

„In der kristallinen Siliziumzelle steckt Potenzial.“

Der Siliziummangel verleiht alten Fragen neue Brisanz. Wie lassen sich dünnere Solarzellen produzieren? Gibt es Materialalternativen? Antworten von Gerhard Willeke vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE).

Interview: Bernward Janzing



neue energie: Herr Willeke, wenn Sie eine Prognose für das Jahr 2020 wagen: Welche Art von Solarzellen werden nach Ihrer Einschätzung den Markt dominieren?

Willeke: Aus meiner Sicht kommt da nur die kristalline Siliziumzelle in Frage, zu gewissem Teil die monokristalline, überwiegend aber die multikristalline. Seit Jahren hört man zwar immer wieder Erfolgsmeldungen, diese oder jene neue Technologie stehe vor dem Durchbruch - doch am Ende war es immer die bewährte kristalline Siliziumzelle, die den Markt beherrschte. Ein Beispiel: Als ich nach meinem Studium 1979 mit der Photovoltaik begann, war gerade die amorphe Siliziumzelle populär. Manche Leute glaubten im Jahre 1990 werde sie den Markt dominieren. Heute hat sie gerade vier Prozent Marktanteil.

ne: Ist also keine gänzlich neue Technik in Sicht, die in den nächsten Jahren die Erzeugung von Solarstrom revolutionieren könnte?

Willeke: Ausschließen lässt sich das natürlich nie, aber ich halte es für wenig wahrscheinlich. Zumal unsere Forschungen mit kristallinen Siliziumzellen zeigen, wie viel Potenzial noch in dieser Technik steckt.

ne: Das heißt konkret?

Willeke: Ein Beispiel ist die Reduktion der Siliziummengen, die gerade in der aktuellen Marktlage massiv vorangetrieben wird. Heute werden in der Massenfertigung Zellen aus 270 Mikrometer dicken Wafern produziert. Im Labor fertigen wir bereits kristalline Zellen aus 40-Mikrometer-Wafern.

ne: Und diese sehr dünnen Wafer werden für die Massenfertigung von Modulen geeignet sein? Schon heute brechen die Zellen recht schnell ...

Willeke: ... das lässt sich in den Griff bekommen. Wir haben die Zellen in Folie eingefasst, so sind sie gleichermaßen stabil und sehr flexibel.

ne: Der Wirkungsgrad der Zellen leidet nicht bei reduzierter Siliziumdicke?

Willeke: Das ist ganz interessant: Einfache Zellen verlieren tatsächlich an Wirkungsgrad, wenn man sie dünner macht. Das ist auch physikalisch erklärbar. Bei hochwertigen Siliziumzellen, deren Oberfläche und Rückseite speziell behandelt wird, lässt sich der Wirkungsgrad durch eine geringere Materialstärke sogar noch ein wenig steigern. Das Optimum an Ausbeute erreichen wir bei etwa 80 Mikrometer Dicke. Wir gehen dennoch auf 40 Mikrometer herunter, weil wir so nur noch halb so viel Material brauchen, der Stromertrag aber nur unwesentlich geringer ist.

ne: Warum gibt es diese dünnen Zellen nicht zu kaufen? Was fehlt für die Marktreife?

Willeke: Es gibt schlicht keine Fertigungsverfahren. Wir produzieren die 40-Mikrometer-Wafer, indem wir dickere Wafer auf die nötige Stärke herunter schleifen. Das ist natürlich für eine Massenfertigung nicht praktikabel. In der industriellen Produktion lassen sich bislang erst Wafer mit 210 Mikrometer Dicke zuverlässig produzieren. Die werden

üblicherweise mit einer Drahtsäge aus Siliziumblöcken geschnitten. Erst wenn es in Zukunft gelingt, das Silizium mit Lasern zu schneiden, werden dünnere Schichten möglich sein. Aber das ist nur eine logische Entwicklung. Denn der Materialeinsatz wird seit Jahren optimiert. Heute werden die Siliziumscheiben bereits aus 300-Kilogramm-Blöcken geschnitten und die Entwicklung geht in Richtung 1.000 Kilogramm. Da die Randbereiche der Blöcke nicht nutzbar sind, erhöht sich mit größeren Einheiten die Ausbeute an Wafern.

ne: Das heißt, die Siliziumzelle wird ihre Lernkurve, und damit auch einen Preisrückgang, mit zunehmender Produktionsmenge unvermindert fortsetzen?

Willeke: Es gibt nichts, was dagegen spricht. Wir sind heute bei einem Preis von drei Euro pro Watt, bezogen auf das Modul bei Großabnahme. Wir werden im Jahr 2010 voraussichtlich bei zwei Euro und 2020 bei einem Euro sein. Andere Zelltypen wurden zwar immer wieder als der große Durchbruch gefeiert, blieben aber in der Praxis so weit hinter den Erwartungen zurück, dass sie nie nennenswerte Marktanteile erreichten. Die kristalline Siliziumzelle hat sich dagegen seit mehr als 30 Jahren sehr stetig fortentwickelt und die nächsten Schritte sind ein Stück weit berechenbar.

ne: Wie schätzen Sie die Perspektiven des amorphen Siliziums ein? Man braucht kaum Material, und die Fertigungsverfahren lassen sich erheblich vereinfachen, weil keine Kristalle gezüchtet und gesägt werden müssen.

Willeke: Natürlich haben alle Dünnschichtvisionen etwas Bestechendes: Man dampft die Schichten auf, strukturiert sie per Laser und kann dann Strom erzeugen. Aber in der Praxis ist diese Technologie bisher daran gescheitert, dass die Abscheidung großflächig nicht in ausreichender Qualität funktioniert. Werden ganze Module gefertigt, gibt es darin am Ende Teilbereiche von minderer Qualität – die lassen sich nicht einfach rausschneiden. So beeinträchtigen schlechte Zonen den Ertrag des ganzen Moduls. Bei der Produktion von kristallinen Zellen gibt es auch immer wieder schlechtere Zellen, aber die können aussortiert werden. Um optimale Modulwirkungsgrade zu erreichen, werden nur gleichwertige Zellen verbaut.

ne: Es gibt die monokristallinen und die multikristallinen, mitunter auch polykristallin genannten, Siliziumzellen. Wie stehen diese beiden Typen zueinander im Wettbewerb?

Willeke: Es wird auch künftig beide geben, so wie es im Automobilbau unterschiedliche Antriebskonzepte gibt. Dabei ist die monokristalline Zelle sozusagen der Turbo: Sie ist teurer, aber erreicht auch die höchsten Wirkungsgrade. Sie bietet sich an, wo der Platz knapp und der Ertrag pro Fläche ein entscheidendes Kriterium ist.

ne: Trotz Ihrer Präferenz für Silizium, am ISE forschen Sie auch an ganz anderen Zellen ...

Willeke: ... ja, das stimmt. Eine recht Erfolg versprechende Technik sind die Mehrschichtzellen. Dazu werden mehrere photoaktive Schichten aufgetragen, die jeweils in einem unterschiedlichen Teil des Sonnenspektrums reagieren. Man kann damit auf 40 Prozent Wirkungsgrad kommen, während mit einer einfachen Zelle maximal 28 Prozent drin sind. Dieser Wert ist ein theoretischer Grenzwert, der sich aus der Physik ergibt. Bei den Konzentratormehrschichtzellen sind auch Wirkungsgrade über 40 Prozent realistisch erreichbar.

ne: Klingt aber nach einem ziemlich aufwändigen und teuren Produktionsverfahren.

Willeke: Deswegen sehen wir für Mehrschichtzellen nur in Konzentratorzellen ein Einsatzgebiet. Wenn mit einfachen Systemen – etwa Fresnel-Linsen in der Modulscheibe – die Einstrahlung um den Faktor 500 konzentriert werden kann und entsprechend nur ein sehr geringer Anteil der Modulfläche mit Hochleistungszellen belegt sein muss, kann sich das rechnen. Allerdings wird diese Technik eine Nischenanwendung bleiben, da sie nur dort funktioniert, wo ein sehr hoher Anteil an direkter Strahlung vorhanden ist. Zudem müssen die Module der Sonne nachgeführt werden.

ne: Woraus bestehen diese Hochleistungszellen?

Willeke: Aus so genannten III-V-Halbleitern, wobei die Ziffern die Hauptgruppen im Periodensystem der Elemente beschreiben: Gallium-Indium-Verbindungen und Gallium-Arsenid werden unter anderem eingesetzt. Wir haben gerade unter dem Namen Concentrix Solar GmbH eine Firma gegründet, die diese Konzentratortrivothovoltaikmodule herstellen und verkaufen soll.

ne: Sie haben kürzlich den Zuschlag für elf Millionen Euro aus dem Forschungsetat des Bundesumweltministeriums bekommen, um eine Art Forschungsfertigung von Solarzellen aufzubauen. Welche Verfahren wollen Sie ab kommendem Jahr für den industriellen Einsatz optimieren?

Willeke: Auf absehbare Zeit ganz klar die kristalline Siliziumtechnik. Wir werden dort zum Beispiel die Kontaktierung der Zellen mittels Laser für hohe Stückzahlen weiterentwickeln. Denn am Ende ist nur die Technik brauchbar, die sich auch vernünftig im Produktionsprozess einsetzen lässt. Schon 1985 war man in der Lage Solarzellen mit 20 Prozent Wirkungsgrad herzustellen – doch es fehlte die Technik, dies zu akzeptablen Preisen zu bewerkstelligen.

GERHARD WILLEKE

- ▶ Der gelernte Diplom-Elektrotechniker kam 1980 als Physik-Promotionsstudent an die Universität Dundee, Schottland, wo er sich erstmals mit dem Thema Dünnschicht-Halbleiter für Solarzellen beschäftigte.
- ▶ 1984 wechselte er als wissenschaftlicher Assistent zur Universität Leuven, Belgien. 1985 wurde Willeke Projektleiter Solarzellenentwicklung am neu gegründeten Interuniversity Microelectronics-Center (IMEC). Parallel arbeitete er in dieser Zeit als PV-Experte für die EG-Kommission.
- ▶ Von 1989 bis 1999 war er für die Universität Konstanz tätig. Dort leitete er eine 30-köpfige Forschergruppe auf dem Gebiet kristalliner Siliziumzellen. Ergebnis der Forschungsarbeiten war die „Powerzelle“, eine teiltransparente Zelle, die sich Willeke patentieren ließ.
- ▶ Seit Juni 1999 arbeitet der Wissenschaftler für das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg, dessen Abteilung Solarzellen – Werkstoffe und Technologie er seit 2004 leitet. Das Institut beschäftigt sich derzeit vor allem mit kristallinen Dünnschichtzellen, Hochleistungssolarzellen aus kristallinem Silizium und Halbleiterverbindungen.