

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** 31 [i.e. 30] (2018)  
**Heft:** 116

**Artikel:** Prognosen für Betonrisse  
**Autor:** Cartlidge, Edwin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-821347>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.01.2026

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



Ist ein Teil der Zelle in der Sonne und ein Teil im Schatten, entstehen Spannungsunterschiede.

## Schatten ist der Feind der Solarzellen

In weniger als zehn Jahren haben sich die Perowskit in der Solarzellenforschung etabliert. Forschende in den USA, Korea oder der Schweiz befassen sich mit dieser Materialfamilie, die eine Kristallstruktur aufweist. Die Technologie macht rasante Fortschritte: Die Stabilität der Sonnenkollektoren ist von wenigen Stunden auf über 40 Tage gestiegen. Der Wirkungsgrad hat sich von 4 auf über 22 Prozent verfünfacht.

Luca Bertoluzzi erforscht die Grenzen von Perowskit-Solarpanels unter spezifischen Bedingungen. Zum Beispiel, wie gut sie Spannungsunterschiede tolerieren, wenn ein Teil des Panels in der Sonne und ein anderer Teil im Schatten ist. Solarpanels bestehen aus einzelnen Zellen, die nicht zu jeder Zeit dieselbe Leistung erzeugen. Dies kann für Module aus Perowskit oder dem üblicherweise verwendeten Silizium problematisch sein: «Die Zellen im Schatten verhalten sich dann wie eine Staumauer, die den Strom blockiert, der durch die sonnenexponierten Zellen erzeugt wird», erklärt der Forscher. «Wenn der Spannungsunterschied eine gewisse Schwelle überschreitet, kann die Staumauer überflutet und beschädigt werden.»

Silizium übersteht Spannungsunterschiede von mehr als 10 Volt schadlos. Perowskit-Prototypen tolerieren lediglich 1 bis 4 Volt, gewinnen ihre Eigenschaften aber nach einem solchen Ereignis teilweise zurück. Falls der Zustand lang anhält oder wiederkehrt, akkumulieren sich die Schäden. Das hat Leistungseinbussen zur Folge und zerstört schliesslich die Zelle.

«Es wäre ideal, wenn wir genau verstehen würden, was auf chemischer Ebene abläuft, damit wir widerstandsfähigere Perowskite entwickeln können», sagt Bertoluzzi, Postdoc an der Universität Stanford. Gemeinsam mit der Doktorandin Andrea Bowring hat er weitere mögliche Lösungen identifiziert: «Man könnte Schaltungen entwickeln, die den Stromüberschuss umleiten - oder die Panels so aufstellen, dass die Bestrahlungsunterschiede möglichst gering sind.» Lionel Pousaz

A. R. Bowring et al.: Reverse Bias Behavior of Halide Perovskite Solar Cells. *Advanced Energy Materials* (2017)

## Das Herz als Kraftwerk für seinen Schrittmacher

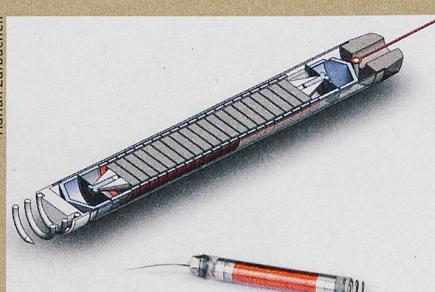
**A**rztinnen und Ärzte implantieren jährlich weltweit mehr als eine Million Herzschrittmacher. Der Eingriff ist Routine, aber nach fünf bis zehn Jahren braucht das kleine Gerät eine neue Batterie. Und jede erneute Operation birgt ein Risiko für Komplikationen. Aus diesem Grund forscht der biomedizinische Ingenieur Adrian Zurbuchen an einem autonomen Herzschrittmacher, der ohne Batterie auskommen könnte.

«Einmal implantieren und dann vergessen, wäre das Ziel», sagt Zurbuchen, der gerade einen Forschungsaufenthalt an der University of Michigan in Ann Arbor beendet. Er schlägt zusammen mit Kollegen von der Universität Bern einen neuen Ansatz vor: Ein kleines Gerät aus Magneten und Spulen wandelt die Aktivität des Herzmuskels in elektrische Energie für den Schrittmacher um. Mit jedem Muskel-schlag bewegt das Herz den sogenannten Harvester. Der Minigenerator könnte mit einem Katheter in die rechte Seite des Herzens implantieren werden. Der Nachteil dieser Lösung: Wegen der Magnete im Harvester müsste ein Patient auf MRI-Untersuchungen verzichten.

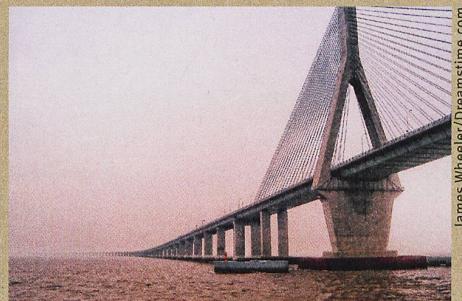
Um jede Minute sechs Liter Blut zirkulieren zu lassen, bringt das Herz eine Pumpleistung von rund einem Watt. Ein Herzschrittmacher benötigt dagegen nur fünf bis zehn Mikrowatt, würde also nur einen Bruchteil der vom Muskel produzierten Energie benötigen. Bei einem In-vivo-Versuch an Schweinen gelang es dem Team, bei einem Herzschlag von 160 Schlägen pro Minute 1,7 Mikrowatt Leistung zu erzeugen. Das reicht zwar noch nicht ganz, doch in einer Simulation hat Zurbuchen durchgerechnet, welche Parameter des Harvesters verändert werden müssten, um genügend Energie zu gewinnen.

Alexandra Bröhm

A. Zurbuchen et al.: Endocardial Energy Harvesting by Electromagnetic Induction. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (2017)



Der Harvester soll künftig im Herzen die Energie produzieren, die der Herzschrittmacher braucht.



Die Möglichkeit, Risse in Hochleistungsbeton vorherzusagen, macht Bauwerke sicherer.

## Prognosen für Betonrisse

**R**isse schwächen Betonstrukturen und können zum Einsturz führen. Wie eine neue Studie zeigt, lässt sich mit Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) das Wachstum von Poren im Innern des Materials verfolgen. Dies ermöglicht die Vorhersage von Rissen in Hochleistungsbeton, der in stark belasteten Strukturen von Brückenpfeilern oder Wolkenkratzern verwendet wird.

Beton entsteht durch das Verkleben der Gesteinskörnung, zum Beispiel Sand, mit Zement und Wasser. Der Zement härtet durch das zugefügte Wasser aus, indem die Kalziumsilikat-Moleküle bei der Reaktion mit den Wassermolekülen nadelförmige Kristalle bilden. Mit fortschreitender Reaktion vernetzen sich die Nadeln zu einer festen Struktur, deren Poren mit einer Mischung aus Wasser und Luft gefüllt sind. Der Druck an der Wasser-Luft-Schnittstelle presst den Beton zusammen, diese Belastung kann zu Rissen führen.

Zhangli Hu von der EPFL in Lausanne hat zusammen mit einem Team der Empa in Dübendorf eine neue Methode entwickelt für die Vorhersage, wie sich die relative Feuchtigkeit im Innern von Beton im Lauf der Zeit verändert und mit welcher Wahrscheinlichkeit sich dadurch Risse bilden. Die Methode stützt sich auf die Messung der relativen Häufigkeit grosser und kleiner Poren. Dazu werden Betonproben mit einem Labor-NMR-Gerät untersucht. Bei diesem Ansatz müssen die Proben nicht zerkleinert werden, wie dies bei der direkten Messung der relativen Feuchtigkeit erforderlich ist.

Bei Beton mit relativ hohem Wassergehalt weichen die NMR-Vorhersagen weniger als vier Prozent von direkten Messungen ab, bei Beton mit geringem Wassergehalt sogar weniger als zwei Prozent. «Deshalb ist diese Methode sehr vielversprechend für die Analyse von Hochleistungsbeton», erklärt Hu. «Dieser enthält wenig Wasser und ist gleichzeitig anfälliger auf Risse, die durch Veränderungen der Feuchtigkeit im Innern ausgelöst werden.» Edwin Cartlidge

Z. Hu et al.: A novel method to predict internal relative humidity in cementitious materials by H NMR. *Cement and Concrete Research* (in press)