



EFFIZIENZ- GEWINNE

||||| TEXT: SASCHA RENTZING

Als vor zehn Jahren Solarstrom aus grossen Freilandanlagen in Deutschland noch rund 40 Eurocent kostete, hatte keiner die Photovoltaik auf der Rechnung. Das hat sich inzwischen geändert: Heute erzeugen grosse Solarkraftwerke Solarstrom bereits für knapp sieben Cent pro Kilowattstunde. Damit ist die Energie kaum noch teurer als die günstigste erneuerbare Energie, die Windenergie, die an guten Standorten für fünf bis sechs Cent erzeugt wird. Und das Ende der Solarlernkurve ist längst nicht erreicht. Experten gehen davon aus, dass die Erzeugungskosten bis 2025 auf vier bis sechs Cent sinken können.

Der wesentliche Grund für die optimistische Prognose ist, dass die Experten bei Solarzellen und Modulen noch viel Raum für Effizienzsteigerungen sehen. Der Wirkungsgrad ist für die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage das entscheidende Kriterium. Laut Branchenformel

sinken die Kosten mit jedem zusätzlichen Prozentpunkt an Effizienz um fünf Prozent, weil dadurch der Materialbedarf sinkt. Nach überstandener Absatzkrise zieht das Rennen um Wirkungsgrade nun wieder an. Denn durch den aktuellen Boom in Asien und den USA verdienen die Unternehmen wieder mehr Geld, das sie in die Weiterentwicklung ihrer Produkte stecken können.

Vor allem in der Silizium-Photovoltaik steigt die Zahl der F&E-Projekte wieder. Kristalline Standardzellen erreichen derzeit einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 20 Prozent, ihr praktisches Limit wird bei 26 Prozent gesehen – diesem Wert wollen sich die Entwickler mit neuen Zellenstrukturen nun konsequent nähern. Zwar kommen sogenannte Heterojunction-Zellen sowie Rückseitensammler den angestrebten 26 Prozent bereits recht nahe, doch der Aufbau der Zellen ist komplex und erfordert zusätzliche Fertigungsschritte. So basiert etwa das Konzept des Rückseitensammlers, bei dem die US-Firma Sunpower Vorreiterin ist, auf einer völlig verschattungs-



Einblicke in die Spitzenforschung der Solarindustrie: Studierende und Studiumabsolventen können in Freiberg (D) Entwicklungsmöglichkeiten der Solarbranche ganz konkret erfahren.

Foto: Bundesverband Solarwirtschaft

DIE SOLARFIRMEN VERDIENEN NACH ÜBERSTANDENER KRISE WIEDER GELD. FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG WERDEN WIEDER STÄRKER AKZENTUIERT. DER WETTLAUF UM DEN WIRKUNGS-GRAD GEHT IN DER PHOTOVOLTAIK IN DIE NÄCHSTE RUNDE.

freien Front – Sonnenlicht soll ungehindert in den Halbleiter vordringen können. Hierzu müssen allerdings sämtliche Stromkontakte auf den Zellenrücken verlegt und dieser mit besonderen Strukturen versehen werden, was mit viel Aufwand zu zusätzlichen Kosten verbunden ist. Ziel sind daher Hocheffizienzzellen, die ohne teure Prozesse auskommen.

MEHR ALS 25 PROZENT EFFIZIENZ

Einen Weg bieten neuartige Topcon-Zellen des Fraunhofer ISE, die einen Wirkungsgrad von 25,1 Prozent ermöglichen. «Bisher wurden zur Steigerung des Wirkungsgrads von Solarzellen immer komplexe Solarzellenstrukturen verwendet. Der grosse Vorteil unseres Konzepts ist, dass wir durch die Entwicklung einer neuartigen Rückseitenstruktur den Kontakt ganzflächig und strukturierungsfrei aufbringen können», sagt ISE-Wissenschaftler Martin Hermle. Dadurch vereinfache sich die Herstellung im Vergleich zu den momentan verwendeten

hocheffizienten Zellenstrukturen und erhöhe sich dennoch die Effizienz. Denn die neue Rückkontaktschicht (Tunnel Oxide Passivated Contact) bewirke, dass der Strom mit geringeren Verlusten aus der Zelle abgeleitet werden könne. Hermle schätzt, dass Topcon-Zellen in zwei bis drei Jahren mit handelsüblichen Ausmassen produziert werden könnten. Für die Massenproduktion geeignete Verfahren werden nach seiner Einschätzung aber noch fünf bis zehn Jahre Entwicklungszeit benötigen.

Noch effizienter als Siliziumzellen sind Mehrfachsolarzellen, die aus mehreren Schichten verschiedener Halbleiter wie Gallium, Germanium oder Indium bestehen. Die Materialien sprechen auf verschiedene Spektralbereiche des Sonnenlichts an, entsprechend hoch ist der Wirkungsgrad der Zelle: Der aktuelle Effizienzrekord, gehalten vom Fraunhofer ISE, liegt bereits bei 46 Prozent. Die Technik hat jedoch einen Haken. Da die Materialien schwer verfügbar und sehr teuer sind, können die Zellen

nur in der Grösse eines Fingernagels konzipiert werden. Das Modul beinhaltet daher eine zusätzliche Linse, die das Licht in hoher Konzentration auf die Zelle bündelt. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Module mithilfe sogenannter Tracker exakt der Sonne nachgeführt werden müssen, da die Hightechzellen ihre Stärken sonst nicht richtig ausspielen können. Noch steht der Durchbruch der im Vergleich zur Siliziumphotovoltaik aufgrund ihres komplexen Aufbaus recht teuren Systeme aus. Doch ISE-Wissenschaftler glauben, dass sich die Konzentratortechnik bei den inzwischen möglichen Wirkungsgraden in Ländern mit viel direkter Sonnenstrahlung lohnt, etwa

DAS FORSCHUNGSGEBÄUDE NEST IST ERÖFFNET

«Der Schweizer Bildungs-, Forschungs- und Innovationsbereich ist stark, wenn es gelingt, alle relevanten öffentlichen und privaten Kräfte vereint auf drängende Fragestellungen zu fokussieren – mit NEST ist das vorbildlich gelungen.» So der Bundespräsident Johann Schneider-Ammann an der feierlichen Eröffnung des Forschungsgebäudes. Am 23. Mai nahm die einzigartige Forschungs- und Innovationsplattform ihren Betrieb auf. Rund 250 Spitzenvertreter von Wirtschafts- und Forschungspartnern sowie der öffentlichen Hand eröffneten feierlich das modulare Experimentalgebäude NEST auf dem Campus der beiden Forschungsinstitutionen Empa und Eawag in Dübendorf.

Erklärtes Ziel der Forscher: den Innovationsprozess im Bau- und Energiebereich beschleunigen, indem Forschung, Wirtschaft und öffentliche Hand gemeinsam nachhaltige Technologien, Materialien und Systeme entwickeln und unter realen Bedingungen testen können.



Bild: Roman Keller

Unter realen Bedingungen nachhaltige Technologien, Materialien und Systeme testen, das soll mit dem Forschungsgebäude NEST möglich sein.

«Dank seines modularen Konzepts wird sich NEST in den kommenden Jahren ständig verändern und auf aktuelle Fragen im Bau- und Energiebereich reagieren können», so Empa-Direktor Gian-Luca Bona. Modularität wird im NEST wörtlich genommen, denn NEST besteht zum einen aus einem zentralen Gebäudekern mit drei offenen Plattformen und zum anderen aus Modulen – den sogenannten Forschungs- und Innovations-Units –, die auf diesen Plattformen nach einem «Plug-&Play»-Prinzip installiert werden. Die Units werden von Konsortien aus Forschungs- und Wirtschaftspartnern realisiert, die ihre Ideen im Rahmen dieser Units zu marktfähigen Lösungen weiterentwickeln. (MM)

in Indien. Im April startete das Institut daher eine Kooperation mit der indischen Forschungseinrichtung Nextra. «Wir wollen in erster Linie einen Wissenstransfer speziell im Bereich CPV erreichen», sagt ISE-Spezialist Gerald Siefer.

Auch die Anbieter der Dünnschichttechnik ringen um grössere Marktanteile. Obwohl Dünnschichtmodule aufgrund ihres relativ geringen Materialverbrauchs immer wieder als Nachfolger der Siliziumtechnik ins Spiel gebracht wurden, haben es bisher nur Cadmiumtellurid-Paneele der US-Firma First Solar zu grösserer Marktrelevanz gebracht. Ihr durchschnittlicher Wirkungsgrad liegt mittlerweile bei knapp 17 Prozent, Spitzenmodule erreichen sogar bereits 18,6 Prozent. Damit stösst First Solar in Regionen vor, die bisher Siliziummodulen vorbehalten waren, und das offenbar zu geringeren Fertigungskosten. Der Analyst Jeffrey Osborne sagte jüngst der Agentur Bloomberg, First Solar produziere Module teilweise nur noch für 0,40 US-Dollar pro Watt, günstiger als die chinesischen Produzenten. Als Nächstes könnten nun auch Dünnschichtmodule aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen, die sogenannte Cigs-Technik, vor einem entscheidenden Schritt stehen, denn nach Angaben von Michael Powalla vom Stuttgarter Institut ZSW erreichten diese inzwischen das gleiche Kostenniveau wie Cadmiumtellurid-Module. «Die Produktionskosten der Cigs-Technologie betragen selbst bei kleinen Fabriken lediglich 40 US-Cent pro Watt.» Nach einem Ausbau der Produktionskapazitäten seien sogar deutlich bessere Werte möglich, so Powalla.

HOFFNUNG FÜR DIE DÜNNSCHICHT?

Auch beim Wirkungsgrad hat Cigs in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugelegt. Das ZSW erreichte im Februar mit diesen Dünnschichtzellen dank optimierter Fertigungsprozesse 22 Prozent Effizienz, die japanische Firma Solar Frontier kommt im Labor sogar schon auf 22,3 Prozent. Mit derartigen Zellen sei es möglich, den Wirkungsgrad der Module von derzeit durchschnittlich 14 auf 18 Prozent zu erhöhen, sagt Powalla. Die ostdeutsche Firma Avancis arbeitet bereits mit hocheffizienten Cigs-Absorbern. Ein 30x30 Zentimeter grosses Modul, das auf einem seriengefertigten Cigs-Absorber gefertigt werde, bringe es auf 17,9 Prozent Wirkungsgrad, verkündete die Firma im Mai. «Damit kommen unsere Produkte zunehmend auch für flächenbeschränkte Installationen infrage, die bisher von herkömmlichen Siliziummodulen dominiert wurden», sagt Avancis-Technikchef Jörg Palm. Von dem Potenzial der Cigs-Technik sind offenbar auch Investoren überzeugt. Der chinesische Baukonzern (und Avancis-Mutter) CNBM etwa errichtet in China derzeit eine Solarfabrik mit einer Jahreskapazität von 1,5 Gigawatt, in der ab 2017 Module auf Basis der Avancis-Technik gefertigt werden sollen.

AUCH ORGANISCHE SOLARZELLEN LIEFERN MEHR STROM

Nicht nur in der Silizium-, Dünnschicht- und Konzentratortechnik geht es voran, auch am unteren Ende der Wirkungsgradskala, bei den organischen Solarzellen, gibt es Fortschritte. Sie werden produziert, indem win-

zige photoaktive Moleküle auf Glas oder Folie abgeschieden werden. Das ist weniger aufwendig als die Produktion von kristallinen Siliziumzellen, die nach und nach aus einem massiven Siliziumblock entstehen. Ausserdem sind Solarfolien relativ leicht und gut handhabbar, sodass sie als stromerzeugende Fenster für Gebäudefassaden eingesetzt werden könnten. Bisher scheiterte der kommerzielle Einsatz der Technik jedoch an dem vergleichsweise geringen Wirkungsgrad und der niedrigen Lebensdauer – die photoaktiven Moleküle bauen sich bereits nach kurzer Zeit ab. Die Dresdner Firma Heliatek, die Solarfolien im effizienten Rolle-zu-Rolle-Verfahren herstellt, gilt aber als Hoffnungsträger. Sie steigerte den Wirkungsgrad organischer Zellen in den vergangenen zehn Jahren von drei auf 13,2 Prozent. Nun geht es nach Firmenangaben darum, die Effizienz auf 15 Prozent zu erhöhen und die Serienproduktion auszubauen. Ziel sei es, die flexiblen Zellen in naher Zukunft in grossen Volumina herzustellen.

Die Ideen der Wissenschaftler gehen aber noch über die bereits bekannten Zellengattungen hinaus. Um den Wirkungsgrad weiter in die Höhe zu treiben, kombinieren sie einzelne Techniken miteinander. Ein neues, vielversprechendes Duo könnten Siliziumzellen und Zellen auf Basis von Perowskit bilden. Dabei handelt es sich um ein Mineral, das besonders gegenüber grünem und blauem Licht empfindlich ist. Silizium wandelt dagegen vor al-

lem rotes und infrarotes Licht in elektrische Energie um. Durch Kombination beider Halbleiter wird ein Grossteil des Sonnenspektrums genutzt, und der Wirkungsgrad kann theoretisch auf mehr als 25 Prozent steigen. Wissenschaftlern aus Berlin und Lausanne ist es bereits gelungen, eine Tandemzelle aus beiden Materialien mit einer Effizienz von 18 Prozent herzustellen. Bevor Perowskite jedoch im grösseren Stil eingesetzt werden können, müssen die Forscher zwei wesentliche Probleme lösen. Zum einen sind sie sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit, sodass sie besonders verkapselt werden müssen, zum anderen enthalten sie Blei. Wenn es gelingt, die Zellen haltbarer und Perowskitkristalle ohne das Schwermetall herzustellen, stünde der Photovoltaik ein neuer Hightech-Halbleiter zur Verfügung. ■■■■■

Die Baumesse.
Wo man schaut, bevor man baut.



**modernisieren
bauen**

**8.–11.9.2016
Messe Zürich**

Do–So 10–18 | bauen-modernisieren.ch

Patronat
H E V Schweiz

Halle 6
**EIGENHEIM
MESSE**

Quelle: renggli-haus.ch