

Konarka Power Plastic<sup>®</sup> Solar Panel: Polymersolarzellen, die aufgrund ihrer biegsamen und dünnen Beschaffenheit auch in gestalterisch anspruchsvolle Fassaden integriert werden können. Foto: Konarka

# plusFASSADEN<sup>1</sup>

## ENERGIE ERZEUGEN UND SPEICHERN – FASSADENSYSTEME TEIL 4

Selbst größte Skeptiker erkennen inzwischen an, dass die fossilen Energieträger langsam zu Ende gehen. Bei den Alternativen zur Energieerzeugung stehen solare Systeme an erster Stelle. Im vierten und letzten Teil der Serie „plus Fassaden“, die Ergebnisse aus der gleichnamigen, im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogramms „Haus der Zukunft plus“ durchgeführten Studie vorstellt, werden Ideen und fortschrittliche Konzepte aufgezeigt, wie die Energie aus der Sonne als integrierte Fassadenlösung genutzt werden kann.

von Edeltraud Haselsteiner

Fassadenintegrierte Fotovoltaik oder Sonnenkollektoren stellen im Zusammenhang mit der Thematik „Plusenergiegebäude“ mittlerweile eine zentrale Planungsaufgabe dar. Dabei geht es einerseits um eine gestalterisch sinnvolle Integration von Solartechnologien in die Gebäudehülle, andererseits um die Berücksichtigung der funktionellen und energetischen Performance des integrierten Systems. Mit einem Wirkungsgrad von 15,0 Prozent (polykristalline Solarzellen) bzw. 16,5 Prozent (monokristalline Solarzellen) wird bei üblich im Handel erhältlichen Solarzellen Sonnenlicht in Strom umgewandelt. Höhere Wirkungsgrade bis 20 Prozent und mehr sind bei optimalen Bedingungen und innovativen Produkten im Einzelfall bereits möglich.

Die Fotovoltaikfassade bringt sowohl konstruktive als auch wirtschaftliche Synergieeffekte. Module können in eine Pfosten-Riegel-Konstruktion eingesetzt oder als Vorhangschale bei einer massiven Konstruktion angeordnet sein. Da der Wirkungsgrad mit zunehmender Zelltemperatur abfällt, sind hinterlüftete Konstruktionen sinnvoller. Bei hoher Sonneneinstrahlung erwärmen sich die Module je nach Einbausituation auf Temperaturen von bis zu 80 °C. Die Leistung reduziert sich mit jedem Grad über der Normtemperatur von 25 °C. Eine gute Hinterlüftung ist daher von Vorteil. Nicht hinterlüftete oder wärme gedämmte Elemente liefern bis zu zehn Prozent weniger Stromertrag als völlig frei durchströmte PV-Module.

### DÜNNSCHICHT-FASSADENMODULE

Eine vielversprechende Technologie sind PV-Dünnschicht-Fassadenmodule. Bei ihrer Herstellung werden dünne fotoelektrisch aktive Schichten auf ein Trägermaterial wie Glas, Metall oder flexible Kunststofffolien aufgebracht. Dazu sind bisher drei Produktionstechniken geläufig: amorphe/mikrokristalline Siliziumtechnik, CdTe-basierte Technik und die Kupfer-Indium-Selenid (Sulfid)-Technik, kurz CIS-Technologie. Während Erstere technologisch am weitesten entwickelt ist, können bei CIS-Modulen die höchsten Wirkungsgrade erwartet werden. Am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung in Baden-Württemberg (ZSW) ist die Produktion von Dünnschicht-Solarzellen mit einem Spitzenwirkungsgrad von 20,3 Prozent gelungen.

Ein wesentlicher Vorteil von CIS-Solarmodulen gegenüber Solarmodulen auf Siliziumbasis ist neben dem Kostenfaktor

ihre flexible Anwendung in der Fassade. Sie bieten je nach Wahl des Trägermaterials vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten, indem sie in ihren Texturen und Strukturen dem baulichen Kontext besser angepasst werden können. Die Forschungsergebnisse des ZSW mündeten in den Aufbau einer Pilotfertigung von vorgefertigten Fassadenmodulen. Die Fassadenpaneele basieren auf der dünn-schichtigen CIS-Technologie. Sie zeigen eine feine Nadelstreifenoptik und können unterschiedlich eingefärbt werden. Die Module stehen neben Schwarz auch in den Farben Rot, Grün, Gelb, Blau und Weiß zur Auswahl. Wegen der höheren Lichtreflexion muss bei farbigen Gläsern allerdings ein geringerer Wirkungsgrad in Kauf genommen werden. Es gilt: je dunkler die Farbe, desto höher der Leistungsverlust. Das System kann mit anderen Oberflächen wie Glas-, Naturstein- oder Putzflächen kombiniert werden. Derzeit werden die Module getestet. Ein Testobjekt wurde in Reutlingen, Deutschland, errichtet. Darüber hinaus liegen zum momentanen Zeitpunkt noch keine fertigen Prüfzeugnisse oder Zulassungen vor.

In einem weiteren Projekt gelang es dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Baden-Württemberg, ein funktionstüchtiges flexibles Dünnschicht-Solarmodul auf einer 0,5 mm dünnen Baustahlfolie herzustellen. Das nur 50 Quadratzentimeter große Minimodul aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) erreichte einen Wirkungsgrad von 8,6 Prozent und ist darüber hinaus um den Faktor zwei bis drei günstiger als bisherige Trägermaterialien aus Edelstahl oder Polyamidfolien.

### PV-MODULE MIT POLYMERBASIERTEN SOLARZELLEN (ORGANISCHE SOLARZELLEN)

Ähnlich intensiv wie an Dünnschichtmodulen wird derzeit an der Entwicklung von polymerbasierten Solarzellen geforscht und gearbeitet. Bei ihrer Herstellung werden dünne Schichten aus sogenannten konjugierten Polymeren und Fulleren (Kohlenstoffmolekülen) so geschickt miteinander kombiniert, dass sie unter Lichtabsorption besonders schnell und effektiv Strom erzeugen. Ihre Vorteile sind:

- Polymere lassen sich mit weniger Energieaufwand und kostengünstiger herstellen (die Kosten betragen nur rund ein Drittel gegenüber bisheriger Siliziumtechnologie)
- Ihre einfache Anwendung aufgrund ihrer biegsamen und dün-



BIPV-Fassadenmodul Curtain Wall mit Konarka Power Plastic<sup>®</sup>. Foto: Konarka

nen Beschaffenheit. Sie können wie Klarsichtfolie einfach auf Hausdächern, Fassaden, Fenstern oder Markisen aufgebracht werden. Module zur Gebäudeintegration sind derzeit in Entwicklung.

### FARBSTOFFSOLARZELLEN (FSZ, ELEKTROCHEMISCHE DÜNNSCHICHTSOLARZELLEN)

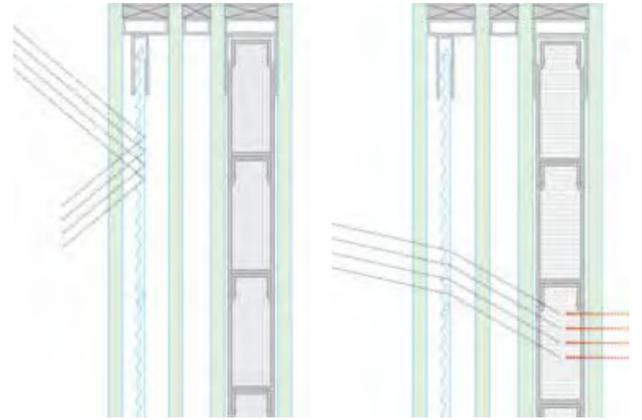
Als dritte Richtung auf dem Sektor der gebäudeintegrierten Solartechnologie sind Farbstoffsolarzellen (FSZ) oder elektrochemische Dünnschicht-Solarzellen zu erwähnen. Hervorzuheben ist die größere Freiheit bei der Farb- und Formgebung. Ihre Herstellung mittels Verfahren der Siebdrucktechnik stellt sich ebenfalls wesentlich einfacher dar als die bisheriger Siliziumtechnologie. Im Unterschied zu herkömmlichen Solarzellen, welche meist teure Halbleitermaterialien benötigen, wandeln Farbstoffsolarzellen die Energie des Sonnenlichts mittels eines metallorganischen Farbstoffs nach dem Prinzip der Photosynthese bei Pflanzen in elektrischen Strom um: Zellen aus metallorganischen Farbstoffen auf Basis von Ruthenium, einem Halbleitermetall, werden zwischen zwei ebene Glasplatten eingebettet, die, mit nanokristallinen Titandioxid beschichtet, als Elektroden ausgebildet sind. Das ermöglicht eine höhere Lichtausbeute und einen besseren Elektronentransfer vom Lichtabsorber zur Elektrode. Bei direktem Lichteinfall wird derzeit mit acht Prozent ein Wirkungsgrad erreicht, der noch unter dem herkömmlicher Silizium-Solarzellen liegt. Man geht aber davon aus, dass sich der Wirkungsgrad noch deutlich erhöhen wird. Das Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation) beschäftigt sich im Rahmen des Programms „ColorSol“ mit Fotovoltaikmodulen mit FSZ für die Gebäudeintegration. Eine Testfassade ist bereits in Betrieb. Derzeit wird an der Marktreife gearbeitet.

### FASSADENINTEGRATION VON RÖHRENKOLLEKTOREN

An der Universität Stuttgart unter der Leitung des Instituts für Baukonstruktion L2 wurde ein Fassadensystem entwickelt, das die Funktionen Sonnenschutz, Energiegewinnung und Tageslichtnutzung in sich vereint und gleichzeitig vollständig integriert und flexibel angewendet werden kann. Anstelle konventioneller Fassadenkollektoren werden freiliegende gläserne Vakuumröhren direkt vor den Verglasungsflächen in die Ge-



CIS-Dünnschicht-Fassadenmodule StoVerotec Photovoltaic, Testobjekt: Manz Automation AG, Reutlingen/Deutschland, Architekt: Hank + Hirth Freie Architekten. Fotos: Oliver Starke

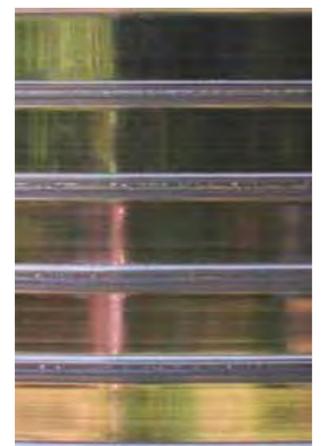


GlassXcrystal-Latentspeicherwand, Funktionsschema Sommer und Winter: Ein vor dem Salzhydratelement liegendes Prismenglas reflektiert die Sonneneinstrahlung im Sommer und lässt die Sonnenstrahlen bei flachem Einstrahlungswinkel im Winter passieren. Grafik: GlassX AG



Fassadenintegrierte Röhrenkollektoren, entwickelt vom Institut für Baukonstruktion L2 der Universität Stuttgart. Fotos: UNI Stuttgart IBK 2

Nullenergiebau Eulachhof, Oberwinterthur: konsequente Ausnutzung der solaren Strahlung an der Südfassade mit einer Latentspeicherwand (GlassXcrystal). Foto: Huberlendorff



Alterswohnanlage Domat/Ems: Außen- und Innenansicht der Fassade mit GlassXcrystal-Latentspeicherwand. Fotos: Gaston Wicky

GlassXcrystal: Wärmespeichermodule auf Basis von Salzhydratkristallen im Phasenwechsel, GLASSXcomfort flüssig. Fotos: GlassX AG

bäudehülle integriert. Die Fassadenpfosten übernehmen neben ihrer konstruktiven Funktion zusätzlich die Funktionen des Sammlers und der wärmetechnischen Anbindung. So verlaufen die gemeinsamen Sammelrohre der Vakuumröhren wärmeisoliert in den Profilen und transportieren die erwärmte Flüssigkeit zum Speicher. Ein durchdachtes Kamprinzip ermöglicht eine flexible Anpassung an unterschiedliche Fassadenraster. Die Glasrohre können, je nach Pfostenabstand, in beide Richtungen verschoben werden. Wird im vertikalen Raster der Glasrohre nur jede zweite Achse belebt, sind nebeneinanderliegend auch unterschiedliche Pfostenabstände möglich. Die Röhren können vor der Fassade, innen hinter der Wärmeschutzverglasung oder in der Doppelfassade sitzen. Gedacht sind sie speziell für Bürofassaden mit großflächigen Verglasungen. Gemeinsam mit Firmenpartnern und unter Einbeziehung neuer Komponenten wie einem gelochtem CPC-Spiegel wurde der Fassadenkollektor inzwischen zu einem marktauglichen Produkt weiterentwickelt.

#### FASSADEN ALS ENERGIESPEICHER

Energie der Sonne nicht nur in andere Energieformen zu verwandeln, sondern Wärme zu speichern, um sie zu einem anderen Zeitpunkt verfügbar zu haben, zählt zu den jüngst ebenfalls erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungsgebieten. Dabei spielen die sogenannten Phasen- oder viskositätsveränderlichen Materialien (z. B. PCM – Phase-Change-Materials) eine wichtige Rolle. Phasen- oder viskositätsveränderliche Materialien können durch Einwirkung von Temperatur, elektri-

scher Spannung oder magnetischen Feldern ihren Aggregatzustand reversibel verändern und dabei Wärme aufnehmen oder abgeben.

Die aufgrund ihrer Eigenschaften auch als Latentwärmespeicher bezeichneten Materialien besitzen die Fähigkeit im Phasenübergang (z. B. von fest zu flüssig) Wärme zu speichern, ohne sich dabei selbst zu erwärmen. Im heißen Wasser hingegen wird die Energie „sensibel“, also in Form von Wärme gespeichert. Mit Latentwärmespeichern lassen sich sehr viel höhere Speicherdichten erzielen als mit herkömmlichen Warmwasserspeichern (etwa zehnfach höhere Wärmespeicherdichte). Sie können bei sehr geringer Temperaturdifferenz eine relativ große Wärmemenge pro Speichervolumen aufnehmen und die Energie wiederholt verlustfrei speichern und abgeben. Die gespeicherte Wärme wird erst beim Erstarren des Speichermediums wieder abgegeben. Eine Temperaturerhöhung des Speichermediums erfolgt, wenn es vollständig geschmolzen ist.

Große Vorteile ergeben sich dadurch für den Leichtbau: Die Wärmespeicherung ist mit wesentlich weniger Masse und Volumen möglich, da die Speicherfähigkeit im Bereich ihres Schmelzpunktes sprunghaft um ein Vielfaches ansteigt. Je nach Einsatz oder Anwendung muss ein Material mit geeigneter Temperatur des Phasenwechsels ausgewählt werden. Für das Heizen und Kühlen von Räumen sind Materialien besser geeignet, die ihren Schmelzpunkt im Bereich der gewünschten Raumtemperaturen haben (20 °C bis 28 °C). Deshalb kommen für den Einsatz im Bau hauptsächlich zwei Materialien zum Einsatz: Salzhydrate und Paraffine.

Salzhydrate haben den Vorteil, dass sie nicht brennen, eine höhere Energiespeicherkapazität aufweisen und kostengünstig sind. Paraffine haben niedrigere Speicherdichten und verursachen höhere Kosten als Salzhydrate. Allerdings sind sie technisch leichter handhabbar, sind reaktionsträge und können mikroverkapselt werden. Ein Nachteil ist ihre Brennbarkeit. Beide Materialien können so aufbereitet werden, dass sie ab einer bestimmten Temperatur schmelzen und dabei Wärme speichern. Sinkt die Temperatur, werden sie wieder fest und geben die gespeicherte Wärme ab.

Neben ihrem Hauptanwendungsgebiet, der Gebäudekühlung und Wärmespeicherung in Gebäuden ohne massive Wärmespeicher, wurde vom Schweizer Architekten Dietrich Schwarz ein marktfähiges Produkt entwickelt, das Latentwärmespeicher auch in der Fassade zum Einsatz kommen lässt. Unter dem Namen GlassXcrystal sind transparente Fassadenbauelemente mit einem integrierten Wärmespeichermodule auf Basis von Salzhydratkristallen auf dem Markt, welche tagsüber die Wärme aufnehmen und bei sinkender Raumtemperatur in den Innenraum als Strahlungswärme abgeben. Ein davorliegendes Prismenglas reflektiert die hochstehende Sommersonne, lässt die Sonnenstrahlen jedoch bei flachem Einstrahlungswinkel passieren (Wintersonne).

<sup>1</sup>Das gleichnamige Projekt wird im Rahmen der Programmlinie Haus der Zukunft plus durchgeführt. Diese Programmlinie wird im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie durch die Forschungsförderungsgesellschaft abgewickelt.

**myslidestyle.ch**  
Für Architekten und Designer

