



Dunkle Perowskit-Kristalle kommen in der Natur vor. Das kann Solarzellen preiswerter machen.



BESSER ALS SILIZIUM?

Perowskit gilt vielen als neues **Wundermaterial für Solarzellen**. Es könnte konkurrenzlos günstigen Sonnenstrom produzieren. Das Wettrennen mit den gängigen Siliziummodulen ist eröffnet.

VON SASCHA RENTZING

Das Rennen um das beste Material für Solarzellen hat einen neuen Kandidaten: Perowskit. Bei keinem Grundstoff vorher gelang Forschern eine derart rasante Verbesserung des Wirkungsgrads. „Es ist ein regelrechter Hype um Perowskit ausgebrochen“, sagt Thomas Unold, Leiter des Instituts für Technologien am Helmholtz-Zentrum Berlin.

Das Mineral verspricht, gleichzeitig effizient und preiswert zu sein. Beides lässt sich bisher nicht unter einen Hut bringen: Derzeit erreichen die besten Siliziumzellen mehr als 20 Prozent Wirkungsgrad, sind aber teuer in der Herstellung. Organische Zellen wiederum können einfach auf Folie gedruckt werden, kommen allerdings über einen Wirkungsgrad von zwölf Prozent nicht hinaus (siehe TR 5/2014, S. 38).

Mit einer Perowskitzelle hingegen erreichten Forscher der University of California in Los Angeles (UCLA) kürzlich einen Wirkungsgrad von 19,3 Prozent. Gegenüber den ersten Pe-

rowskit-Zellen vor fünf Jahren hat sich der Wirkungsgrad damit versechsfacht. „Einen solchen Fortschritt haben wir bisher mit keinem anderen photovoltaischen Material erlebt“, sagt Helmholtz-Forscher Unold.

Den hohen Wirkungsgrad erreicht Perowskit, weil es organische mit anorganischen Bestandteilen verbindet. Erstere absorbieren Licht gut, letztere transportieren die Ladungsträger verlustarm zur Elektrode (siehe Kasten rechts). Zudem enthält es keine teuren Rohstoffe. Es besteht aus den Allerweltsmaterialien Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Blei, Chlor und Jod. Sie sind gut verfügbar und werden nur sparsam eingesetzt, erklärt UCLA-Forscher Yang Yang.

Um ihre Rekordzelle herzustellen, bedampfen die Wissenschaftler zunächst Glas mit anorganischem Bleihalogenid. Anschließend setzen sie die Schicht einer Atmosphäre aus organischem Methylammonium-Halogenid aus. Bei 150 Grad Celsius verbinden sich die organischen Moleküle mit den Blei-

Foto: UIIG, UCLA

kristallen zu einer nur knapp einen Mikrometer starken Perowskitschicht. Dennoch erzeugt die Zelle fast so viel Strom wie eine 180 Mikrometer dicke Siliziumzelle.

Forscher der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Lausanne wollen Perowskitzellen noch einfacher im Druckverfahren herstellen. Sie tragen dazu ein flüssiges Gemisch aus Blei und organischen Bestandteilen auf einen porösen Film aus Titandioxid auf. Dieses Weißpigment dient den technisch verwandten Farbstoffzellen (siehe TR 1/2007, S. 20) als eine Art Schnellstraße für Elektronen. Doch während dort organische Farbstoffe das Licht absorbieren, sind es in der neuen ETH-Zelle winzige bleihaltige Perowskitkristalle.

Allerdings wandelt die gedruckte ETH-Zelle derzeit nur maximal 15 Prozent des Lichts in elektrische Energie um. Eine Erklärung für die vergleichsweise geringe Effizienz: Das Titandioxid saugt sich zwar innerhalb von Sekunden mit der Flüssigkeit voll und erzeugt dabei eine relativ gleichmäßige Perowskitschicht; aber so homogen wie beim Vakuumverfahren geraten gedruckte Beschichtungen grundsätzlich nicht.

ETH-Forscher Mohammad Khaja Nazeeruddin hält dennoch einen Wirkungsgrad von über 20 Prozent für möglich. Dazu müssten mehrere Perowskitschichten zu einer sogenannten Tandemzelle aufeinandergepackt werden. Auch die Kombination von Perowskit mit Silizium sei denkbar. Da sich die Absorber auf verschiedene Bereiche des Lichtspektrums abstimmen ließen, könnten sie insgesamt mehr Strahlungsenergie nutzen – der Wirkungsgrad stiege.

Bis solche Zellen kommerziell einsetzbar sind, müssen die Forscher jedoch noch einige Herausforderungen meistern. „Die Lebensdauer ist eine Hürde bei der Kommerzialisierung“, erklärt Nazeeruddin. Perowskit ist empfindlich und zersetzt sich schnell, wenn es mit Wasser in Kontakt kommt. Deshalb müssen die Zellen so konstruiert werden, dass auch über 20 Jahre hinweg keine Feuchtigkeit eindringen kann. Mit dichten Plexiglas-Verpackungen oder Verkapselungen, die für organische



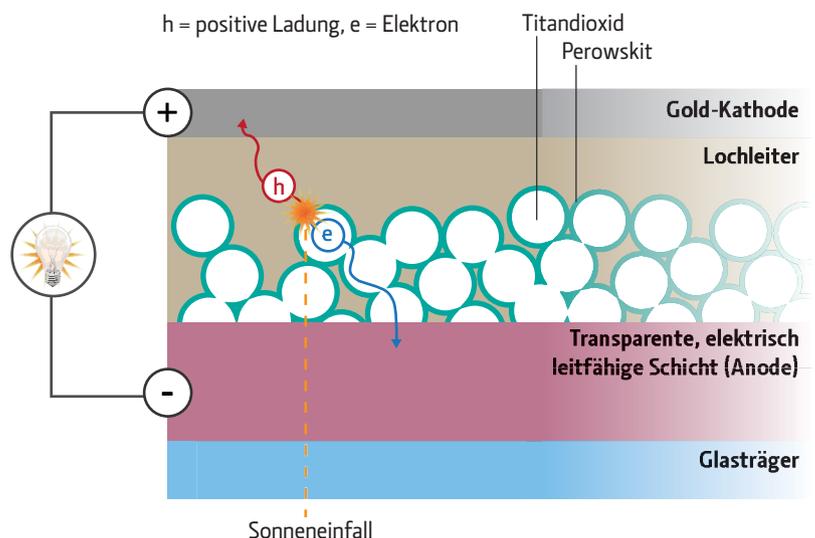
Leuchtdioden entwickelt wurden, wollen Forscher das Problem lösen. Bisher sind aber noch keine Langzeittests mit diesen Materialien gelaufen.

Ein weiteres Problem ist, dass Perowskitzellen immer giftiges Blei enthalten. Selbst wenn der Anteil relativ gering ist und das Schwermetall auch in den Lötverbindungen gängiger Siliziumzellen vorkommt, könnte es dem Image der neuen Solartechnik schaden. Ziel ist es daher, das Blei durch weniger bedenkliche Materialien wie Zinn oder Germanium zu ersetzen. Die ersten Versuche liefen bereits: Forscher der Universität Oxford sowie der Northwestern University in Evanston stellten kürzlich die ersten zinnbasierten Perowskitzellen vor. Allerdings erreichten beide Gruppen mit ihren Zellen jeweils nur sechs Prozent Wirkungsgrad, also nicht einmal ein Drittel der UCLA-Rekordzelle.

Sind Perowskitzellen also eine greifbare Option oder nur eine Vision? Noch lässt sich das nicht eindeutig beantworten, da auf dem Weg zur industriellen Produktion noch viele Probleme zu lösen sind. „Die Entwicklung steht erst am Anfang“, sagt Helmholtz-Forscher Unold. Besonders schwierig dürfte es werden, die Langzeitstabilität sicherzustellen. Bei den artverwandten Farbstoffzellen bemühen sich die Wissenschaftler seit den frühen Neunzigern vergeblich, eine Lebensdauer von zehn Jahren zu erreichen. Selbst die besten Farbstoffzellen verlieren wegen der wasser- und hitzeempfindlichen Bestandteile spätestens nach fünf Jahren deutlich an Leistung.

DER AUFBAU VON PEROWSKIT-ZELLEN

Solarzellen bestehen aus zwei Halbleiterregionen, je eine mit einem Überschuss an negativen und an positiven Ladungsträgern. Regt Licht die Ladungsträger an, machen sich Elektronen auf den Weg zum negativen Kontakt, die Elektronenlöcher wandern zum positiven. In Silizium-Modulen verlieren die meisten Elektronen unterwegs jedoch ihren angeregten Zustand und vereinen sich wieder mit den Elektronenlöchern, gehen also für den Solarstrom verloren. Im Perowskit dagegen halten sich diese sogenannten Rekombinationsverluste in Grenzen: Die spezielle chemische Zusammensetzung ermöglicht es, dass Elektronen eine relativ lange Wegstrecke zurücklegen können, ohne sich wieder mit den Löchern zu vereinigen. Chemiker sprechen von einer hohen „Diffusionslänge“ des Materials.



Quelle: Grätzel, Snaith