

## Hoffnungsträger der PV

**Schnelle Kostensenkungen können das Überleben der Solarhersteller in der Krise sichern. Damit rücken Zellen aus multikristallinem Silizium wieder stärker in den Fokus. Sie sind kostengünstig und ihr Wirkungsgrad lässt sich mit relativ geringem Aufwand schnell steigern.**

### An multikristallinen Zellen führt heute kein Weg vorbei

Die Technik sollte längst keine Rolle mehr spielen. Als in den Neunzigerjahren der Bedarf an Photovoltaik-Anlagen stieg, galten Solarmodule aus multikristallinem Silizium bereits als Auslaufmodell. Die Zellen waren zu klobig und mit nur durchschnittlich 10% Wirkungsgrad nicht effizient genug. Dünnere und leistungsstärkere Absorber sollten sie daher bald ersetzen.

Die US-Regierung investierte in den Neunzigerjahren insgesamt über eine Milliarde Dollar Fördergelder in die Weiterentwicklung von Dünnschicht- sowie Mehrfachzellen. Während die Dünnschicht wegen ihres geringen Materialbedarfs das Interesse der Forscher weckte, faszinierten die Mehrfachzellen aufgrund ihrer hohen Effizienz. Bis zu fünf verschiedene Halbleiterschichten wandeln bei dieser Technik fast 40% des Lichts in Strom um.

In Japan wiederum fokussierten sich die Forscher besonders auf reines monokristallines Silizium. Sogenannte Heterojunction-Zellen (HIT) zum Beispiel, die zur Vermeidung von Ladungsträgerverlusten

extra mit einer zusätzlichen Schutzschicht aus amorphem Dünnschichtsilizium ummantelt werden, erreichen Wirkungsgrade von mehr als 20%.

In Deutschland hingegen arbeiten die Firmen trotz der Vorbehalte auch weiterhin mit multikristallinem Silizium. „Die hiesige Industrie investierte weniger in revolutionäre Zellentechniken, sondern setzte eher auf die Evolution bestehender Konzepte“, sagt Prof. Eicke Weber, Leiter des Fraunhofer-Instituts für solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Inzwischen zeigt sich, dass die Unternehmen damit intuitiv den richtigen Weg einschlugen. Noch immer dominieren multikristalline Zellen die Photovoltaik laut Marktforscher Navigant Consulting mit 47% Marktanteil klar vor monokristallinen Zellen mit 38%. Mit 14% folgt mit großem Abstand die Dünnschicht, die Mehrfachzellen tauchen in der Marktstatistik gar nicht auf.

Dass an den multikristallinen Zellen bis heute kein Weg vorbeiführt, ist leicht erklärt: Innovationen entwickelten sich hier rascher als bei konkurrierenden Techniken. „Der durchschnittliche Wirkungsgrad stieg in den vergan-

genen zehn Jahren um fünf Prozentpunkte auf 15%“, erklärt Eicke Weber. Gleichzeitig sank der Materialbedarf. Mit 0,2 mm Dicke sind die Siliziumscheiben, die sogenannten Wafer, inzwischen im Schnitt ein Drittel dünner als noch vor einer Dekade. Außerdem lassen sich multikristalline Standardzellen leichter produzieren als die neuen Techniken. So konnten zügig Produktionslinien aufgebaut und Skaleneffekte durch steigende Produktionsmengen erzielt werden.

### Vom Auslaufmodell zum Bestseller

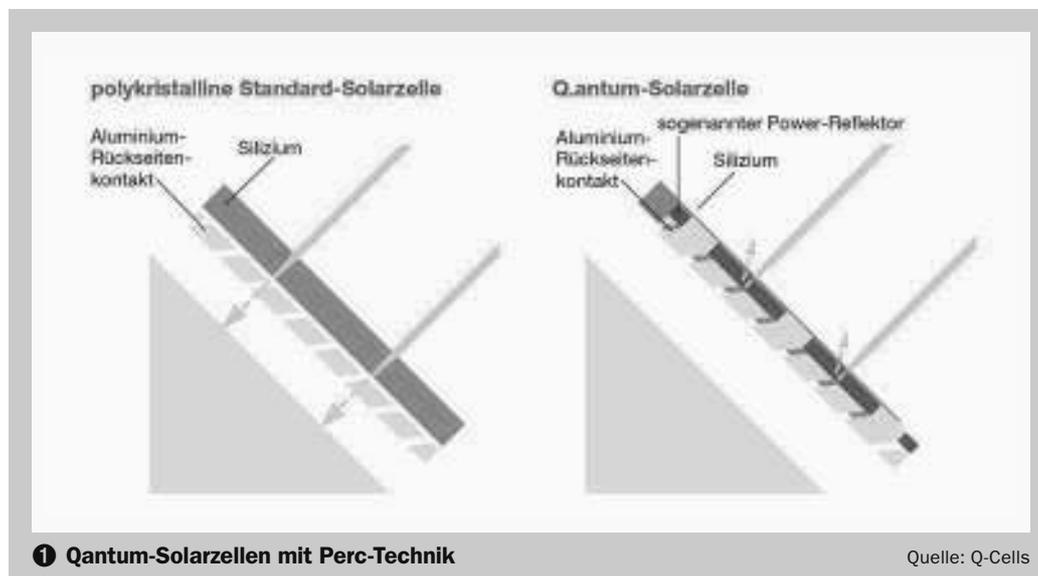
Dank der besseren und immer größeren Produktionen fielen die Kosten drastisch. Im Sommer 2011 gab die Online-Plattform pvXchange Großhandelspreise von rund 1,50 Euro pro Watt für kristalline Module aus deutscher Produktion an. Seitdem senkten die Hersteller ihre Preise um rund ein Drittel auf unter einen Euro pro Watt. Und die Technik kann noch deutlich günstiger werden. „Die Effizienz multikristalliner Module lässt sich sicher noch auf 20% erhöhen“, sagt Weber. Steigt die Effizienz, sinken automatisch der Materialbedarf und die Kosten. Großes Innovationspotential haben sicher auch die Dünnschicht- und die Mehrfachzellen, nur vollziehen sich technische Fortschritte hier langsamer. Dünnschichtzellen auf Basis der Halbleiter Kupfer, Indium und Gallium (CIS) zum Beispiel erreichen zwar be-

reits Wirkungsgrade von 13%, konnten ihre kristallinen Konkurrenten beim Preis aber noch nicht unterbieten – laut pvXchange kosten CIS-Module derzeit noch rund 1,40 Euro pro Watt. „Der Aufbau großer Fertigungskapazitäten ist beim CIS schwieriger als erwartet“, gesteht der Dünnschichtexperte Prof. Dr. Michael Powalla vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung. Auch die Mehrfachzellen-Produktion ist durch den niedrigen Automatisierungsgrad noch nicht wirtschaftlich.

Das Problem ist, dass die Solarindustrie nicht mehr viel Zeit hat, um die Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik zu erreichen. Fast überall in Europa haben Länder mit einer Einspeisevergütung für Solarstrom die Fördertarife radikal gekürzt, weil der starke Zubau an Solaranlagen außer Kontrolle geriet. In Deutschland zum Beispiel sinkt die Solarstromvergütung dieses Jahr rückwirkend um bis zu 30%. „Wer in diesem schwierigen Marktumfeld bestehen will, muss seine Preise weiter massiv senken“, sagt der Analyst Dr. Matthias Fawer von der Schweizer Bank Sarasin.

Aus jetziger Sicht sind multikristalline Zellen hierfür am ehesten geeignet, denn sie weisen von allen Techniken die steilste Lernkurve auf. Die deutschen Solarmaschinenbauer und Hersteller sind die Technologieführer bei den Multis und kennen die Stellschrauben für weitere Innovationen. Unternehmen wie Centrotech, Manz oder Schmid liefern Equipment für alle Bereiche der kristallinen Wertschöpfungskette von der Siliziumherstellung bis zur Modulfertigung. Mit ihren Anlagen und Automationslösungen sorgen sie für rasche Effizienzgewinne und sinkende Fertigungskosten. Eine zukunftssträchtige Technologie, die schon bald Einzug in die Fabriken halten könnte, sind multikristalline Zellen mit Rückseitenpassivierung, die sogenannten Perc-Zellen (Passivated Emitter and Rear Contact). Anlagenbauer Schmid zum Beispiel hat jetzt eine spezielle Perc-Variante von Schott Solar lizenziert und vertreibt dafür nun Produktionsequipment an Kunden weltweit.

Bei den derzeit gängigen Standardzellen drängen Elektronen zum Minuspol auf der Vorderseite



1 Quantum-Solarzellen mit Perc-Technik

und die Elektronenlöcher zum Pluspol auf der Rückseite. Hier fließt der Strom über einen Aluminiumkontakt ab, der großflächig auf dem Wafer liegt. Durch das Aluminium ist der elektrische Kontakt zum Pluspol zwar sehr gut, aber der direkte Kontakt zwischen Metall und Halbleiter führt dazu, dass sich negative und positive Ladungsträger an dieser Grenze gegenseitig auslöschen, im Fachjargon: rekombinieren. Die Entwickler nutzen deshalb einen einfachen Trick: Sie ersetzen das Aluminium durch eine neue Schicht, die Stromverluste reduziert. Man bezeichnet diese Schicht als dielektrische Passivierungsschicht, die aus Siliziumnitrid, Siliziumoxid oder Aluminiumoxid bestehen kann. Allerdings haben diese Schichten den Nachteil, dass sie Strom nicht leiten. Deshalb müssen sie zusätzlich an einigen Stellen geöffnet werden, um die metallenen Stromanschlüsse dort hindurchzuführen und mit dem Halbleiter verbinden zu können.

### Diverse neue Konzepte

Der ostdeutsche Solaranbieter Q-Cells setzt ebenfalls auf Perc-Zellen. Die Firma musste zwar im April Insolvenz anmelden, doch sind die Chancen auf eine erfolgreiche Restrukturierung laut Insolvenzverwalter *Henning Schorsch* günstig. Perc soll beim Neuanfang helfen: Auf der Solarmesse Intersolar präsentierte Q-Cells sein neues Modul namens „Qantum“, das mit diesen Zellen ausgestattet ist. Die Firma verspiegelt und passiviert multikristalline Wafer auf der Rückseite mit einer speziellen Siliziumnitrid-Schicht. Für die Kontaktierung nutzt sie einen vom ISE entwickelten Prozess: „Wir schießen von außen mit Lasern auf das Aluminium und feuern es so durch unsere dielektrische Nanoschicht auf den Wafer“, erklärt Q-Cells-Cheftechniker *Dr. Peter Wawer*. Die Laserbehandlung lohnt sich: Durch die neue Rückseitenstruktur steige der Zellenwirkungsgrad in der Pilotproduktion auf 19,5%, bezogen auf das Modul auf 18%. Die Überlegungen deutscher Solarhersteller gehen aber noch weiter. Bosch Solar Energy, Q-Cells und Solarworld erwägen, Perc-Zellen künftig aus sogenanntem

Quasi-Mono-Silizium herzustellen. Dieser neue Halbleiter, der dem multikristallinen Silizium zugeordnet wird, gilt in der Branche als eine Art Sprungbrett zur Wettbewerbsfähigkeit. Es wird wie einfaches multikristallines Material in Schmelztiegeln hergestellt, hat aber die Eigenschaften des höherwertigen monokristallinen Materials. „Damit ist es möglich, einen Effizienzgewinn von bis zu zwei Prozentpunkten bei nahezu gleichbleibenden Produktionskosten zu erzielen“, sagt *Dr. Jan Schmidt*, Leiter der Abteilung Photovoltaik im Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH).

Normalerweise wird Silizium in einem speziellen Tiegel geschmolzen und anschließend kontrolliert abgekühlt. Beim Blockguss für multikristalline Blöcke richten sich die Kristalle unterschiedlich aus. In ihren Zwischenräumen entstehen sogenannte Korngrenzen, jene Unregelmäßigkeiten, die die Stromausbeute schmälern. Daher wird der Tiegelboden mit einer Platte aus einkristallinem Silizium als Saatkristall präpariert. Beim Abkühlen erstarrt der Halbleiter an diesem Kristall und übernimmt weitgehend dessen Orientierung. Dadurch werden effizienzschmälernde Defekte im Material vermieden.

Mit sinkenden Material- und Produktionskosten rückt schließlich eine Technik in den Fokus der Hersteller, an die sie sich wegen der vergleichsweise schwierigen Produktion lange nicht heranwagten: die sogenannten Metal-Wrap-Through (MWT)-Zellen. Bei dem vom niederländischen Energieforschungsinstitut ECN entwickelten Ansatz werden die Stromsammelschienen intern auf die Rückseite durchgeführt. Dadurch liegen auf der Vorderseite weniger Leiterbahnen, die Licht von der Zelle fernhalten. Der Wirkungsgrad steigt, und gleichzeitig können die Module mit effizienteren Methoden gefertigt werden.

Mit Bosch Solar, Ja Solar, Kyocera und Canadian Solar wollen jetzt gleich vier Firmen die neue Technik serienmäßig herstellen. Kein Wunder, denn sie ermöglicht Module mit 16% Wirkungsgrad. Damit stößt die multikristalline Technik in Effizienzbereiche vor, die bisher den teureren monokristallinen Modulen vorbehalten waren.

S. Rentzing

## Symposium Fassadentechnik, Großbeeren

# Weg zum Solar-Fassaden-Kraftwerk

**Rund 350 Experten aus dem In- und Ausland kamen im Juni zum Fachsymposium Fassadentechnik in das Facade-Lab nach Großbeeren bei Berlin. Im Mittelpunkt stand die Entwicklung intelligenter Fassaden, die natürliche Ressourcen nutzbar machen. Renommierte Planer und Vertreter namhafter Hersteller referierten begleitet von einer umfassenden Ausstellung.**

### Experten sind sich einig

Ob Mittlerer Osten, Indien oder China – der Bauboom in Regionen mit extremen Klimaverhältnissen verlangt nach intelligenten Lösungen für ressourcensparende Gebäude.

Experten sind sich einig: Einen wichtigen Beitrag liefern in Zukunft Fassaden, die solare Energie nutzen.

In seiner Einleitung betonte der geschäftsführende Gesellschafter des Facade-Lab, *Wolfgang Friedemann*, dass für eine zügige Implementierung der Technologien vor allem Lösungen für das Speichern der gesammelten Energie benötigt werden. Denn nur so sei die Solar-Energie auch effizient und individuell nutzbar.

Und *Lars Anders*, der mit *Wolfgang Feuerlein* die Geschäftsleitung des Facade-Lab komplettiert, verwies darauf, dass zusätzliche Herstellungskosten im Rahmen eines „Lifecycle-Engineerings“ zu bewerten seien. Eine Solar-Fassade ermögliche eine Wertschöpfung, die bei entsprechender Betrachtungsweise auch zur Wirtschaftlichkeit der Gesamtinvestition führe, so *Anders*. In den anschließenden Vorträgen der Mitveranstalter standen dann Innovationen rund um das Thema Fassade im Vordergrund.

### Konkrete Lösungen und Produkte

Mit dem „Energy3 Building“ präsentierte Schüco ein Konzept für energetisch autarke Gebäude. Dabei handelt es sich um ein abgestimmtes System von Fenstern, Türen, Fassaden und Regelungstechnik, das Energie spart, Energie gewinnt und durch Vernetzen aller Komponenten auch den Eigenverbrauch sowie den Ein-

oder Zukauf von Energie ermöglicht.

Wicona stellte als Ergebnis eines Forschungsprojektes – koordiniert durch das Institut für Baukonstruktion der Universität Stuttgart – eine Elementfassade mit integrierter Solarthermie zur Beheizung oder solaren Kühlung vor. Zugleich schützen Reflektoren vor direkter Sonneneinstrahlung und sorgen für eine blendarme Belichtung der Innenräume.

Ein System zum „Solar Cooling“ präsentierte Aeteba. Bei diesem Verfahren heißes Wasser erzeugt, das in einer Absorptions-Kältemaschine einen thermodynamischen Prozess zur Erzeugung von kaltem Wasser zur Gebäudekühlung antreibt.

Einen Exkurs in das Thema Medienfassade bot Onlyglass. Gezeigt wurde ein Display, das im Gegensatz zu herkömmlichen Medienwänden nicht vor die Fassade montiert, sondern mittels LED-Strings in Isoliergläser integriert wird. Die Räume hinter der Medienfassade bleiben uneingeschränkt nutzbar.

Ganz im Zeichen des Themas „Die sichere Anbindung“ beispielsweise von Solar-Paneelen stand der anschließende Beitrag von Hilti.

Neben der Vorstellung von Produkten und Systemen ging es um die branchenübergreifende Zusammenarbeit zwischen allen am Bau beteiligten Parteien oder darum, wie neue technologische Entwicklungen und energieeffiziente Lösungen angemessen beim „Energie-Contracting“ berücksichtigt werden können.

Abschließend präsentierte *Jan Felix Clostermann*, Partner des Architekturbüros Spark mit Hauptsitz in Peking, Beispiele für „Sustainable Landmarks in China“.

M. Mai