

# Mehr Licht für Solarzellen

**Es gibt verschiedene Faktoren, die den Wirkungsgrad von Photovoltaikzellen begrenzen. Einer davon ist der Schattenwurf durch metallische Kontakte und Leiterbahnen auf der Frontseite. Zellen, bei denen sich die Metallisierung auf der Rückseite befindet, sammeln mehr Licht und arbeiten effizienter. Immer mehr Unternehmen setzen daher auf diese Technik.**

## Höhere Stromausbeute

Solarsysteme mit einer höheren Stromausbeute sind das Ziel weltweiter Forschung. Zu den neuesten Entwicklungen zählen Solarzellen, bei denen die Stromanschlüsse auf der Rückseite angeordnet sind, sodass die Frontseite nicht von Kontakten und Stromsammelschienen verschattet wird. Dadurch kann mehr Sonnenlicht eindringen und der Wirkungsgrad steigen (Bild 1).

Innovationstreiber bei diesen sogenannten Rückkontaktzellen ist der US-Hersteller Sunpower. Seine Rückkontaktzellen wandeln Licht inzwischen mit einem Wirkungsgrad von gut 22 % in Strom um, bezogen auf das Modul, das derzeit unter dem „Maxeon“ in den Markt eingeführt wird, immerhin mit 20 %. Das ist ein Prozentpunkt mehr als Sunpowers bisher gängige Module aus Rückkontaktzellen und ein Viertel mehr als marktübliche Siliziummodule, die aktuell durchschnittlich 15 % Effizienz erreichen.

Um mit einer Zelle Strom zu erzeugen, müssen die Elektronen, die durch das einfallende Licht erzeugt werden, 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 Elektronen nicht weit wandern müssen. Umgekehrt begrenzt der Schattenwurf der Kontakte und Leiterbahnen jedoch die Lichtausbeute. Bei Sunpowers Zellen ist die Emitterschicht deshalb samt Kontakten auf die Rückseite verbannt worden.

Das Konzept gilt als revolutionär: Mit gut 22 % Wirkungsgrad kommen Sunpower-Zellen dem Labor-Weltrekord von knapp 25 %, gehalten von der University of New South Wales in Sydney, schon ziemlich nahe. Einem Solaranlagenbetreiber bräuchte der Wirkungsgrad nicht zu interessieren, denn immerhin strahlt die Sonne ja 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 7 %, da pro Watt weniger Material benötigt wird.

## Hocheffizient, aber teuer

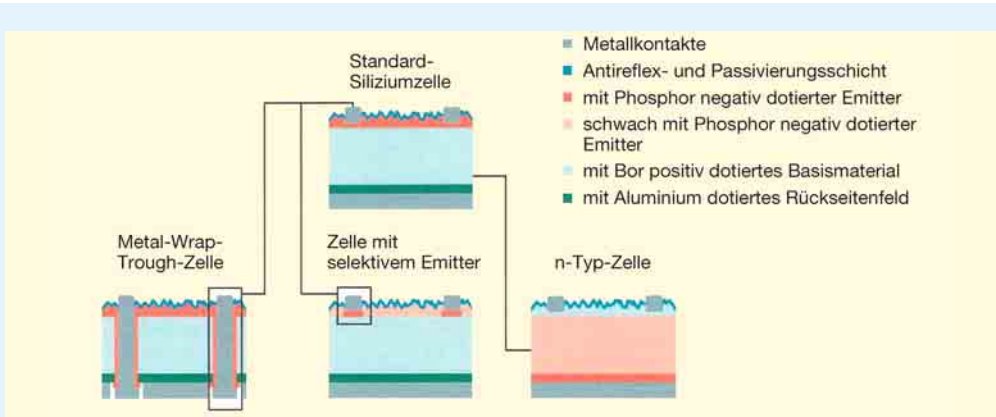
Bei Sunpower wird dieser Effizienz-Effekt jedoch noch durch die teure Produktion aufgezehrt: Zum einen müssen bei Rückseitensammeln die Elektronen durch das Halbleitermaterial hindurch zum rückseitigen Emitter diffundieren. Das funktioniert nur dann ohne nennenswerte Verluste, wenn die Zelle aus monokristallinem 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 elektrischen Anschlüsse beider Pole ineinander verschachtelt werden. Deshalb sind weitere Prozess- und Justierschritte erforderlich, die die Herstellungskosten erhöhen. Sie liegen laut Sunpower rund 50 US-Dollar pro Watt über denen der preiswertesten Wettbewerber.

Die Amerikaner können zwar trotzdem 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. „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 sogenannten Metal-Wrap-Through (MWT)-Zelle,

die sein Institut entwickelt hat. Dabei werden anders als bei Sunpowers Rückseitensammeln 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. Durch dieses relativ einfache Durchfädeln der breiten Leiterbahnen wird die Zelle weniger verschattet und der Wirkungsgrad steigt auf über 17 %. Zum Vergleich: Multikristalline Standardzellen kommen derzeit auf rund 16 % Effizienz. Schon 2007 hatte das deutsch-niederländische Unternehmen Solland Solar die MWT-Zellen des ECN zur Serienreife gebracht, nur fanden sich lange kein 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 % starten. Ebenso nutzt Canadian Solar das von ECN entwickelte MWT-Konzept für seine sogenannten ELPS-Module. Die Paneele sind sowohl mit multi-, als auch mit monokristallinen Zellen ausgestattet, woraus sich unterschiedliche Effizienzen ergeben. Liegt die Effizienz bei den multikristallinen Modulen bei knapp 16 %, erreichen monokristalline Kacheln 16,5 % Wirkungsgrad. Derzeit startet Canadian Solar die Serienproduktion auf einer Produktionslinie mit 50 MW Jahreskapazität, 2012 werde das Unternehmen dann Module mit MWT-Technik in Masse in einem 600-MW-Werk umsetzen, kündigt Firmenchef Shawn Qu an.

## Günstigere Alternativen

Der chinesische Solarkonzern Yingli will Schott Solar und Canadian Solar technisch noch übertrumpfen. Er plant, den Wirkungsgrad von MWT-Zellen mit einem speziellen monokristallinen n-Typ-Silizium auf 20 % zu steigern. Bezogen auf das Modul würde das eine Effizienz von etwa 18 % bedeuten, was für die MWT-Tech-



1 Solarsysteme mit einer höheren Stromausbeute sind das Ziel weltweiter Forschung

Quelle: B. Schlund

nik einem Quantensprung gleichkame. 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. n-Typ-Zellen sind genau umgekehrt aufgebaut. Ihr Vorteil: Wegen seiner speziellen Atomeigenschaften verhindert Bor, dass generierte Ladungsträger in der Zelle 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. Es sind noch weitere technische Verbesserungen zu erwarten. Das ECN forscht an Prozessierungsverfahren für besser verspiegelte und passivierte Zellenrückseiten, die weniger Reflexion und Ladungs-

trägerverluste zulassen. Unter dessen arbeitet das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) an der Optimierung eines dritten Typs Rückkontaktzelle, der sogenannten Emitter-Wrap-Through (EWT)-Zelle. Diese Technik wurde bereits in den Neunzigerjahren entwickelt, doch blieb sie wie die MWT-Zellen lange ein Laborhüter, da die Hersteller aufgrund der immensen Nachfrage bisher selbst einfachste Standardzellen teuer verkaufen konnten. Da sich der Markt gerade dreht, dürfte entweder die multikristalline EWT-Zelle des ISE mit 18 % oder die monokristalline Variante mit fast 19 % Wirkungsgrad zur spannenden Option für die Industrie werden. Die EWT-Technik gilt als Kompromiss zwischen reinen Rückseiten-sammelern und MWT-Zellen. Dabei wird der Elektronen sammelnde Emitter durch Tausende von lasergebohrten Löchern von der Frontseite auf den Zellenrücken geführt. So müssen die Elektronen nicht durch den ganzen Halbleiter wandern, um zu den positiven Kontakten auf der Rückseite zu

gelangen, sondern können quasi durch die Emitter-Tunnel dorthin rutschen. Der zusätzliche Prozessschritt mit Lasern steigere zwar die Kosten, lohne sich aber, erklärt *Stefan Glunz*, Leiter der Abteilung Siliziumsolarzellen – Entwicklung und Charakterisierung am ISE. „Die höheren Produktionskosten werden durch den Effizienzgewinn überkompensiert.“

### Starke Konkurrenz

Wissenschaftler glauben, dass alle drei Rückkontaktkonzepte dank ihres großen Kostensenkungspotentials 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 Wafer mit einer dünnen Schicht aus amorphem 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 %.

JA Solar aus China wiederum hat eine Solarzelle entwickelt, die mit durchschnittlich 17,5 % Wirkungsgrad exakt einen Prozentpunkt mehr Licht in Strom umwandelt als ihre bisher gängigen Zellen aus multikristallinem Silizium. Schlüssel zu höherer Effizienz ist ein neuer, „Quasi-Mono“ genannter Halbleiter. Er wird wie einfaches multikristallines Silizium hergestellt, hat aber dank einer speziellen Kristallisationstechnik weitgehend monokristalline Eigenschaften und weist somit weniger für die Energiegewinnung hinderliche Kristalldefekte auf. „Dadurch lässt sich mit geringem Zusatzaufwand die Leistung von Solarmodulen deutlich steigern“, sagt *Philipp Matter*, Vizechef von JA Solar Deutschland. Module aus Quasi-Mono-Zellen verkauft das Unternehmen seit diesem Sommer unter dem Namen „Maple“.

# Weil Strom von der Sonne kommt



**Wagner & Co**  
SOLARTECHNIK



**Werden Sie Energiepartner!** Setzen Sie jetzt auf unsere hocheffizienten Solarstromsysteme mit dem bestmöglichen Preis-Leistungs-Verhältnis. Damit legen Sie einen soliden Grundstein für zufriedene Kunden und leisten einen nachhaltigen Beitrag zur Energiewende. **Infos unter: [www.wagner-solar.com](http://www.wagner-solar.com)**



**Strom. Wärme. Zukunft**

Fortschritte bei neuen PV-Anwendungen wie der Dünnschicht oder konzentrierenden PV-Systeme erschweren die Lage für die Anbieter kristalliner Technik. Der süddeutsche Anlagenbauer Manz präsentierte auf der europäischen Photovoltaik- und Solarmesse EU PVSEC im September in Hamburg ein CIGS-Modul mit 14 % Wirkungsgrad. CIGS steht für eine halbleitende Verbindung aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen. Üblich sind für die Dünnschicht rund 10 % Effizienz, im Durchschnitt rund 16 % erreichen Module aus kristallinem Silizium. Damit stößt die Dünnschicht in Effizienzbereiche vor, die bisher der Siliziumtechnik vorbehalten waren.

Auch Konzentratorsysteme drängen auf den Markt. Auf der PVSEC lautete die Botschaft: Die Konzentratortechnik hat das Labor verlassen und ist auf dem Weg zur Kommerzialisierung. Die global installierte Konzentratorleistung könne von derzeit 100 bis 2015 auf 2000 MW steigen, sagt Arnulf Jäger-Waldau vom Joint Research Centre der EU-Kommission. Die Grundidee der Technik ist einfach: Eine preisgünstige Optik ersetzt teures Halbleitermaterial. Die Systeme arbeiten mit Linsen oder Spiegeln, die ähnlich wie ein Brennglas die Sonnenstrahlen auf eine Zelle konzentrieren. Ein Tracker führt die Einheiten dem Sonnenstand nach.

Die verwendeten Zellen können nun wegen der hohen Sonneneinstrahlung wesentlich kleiner ausfallen als bei der Standardtechnik. Das ermöglicht den Einsatz sehr hochwertiger und damit umso effizienterer Zellen, ohne die Kosten ausufernd zu lassen. Die günstige Optik verstärkt das Licht bis zu 1000-fach und erzielt dadurch Zellenwirkungsgrade von bis zu 40 %. Anlagen, die mit diesen Zellen arbeiten, produzieren dann Strom mit rund 25 % Effizienz. Nachteil der Technik ist, dass sie nur in sehr sonnenreichen Regionen gut funktioniert.

In den Wüstenregionen im Südwesten der USA treffen die Konzentratoren auf beste Bedingungen. Sunpower, das in den USA hinter Dünnschichtanbieter First Solar derzeit Projektiernummer zwei ist, muss um seine führende Rolle auf dem Heimatmarkt bangen.

S. Rentzing

## Mehrertrag bei teilverschatteten Solaranlagen

**Eine Teilverschattung von PV-Anlagen führt üblicherweise zu größeren Leistungsverlusten, als es die Größe der verschatteten Fläche erwarten lässt. Mit sogenannten Leistungsoptimierern können Verluste deutlich verringert werden. Spezielle Module verfügen über dieses Feature bereits ab Werk.**

### Bislang schieden viele teilverschattete Flächen aus

Ein Blitzableiter, eine Gaube oder ein Baum an der falschen Stelle und dahin ist oftmals der Traum von der ertragreichen Solaranlage – die Teilverschattung von Photovoltaiksystemen führt üblicherweise zu größeren Leistungsverlusten, als es die Größe der verschatteten Fläche erwarten lässt. Ursache dafür ist die in der Photovoltaik übliche Reihenverschaltung der einzelnen Module zu Strings, die aufgrund der höheren Systemspannung geringere Kabelquerschnitte und damit eine effizientere Verdrahtung der Anlagenkomponenten erlaubt. Nachteil der Reihenverschaltung ist allerdings ein Phänomen, das bei der Teilverschattung einer Solaranlage zu beobachten ist. Von Teilverschattung betroffene Module fallen rapide in ihrer Leistung ab und werden vom Generator zum Verbraucher – mit dramatischen Konsequenzen für den String. Denn während sich in der Reihenverschaltung die Spannung von Modul zu Modul

addiert, diktiert das jeweils schwächste Panel den übrigen in der Kette die vorherrschende Stromstärke.

Sofern das Risiko der Teilverschattung erkannt wird, lassen sich mögliche Ertragsverluste reduzieren, indem die Modulstrings entsprechend angeordnet und verschaltet werden – vollständig vermeiden lassen sie sich dadurch jedoch nicht. Bislang schieden daher viele teilverschattete Flächen für die Nutzung von Photovoltaik aus.

### Flächen besser ausnutzen

Mittlerweile jedoch existiert eine technische Lösung für das Problem: Seit geraumer Zeit sind sogenannte Leistungsoptimierer auf dem Markt. Dabei handelt es sich um optionale elektronische Schaltungen, die – direkt hinter jedem einspeisenden Modul angeordnet – für ein ideales Verhältnis zwischen Strom und Spannung im Modulstring sorgen. Der auch als MPP-Tracking bezeichnete Vorgang erfolgt damit

nicht wie bisher im Wechselrichter, sondern bereits auf Modulebene. Der Wechselrichter kann auf diese Weise stets mit der optimalen Eingangsspannung betrieben werden.

Die Vorteile dieser Methode liegen auf der Hand: So ist es möglich, die Module ohne Rücksichtnahme auf temporär verschattete Bereiche anzuordnen und die zur Verfügung stehende Fläche insgesamt besser auszunutzen. Zudem ist es nicht mehr erforderlich, die Module vor ihrer Verschaltung nach Leistungsklassen zu sortieren, da das schwächste Modul im String nicht mehr die Leistung der anderen bestimmt. Mehr noch: Da alle Module der Solaranlage immer an ihrer jeweiligen Leistungsobergrenze operieren, wächst der Ertrag des Gesamtsystems.

### Leistungsoptimierer in Modul integriert

In Kooperation mit der israelischen Firma Solaredge entwickelte das Berliner Unternehmen Solon SE ein Solarsystem, dessen Solarmodule bereits mit integrierten Leistungsoptimierern ausgestattet sind (Bild). Dabei sind die Module nach IEC 61215 und 61730 zertifiziert und ebenso einfach wie herkömmliche Paneele zu installieren – der Aufwand für die Montage separater Leistungsoptimierer entfällt.

Ist der spezielle Wechselrichter mit dem Internet verbunden, können die aktuellen Leistungsdaten sowohl der einzelnen Module als auch der gesamten Anlage online abgerufen werden. Die individuelle Ansprechbarkeit der Module erlaubt es auch, die gesamte Solaranlage zentral über den oder die eingesetzten Wechselrichter abzuschalten – beispielsweise als Schutz bei nachträglichen Montagearbeiten oder im Brandfall.

Solon spricht mit ihrem Solraise genannten Produktpaket vor allem die Eigenheimbesitzer an, die bislang aufgrund einer besonderen baulichen Situation keine Solaranlage auf ihrem Dach installiert haben. Mit Solraise lassen sich auf teilverschatteten Dächern im Vergleich zu herkömmlichen Solaranlagen bis zu 25 % Mehrertrag erzielen.

D. Hundmaier



### Maximale Erträge, Monitoring und Brandschutz

Das Produktpaket ist vor allem an die Eigenheimbesitzer gerichtet, die bislang aufgrund einer besonderen baulichen Situation keine Solaranlage auf ihrem Dach installiert haben.

Quelle: Solon