

Neuartige, teiltransparente BIPV-Module mit erhöhtem Gestaltungsspielraum

Tilman E. Kuhn^{1*}, Angèle Tersluisen³, Johannes Eisenlohr¹, Jan-Bleicke Eggers¹, Andrew Mondon¹, Lena Schönrock², Christopher Klages², Kimberly Görich³, Andrea Georgi-Tomas³, Felix Jäger⁴, Ortrun Aßländer⁴, Joachim Höhne⁵, Thomas Stark²

¹ *Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE*

² *Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung HTWG*

³ *ee concept GmbH*

⁴ *acp systems AG*

⁵ *GES Gebäude-Energiesysteme GmbH*

* tilmann.kuhn@ise.fraunhofer.de

Abstract

Im Projekt Design2PV werden BIPV Module mit hoher Effizienz, innovativem Design und großem Gestaltungsspielraum auf der Basis einer neuen Grundidee entwickelt. Die Idee basiert auf der Erkenntnis, dass eine PV-Zelle aus mehreren parallel geschalteten Teilstücken bestehen kann, die unterschiedliche Formen aufweisen, und dass sich Zellstrings mit solchen fragmentierten Zellen in Vieldraht-Technologie automatisiert fertigen lassen. Da der Strom über viele Drähte geführt wird, können die Drähte so dünn sein, dass sie schon aus mittlerem Abstand nicht mehr sichtbar sind. Die Module sollen als Glas-Glas-Module ausgeführt werden, wobei die Module die Anforderungen für Verbund-Sicherheitsglas erfüllen sollen. Dies erleichtert die Integration in den Bauprozess sehr stark und ermöglicht durch die transparente Optik eine sehr gute ästhetische Integration vor opaken Flächen (Kaltfassade) oder in Wärme- oder Sonnenschutzverglasungen (Warmfassade bzw. Glasüberdachungen). Es wird erwartet, dass die neuen Module den Einsatz von BIPV insbesondere bei der Sanierung von vollverglasten Gebäuden deutlich attraktiver machen.

Technische Grundidee

Abb. 1 zeigt die technische Grundidee des Projekts Design2PV. Verschiedene Teilzellen bilden Zellcluster, welche durch eine Vieldrahtverschaltung in elektrischer Hinsicht einer einzelnen (fragmentierten) Solarzelle entsprechen. Durch die Vieldrahtverschaltung werden alle Teilzellen innerhalb eines Zellclusters elektrisch parallel geschaltet. Sowohl die Vorder- als auch die Rückseitenverschaltung erfolgt mittels der Vieldrahttechnologie. Benachbarte Zellcluster werden dann, wie für „normale“ Solarzellen üblich, in Serie verschaltet. Abb. 1 zeigt zur Veranschaulichung des Prinzips ein Modul bestehend aus zwei derartigen Zellclustern. Anders als im

Beispiel gezeigt, können die verschiedenen Zellcluster unter Einhaltung gewisser Randbedingungen auch unterschiedliche Designs aufweisen (siehe Abbildung 2). Die Drähte in Abb. 1 (linkes Zellcluster: Vorderseitendrähte in rot, Rückseitendrähte in grün; rechtes Zellcluster: umgekehrt) sind nur zur schematischen Darstellung so deutlich sichtbar. In der technischen Umsetzung sind mehr und dünnere, silberne Drähte vorgesehen, die schon aus mittlerer Entfernung nicht mehr sichtbar sind.

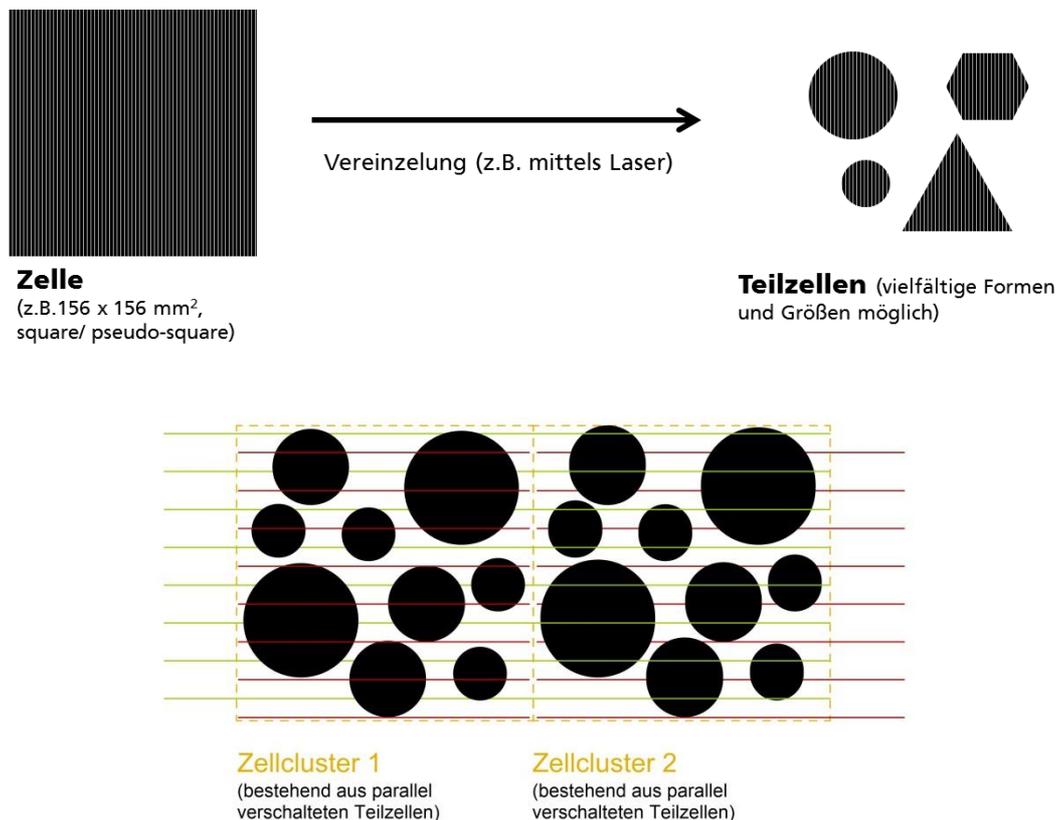


Abbildung 1: Techn. Grundprinzip des Konzepts „Design2PV“. Teilzellen verschiedener Formen und Größen werden mittels Vieldrahtverschaltung parallel zu Zellclustern verschaltet, Zellcluster werden in Serie zu Modulen verschaltet.

Elektrische Eigenschaften des Design2PV-Konzepts

Bei idealer Funktionsweise liefert ein Design2PV-Modul im Vergleich zu einem vollflächig belegten Standardmodul eine Leistung die in etwa dem Belegungsgrad entspricht. Um diese ideale Funktionsweise sicherzustellen, sind einige technische Randbedingungen für Teilzellen, Zellcluster und Module einzuhalten, die sich sowohl durch grundlegende physikalische Eigenschaften als auch durch fertigungstechnische Aspekte begründen. Die wichtigste Randbedingung ist die, dass in Reihe verschaltete Zellcluster die gleiche aktive Solarzellfläche aufweisen müssen, da ansonsten das Zellcluster mit der geringeren aktiven Fläche den Strom eines

ganzen Moduls oder Strangs limitiert. An den Rändern der Teilzellen kommt es zu zusätzlicher Rekombination, die mit dem Verhältnis aus Kantenlänge zu Zellfläche anwächst. Die Größe dieser Rekombination kann durch die Wahl des Vereinzelungsprozesses sowie durch eine Kantenpassivierung beeinflusst werden. Grundlegende Berechnungen auf der Basis von [1] ergeben, dass die Randverluste in Abhängigkeit des jeweiligen Zellclusterdesigns wenige Prozentpunkte betragen. Bei sehr hocheffizienten Ausgangszellen mit geringen Dunkelsättigungsströmen, wirken sich zusätzliche Rekombinationsströme an der Kante im Verhältnis stärker aus.

Um die detaillierten elektrischen Eigenschaften eines spezifischen Moduldesigns berechnen zu können, haben wir ein Werkzeug auf der Basis von SPICE entwickelt, das mittels Bilderkennung ein oder mehrere Zellclusterdesigns einlesen kann, daraus ein elektrisches Netzwerk aus Widerständen und Dioden erstellt und die IV-Kurve des Moduls berechnet. Damit können beliebige Moduldesigns bewertet und gegebenenfalls in elektrischer Hinsicht optimiert werden.

Ästhetische Eigenschaften des Design2PV-Konzepts

Die Gestaltungsfreiheit, die diese Technologie ermöglicht, liegt in der relativ freien Anordnung von Teilzellen unterschiedlicher Form, Größe und Farbe in Zellclustern begründet. Durch die Anordnung der Teilzellen können Strukturen, Muster oder Verläufe erzeugt werden, die Zellcluster, Module und Bauteile unterschiedlicher Größe generieren und bildhaft wirken. Je nach Einsatzzweck und Funktion der Design2PV-Elemente, müssen unterschiedliche Anforderungen an die Verteilung der Teilzellen erfüllt werden. Diese wirken sich wiederum auf die Gestaltung aus.

Die BIPV-Bauteile können als statischer Sonnenschutz, als Sichtschutz bspw. im Brüstungsbereich von Vollverglasungen und als Vogelschutz, also als ein die Durchsicht reduzierendes Element, dienen.

Aufgrund der diversen technischen und funktionalen Anforderungen und dem Anspruch an ein gleichzeitig ästhetisches Design sollte es ein intelligentes Werkzeug geben, welches alle Informationen, Abhängigkeiten und Einschränkungen mit der Hilfe von Inputs fixiert.

Auf lange Sicht soll potentiellen Kunden ein Tool angeboten werden, in dem es möglich ist, geometrische und funktionale Anforderungen an das Bauteil in einem ästhetisch ansprechenden Design generisch erzeugen zu lassen.

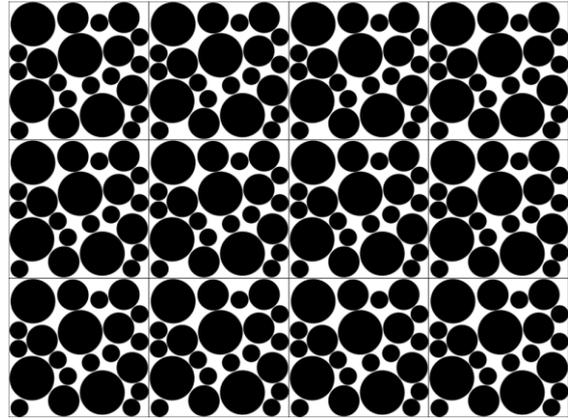
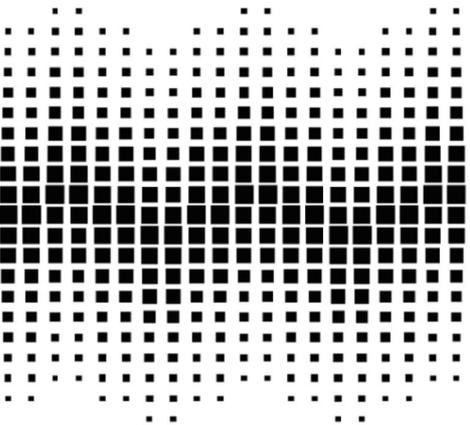
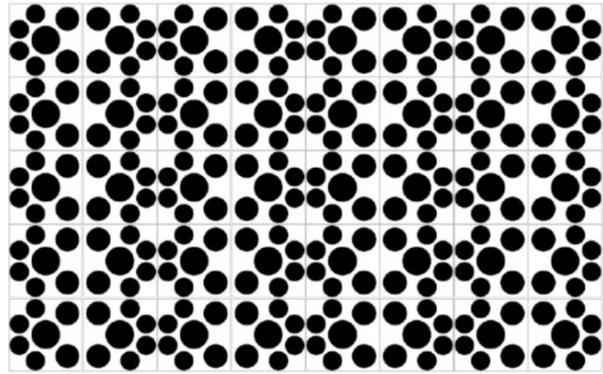
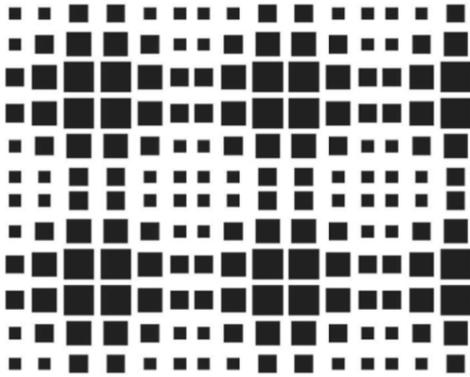


Abbildung 2: Entwürfe für Design2PV-Module. Die gezeigten Entwürfe zeigen einen Teil der möglichen Freiheitsgrade auf und erfüllen die grundsätzlichen technischen Randbedingungen.

Anwendungsbeispiele

Im Kontext der technischen und funktionalen Rahmenbedingungen wurden Gestaltungsbeispiele entwickelt, die die vielfältigen gestalterischen Möglichkeiten, die sich durch die neuartigen BIPV-Module bieten, verbildlichen. Hierzu wurden Fassadenbeispiele gerendert sowie Fotos von realisierten Gebäuden, in denen Design2PV zum Einsatz kommen könnte, mit Visualisierungen überlagert (exemplarische Darstellung in Abbildung 3), um Potenziale aufzuzeigen.



© <https://www.sport-gruner.de>



© <https://www.sport-gruner.de> – edited

Abbildung 3: Beispielhafte Anwendungsmöglichkeiten von Design2PV-Elementen.

Literatur

1. A. Fell, J. Schon, M. Muller, N. Wohrle, M. C. Schubert, and S. W. Glunz, "Modeling Edge Recombination in Silicon Solar Cells", **IEEE Journal of Photovoltaics**, 1–7 (2018).