



Verbiegen für die Solarforschung, mussten sich die Wissenschaftler bisher in den USA. Das soll unter Barack Obama anders werden, der allein für 2009 den Etat um 100 Millionen Dollar erhöht hat.

Welten der Solarforschung

Die deutsche Photovoltaikforschung macht der US-amerikanischen die weltweite Führungsrolle streitig. Das schnelle Marktwachstum treibt die Wissenschaftler hierzulande zu Höchstleistungen: Innovationen entwickeln sich rasch, stetig werden neue Effizienzrekorde aufgestellt. Doch mit Obama kehrt nun der Ehrgeiz in die US-Labors zurück.





Text: Sascha Rentzing

Die Freiburger Firma Concentrix Solar hat einen weiteren Meilenstein erreicht: Mit einer neuen Generation von Anlagen in San Diego, Kalifornien, und Puertollano in Südspanien, erzielte der Hersteller von lichtbündelnden Solarsystemen jüngst einen Wirkungsgrad von 25 Prozent. Die Technik wandelt zwei Prozent mehr Sonnenlicht in Strom um als Concentrix' bisherige Systeme, die auf 23 Prozent kommen.

Der Effizienzgewinn ist das Resultat produktionstechnischer Verbesserungen: „Entscheidend ist eine äußerst geringe Streuung bei den Modulen. Ein Modul muss wie das andere sein“, erklärt Concentrix-Chef Hansjörg Lerchenmüller. Mit den in San Diego und Puertollano erzielten Rekordwerten rückt Concentrix an die Weltspitze: Bislang knackte nur die US-amerikanische Firma Amonix die 25-Prozent-Marke. „Drei bis vier Firmen bilden die Spitzen-

gruppe bei der konzentrierenden Photovoltaik – wir zählen dazu“, sagt Lerchenmüller.

Wegbereiter für Concentrix' Erfolg ist das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer-ISE), das dessen Technik entwickelt hat. Schlüsselkomponenten dabei sind winzige Hochleistungszellen, die bis zu 500-fach konzentriertes Sonnenlicht mit fast 40 Prozent Effizienz umwandeln. Bei diesen sogenannten Mehrfachzellen aus III-V-Halbleitern hält das Fraunhofer-ISE seit Januar 2009 den Effizienzrekord. Es erzielte mit einem Lichtsammler aus Gallium-Indium-Phosphid, Gallium-Indium-Arsenid und Germanium im Labor 41,1 Prozent Wirkungsgrad, übertrumpfte damit das National Renewable Energy Laboratory der USA (NREL), den bisherigen Rekordhalter, um 0,3 Prozentpunkte. Ihre Spitzenposition wollen die Freiburger Forscher nun mit aller Macht verteidigen: ▶



Die richtigen Zutaten findet die Solarforschung in Deutschland vor: Staatliche Förderung, industrienaher Forschung und ein wirksames Gesetz. Forschung bedeutet in der Photovoltaik nicht nur Reagenzglasversuche, sondern maßgeblich die Erprobung von Produktionsmethoden.

„Praktisch lässt sich die Effizienz von III-V-Solarzellen auf 45 bis 50 Prozent erhöhen. 53 Wissenschaftler arbeiten bei uns daran“, sagt Mehrfachzellen-Experte Frank Dimroth. Gute Aussichten für Concentrix, das eng mit dem Fraunhofer-ISE kooperiert.

Deutsche erobern US-Domänen

Die Errungenschaften der Freiburger Konzentratorkooperative sind ein Beleg dafür, dass Solarforschung und -innovationen in Deutschland auf dem Vormarsch sind. Über viele Jahre waren III-V-Zellen und die konzentrierende Photovoltaik (CPV) eine absolute US-Domäne: Schon seit Mitte der Siebzigerjahre forscht das NREL an Multi-Junction-Zellen, um Raumstationen und Satelliten mit Sonnenenergie zu versorgen. 1980 bot das Department of Energy (DOE), das US-Energieministerium, mit 400 Millionen Dollar das höchste Solarforschungsbudget in der Geschichte der USA auf, etablierte das Land so an der Spitze der weltweiten Solarwissenschaft. Firmen wie der Halbleiterspezialist Emcore holten die klei-

nen Multi-Junctions später vom All auf die Erde, entwickelten damit die ersten Konzentratorsysteme. Die Deutschen haben bei dieser Technik nachgelegt, der Wissensvorsprung der US-Amerikaner ist dahin geschmolzen.

Ähnlich sieht es in anderen PV-Bereichen aus. Bei der CIS-Dünnschichttechnik zum Beispiel – die Abkürzung steht für halbleitende Verbindungen aus Kupfer, Indium und Gallium sowie Selen oder Schwefel – hält das NREL seit Jahren den Wirkungsgradrekord, verbesserte ihn zuletzt im März 2008 in einer vorindustriellen Fertigungslinie auf 19,9 Prozent. Doch das Stuttgarter Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) ist dem NREL bereits dicht auf den Fersen, erreichte im Frühjahr im gleichen Umfeld 19,6 Prozent Effizienz. „Als nächstes wollen wir die 20-Prozent-Hürde nehmen“, kündigt Michael Powalla, Leiter des Geschäftsbereichs Photovoltaik im ZSW, selbstbewusst an.

Der Verlust der CIS-Effizienzkrone an Deutschland wäre für die US-Solarforschung äußerst schmerzlich, denn sie hat viel in die

PV-Forschung in Deutschland: Budget steigt wieder

Behörde/Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BMU	42,0	37,6	32,1	39,9	40,0e	?
BMBF	10,0	11,0	13,5	13,0	38,0e	42,0
gesamt	52,0	48,6	45,6	52,9	78,0e	?

Quellen: BMU, BMBF
e = erwartet

Die Ministerien für Umwelt und für Forschung stellen in Deutschland die meisten PV-Fördergelder zur Verfügung. Die Mittel fließen vor allem in Kooperationsprojekte zwischen Forschung und Industrie. Das BMBF unterstützt 2009 und 2010 zudem besonders die Organische PV.



Wissenschafts-Legenden: Die einstige Führungsposition der amerikanischen Photovoltaikforschung ist passé.



Dünnschicht investiert: „Das DOE vertrat bis zuletzt die Auffassung, dass herkömmliche Siliziumzellen wegen ihrer hohen Kosten für einen breiten Einsatz ungeeignet sind. Fördergelder pumpete es daher vor allem in die Erforschung sogenannter Techniken der nächsten Generation“, erklärt Tonio Buonassisi, Leiter des Photovoltaik-Laboratoriums am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge (siehe Interview Seite 57). Zwei Drittel der PV-Produktion in den USA entfielen deshalb heute auf die Dünnschicht, obwohl ihr weltweiter Marktanteil derzeit nur bei etwa 15 Prozent liegt.

Eng verwoben mit der Industrie

Bei der marktdominierenden kristallinen Technik haben US-Wissenschaftler dagegen nie Anschluss an deutsche finden können: Viele Institute und Universitäten – allen voran das Fraunhofer-ISE und das Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) – arbeiten hierzulande an der Verbesserung von Siliziumzellen, entwickeln neue Hocheffizienzkonzepte, erarbeiten dafür mit den Herstellern industrietaugliche Fertigungsprozesse. Den Wirkungsgradrekord bei Zellen aus diesem Halbleiter hält zwar keine deutsche, sondern mit der University of New South Wales, Sydney, eine australische Einrichtung – sie erreicht damit 24,7 Prozent. Doch von der kommerziellen Umsetzung ist die Down-Under-Zelle im Gegensatz zu diversen deutschen Konzepten weit entfernt: Die Firma Stiebel-Eltron etwa will eine vom ISFH entwickelte sogenannte Rückkontaktzelle herstellen, die dank einer völlig verschattungsfreien Front mit 23 Prozent deutlich mehr Licht in Strom um-

wandeln kann als eine herkömmliche Zelle, Q-Cells testet in seinem Forschungszentrum in Sachsen-Anhalt Fertigungsverfahren für ähnliche Zellentypen, die für die industrielle Produktion ebenfalls einen Wirkungsgrad von deutlich über 20 Prozent versprechen (neue energie 11/2008).

Der Bund fördert das kristalline Spezialistentum in Deutschland kräftig: Jährlich fließen fast zwei Drittel der staatlichen PV-Forschungsgelder in die Silizium-Wafertechnik – 2009 sind das rund 52 Millionen Euro. Anders in den USA: „Vor allem für die anwendungsorientierte Forschung im Bereich des kristallinen Siliziums fehlen staatliche Mittel“, sagt Buonassisi. Der Amsterdamer Verlag Elsevier, der die Leistungen von 3.000 Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien in einer aktuellen Studie analysiert hat, sieht den Spitzenplatz der US-Solarforschung deshalb gefährdet. „Über alle Teilbereiche der Regenerativenergien hinweg wird eine gewisse Führungsrolle der USA deutlich. Auf dem Gebiet der Solarenergie dagegen kann Deutschland den USA den ersten Rang aber durchaus streitig machen“, kommentiert Elsevier-Analyst Kevin Boyack. Allerdings hinken die Amerikaner auch in der Windenergieforschung den Europäern deutlich hinterher.

Die Politik hat den Wissenschaften in Deutschland den Weg geebnet: Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sorgt mit seinen garantierten Einspeisetarifen für Sonnenstrom für ein kontinuierlich starkes Wachstum des hiesigen PV-Markts. Davon profitieren auch die Institute, die inzwischen ein Großteil ihrer Aufträge von den expandierenden PV-Herstellern erhalten. Beim Fraunhofer-ISE etwa ▶



Topausstattung: Forschung in verstaubten Hinterzimmern an den Unis war gestern. Die Photovoltaik bewegt sich nur noch in High-Tech-Räumen.

liegt der Anteil an Industrieprojekten schon bei 40 Prozent. Dank der regen Nachfrage nach F&E-Leistungen ist die Mitarbeiterzahl der Einrichtungen rasch gewachsen, haben Qualität und Tiefe der institutionellen und universitären Forschung zugenommen. Das wiederum hilft der deutschen Solarwirtschaft, sich im harten internationalen Wettbewerb zu behaupten, weshalb sie auf enge Kooperationen mit der Forschung setzt. Der Bonner PV-Konzern Solarworld zum Beispiel errichtet an seinem Hauptproduktionsstandort Freiberg derzeit ein modernes Forschungs- und Entwicklungszentrum, wo es in enger Zusammenarbeit mit der TU Bergakademie Freiberg neue Techniken zur Serienreife bringen will (siehe Seite 55). Zum Technologiecampus zählen ein Wafertechnikum, das bereits seit 2008 arbeitet, sowie ein Zellen- und Modulttechnikum, das gerade entsteht. Auch Zellengigant Q-Cells betreibt seit 2008 im sachsen-anhaltinischen Wolfen sein Forschungszentrum, wo eigene praktische Erfahrung und Labor-Errungenschaften kooperierender wissenschaftlicher Einrichtungen zusammenfließen. Q-Cells' Partner sind unter anderem das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, das Center für Silizium-Photovoltaik in Halle sowie die Universität Halle-Wittenberg.

Forschen ohne Praxisbezug

Bund und Europäische Union (EU) halten den dualen Innovationsmotor von Wissenschaft und Wirtschaft am Laufen, indem sie die industrienaher Forschung besonders fördern. Das Bundesumweltministerium (BMU) bezuschusst Kooperationsprojekte in diesem Jahr

mit rund 40 Millionen Euro. Das meiste Geld fließt in die Entwicklung effizienterer Verfahren zur Silizium-, Wafer- und Zellenherstellung. Das Bundesforschungsministerium sichert die Grundfinanzierung der Einrichtungen und ergänzt die anwendungsorientierte Projektförderung des BMU: Insgesamt 38 Millionen Euro stellt es in diesem Jahr bereit – drei Mal so viel wie 2008. Hinzu kommen Mittel der EU: In ihrem 7. Forschungsrahmenprogramm, das von 2007 bis 2013 läuft, fördert sie alle Technikbereiche der PV: von Vorhaben zur Effizienzsteigerung klassischer Siliziumzellen bis zu Projekten zur Entwicklung von Herstellungsprozessen für organische Zellen wollen die Mitgliedstaaten hohe Budgets zur Verfügung stellen.

US-Solarforscher mussten dagegen in den vergangenen Jahren mit sinkenden Mitteln auskommen. Konnten sie Anfang der Achtzigerjahre noch auf den höchsten Solarfördertopf aller Zeiten mit 400 Millionen Dollar zurückgreifen, schusterte ihnen das DOE 2007 und 2008 nur noch knapp ein Drittel dieser Summe zu. 2006, im Jahr der niedrigsten PV-Förderung in der US-Solarhistorie, waren es sogar nur rund 50 Millionen Dollar – zu wenig, um in einem Land, das dreimal größer ist als Deutschland und entsprechend mehr Wissenschaftler beschäftigt, PV-Spitzenforschung zu betreiben. Auf Forschungsvereinbarungen mit den Herstellern können die Institute und Universitäten vorerst nicht hoffen: Die US-Solarindustrie ist noch nicht so weit entwickelt wie die deutsche, hat nicht die Kapazitäten aufgebaut. Nur die wenigsten Hersteller können es sich daher leisten, große F&E-Projekte in Auftrag zu ge-



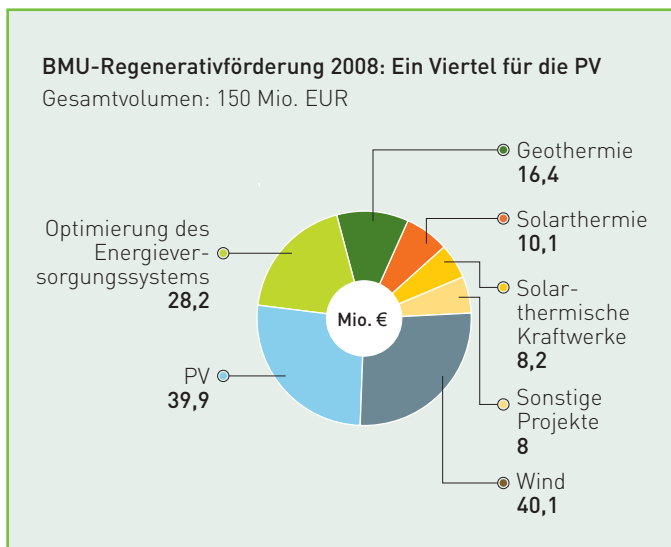
Rekordhalter ist man am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg bei den III-V Zellen. Wirkungsgrad: 41,1 Prozent.

ben. „Unser auf Steuervergünstigungen basierendes System hat den Markt bislang nicht wie erhofft angetrieben“, erklärt Buonassisi. Aber die US-Forschung wäre in ihrer momentanen Verfassung wohl auch kaum in der Lage, die Industrie im Land zu befruchten. Solarwissenschaft findet in den USA vor allem an den Universitäten statt: Kleine Laboratorien mit durchschnittlich einem Dutzend Mitarbeiter widmen sich dort besonders den Grundlagen, brüten über Solarkonzepten, die nach der Zeit des kristallinen Siliziums kommen

könnten: organische oder quantenstrukturierte Zellen, Techniken, die Sonnenlicht und Wasser direkt in Wasserstoff umwandeln. Für eine Industrie, die eben erst Milliarden in den Aufbau von kristallinen und Dünnschicht-Produktionsstrukturen investiert hat, sind diese Themen wenig relevant. So gibt es zwischen Forschung und Wirtschaft in den USA derzeit so gut wie keine Synergien, sie existieren – ganz anders als in Deutschland – nahezu unabhängig voneinander.

DOE mit neuem Ehrgeiz

Doch die USA könnten zu alter PV-Stärke zurückfinden. Präsident Barack Obama will die Regenerativenergien ausbauen, hat den Forschungsetat des DOE deshalb kräftig aufgestockt: Für die PV stehen 2009 statt der bislang veranschlagten 145 nunmehr 237 Millionen Dollar zur Verfügung. Damit erhalten die Institute und Universitäten in diesem Jahr fast 75 Prozent mehr Mittel als 2008. Obama hat nicht nur das Forschungsbudget anschwellen lassen, sondern offensichtlich auch für frisches Denken bei DOE und NREL gesorgt: „Mithilfe der Solartechnik können wir den Klimawandel vehement bekämpfen und unsere Spitzenposition bei den erneuerbaren Energien zurückerobern“, sagt Energiestaatssekretär Steven Chu, der gängigen Solartechniken bislang wenig zutraute und darum keine großen Ziele mit der PV verfolgte. Chus Sinneswandel spiegelt sich in den neuen Forschungszielen seiner Behörde wider: Wissenschaft soll der Industrie fortan besser dienen, dafür sorgen, dass sich der Markt rascher entwickeln kann. „Dank der zusätzlichen Mittel können wir nun ausgewogener fördern“, sagt JoAnn Milliken, Managerin des Programms für Solartechniken im DOE. Besonders der anwendungsbezogene Bereich „PV systems development“ soll gestärkt werden: Mit rund 90 Millionen Dollar will das DOE 2010 vor allem Gemeinschaftsprojekte von Forschung und Industrie fördern, die auf die Entwicklung von PV-Systemen und -Komponenten abzielen. Auch soll im kommenden Jahr eine neue „manufacturing initiative“ starten, eine Produktionsinitiative, die eine deutliche Senkung der Herstellkosten zum Ziel hat. Wissenschaftler und Ingenieure sollen darin gemeinsam Probleme bei der Fertigung von Solartechnik finden und lösen. Weitere 19,6 Millionen Dollar sind für Maßnahmen vorgesehen, die die Integration der PV beschleunigen, etwa für die Erforschung von Techniken zur besseren Netzeinbindung des Solarstroms. Durch die industriennahe Forschung soll die Marktentwicklung beschleunigt werden: Bis Ende 2010 sollen nach den neuesten Plänen des DOE in den USA mehr als 2,8 Gigawatt Herstellkapazität entstehen, ein Großteil dieser Produktion auch dort installiert werden. Dieses Vorhaben ist ehrgeizig: 2008 wurden in den Vereinigten Staaten nur 342 Megawatt (MW) PV-Leistung aufgestellt, der einzige Großhersteller des Landes, First Solar, zog mit seiner Produktion wegen des besseren Marktumfelds nach Deutschland und Malaysia.



Innovationen dank Venture Capital

Andererseits warten viele innovative Start-up-Unternehmen in den USA auf ihre Chance. Im Silicon Valley, wo traditionell viel Halbleiterwissen vorhanden ist, sowie in der Region um Boston gibt es inzwischen weit mehr als Hundert dieser Firmen. Angefüttert mit Wagniskapital oder Geld von Solarkonzernen, die sich neue Technikoptionen erschließen wollen, konnten sie ihre Ideen auch mit wenig oder komplett ohne staatliche Unterstützung entfalten. Einige Konzepte stehen kurz vor der Marktreife oder haben diese erreicht. Die Firma Solaria aus dem kalifornischen Fremont zum Beispiel startete jüngst die Produktion neuartiger flacher Solarmodule, bei denen eingefangenes Licht doppelt konzentriert auf die Zellen



Zukunftsmusik: Auch Grundlagenforschung wie etwa an organischen Solarzellen soll durch die deutsche Forschungsstruktur gewährleistet sein. In den USA setzt man verstärkt darauf.

geleitet wird. Unter Experten gilt die Technik als große Errungenschaft, da sie teures Silizium spart und somit Kosten senkt. 2007 investierte Q-Cells deshalb 50 Millionen Dollar in deren Entwicklung, sorgte so letztlich für Solarias Überleben. Mit 2,6 Millionen Dollar vergleichsweise gering fiel dagegen die Förderung des DOE aus, das ambitionierte Jungfirmen über ein Gründerprogramm unterstützt. „Ohne risikobereite Investoren und Venture Capital würden Innovationen in den USA im Keim ersticken“, erklärt Solarias Deutschland-Chef Philipp Kunze.

Auch Nanosolar profitierte vom Risikokapital: Die Firma aus San José sammelte von Investoren insgesamt mehrere Hundert Millionen Dollar ein. Damit hat sie einen Herstellprozess entwickelt, bei

dem winzige Nanopartikel aus Kupfer, Indium, Gallium, Selen und eventuell Schwefel im Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf eine Folie gedruckt werden. Was die Geldgeber anlockte: Auf nur noch 30 bis 35 Dollarcent wollen die Amerikaner mit ihrer innovativen Drucktechnik die Kosten drücken – deutlich unter das Niveau derzeit gängiger PV-Techniken. Die Fabriken stehen bereits, der Beginn der Serienfertigung, so die Firma, naht: In einem 430-MW-Werk in San Jose will Nanosolar die Zellen herstellen und diese dann in Luckenwalde bei Berlin zu Modulen verschalten. Findet nun auch noch die US-Solarforschung zu alter Stärke zurück, könnten sich die USA zu einer regelrechten PV-Macht entwickeln. Dank mittlerweile finanziell besser ausgestatteter Programme und neuer, stärker anwendungsorientierter Schwerpunkte gewinnt die US-Wissenschaft im weltweiten Wirkungsgrad-Rennen wieder an Tempo, sorgt für mehr und schnellere Innovationen.

Das Venture-Capital hilft den zahlreichen Unternehmen, diese Innovationen zur Marktreife zu bringen, trägt durch Investitionen also dazu bei, dass in den USA eine veritable PV-Industrie entstehen kann. Verkaufen könnten die Solarbauer ihre Module quasi direkt vor der Haustür: Die Einstrahlungsbedingungen sind in den USA ideal, selbst im äußersten Nordosten liegen sie auf dem Niveau unserer süddeutschen Top-Standorte. Die Förderbedingungen sind mit Obama besser geworden, Strom ist regional sehr teuer und der Kraftwerkspark veraltet. Vor allem Energiekonzerne investieren deshalb im großen Stil in die PV, planen Solarkraftwerke mit mehreren Hundert MW Leistung. Das starke Wachstum der US-Solarwirtschaft wird dieselben Auswirkungen haben wie in Deutschland: Um wettbewerbsfähig zu bleiben, werden die Hersteller verstärkt wissenschaftlichen Input nachfragen, die Forschung damit zu Höchstleistungen antreiben. Die spannende Frage wird sein, ob die deutsche PV-Forschung dann noch mithalten kann. ◀

