



Passgenaue c-Si-Module, Umwelt-Arena Spreitenbach (System Megaslate, Meyer Burger, Thun).

# Neue Lösungen für Photovoltaik und Architektur

Obwohl der Weltmarkt für Photovoltaik im letzten Jahrzehnt stark gewachsen ist, bleiben gebäudeintegrierte Anwendungen, etwa durch PV-Folien oder -Ziegel, die Ausnahme. Doch es gibt eine Reihe neuer Produkte, die bald den Markt erobern könnten. Text **Christophe Ballif**<sup>1/2</sup>, **Laure-Emmanuelle Perret-Aebi**<sup>1</sup>, **Patrick Heinstein**<sup>2</sup>

Der Weltmarkt für Photovoltaik (PV) ist im letzten Jahrzehnt enorm gewachsen und hat 2012 eine weltweite Produktion von mehr als 30 GW erreicht (> 200 Millionen m<sup>2</sup> PV-Module). Die meisten Module sind «Standard» kristalline Si-Module, die in herkömmlichen PV-Systemen zum Einsatz kommen, zum Beispiel in Solarparks, auf grossflächigen Flachdächern oder auf gewöhnlichen

Dächern als sogenannte «Building-Added Elements» (BAPV). Die lange erwartete, massive Nachfrage nach gebäudeintegrierter Photovoltaik (Building-Integrated PV, BIPV) findet jedoch noch nicht statt [1]. In der Tat besteht in einer Zeit, in der Verkaufspreise für «marktgängige» kristalline Module zwischen 90 und 110 Franken/m<sup>2</sup> betragen und gewisse Kategorien von Dünnschichtmodulen sogar unter 60 Franken/m<sup>2</sup> kosten, das Potenzial für eine neue Generation von PV-Bauelementen in der Preislage von Ziegeln oder herkömmlichen fasadendeckenden Elementen.

In den letzten zehn Jahren wurden bemerkenswert viele technische und ästhetische Lösungen für BIPV entwickelt. Dazu gehören flexible, auf gewölbte Elemente

laminierte PV-Folien, kleine PV-Ziegel in unterschiedlichen Farben mit integrierten kristallinen Zellen, Module und Blindelemente unterschiedlicher Grösse, bestehend aus handelsüblichen oder weiterentwickelten kristallinen Siliziumzellen mit spezifischer Unterlage, kleine, als Ziegel eingesetzte Dünnschichtmodule, grossflächige Dünnschichtmodule mit, je nach Anwendung, unterschiedlicher Form, Grösse und Transparenz. Allerdings konnten bisher die meisten dieser Lösungen keine bedeutenden Marktanteile erobern. Es blieb bei einzelnen Vorzeigeprojekten, deren Produktion nicht weiterverfolgt wurde. Zu den Gründen, weshalb die BIPV von den massiven Kostensenkungen, die in der «Standard»-PV-Industrie erzielt wur- ▶

<sup>1</sup> Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Institute of Microengineering (IMT), Photovoltaics and thin film electronics laboratory (PVlab), Neuchâtel

<sup>2</sup> Schweizer Zentrum für Elektronik und Mikrotechnologie, CSEM PV-Zentrum, Neuchâtel





Entwicklung von Terrakotta-farbenen Modulen, b) Prototyp, Flächen 150 m<sup>2</sup>, c) Simulation unter Originalbedingungen.



Urban plant: Die einziehbaren PV-Module sind nicht der Witterung ausgesetzt.

den, noch nicht profitieren konnte, gehören:

- die Tatsache, dass die Herstellungskosten für Spezialprodukte stark an das Produktionsvolumen gebunden sind, was eine hohe Eingangshürde für neue Produkte darstellt;
- die (geringe) Grösse individueller Anlagen, was die Herstellungs- und Installationskosten weiter erhöht;
- fehlende Normen für die Integration von PV-Elementen auf Dächern und an Fassaden und/oder die Inkompatibilität nationaler Bestimmungen;
- im Normalfall fehlende Förderstrategien für innovativere Systeme, bei denen angesichts kleinerer Startvolumen höhere Markteingangshürden überwunden werden müssen;
- das Unvermögen von Ingenieuren, Architekten und vom Bausektor, gemeinsame Lösungen ausarbeiten zu können, die vernünftige Preis- und Ästhetikkriterien des Gesamtsystems erfüllen.

Tatsächlich hat der Preiszerfall bei den Standard-PV-Modulen in den letzten Jahren eher gegen BIPV gewirkt, weil das Verhältnis zwischen Standard- und BIPV-Lösungen eher gestiegen als gesunken ist. Da die Anreize entweder nur für die Standard-

Ansätze oder nur minim höher für BIPV festgelegt werden, entsteht ein grosser Preisdruck auf solche Produkte. Zusätzlich zu den bereits genannten Faktoren, sollte einem Punkt mehr Beachtung geschenkt werden, und zwar dem Quadratmeter-Preis an Stelle des Preises pro Watt. Dies zeigt sich besonders bei Fassaden, wo sich die Elemente einer PV-Fassade auf gleicher oder sogar niedrigerer Preisstufe als andere Fassaden-Elemente einpendeln sollten.

In der Schweiz gibt es mehrere erfolgreiche Produkte, wie z.B. das System Megaslate von Meyer Burger (ex 3S, siehe Bild 1) oder die Solrif-Systeme von Ernst Schweizer AG. Elegante Ganzdach-Lösungen werden von anderen Anbietern hergestellt (z.B. Soltop), ebenso wie Fassaden (z.B. Active Façade) mit der möglichen Einbindung von Wärme-Kollektoren, mit einer Effizienz von 20 Prozent und einer dunklen, optisch einheitlichen Erscheinung. Preisdruck durch technologischen Vorsprung könnte rasch zu einer neuen Generation von ästhetisch ansprechenden und preisgünstigen Solarmodulen auf Basis kristallinen Siliziums führen, die auf dem Markt vermutlich eine wichtige Rolle spielen werden.

Zum Beispiel stehen kristalline Module, bei denen die metallisch glänzenden Leiter-

bahnen unsichtbar sind, vor der Markteinführung. Dies wird ermöglicht durch den Einsatz von typischerweise 20 bis 30 dünnen Drähten, die die 2 mm breiten Metallstreifen ersetzen. Diese Technologie wird heute unter dem Namen «Smart Wire» von der Firma Meyer Burger vermarktet. Eine andere Möglichkeit ist der Gebrauch von Zellen, die mittels des sogenannten Metallization-Wrap-Through-Verfahrens hergestellt werden. Hier ermöglichen kleine Löcher in der Zelle, dass die traditionell vorderseitig angebrachten Leiterbahnen nunmehr auf die Rückseite verlegt werden und damit ebenfalls unsichtbar sind.

Neue Ansätze, die auf Dünnschicht-Silizium basieren, ermöglichen eine Veränderung der Modulfarbe in Richtung eines traditionellen Terrakottatons herkömmlicher Ziegel. Derartige Module können bedingt durch ihre günstige Herstellung sogar mit den Kosten einer Ziegeleindeckung konkurrieren: sie kosten ebenso wie diese nur um 60 Fr./m<sup>2</sup> und produzieren dabei noch Strom (siehe Bild 2). Das Verfahren ist patentiert und eine erste Kleinserie von 150m<sup>2</sup> wurde bereits produziert. Computersimulationen zeigen das vielversprechende ästhetische Potenzial dieser innovativen Technologie (Bild 2 c). Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von Inter-

ferenzfiltern und von strukturierten Glas-Luft-Schnittstellen, um Reflexionen in spezifischen Teilen des Lichtspektrums zu erzielen und so die Farbe von Dünnschichtmodulen oder kristallinen Modulen zu variieren. Die Palette von möglichen Produkteigenschaften kann somit durch einfache Modifikation der Moduloberfläche erweitert werden. Die Interferenzfilter wurden im Rahmen des Projektes Archinsolar entwickelt und werden von Swiss Inso für Grossmodule vermarktet. Kleinere Einheiten (z.B. in Ziegelgrösse) mit denselben Filtern versehen, werden derzeit von SES vertrieben.

Es gibt im Bereich neuer Solar-Produkte eine unglaubliche Palette von neuartigen Lösungsansätzen, die kurz vor der Markteinführung stehen, wie z.B. die Farbstoffmodulverglasung (von G2E entwickelt). Letztendlich werden auch andere urbane

Flächen, die für die Photovoltaik geeignet sein könnten, untersucht. Über «solare Carports» hinaus sind nun auch neue Ansätze in der Entwicklung, um PV-Anlagen über Strassen und Parkplätze zu spannen. Diese könnten zur PV-Landschaft von morgen beitragen. Das Bild 3 zeigt das Beispiel des «Urban Plant»-Systems von Light Energy, mit welchem neue Märkte erobert werden könnten. Neben der Stromgewinnung erweisen sich in warmen Monaten die aus der Überdachung resultierenden Schattenzonen z.B. auf Parkplätzen als vorteilhaft.

#### Tätigkeiten in Neuchâtel

Das Photovoltaik-Lab der EPFL in Neuchâtel und das CSEM-PV-Center arbeiten intensiv an neuartigen Entwicklungen im Hinblick auf eine ästhetisch ansprechende und zugleich kosteneffiziente PV. Diese spe-

zifische Infrastruktur erlaubt die Herstellung und Weiterentwicklung von Solarzellen und -modulen auf Basis nahezu sämtlicher Technologien. In komplexen Verfahren werden zudem Verschleiss und Lebensdauer untersucht (via typische Testverfahren wie Feuchte Wärme Prüfung, thermische Zyklen, Hagel, usw.). Zudem werden ganz neuartige Lösungen entwickelt. Neben dem Aufbau von Know-how im Bereich Packaging ist für die beiden Teams in Neuchâtel die Zusammenarbeit mit Polymer-Produzenten, Modulherstellern, Architekten und Anlagenbauern im Gange, um neue Produktgenerationen auf den Markt zu bringen. ■

Quelle  
 [1] P. Heinstejn et al. «Building Integrated Photovoltaics (BIPV): Review, Potentials, Barriers and Myths», Green 2 (2013) 125-156