

# Die Photovoltaik macht sich unsichtbar

Je besser Photovoltaik-Module in Farbgebung und Abmessung den Erwartungen von Bauherren und Architekten entsprechen, desto öfter werden sie in bestehenden und neuen Gebäuden verbaut. Dieser Leitidee folgend hat das anwendungsorientierte Forschungszentrum CSEM (Neuenburg) zusammen mit akademischen Institutionen terracotta-farbene und weisse PV-Module erforscht und mit Industriepartnern zur Marktreife entwickelt. Jetzt kommen die ersten Produkte in den Handel.



*PV-Module in Grau, Blau, Gold und Türkis an der Fassade des umgebauten Kohlesilos im Basler Gundeldinger-Quartier. Foto: Martin Zeller*

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Die Idee ist so einfach wie bestechend: Ein Bauteil erfüllt bei einem Gebäude die Funktion eines Wandelements oder eines Dachziegels – und produziert gleichzeitig Solarstrom. Diese 'gebäudeintegrierte Photovoltaik' ist heute Realität: 2015 wurde die Vollglasfassade eines Mobiliar-Gebäudes in Bern im Zuge der Sanierung mit Glaslamellen ergänzt, welche die Versicherungsmitarbeiter vor Sonne schützen und zugleich mit Dünnschichtsolarzellen Strom produzieren. Auch

im Basler Gundeldinger-Quartier produzierten Fassadenelemente seit einigen Monaten Strom. Dort wurde das Kohlesilo einer ehemaligen Maschinenfabrik während des Umbaus mit PV-Modulen in Grün-, Gold-, Blau- und Grautönen verkleidet. „Dank der matten Oberflächen merken viele Leute gar nicht, dass es sich bei den Fassadenelementen um PV-Module handelt“, schildert Kerstin Müller vom Baubüro in situ ihre bisherigen Erfahrungen. Die mehrfarbig verglasten, monokristallinen Solarzellen waren von der ETH Lausanne entwickelt worden und werden nun von der Swissinso SA (Lausanne) vermarktet.

Das Potenzial der gebäudeintegrierten Photovoltaik ist noch längst nicht ausgeschöpft, sagt Dr. Stefan Nowak, Leiter des BFE-Forschungsprogramms Photovoltaik: „Trotz faszinierender Einzelprojekte ist die gebäudeintegrierte Photovoltaik bisher nicht Mainstream.“ Um den Durchbruch zu schaffen, müssten die stromproduzierenden Gebäudeteile noch günstiger werden, zumal ihr Energieertrag häufig geringer ausfällt als bei klassischen PV-Modulen. Wichtig seien praxistaugliche Produkte. Diese müssen den architektonischen Anforderungen genügen und dabei die Normen des Bauwesens wie auch jene für elektrotechnische Produkte erfüllen.

### Produkte für den Markt

Wenn gebäudeintegrierte Photovoltaik den Erfordernissen des Marktes entspricht, besteht für sie eine grosse Nachfrage. Marktaugliche Produkte müssen unter anderem breitere Möglichkeiten der Farb- und Formgebung aufweisen, damit sie den ästhetischen Anforderungen für das jeweilige Gebäude angepasst werden können. Mit dieser Zielsetzung erforschte das CSEM gemeinsam mit Partnern der ETH Zürich und Lausanne sowie der Empa in Dübendorf neue Lösungen für gebäudeintegrierte Photovoltaik. Aus dem Projekt mit dem Namen ArchinSolar gingen im Herbst 2014 Prototypen für drei marktgerechte Produkte hervor: ein PV-Modul mit einer Rückseite aus Verbundwerkstoff, das sich in Form und Farbe an den herkömmlichen Dachziegeln orientiert; ein vorgefertigtes Hybridpanel zur Produktion von Strom und Warmwasser; schliesslich ein terracotta-farbenes PV-Modul. Alle drei Prototypen beruhen auf der Dünnschicht-Technologie. Diese in der Herstellung kostengünstige PV-Technologie war vom Institut für Mikroelektronik der Universität Neuenburg entwickelt worden.

Im aktuellen PV-Markt mit seiner starken Preiserosion ist es nicht einfach, mit innovativen Produkten zu reüssieren. Trotz des schwierigen Marktumfelds steht der dritte Prototyp – das terracotta-farbene PV-Modul – heute



*Das CSEM möchte der gebäudeintegrierten Photovoltaik mit weissen und farbigen PV-Modulen zum Durchbruch verhelfen. Im Bild: Dr. Laure-Emmanuelle Perret-Aebi (CSEM) und Prof. Christophe Ballif (CSEM/EPFL). Foto: CSEM*

kurz vor der Marktreife. Verantwortlich für die Industrialisierung des Prototypen ist die Technologietransfer-Firma ÜserHuus AG (Hergiswil/NW), gemeinsam mit dem CSEM. Auf einer Liegenschaft in der Neuenburger Gemeinde Corcelles-Cormondrèche beweisen die auf Dünnschicht-Technologie beruhenden Solarzellen (vgl. Textbox 1) ihre Praxistauglichkeit. „Der Wirkungsgrad der Module liegt mit 6% zwar deutlich unter jenem klassischer Silizium-Module. Die Module verwerten aber auch indirekte Strahlung, was den Energieertrag bei Bewölkung erhöht. Zudem werden die Module in der Herstellung günstiger sein als klassische PV-Module“, sagt Dr. Laure-Emmanuelle Perret-Aebi, Leiterin der Abteilung PV-Module und -Systeme beim CSEM.

### Module in neutralem Weiss

Terracotta-farbene PV-Module empfehlen sich insbesondere für den Einsatz auf Dachflächen in denkmalgeschützten Kontexten. Dort ist die Installation der klassischen PV-Module aus ästhetischen Gründen unerwünscht bzw. verboten. Für den Einsatz an Fassaden halten die CSEM-Forscherinnen und -Forscher eine

### 3 Die Photovoltaik macht sich unsichtbar

zweite Innovation parat: weisse PV-Module. Die weissen PV-Module beruhen auf klassischer Silizium-Technologie. Die weisse Optik erzielen die Wissenschaftler durch eine Folie mit speziellen Reflexionseigenschaften (vgl. Textbox unten). Auch mit diesen Modulen macht sich die Photovoltaik quasi unsichtbar.

Mit der Reflexion des sichtbaren Lichts geht zwangsläufig ein Teil der Energie verloren – der Wirkungsgrad der Zellen sinkt um gegen 40 Prozent von 18 auf 11%. Für CSEM-Forscherin Perret-Aebi kein Grund zur Sorge: „Weisse Module sind für Gebäude gemacht, wo klassische Module nicht eingesetzt werden können. Wir verlieren mit ihnen also nichts, sondern wir erschliessen mit den weissen Modulen ganz neue Anwendungsgebiete für die Photovoltaik.“ Das Start-up Solaxess SA arbeitet gegenwärtig an der Kommerzialisierung der weissen PV-Module. Die Neuenburger Firma produziert – zusammen mit einem deutschen Partner – die Folie, die den weissen Farbeindruck erzeugt, und vertreibt diese an Modulhersteller. Zurzeit werden Stabilität und Verlässlichkeit der Folie optimiert und Produktionslinien entwickelt. Ein Demonstrationsprojekt in Neuenburg ist in Planung. Im Frühjahr 2016 soll die Folie auf den Markt kommen.

#### Leuchttürme entstehen

Gebäudeintegrierte Photovoltaik wird mehr und mehr Realität. Zum Beispiel bei der laufenden Erneuerung einer Liegenschaft mit 28 Wohnungen und zwei Büros in der Stadt Zürich. Mit einem umfassenden Energiekonzept soll hier bis Spätsommer 2016 ein Plusenergie-Gebäude entstehen, das die Anforderungen der 2000-Watt-Gesellschaft unterbietet. Teil des Konzepts ist eine hinterlüftete Fassadenkonstruktion mit PV-Bekleidung (1'550 m<sup>2</sup>; 170 kWp). Die PV-Module im grau-grünen Farbspektrum sollen mit dem städtebaulichen Kontext harmonisieren und für den Passanten nicht als PV-Fläche erkennbar sein. „Für den Bestandsbau brauchen wir 18 verschiedene Modulgrössen, da helfen uns Standardmodule nicht weiter“, nennt



*Oben: Auf dem Dach eines Gebäudes in Corcelles-Cormondrèche (NE) wurden terracotta-farbene PV-Module verbaut. Mitte: Für die Fassade eines neu erbauten Mehrfamilienhaus in Brütten (ZH) kommen PV-Module zum Einsatz, die dank Aufrauen einen matten, anthrazitfarbenen Farbton haben. Unten: Ein Mehrfamilienhaus in der Stadt Zürich wird im Zuge der Sanierung mit einer hinterlüfteten Fassadenkonstruktion mit PV-Bekleidung in grau-grüner Farbgebung ausgestattet. Abbildungen: UserHuus/René Schmid Architekten AG/Viridén+Partner AG*

Andreas Büsser, Mitinhaber des Planungsbüros Viridén+Partner AG (Zürich), eine Herausforderung des Projekts. Bei der Auswahl der Module, die zur Zeit läuft, achten die Planer auch auf eine hinreichende Leistung. Die Fassade soll nämlich gerade während der Übergangszeit im Frühling und Herbst einen wesentlichen Beitrag zum Strombedarf leisten. Der Bau wird im Rahmen eines BFE-Leuchtturmprojekts mit einer umfassenden Messkampagne begleitet. Ziel ist die Entwicklung eines Systems für gebäudeintegrierte Photovoltaik, das anschliessend auch anderen Bauherren zur Verfügung steht.

Innovativ gebaut wird zur Zeit auch in einem Wohngebiet der Zürcher Gemeinde Brütten. Dort erstellt der Unternehmer und Energiepionier Walter Schmid bis Frühjahr 2016 ein Mehrfamilienhaus, das in seiner Energieversorgung 100% autark ist und weder über einen Anschluss ans Strom- noch ans Gasnetz verfügt. Den Strom und die Wärme (via Boiler bzw. Wärmepumpe) beziehen die Bewohner von den PV-Panels auf dem Dach (80 kWp) und an der Fassade (47 kWp). Diese Fassade ist durchgehend (500 m<sup>2</sup>) mit Standardmodulen und günstig zugeschnittenen Sondergrössen bedeckt, die durch Aufrauen der Glasoberfläche einen matten, anthrazitfarbenen Farbton erhalten haben. „Unsere ersten Messungen zeigen, dass die PV-Module trotz der Oberflächenbehandlung keine Energieeinbussen verzeichnen“, sagt Eric Langenskiöld vom Ingenieur- und Planungsbüro Basler & Hofmann AG.

### Suche nach geeigneten Oberflächen

Die Oberflächenbearbeitung von PV-Modulen könnte in Zukunft neue Wege für die gebäudeintegrierte Photovoltaik eröffnen. Diese Stossrichtung hat denn auch ein vom BFE unterstütztes Pilotprojekt unter Leitung des Architekturbüros raumweg gmbh (Muttenz) zusammen mit lokalen KMUs. Im Rahmen des Projekts (siehe [www.solarglaslabor.ch](http://www.solarglaslabor.ch)) wird die Auswirkung verschiedenartiger Strukturen mittels Glasbearbeitungstechniken auf marktgängige Solarmodule unter-

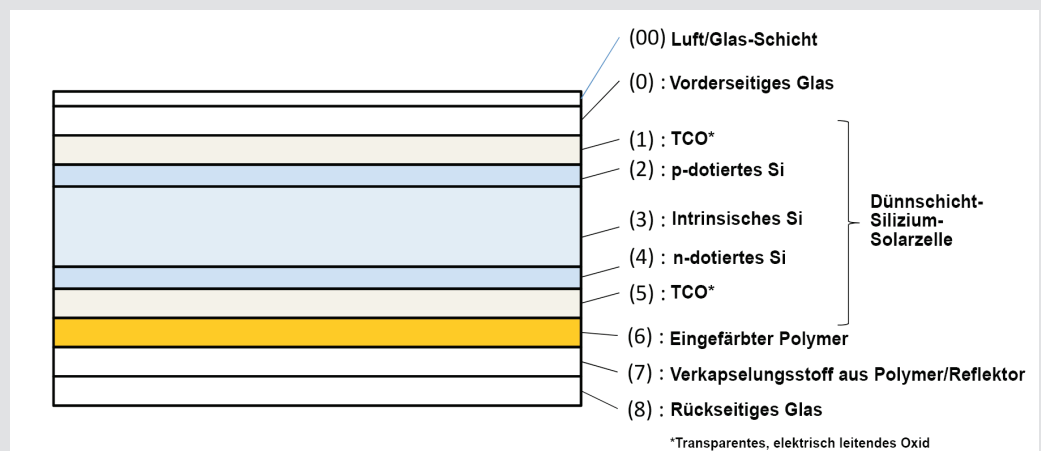
sucht. „Wir wollen der gebäudeintegrierten Photovoltaik alle erdenklichen individuellen Strukturen und Sujets erschliessen – beispielsweise die Imitation von Holz- oder Steinstrukturen, aber auch farbige und bildliche Darstellungen“, sagt Markus Bloch, Inhaber der raumweg gmbh. Während des Projekts, das der Gewerbeverband Basel-Stadt als Partner unterstützt, wird bis 2016 der Einfluss der Oberflächenbearbeitung auf den Energieertrag geprüft und mit Modellmodulen einem Praxistest unterzogen.

- » Den Schlussbericht zum Projekt ArchinSolar finden Sie unter: <http://bit.ly/Archin>
- » Weitere Auskünfte zu dem Projekt erteilt Dr. Stefan Nowak ([stefan.nowak\[at\]netenergy.ch](mailto:stefan.nowak[at]netenergy.ch)), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Photovoltaik.
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Photovoltaik finden Sie unter [www.bfe.admin.ch/CT/PV](http://www.bfe.admin.ch/CT/PV).

### Aus Blau mach Ziegelrot oder Weiss

Sonnenlicht besteht aus Strahlen unterschiedlicher Wellenlänge. Die Strahlungsenergie soll in einem PV-Modul umfassend absorbiert werden – damit die Stromausbeute möglichst hoch wird. Je nach Beschaffenheit der Oberfläche des PV-Modules wird ein kleinerer oder grösserer Teil der Strahlung reflektiert – und erweckt beim Betrachter abhängig von den reflektierten Wellenlängen einen bestimmten Farbeindruck. Damit möglichst wenig Sonnenstrahlung reflektiert wird, haben die klassischen Silizium-Module an der Oberfläche eine antireflektorische Schicht aus Siliziumnitrat. Wegen ihr nimmt unser Auge diese Module als blau-schwarz wahr.

Um die farbliche Wirkung eines PV-Moduls zu verändern, gibt es verschiedene Wege. Üblicherweise wird auf der sonnenzugewandten Seite der photoaktiven Schicht eine Folie (Interferenzfilter) aufgebracht, die gewisse Wellenlängen aus dem sichtbaren Spektrum reflektiert – und damit den gewünschten Farbeffekt erzeugt. Das CSEM in Neuenburg hat eine andere Methode entwickelt: Hier wird der Farbeindruck verändert, indem auf der sonnenabgewandten Seite der photoaktiven Schicht eine Lage aus gefärbtem Polymer aufgetragen wird (in der Grafik orange markiert). Dieses Verfahren hat nach Auskunft der CSEM-Forscherinnen und -Forscher den Vorzug, dass der Farbeindruck bei einer Änderung des Betrachtungswinkels konstant bleibt und die Herstellungskosten tiefer sind. Mit diesem Verfahren lassen sich orange, braune und schwarze Farbtöne erzeugen. Auch die im Haupttext erwähnten terracotta-farbenen PV-Module beruhen auf dieser Technologie.



Die Farbmodule des CSEM nutzen Silizium-Solarzellen, die im Dünnschicht-Verfahren hergestellt wurden. Die ebenfalls vom CSEM entwickelten weissen Module beruhen auf klassischen (Dickschicht-) Silizium-Zellen. Der weisse Eindruck entsteht hier durch eine Folie, die auf das Modul aufgebracht wird. Die Folie verfügt über einen komplexen Aufbau aus mehreren Lagen. Sie ist durchlässig für Infrarot-Strahlung, reflektiert aber sichtbares Licht. Durch Diffusion entsteht der weisse Farbeindruck. BV