

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Band:** 27 (2015)  
**Heft:** 107

**Artikel:** Baustein der Träume  
**Autor:** Goubet, Fabien  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-772311>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



**Die Eigenschaften von Perowskit (schwarz) begeistern die Forscher. Allein 2014 war dieser Kristall Gegenstand von 3500 Publikationen.**

Bild: Keystone/Science Photo Library/UJG/  
Dorling Kindersley

# Baustein der Träume

Nach dem Wirbel um Graphen folgt der um Perowskit. Die neue Materialklasse begeistert Forschung und Industrie gleichermassen. *Von Fabien Goubet*

Seit einigen Jahren stimmt eine zunehmende Zahl von Physikern, Chemikern und Ingenieuren ins Lob für ein Material ein, das den exotischen Namen Perowskit trägt. Perowskite sind Oxide und Gegenstand ebenso zahlreicher wie verheissungsvoller Forschungsprojekte, die von der Sonnenenergie über Laser bis zur Mikroelektronik reichen.

Die erste Erwähnung von Perowskit reicht ins Jahr 1839 zurück, als eine Gesteinsprobe aus Calcium-Titan-Oxid ( $\text{CaTiO}_3$ ) nach dem russischen Mineralogen Lew Perowski benannt wurde. Der Begriff wird seither für eine Klasse von Mineralien mit zwei Gruppen von oxidierten Atomen in derselben würfelförmigen Kristallstruktur verwendet.

## Massgeschneiderte Werkstoffe

Diese würfelförmige Struktur ist weit verbreitet und «vermutlich die häufigste kristalline Form auf der Erde», präzisiert Jean-Marc Triscone, Physiker an der Universität Genf. «Aussergewöhnlich ist aber, dass bereits die kleinste Änderung bei den beteiligten Komponenten die Materialeigenschaften radikal verändert.» So kann bei einem Perowskit ein Element durch ein anderes ersetzt werden, wodurch das Material beispielsweise seine magnetischen Eigenschaften zugunsten einer besseren Leitfähigkeit verliert. Es ist sogar möglich, unterschiedliche Perowskite zu kombinieren, um völlig neue, unerwartete Eigenschaften zu erzeugen. «Es ist wie bei Lego-Bausteinen: Verschiedene Perowskite lassen sich aufgrund ihrer identischen Kristallstruktur perfekt zu Systemen zusammenfügen, die über andere Eigenschaften als ihre Bestandteile verfügen.»

Die Physiker verfolgen das etwas verrückte Ziel, massgeschneiderte Materialien herzustellen, die zu 100 Prozent die gewünschten Eigenschaften aufweisen. In Genf versucht Triscone, Perowskite zu einem Supraleiter zusammenzustellen, durch den Strom bei Raumtemperatur ohne den geringsten Widerstand fliesst. Andere Physiker arbeiten an der Herstellung von Magneten mit supraleitenden Oxiden für den Teilchenbeschleuniger des Cern. Die Struktur dieser supraleitenden Oxide – für die Georg Bednorz und Alex Müller bei IBM Zürich 1987 den Nobelpreis für Physik erhielten – erinnert an eine Stapelung von Perowskiten.

«Diese Materialien lassen sich wie Lego-Bausteine perfekt zusammenfügen.»

Jean-Marc Triscone

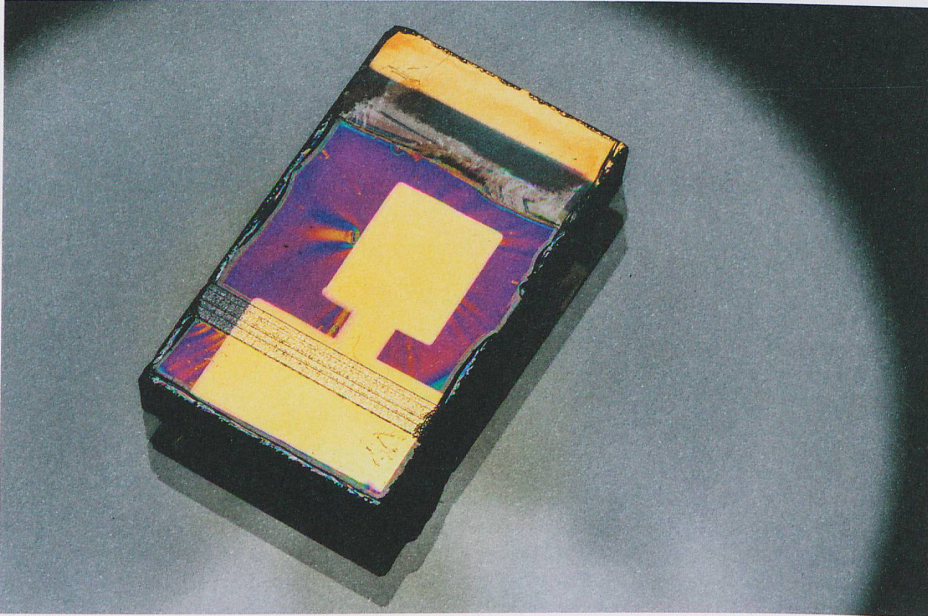
Das ist nur ein Beispiel für eine Vielzahl möglicher Anwendungen, von der Entwicklung von Lasern über Leuchtdioden bis zu neuartigen digitalen Speichermedien. Ein weiteres vielversprechendes Gebiet: ferroelektrische Perowskite. Die aus Ionen bestehenden Kristalle weisen natürlicherweise eine elektrische Polarisation auf. Durch das Anlegen eines elektrischen Feldes wechselt die Ausrichtung der ferroelektrischen Bereiche, wodurch sich die Struktur geringfügig verändert, was wiederum andere thermische Eigenschaften zur Folge hat. Solche «intelligenten»

Isolatoren könnten bedeutende Temperaturabweichungen aktiv korrigieren, wie sie durch Mikroprozessoren, Satellitenkomponenten oder Fahrzeugmotoren entstehen. «Allerdings wurde dieser Effekt erst bei sehr tiefen Temperaturen im Bereich von minus 190 Grad beobachtet», erklärt Christian Monachon, ein Schweizer Physiker an der Universität Berkeley in Kalifornien. Er ist aber zuversichtlich, dass sich diese Hürde überwinden lässt. «Meine Forschung deutet darauf hin, dass sich Materialien mit variablen thermischen Eigenschaften herstellen lassen, vielleicht auf der Grundlage von Bariumtitanat.»

## Der neue Sonnenkönig

Besonders grosse Hoffnungen ruhen auf den Perowskiten im Bereich der Solartechnik. In fünf Jahren konnte die Effizienz von Perowskit-Solarzellen vervierfacht werden. Bezüglich ihres Wirkungsgrads haben sie damit die Siliziumzellen beinahe erreicht und könnten diese vielleicht bald in den Schatten stellen.

Dieses Anwendungsgebiet zog die Aufmerksamkeit der Forschung nicht von Anfang an auf sich. «In den 1980er Jahren begann das Interesse an der Entwicklung von Laser-Anwendungen dieser Materialien», sagt der langjährige Kenner Jacky Even vom Nationalen Institut der angewandten Wissenschaften in Rennes (Frankreich). Die Begegnung zwischen Perowskiten und Sonne fand erst 2009 statt, als ein Team der Universität Toin in Yokohama versuchte, Perowskite in fotovoltaischen Zellen einzusetzen. «Das war angesichts der aussergewöhnlichen Eigenschaften dieser Mineralien eine gewagte Idee», fährt der



Entwickelt an der EPFL liefert diese neue Generation von Solarzellen auf der Basis von Perowskit eine Ausbeute von über 20 Prozent. Bild: Alain Herzog/EPFL

Forscher fort. «Sie wollten die Lichtabsorption von Farbstoffsolarzellen verbessern, erzielten aber so klägliche Ergebnisse, dass dem Artikel vorerst niemand Beachtung schenkte.»

«Perowskite haben zu einer neuen Richtung in der Fotovoltaik-Forschung geführt»

Jacky Even

Alles ändert sich, als sich 2012 zwei Fotovoltaik-Experten, Henry Snaith von der Universität Oxford und dessen früherer Mentor Michael Grätzel von der EPFL, unabhängig voneinander für dieses Material interessieren. Die beiden konkurrierenden Teams wenden sich vom Konzept jener Farbstoffsolarzellen ab, die von Grätzel in den 1990er Jahren entwickelt wurden. Stattdessen versuchen sie, eine neue Art von Solarzellen zu entwickeln, bei denen ein Perowskit, dessen Sauerstoffatome durch Iod- oder Bromatome ersetzt wurden, eine zentrale Rolle spielt.

Perowskit übernimmt dabei dieselbe Funktion wie Silizium in klassischen Solarzellen: Es absorbiert das Licht und

transportiert gleichzeitig die elektrischen Ladungen zwischen den Elektroden. Und wieder ist es die Modulierbarkeit des Materials, die diese Aufgabe ermöglicht. Ein Perowskit-Hybrid mit organischen und anorganischen Gruppen absorbiert zehnmal mehr Licht als Silizium und transportiert gleichzeitig die elektrischen Ladungen viel effizienter als die herkömmlichen Farbstoffe. «Das ist ein richtiger Entwicklungssprung, der zu einer neuen Richtung in der Fotovoltaik-Forschung geführt hat», fasst Jacky Even zusammen.

#### Konkurrenz für Silizium

Seither tobt ein Wettstreit zwischen den beiden Gruppen, zu denen inzwischen weitere gestossen sind. Ende September 2015 gab Michael Grätzel bei einem Kongress in Lausanne bekannt, dass ein Wirkungsgrad von 20,8 Prozent erreicht wurde, gegenüber 25,6 Prozent bei den besten Siliziumzellen, die immerhin seit über fünfzig Jahren weiterentwickelt werden. «Das ist ein ambitionierter Wettbewerb», bestätigt Joël Teuscher, Forscher der Photochemical Dynamics Group bei der EPFL. «Aber er ist auch gesund.»

Heute nähert sich dieser Wettlauf um den höchsten Wirkungsgrad vermutlich der Zielgeraden. Es warten aber noch fundamentale Fragen auf die Wissenschaft.

«Noch immer versuchen wir, die genauen Vorgänge zu verstehen», räumt Teuscher ein. «Wir erleben aber gerade eine aufregende Phase, in der die Arbeiten interdisziplinär werden.» Die Antworten werden der Forschung helfen, die mit diesen Materialien verbundenen Hürden zu überwinden, wie die Instabilität - sie sind empfindlich und löslich - oder das Blei, das in diesen Kristallen enthalten ist und die Vermarktung erschweren würde. Diese Bedenken relativiert Jacky Even allerdings: «Eine Autobatterie enthält acht Kilogramm Blei, ein Quadratmeter Solarmodul gerade einmal ein halbes Gramm!»

Auch wenn Perowskit die Wissenschaft zum Träumen bringt, werden nicht alle Anwendungen erfolgreich sein. Jeder Vorteil wirft ebenso viele Probleme auf. «Perowskite eröffnen faszinierende Möglichkeiten», meint Jean-Marc Triscone. «Und auch wenn viele Forschungsbemühungen im Sand verlaufen, reicht vielleicht der Erfolg eines einzigen Projekts aus, um die Physik zu revolutionieren.»

Fabien Goubet ist Wissenschaftsjournalist und schreibt für Le Temps.

#### Wasserstoff, Brennstoffzellen und Memristoren

Fünf Schweizer Forschungsprojekte mit Perowskiten:

**Aldo Steinfeld** (Paul-Scherrer-Institut, PSI) befasst sich mit «Solarreaktoren», die CO<sub>2</sub> in Wasserstoff umwandeln.

**Fabrizia Emiliana** (PSI) arbeitet an Perowskit-Katalysatoren für Brennstoffzellen.

**Jennifer Rupp** (ETH Zürich) entwickelt Perowskit-Memristoren für schnellere und energiesparende digitale Speichermedien.

**Christian Bernhard** (Universität Freiburg) untersucht die magnetischen und elektrischen Eigenschaften metallischer Oxide, insbesondere an der Grenzfläche zwischen zwei Materialien.

**Michael Lee** (PSI) entwickelt Herstellungs- und Analysemethoden für ultradünne Filme aus Perowskit-Hybriden.