

# Effizienz rauf, Kosten runter

Nach überstandener Krise gewinnen Forschung und Entwicklung in der Solarbranche wieder an Stellenwert. In allen Technikbereichen der Photovoltaik sorgen verbesserte Zellen für höhere Wirkungsgrade.

Von Sascha Rentzing



**Systematisch beleuchtet:** Am Freiburger Fraunhofer-Institut Ise arbeiten Forscher daran, die Effizienz verschiedener Solarzellarten zu steigern. Hier ein Messplatz, um zu ermitteln, wie hoch der Wirkungsgrad einer Zelle bei unterschiedlichen Wellenlängen des Lichts ist.

”

## Die globale Nachfrage nach Photovoltaik-Technologie wächst stetig.“

Karsten Körnig, Solarverband BSW

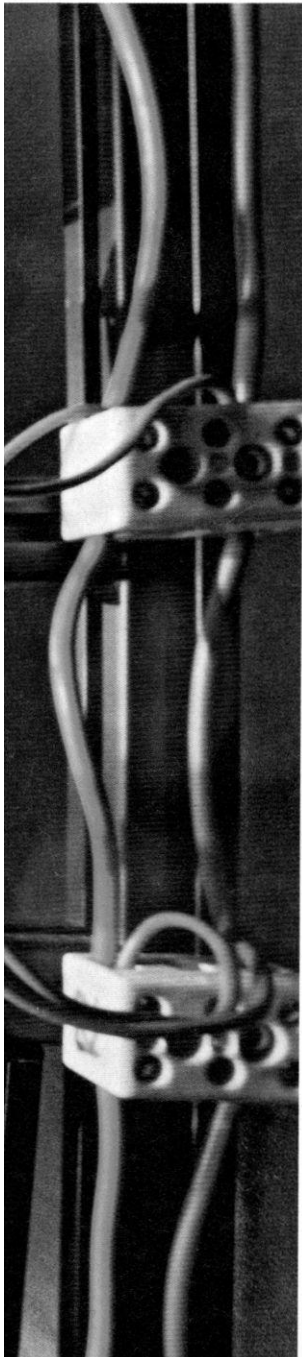


Foto: Thomas Ermsing/laif

**V**or zehn Jahren kostete Solarstrom aus großen Freilandanlagen noch mehr als 40 Cent. Das hat sich geändert: Nach einer Studie des Freiburger Fraunhofer-Instituts Ise im Auftrag des Thinktanks Agora Energiewende werden die Erzeugungskosten bis 2025 auf vier bis sechs Cent sinken.

Der wesentliche Grund für diese Prognose ist, dass Experten bei Solarzellen und Modulen noch viel Luft für Effizienzsteigerungen sehen. Der Wirkungsgrad ist für die Wirtschaftlichkeit einer Solaranlage das entscheidende Kriterium. Laut Branchenformel sinken mit jedem Prozentpunkt mehr Effizienz die Kosten um fünf Prozent, weil sich dadurch der Materialbedarf verringert. 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 können sie in die Weiterentwicklung ihrer Produkte stecken. Auch deutsche Firmen und Institute beteiligen sich an dem Wettlauf. „Die globale Nachfrage nach Photovoltaik-Technologie wächst stetig. Deutschland kann mit Solar-Systemen der nächsten Generation vom Wachstum dieses Zukunftsmarkts profitieren“, sagt Carsten Körnig von Solarverband BSW.

Vor allem in der Silizium-Photovoltaik steigt die Zahl der Forschungsprojekte 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 und 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 Vorreiter ist, auf einer völlig verschattungsfreien 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 und zusätzlichen Kosten verbunden ist. Ziel sind daher Hocheffizienzzellen, die ohne teure Prozesse auskommen.

### Neuer Ansatz beim Silizium

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 an unserem Konzept 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: Die Module müssen mithilfe sogenannter Tracker exakt der Sonne nachgeführt werden, da die Hightech-Zellen ihre Stärken sonst nicht richtig ausspielen können. Noch steht der Durchbruch der im Vergleich zur Silizium-Photovoltaik aufgrund ihres komplexen Aufbaus recht teuren Systeme aus. Doch

wollen in erster Linie einen Wissenstransfer speziell im Bereich CPV erreichen“, sagt Ise-Spezialist Gerald Siefer.

Auch die Anbieter von Dünnschichttechnik ringen um größere Marktanteile. Obwohl Dünnschichtmodule aufgrund ihres relativ geringen Materialverbrauchs immer wieder als Nachfolgerin der Siliziumtechnik ins Spiel gebracht wurden, haben es bisher nur Cadmiumtellurid-Paneele der US-Firma First Solar zu größerer Marktrelevanz geschafft. 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

## Die Produktionskosten der Cigs-Technologie betragen lediglich 40 US-Cent pro Watt.“

Michael Powalla, ZSW

Ise-Wissenschaftler glauben, dass sich die Konzentration-Photovoltaik (CPV) bei den inzwischen möglichen Wirkungsgraden in Ländern mit viel direkter Sonnenstrahlung lohnt, etwa in Indien. Im April startete das Institut daher eine Kooperation mit der indischen Forschungseinrichtung Netra. „Wir



**Dünnschichttechnik im Kommen:** Chinas Baustoffunternehmen und Mutterkonzern des deutschen Modulerstellers Avancis errichtet in seiner Heimat eine 1,5-Gigawatt-Fabrik für Cigs-Solarzellen. Der Spatenstich für die Produktion fand letzten Oktober statt.

noch für 40 US-Cent 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 Cigs

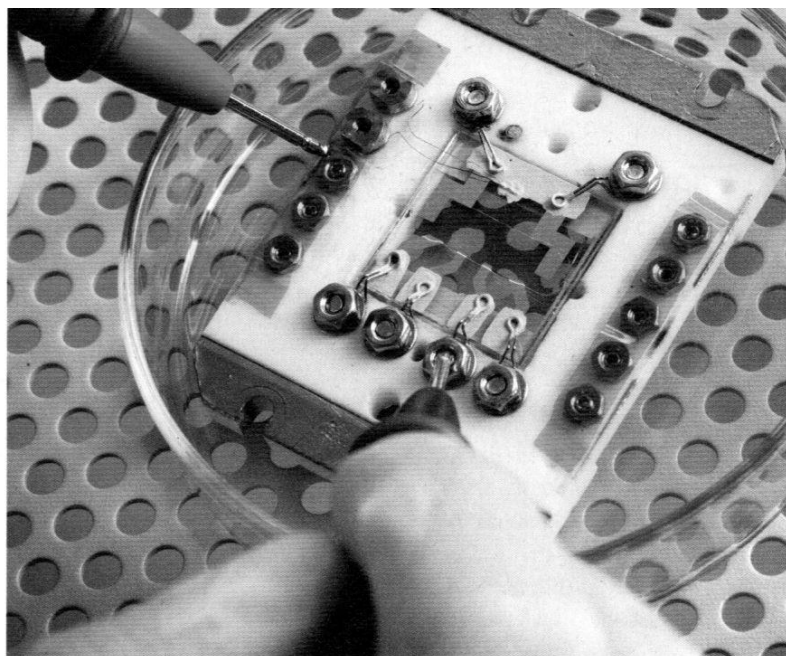
Auch beim Wirkungsgrad hat Cigs in den vergangenen Jahren kontinuierlich zugelegt. Das ZSW erreichte im Februar mit diesen Dünnschichtzellen dank optimierter Fertigungsprozesse 22 Prozent Effizienz, die japanische Firma Solar Frontier kommt im Labor sogar schon auf 22,3 Prozent. Mit derartigen Zellen 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 30 mal 30 Zentimeter großes Modul, das auf einem seriengefertigten Cigs-Absorber hergestellt werde, bringe es auf 17,9 Prozent Wirkungsgrad, verkündete die Firma im Mai. „Damit kommen unsere Produkte zunehmend auch für flächenbeschränkte Installationen in Frage, die bisher von herkömmlichen Siliziummodulen dominiert wurden“, sagt Avancis-Technikchef Jörg Palm. Von dem Potenzial der Cigs-Technik sind offenbar auch Investoren überzeugt. Baukonzern und Avancis-Mutter CNBM aus China etwa errichtet in seiner Heimat derzeit eine Solarfabrik mit einer Jahreskapazität von 1,5 Gigawatt, in der ab 2017 Module auf Basis der Avancis-Technik gefertigt werden sollen.

Nicht nur in der Silizium-, Dünnschicht- und Konzentrator-Photovoltaik geht es voran, auch am unteren Ende der Wirkungsgradskala, bei den organischen Solarzellen, gibt es Fortschritte. Sie werden produziert, indem winzige 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 allem 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 die Zellen sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit, sodass sie besonders verkapselt werden müssen, zum anderen enthalten sie Blei. Wenn es gelänge, die Zellen haltbarer zu machen und Perowskit-Kristalle ohne das Schwermetall herzustellen, stünde der Photovoltaik ein neuer Hightech-Halbleiter zur Verfügung. ◀



**Im Test:** Um neue Materialien für organische Solarzellen auszuprobieren, dampfen Forscher die Substanzen auf kleine Glasscheiben auf.