

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 139 (2013)  
**Heft:** 35: Betonexperimente

**Artikel:** Strom aus Saft und Beton  
**Autor:** Klooster, Thorsten  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-349281>

### **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**

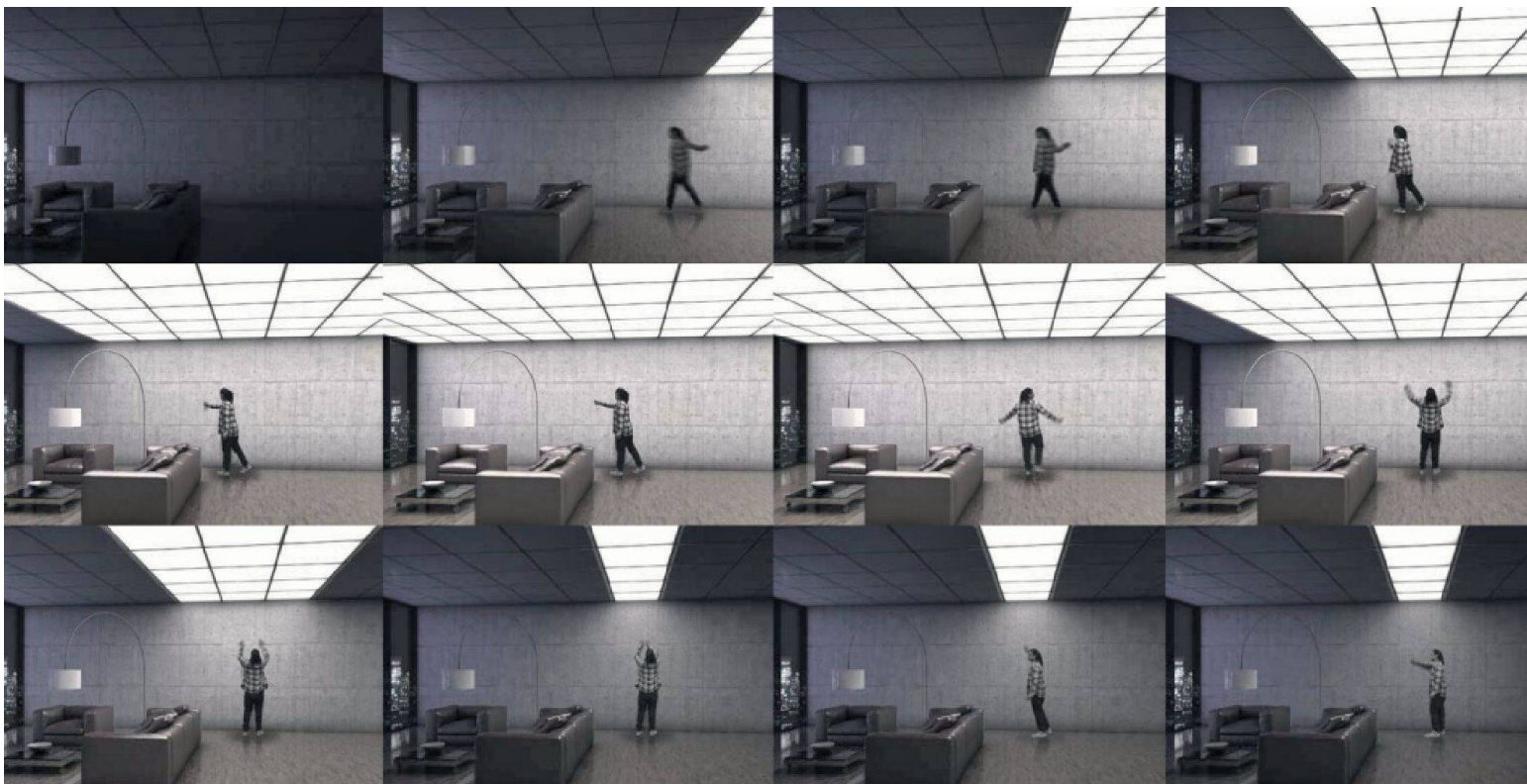
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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:** 15.01.2026

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



01

**01 Conductive-Concrete-Lichtobjekt**  
(Demonstrator, 2013). Sequenz einer  
gestischen Lichtsteuerung mittels einer  
berührungssensitiven Betonoberfläche.  
(Foto: Pat Taylor)

#### MULTIDISZIPLINÄRER ANSATZ

DYSCrete ist ein neuartiger Verfahrensansatz für innovative energieerzeugende Systeme, entwickelt vom Architekten Thorsten Klooster und Heike Klussmann, Künstlerin und Professorin an der Universität Kassel. Seit 2009 widmen sie sich gemeinsam mit der von ihnen initiierten, inzwischen mehrfach ausgezeichneten Forschungsgruppe «Bau Kunst Erfinden» der Entwicklung neuartiger Materialsysteme im Spannungsfeld von Kunst und Wissenschaft.  
[www.baukunstfinden.org](http://www.baukunstfinden.org)

Der Berliner Architekt Thorsten Klooster und die Kasseler Künstlerin Heike Klussmann entwickeln seit 2009 neuartige Materialsysteme. Hier stellen sie ihr jüngstes Projekt vor: eine auf Betonelemente applizierte, biologische photovoltaische Beschichtung. Das funktionstüchtige System ist eine potenzielle ökologische Alternative zu konventionellen Halbleitersystemen.

Die meisten Pflanzen benötigen für den lebenswichtigen Prozess der Photosynthese bekanntlich den grünen Farbstoff Chlorophyll. Das Prinzip ist mehrere Millionen Jahre alt: Die Photosynthese nutzt Sonnenenergie zur Unterstützung pflanzlichen Lebens. Die Licht sammelnden Moleküle der Chlorophylle nehmen Sonnenenergie auf, um Kohlendioxid und Wasser in Zucker und Sauerstoff zu verwandeln – Lichtenergie wird eingefangen und in chemische Energie transformiert. Die gewonnene Energie treibt die biochemische Maschinerie der Pflanzenzellen an. Die Chlorophylle sind in den Zellen pflanzlicher Blätter als molekulare Ensembles in allen Größenordnungen – von der Nanometerebene bis in den Mikrometerbereich – angeordnet, um Lichtenergie zu sammeln.

#### DIE GRAETZEL-ZELLE – EINE SCHWEIZER PIONIERLEISTUNG

Vor über zwanzig Jahren entwickelte der Chemiker Michael Graetzel eine Solarzelle nach dem Vorbild der Natur: Die Graetzel- oder Farbstoffsolarzelle nimmt Licht nicht mit Halbleitermaterialien auf, sondern mit Suspensionen organischer Farbstoffe, wie sie beispielsweise in naturreinen Fruchtsäften vorkommen. Ende der 1980er-Jahre nutzte Graetzel dieses dem Vorgang der Photosynthese ähnliche, auch als «technische Photosynthese» bezeichnete Prinzip für die Konstruktion einer Solarzelle.<sup>1</sup> Der heute weltweit bedeutende, an der ETH Lausanne beheimatete Wissenschaftler begründete damit einen neuen Forschungszweig zur Entwicklung ökonomisch und ökologisch sinnvoller Formen der Solarenergiegewinnung (siehe dazu TEC21 Nr. 45/2012, S. 16 und [www.espazium.ch/tec21/dossier/energiewende](http://www.espazium.ch/tec21/dossier/energiewende)). Seither haben jedoch konventionelle Halbleitersysteme für die Nutzung solarer Energie den weltweiten Markt dominiert. Die erste und zweite Generation der photovoltaischen Systeme, die Silizium-Solarzellen, haben sich als Aufdach-Solarstromanlagen weitgehend etabliert.



**02** BlingCrete/ Magnetic positioning of concrete – Studie für ein Leitsystem (2010). (Computersimulation: T. Klooster, H. Klussmann, C. Winkler)

**Oben:** ungeordnete Verteilung von Stahlkugeln auf einer Betonwand ohne gerichtetes Magnetfeld.

**Unten:** geordnete Ausrichtung von Stahlkugeln auf einer Betonwand nach Einschalten des gerichteten Magnetfelds.

**03** Studie eines BlingCrete-Steuerungs- und -Leitsystems mit einer berührungssensitiven Betonoberfläche (2010). (Foto: Roman Polster)

**04** DYSCrete/ farbstoffsensitiver energieerzeugender Beton (2012). Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme (Rückstreuелеktronenbild) der Oberfläche der Farbstoffsolarzelle nach Entfernen des Frontkontakts. Die Teilbilder unten zeigen mit unterschiedlichen Farbintensitäten die Verteilung der Elemente Si, Fe, Al, Ti, C und Ca im Beton (Element-Mapping mit EDX). (Fotos: Alexander Wetzel)

**05** DYSCrete/ farbstoffsensitiver energieerzeugender Beton – DYSCrete-Stelen und -Muster in der Ausstellung «Amateurism» im Heidelberger Kunstverein, August–Oktober 2012. (Foto: Heike Klussmann)

Der für ihre Herstellung benötigte Grundstoff Silizium steht im Prinzip unbegrenzt zur Verfügung; die ebenfalls notwendigen Seltenen Erden wie Indium, Gallium, Tellur und Selen sind bezüglich Materialökonomie, Ressourcenverbrauch und Umweltverträglichkeit aber negativ zu bewerten.

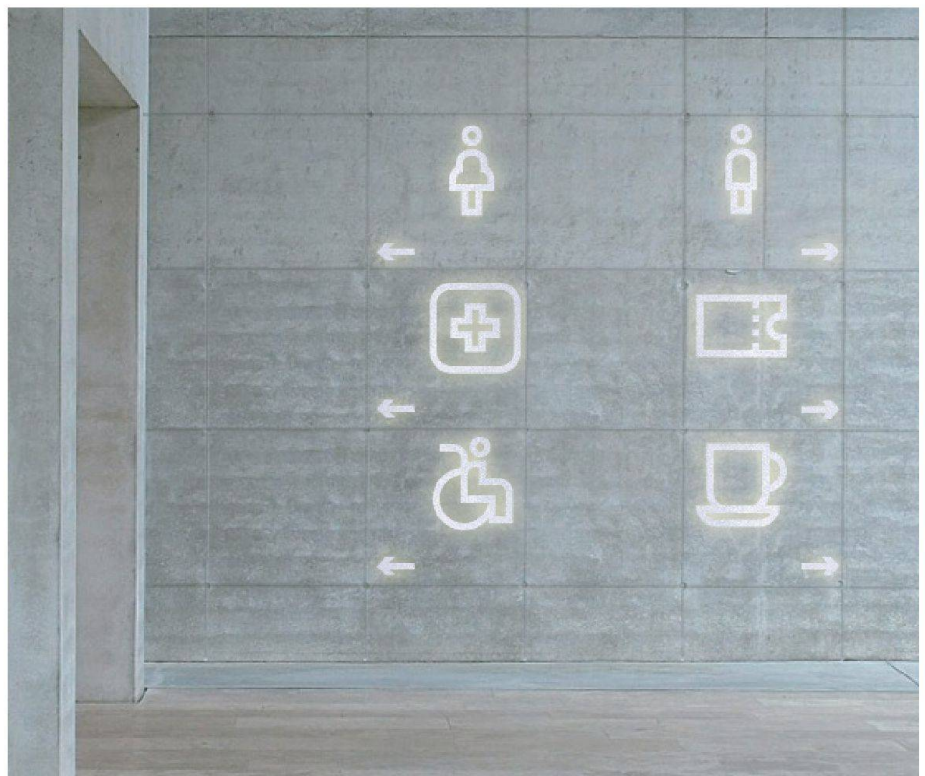
Für alternative Systeme wie die Farbstoffsolarzellen und die organischen Solarzellen stellt sich die Problematik der Seltenen Erden hingegen nicht. Diese Techniken und Verfahrensvarianten der dritten und vierten Generation stehen seit Graetzels Pionierleistung prinzipiell zur Verfügung, ihre potenziellen Anwendungen sind aber noch zu entwickeln. Die Farbstoffsolarzelle ist eine der effizientesten alternativen Solarzellentechnologien, mit der derzeit Wirkungsgrade von bis zu 12 % erzielt werden.<sup>2</sup> Das grosse Potenzial der neuartigen Zellen beruht auf ihrer Einfachheit.

### KANN SOLARSTROM IM BETON ENTSTEHEN?

Zunächst konzentrierte sich die Entwicklung technischer Anwendungen von Farbstoffsolarzellen auf glasbasierte transluzente Module. Aus Sicht des Bauwesens bzw. der Architektur liegt aber die Frage nahe, ob sich die Technologie der Farbstoffsolarzellen auch auf Baustoffe wie Beton anwenden lässt. Hier setzt das Projekt «DYSCrete»<sup>3</sup> von Klooster und Klussmann an: Sein Ursprung war die Vision eines Betonklotzes, der, einmal mit Fruchtsaft übergossen, Strom produziert. Angestrebt wird die experimentelle Entwicklung eines energieerzeugenden Betons – oder genauer: eines neuartigen Verfahrens zur photoreaktiven Funktionalisierung (stromproduzierenden Veredelung) von Oberflächen aus Beton mittlerer Güte –, das auf den technischen Prinzipien der farbstoffsensitiven Solarzelle beruht. Der mittels elektrochemischer Reaktionen energieerzeugende DYSCrete verwendet, ähnlich wie die chlorophyllhaltigen Pflanzen, zur Absorption von Licht organische Farbstoffe. Für die Energieerzeugung werden, ohne zusätzliche toxische Emissionen, unproblematische Komponenten verwendet. Das Materialsystem ist regenerierbar, weitgehend recycelbar und umweltfreundlich.

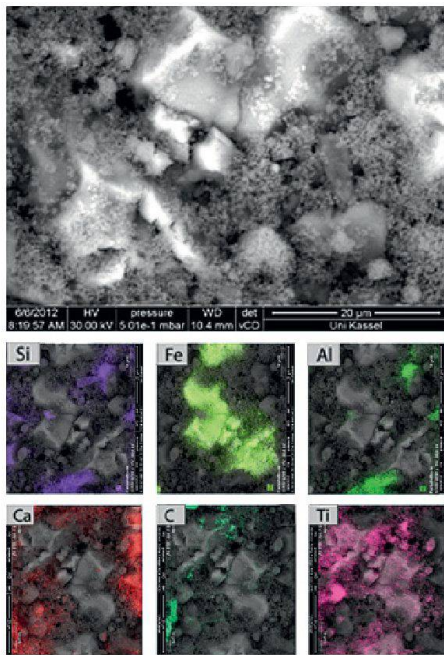


02



03





04



05

## BETON ALS SPIEGEL UND SCHALTFLÄCHE

In die Konzeption und Prototypentwicklung von DYSCrete sind die Erfahrungen aus erfolgreichen Vorläuferprojekten eingeflossen, darunter die Entwicklung des lichtreflektierenden Betons *BlingCrete*<sup>4</sup> und die Ergebnisse des Projekts «Magnetic Patterning of Concrete»<sup>5</sup>, das die Funktionalisierung von Betonoberflächen mittels elektromagnetischer Streufelder zum Ziel hat (Abb. 02). Im Rahmen dieses Projekts wurden unter anderem Verfahren entwickelt, um die Leitfähigkeit der Betonoberfläche zu optimieren – eine Voraussetzung für die dauerhafte Integration möglichst vieler Funktionsschichten der Solarzelle in den Trägerwerkstoff. Ein Spin-off dieser Experimente ist die Entwicklung einer berührungssensitiven Betonoberfläche, die eine Implementierung von Schaltungen in Beton und die Ausbildung ganzer Wandflächen nach dem Touchscreen-Prinzip ermöglicht (Abb. 01 und 03).

### Anmerkungen

1 B. O'Regan, M. Graetzel: «A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal  $\text{TiO}_2$  films», in: *Nature* 353, 737–739 (1991).

2 A. Yella, H.W. Lee, H.N. Tsao, C. Yi, A.K. Chandiran, M.K. Nazeeruddin, E.W.-D. Diau, C.Y. S.M. Zakeeruddin, M. Graetzel: «Porphyrin-sensitized solar cells with cobalt (II/III)-based redox electrolyte exceed 12 percent efficiency», in: *Science* 6056, 2011, S. 629–634.

3 Die Buchstabenfolge DYSC steht für den englischen Ausdruck «Dye Sensitized Solar Cell» (häufig auch DSSC abgekürzt), das Kürzel «-crete» für den Baustoff Beton («concrete»). DYSCrete wird gefördert durch die Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung BBSR in Deutschland.

4 ZIM-Kooperationsprojekt «Licht reflektierender Beton», Förderkennzeichen KF2364501KI9.

5 ZIM-Kooperationsprojekt «Magnetic Positioning – Entwicklung eines neuartigen Verfahrens zur Oberflächenstrukturierung und Funktionalisierung von Betonwerkstoffen über die Positionierung von Funktionselementen durch lateral modulierte magnetische Felder», in Kooperation mit dem Institut für Physik, Prof. Dr. A. Ehresmann, Universität Kassel, Förderkennzeichen KF2364703KI1.

### DIE BESCHICHTUNG PRODUZIERT DEN STROM

Inzwischen ist die Praktikabilität des Ansatzes mit einer Reihe von massstäblichen Funktionsmodellen, die einen (im Labormassstab) messbaren Stromfluss generierten, nachgewiesen worden. Beton mit seinen positiven Eigenschaften als Bauprodukt (brandsicher, hohe Festigkeit und Dauerhaftigkeit, vielfältige Einbaumethoden) ist das Trägermaterial des Systems (Abb. 04–05). Darauf wird ein mehrschichtiger Aufbau in einem kombinierten Sprüh- und Sinterverfahren appliziert. Die Systemkomponenten sind im Wesentlichen eine Titandioxidschicht mit eingelagerten photoreaktiven Farbstoffmolekülen, eine Elektrolytschicht und eine dünne Katalysatorfolie. Dieser Schichtaufbau ist zwischen zwei leitfähige Schichten gepackt, die den gewonnenen Strom ableiten.

Die Veredelung des Betons lässt sich gut in die Herstellung von Betonfertigteilen im Hochbau, für Fassaden sowie Wand- und Bodensysteme integrieren. Die Hauptbestandteile Titanoxid und Farbstoff der Prototypen von DYSCrete sind einfach zu gewinnen und frei erhältlich. Das Schichtsystem lässt sich für die Stromgewinnung in spezifischen Spektralbereichen des Lichts bis in kaum sichtbare Bereiche hinein einstellen.

Ein grosser Vorzug des farbstoffsensitvierten Betons sind die vergleichsweise geringen Produktionskosten. Das System hat das technologische Potenzial einer «Low-Cost Energy Source». Das Verfahren beziehungsweise das Baustoffsystem kann auch die Energie von diffusem Licht nutzen. Das eröffnet für den Baustoff Beton neue Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der gebäudeintegrierten Photovoltaik.

Thorsten Klooster, dipl. Arch. TU Berlin, thorsten.klooster@b-k-e.org