

Innovative Fassadenmaterialien (III):

Solaraktive Flächen in Fassaden

Johannes Lang • Ralf Haselhuhn

Die Fassade ist das Gesicht von Gebäuden und so ein wichtiges Element der Architektursprache. Solarmodule können das Gestaltungsrepertoire von Architekten bereichern, ihr Einsatz sollte jedoch wohl überlegt sein – es ist die gleiche Umsicht notwendig wie bei den klassischen Fassadenmaterialien. Eine ganze Reihe von gelungenen Photovoltaik-Fassaden zeigen, dass Solarmodule schon fast wie Standard-Fassadenbekleidungen eingesetzt werden können.



SSG-Fassade mit semitransparenten Isolierglasmodulen

Bild: Tobias Grau KG

Im Unterschied zu den bekannten Fassadenmaterialien liefern Photovoltaik-Fassaden Strom – ein geldwerter Vorteil im Zeitalter der garantierten Einspeisevergütung nach EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz). Die Energieerträge von vertikalen Fassadenanlagen sind wegen der ungünstigen Neigung und zusätzlich wegen der stärkeren Reflexion des oft schräg einfallenden Sonnenlichtes geringer als bei gewöhnlichen Photovoltaik-Anlagen auf dem Dach. An Südfassaden werden ungefähr 600 kWh pro kWp erreicht. Aber der Stromertrag ist nicht der alleinige Bewertungsmaßstab für solaraktive Fassaden. Denn die Photovoltaik-Anlage wird Bestandteil der Gebäudehülle und übernimmt neben der Stromerzeugung zusätzliche Funktionen wie Wetterschutz, Wärmedämmung, Schallschutz, Sonnenschutz u. a. Architektonisch hochwertige Fassaden lassen sich mit diesen Synergieeffekten kombinieren.

Solaraktive Flächen in die Fassade

Zur Montage können die üblichen Befestigungssysteme aus dem Glasfassadenbau benutzt werden. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Kabelführung. Wegen der besonderen baurechtlichen Anforderungen müssen meist Sondermodule eingesetzt werden. Die ersten speziellen Photovoltaik-Fassadensysteme mit geeigneten Fassadenmodulen sind bereits auf dem Markt. Solartechnik lässt sich grundsätzlich bei allen Fassadenarten einsetzen: bei Kaltfassaden, Warmfassaden und Doppelfassaden.

Kalte Fassade: Aufgrund der Hinterlüftung sind Kaltfassaden sehr gut für die Aufnahme von Photovoltaik-Elementen geeignet. Hier kommen gerahmte Module, Lamine oder Doppelglas-Module mit ESG zum Einsatz. Diese müssen die Anforderungen der DIN 18516-4 für Außenwandverkleidungen aus ESG erfüllen. Die Verkabelung der Module wird in Kabelkanälen geführt, die im Bereich der Wärmedämmung an der tragenden Wand liegen.

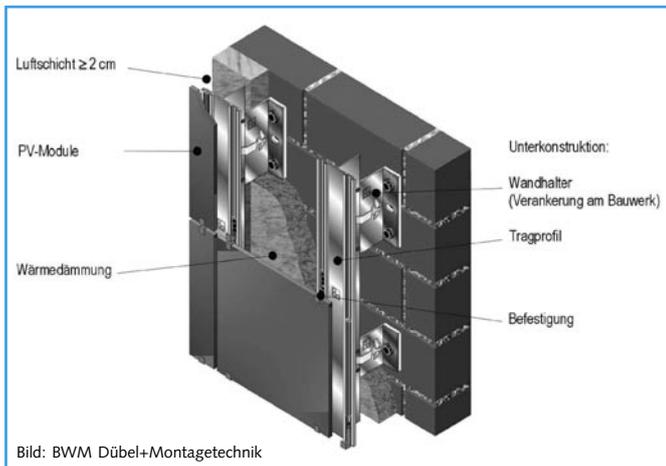


Kaltfassade mit kristallinen Modulen am Rembrandt College in Veenendaal (NL)

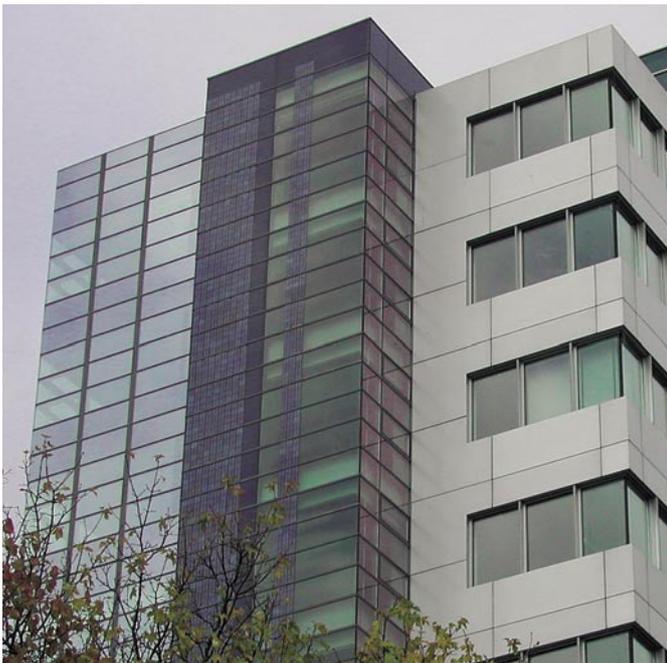
Bild: Frauke Berger, DCS

Warme Fassade: In Warmfassaden können konventionelle Isolierverglasungen durch Solarmodule ersetzt werden. In den transparenten oder semitransparenten Bereichen kommen Isolierglas-Module zum Einsatz. Für eine opake Frontverkleidung können gerahmte Module, Lamine oder Doppelglas-Module verwendet werden. Bei der Verwendung von Doppelglas-Modulen sollte die rückseitige Glasscheibe opak ausgebildet werden (z. B. durch Siebdruck) oder einen sehr engen Zellabstand haben, damit die dahinterliegende Wärmedämmung nicht zu sehen ist. Weil Warmfassaden auch die Wärmedämmung übernehmen, wird mit speziellen Profilen eine thermische Trennung herbeigeführt und die eingesetzten Fassadenelemente müssen niedrige U-Werte aufweisen.

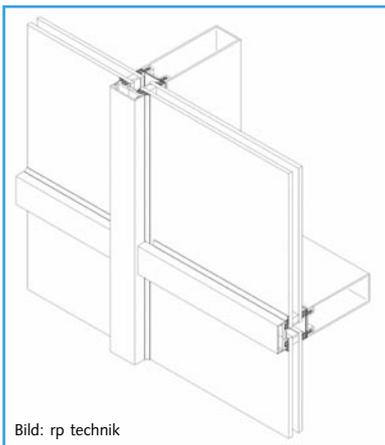
Doppelte Fassade: Bei Doppelfassaden wird eine zusätzliche transparente Glashülle vor eine vorhandene, vollwertige Fassade gesetzt, um das Gebäudeklima oder die Schalldämmung zu verbessern. Zwischen der wärmedämmten inneren Fassade und der zweiten Haut entsteht ein unbeheizter thermischer Pufferraum, der bedarfsweise belüftet wird und außerdem Sonnenschutzvorrichtungen aufnehmen kann. Die Doppelfassade soll sich den Umweltbedingungen flexibel anpassen und die jahreszeitlichen Klimaschwankungen ausgleichen. Für die Integration von Photovoltaik ist die äußere Fassade hervorragend geeignet, da sie aus einer einfachen Verglasung besteht und die Module den Sonnenschutz übernehmen können. Die Leitungsführung erfolgt zumeist in den Profilen.



Hinterlüftete Vorhangfassade mit Photovoltaik an einer massiven Außenwand



Doppelglasmodule an Kaltfassade (links) und Isolierglasmodule an der Warmfassade (rechts, schmaler Modulstreifen) der Holz-Berufsgenossenschaft München



Pfosten-Riegel-Fassadensysteme eignen sich zur Aufnahme von Solarmodulen

Mit Pfosten und Riegel: Für viele Fassaden werden Pfosten-Riegel-Konstruktionen verwendet. Die Profile werden hierbei per Schraub- oder Steckverbindung zu einer Rahmenkonstruktion zusammengesetzt. Häufig werden die Glasscheiben, Fassadentafeln oder neuerdings auch Solarmodule mit Pressleisten an den Pfosten-Riegel-Profilen montiert. Fugendichtungen verhindern das Eindringen von Wasser. Die Pfosten-Riegel-Konstruktion kann sowohl als Kalt- wie auch als Warmfassade ausgeführt werden.

In oder auf die Fassade?

Photovoltaikmodule lassen sich sehr einfach an vorhandene Fassaden aufbringen. Hier bietet sich die Nutzung von Brandwänden oder fensterloser Fassaden großer Industrie- und Gewerbeanlagen an. Immer wenn keine speziellen Anforderungen an Form und Größe der Module gestellt werden, können Standardmodule eingesetzt werden.

Der Wärme- und Feuchteschutz ist in der DIN 4108 geregelt (Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden). Statisch werden Fassaden durch ihr Eigengewicht, die Temperaturspannungen und durch den Winddruck belastet. Wie bei Dächern gilt auch für Fassaden die DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“ bei der Berechnung der Windbelastung. Fassadensysteme müssen so bemessen werden, dass die zulässigen Spannungen und die maximal zulässige Durchbiegung der Bauteile eingehalten werden. Dabei ist die DIN 18 056 (Fensterwände) zu beachten.

Statt rahmenloser Module (Lamine) können auch gerahmte Module verwendet werden. Zu beachten ist hier, dass der Glaseinstand im Rahmen der DIN 18 545 entsprechen muss. Bei der Montage können die gerahmten Module auf Profilschienen zu großflächigen Elementen vormontiert und dann in die Fassadenunterkonstruktion eingehängt werden.



Gerahmte Photovoltaik-Standardmodule am Brüstungsbereich des Energieforums Berlin

Module mit linienförmigen Halterungen

Grundsätzlich können Fassadenelemente linien- oder punktförmig gehalten werden, mit sichtbaren oder nicht sichtbaren Befestigungen. Während die nicht sichtbare Befestigung bei Paneelen, Kassetten oder überlappenden Bekleidungen relativ einfach gelingt, müssen ebene Elemente hierfür aufwändig auf der Rückseite befestigt werden.

Es gibt linienförmige Halterungen mit zweiseitiger, mit dreiseitiger oder mit allseitiger Lagerung der Fassadenelemente. Die Elemente werden am Rand über Anpressleisten an die Unterkonstruktion geschraubt und linear festgeklemmt. Holzkonstruktionen haben dabei den Vorteil, dass die Klemmschrauben an beliebigen Stellen angesetzt werden können, während bei Metall vorbereitete Gewinde erforderlich sind, beispielsweise in den Pfosten und Riegeln. Soll die Befestigung von vorn nicht sichtbar sein, können die Bekleidungen durch Verkleben gehalten werden. Bei Bekleidungen aus Glas sind die Technischen Regeln für die Verwendung linienförmiger Verglasungen (TRLV) zu beachten. Die für Solarmodule üblichen linienförmigen Befestigungen werden im Folgenden beschrieben.

Glashalteleiste: Die Befestigung mit Glashalteleiste an einem im Mauerwerk eingelassenen Rahmen ist im Fensterbau verbreitet. Die Glashalteleiste hält die Scheibe und sorgt für die Abdichtung. Werden Photovoltaik-Elemente eingesetzt, müssen für die Kabel Löcher in die Holzrahmen vorgebohrt werden.

Pressleiste: Die Pressleiste ist die Weiterentwicklung der Glashalteleiste für den Fassadenbau. Dabei werden von außen Profile aufgebracht, die einen linearen Anpressdruck auf zwei nebeneinander liegende Glasscheiben und die Unterkonstruktion ausüben. Zusätzlich dazwischen gelegte Dichtprofile sorgen für die Dichtheit der Konstruktion. Für den Einsatz von Photovoltaik-Elementen sollte die Pressleiste schmal und flach sein, damit die Zellen im Randbereich weder abgedeckt noch verschattet werden. Bei schrägen Fassaden sollte das querliegende Profil zusätzlich abgeschrägt sein, damit Schnee besser abrutschen kann.

Schon 1991 wurde Deutschlands erste fassadenintegrierte Photovoltaik-Anlage am Verwaltungsgebäude der Stadtwerke Aachen errichtet. Die Erfahrungen mit dieser Warmfassade, bei der die Solarmodule durch Pressleisten an der Pfosten-Riegel-Konstruktion befestigt wurden, beeinflusste die Entwicklung vieler Folgeprojekte weltweit.



Kaltfassade mit CIS-Standardmodulen in Lochblechverkleidung am Bayerischen Umweltministerium

Structural Sealant Glazing: Beim Structural Sealant Glazing (SSG) wird das Glaselement unmittelbar mit einem Tragrahmen verklebt. Dieser Stahl- oder Aluminiumrahmen wird an der Unterkonstruktion (meist ein Pfosten-Riegel-System) befestigt. Dadurch sind Fassadenflächen möglich, die von außen rahmen- und halterlos erscheinen. Tragrahmen und Glas werden als Element gefertigt und auf der Baustelle in die Konstruktion eingesetzt. Die Verklebung nimmt das Eigengewicht und die Windsogkräfte auf und wirkt gleichzeitig als Abdichtung. Structural Sealant Glazing ist sowohl für Kalt- als auch für Warmfassaden geeignet. Structural Sealant Glazing eignet sich sehr gut zur Befestigung von Solarmodulen, da keine außenliegenden Rahmen die Modulränder verschatten können. Die Vorfertigung erleichtert die Verkabelung der Module und verringert das Risiko einer Beschädigung auf der Baustelle. In SSG-Fassaden können Lamine, Dop-

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Johannes Lang ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei BINE Informationsdienst (www.bine.info) mit dem Themenschwerpunkt neue Technologien für Gebäude.

Dipl.-Ing. Ralf Haselhuhn ist Mitarbeiter des Berliner Büros der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (www.dgs-berlin.de). Daneben ist er als Gutachter, Sachverständiger, Fachplaner, Autor und Referent (Schwerpunkt Photovoltaik) tätig.



Transparente Warmfassade mit Isolierglasmodulen und Glashalteleiste am Karl-Philipp-Moritz-Haus in Berlin



Transparente Warmfassade mit Isolierglasmodulen und Presshalteleisten am Gebäude der Stawag, Aachen. Außen- und Innenansicht



Laubengang an der Volkshochschule in Petersberg

pelglas- und Isolierglas-Module verwendet werden, allerdings ist die Zustimmung der Baubehörde im Einzelfall erforderlich.

Zweiseitig linienförmige Halterung: Bei zweiseitig linienförmigen Halterungen werden rahmenlose Lamine oder Doppelglas-Module an der Ober- und Unterseite mit Glashalteschienen eingefasst. Diese werden mit Profilen verschraubt, die wiederum linienförmig oder punktuell an der Fassadenunterkonstruktion befestigt sind. Die freien, nicht gehaltenen Seiten können flächenbündig mittels Siliconverfugung geschlossen werden.

Module mit punktförmigen Halterungen

Bei Punkthalterungen werden die Module mittels Klammern, Klemmhaltern, Nieten, Haken, Clips oder Schrauben befestigt. Die Punkthalterungen selber können in Fugen oder Bohrungen sitzen. Punktförmig gehaltene Verglasungen sind – abgesehen von der Befestigung mit außen sitzenden Klemmhaltern nach DIN 18516-4 – bauaufsichtlich nicht geregelt. Es gibt aber bereits mehrere Punkthaltesysteme mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Werden diese Systeme verwendet, ist keine Zustimmung der Baubehörde im Einzelfall mehr erforderlich.

Doppelnutzen: Module und Sonnenschutz

Großzügige Glasflächen in Fassaden und Dächern stellen oftmals hohe Anforderungen an den Sonnenschutz. Geeignet angebrachte Verschattungselemente können die sommerliche Gebäudeerwärmung verringern. Außenliegende Jalousien, Markisen oder Rollläden schützen grundsätzlich effektiver als innen liegende Verschattungselemente, weil sie die Sonnenstrahlung gar nicht erst ins Gebäude lassen. Sonnenschutzeinrichtungen und Solarmodule brauchen gleichermaßen eine optimale Ausrichtung zur Sonne, ihre Funktion lässt sich also verbinden. Man kann die Verschattungselemente aus Glas- oder Metall durch geeignete Solarmodule ersetzen, die Gesamtkosten erhöhen sich dadurch kaum. Die günstige Modulorientierung und die gute Hinterlüftung garantieren hohe Energieerträge.

Wintergärten und Erschließungszonen

In Wintergärten lassen sich (semitransparente) Solarmodule im Dachbereich als Sonnenschutzelemente nutzen. An den Erschließungszonen von Gebäuden bieten sich ebenfalls verschiedene Möglichkeiten für die Photovoltaik-Integration: Eingangsbereiche, Lauben- oder Wandelgang, Überdachungen von Fahrradabstellflächen etc.

„Photovoltaik – Gebäude liefern Strom“

Das BINE-Informationspaket „Photovoltaik – Gebäude liefern Strom“ von Autor Ralf Haselhuhn bietet in kompakter Form die praxisrelevanten Aspekte für Planung, Montage und Betrieb einer Anlage. Im Focus stehen Details und Beispiele zu den verschiedenen Möglichkeiten der Fassaden- und Gebäudeintegration. Weitere Themen sind die Wirtschaftlichkeit, der rechtliche Rahmen, die Markt- und Technologieentwicklung und ökologische Aspekte.

Das Informationspaket wendet sich an Planer, Handwerker sowie Investoren. BINE-Informationspaket Photovoltaik – Gebäude liefern Strom, 160 Seiten, TÜV Verlag, Dezember 2004, 17,80 €.

