiger herzustellen, denn sie bestehen aus unreinerem multikristallinem Silizium. Forscher sehen die wirtschaftlich erreichbare Effizienz von EWT-Zellen bei mehr als 17 Prozent - die bisherigen Low-Cost-Zellen dringen also in Regionen vor, die bisher monokristallinen Zellen vorbehalten waren.</p>	<p>Eine Alternative dazu könnten sogenannte „Metallization Wrap Through“-Zellen (MWT) sein. Dabei werden die für die Verschaltung im Modul nötigen Stromsammelschienen auf die Rückseite der Zellen verlegt und über 16 in den Wafer gebohrte Löcher mit den Metallkontakten auf der Frontseite verbunden. Durch dieses Durchfädeln der Metallisierung verringert sich der Schattenwurf. Damit ist MWT gewissermaßen die leichter umzusetzende Vorstufe der von Sunpower gefertigten Rückseitensammler, denn im Gegensatz dazu bleiben die Kontakte auf der Vorderseite. Nichtsdestotrotz lässt sich durch diese „einfache“ Maßnahme die Effizienz deutlich steigern. Das ECN und der norwegische PV-Konzern REC erreichten im Dezember 2009 mit Modulen aus sogenannten MWT-Zellen aus multikristallinem Silizium 17 Prozent Wirkungsgrad. Die Kooperative übertraf damit den bis dahin von den Sandia National Laboratories in den USA gehaltenen Wirkungsgradrekord für MWT-Zellen um 1,5 Prozentpunkte. Selbst mit dem Standardhalbleiter sind damit inzwischen Effizienzen möglich, die bisher nur mit teuren Hocheffizienzzellen erreicht wurden.</p>	12
		<p>Welche Optimierungsmöglichkeiten die PV-Hersteller auch immer nutzen, letztendlich entscheiden innovative Produktionsverfahren über konkurrenzfähige Herstellungskosten. Hier profitiert die PV-Branche unter anderem von dem Spezialwissen der Unternehmen aus der</p>	13

Abs	Frankfurter Rundschau (12.6.2008)	Messe Düsseldorf (7 / 2010)	Abs
		Glasbranche mit Ihrer Erfahrung im Bedampfen, Bedrucken, Laminieren oder der Neuentwicklung von Spezialgläsern. Zur glas-tec und solar-peq kommen in Düsseldorf beide Branchen erstmals in dieser Form zusammen – eine gute Basis für mehr Wirkungsgrad in der Zukunft.	
	Solar-Glossar		
16	CIS-Technologie: CIS steht für Dünnschichtzellen aus Kupfer und Indium in Kombination mit Gallium, Selen oder Schwefel. Weitere Dünnschichttechnologien sind Zellen aus Cadmiumtellurid und Dünnschichtsilizium. Durchschnittlicher CIS-Wirkungsgrad: zehn Prozent.		
17	Monokristallines Silizium wird aus einer hochreinen Siliziumschmelze gewonnen. Aus ihr werden einkristalline Stäbe gezogen, die dann in dünne Scheiben, in Wafer, geschnitten werden. Durchschnittlicher Wirkungsgrad: 17 Prozent.		
18	Multikristallines Silizium ist weniger hochwertig als monokristallines Silizium. Es wird in Blöcke gegossen und in Scheiben geschnitten. Bei Abkühlung bilden sich unterschiedlich große Kristallstrukturen, an deren Kanten Defekte auftreten, die niedrigere Effizienzen zur Folge haben. Durchschnittlicher Wirkungsgrad: rund 14 Prozent.		
19	Rekombination bezeichnet den Vorgang in der Solarzelle, bei dem sich negative Elektronen wieder mit positiven Elektronenlöchern vereinen, aus denen sie zuvor vom Licht herausgeschlagen wurden. Diese Ladungsträger gehen dabei für die Solarstrom-Erzeugung verloren. Passivierende Schichten, die auf die Zelloberfläche aufgetragen werden, verringern die Rekombination.		
20	Wafer nennt man die aus Siliziumblöcken (Ingots) gesägten Siliziumscheiben. Sie werden zu Zellen weiterverarbeitet.		