

Photovoltaik erobert Fassade

Energieautarkes Mehrfamilienhaus in der Schweiz



Noch stoßen Photovoltaikmodule als Fassadenelemente auf wenig Resonanz. Nicht ästhetisch genug, zu teuer – so lauten die Argumente. An einem Mehrfamilienhaus in Brütten bei Winterthur wird der Gegenbeweis angetreten. Die gesamte Gebäudehülle besteht aus Photovoltaik – ohne dass dies optisch zu erkennen ist. Das Pioniervorhaben der Umwelt Arena Spreitenbach zeigt, dass energieautarkes Wohnen bereits heute möglich ist. Die Grundlagen dafür schafft neben der attraktiven Energiefassade das Konzept zur Energiespeicherung.

**Dorothee Braun,
Eric Langenskiöld**

Basler & Hofmann AG Ingenieure,
Planer & Berater, CH-8032 Zürich

Pilotprojekt für eine neue PV-Ästhetik

Die Photovoltaik (PV) spielt bei der Energiewende eine zentrale Rolle. Im Gebäudebereich haben sich PV-Module jedoch nur auf dem Dach durchgesetzt. Als Fassadenelement überzeugen die herkömmlichen PV-Module ästhetisch bisher nicht. Ihr dunkel-kristalliner Glanz und ihre technische Anmutung wirken abweisend und lassen Architekten nur wenig Gestaltungsspielraum. Mit einem Pionierprojekt will der Architekt René Schmid nun in Sachen PV-Fassade einen großen Schritt nach vorne machen. Sein neues Mehrfamilienhaus in Brütten bei Winterthur ist von oben bis unten in Photovoltaik gehüllt. Das ist dem Gebäude jedoch nicht anzusehen: Mit seiner matt-anthrazitfarbenen

Fassade und den hellen Holzfenstern wirkt es auf elegante Weise natürlich. Dahinter steckt eine neuartige Fassadenlösung mit PV-Modulen, die auch wirtschaftlich mit anderen Fassadenausführungen mithalten kann und sie sogar übertrifft. Das Schweizer Bundesamt für Energie hat die Entwicklung der neuartigen Gebäudehülle unterstützt.

Ambitionierte Ziele

Das Gebäude in Brütten ist das schweizweit erste energieautarke Mehrfamilienhaus. Es ist weder an das Strom-, noch an ein anderes Energieversorgungsnetz angeschlossen und deckt seinen Energiebedarf vollständig selbst. Dies ist nur mit einer großen Photovoltaikfläche möglich, die sich nicht auf das Dach beschränkt (Tabelle 1). Die Vorgaben der René Schmid Architekten AG an die Photovoltaik- und Fassadenspezialisten waren präzise, aber ambitioniert: Die PV-Fassade sollte edel und warm wirken – auf keinen Fall blau oder schwarz glänzen. Die für PV-Zellen so typischen Silberfäden durften nicht sichtbar sein. Die PV-Hülle sollte das Haus als völlig homogene Fläche einkleiden ohne Sicherheitshalter oder auffällige Randstücke. Damit nicht genug: Die Fassade sollte maximal rund 450 €/m² kosten. Zum Vergleich: Eine herkömmliche PV-Fassade schlägt in der Schweiz mit etwa 900 €/m² zu Buche. Hätte man einfach eine Spezialanfertigung beauftragt, wäre diese Kostenvorgabe nicht zu erreichen gewesen.

Gesamtansicht des Gebäudes –
das Gebäudevolumen gliedert sich
in mehrere Giebelkörper.



Veredelung der Oberfläche

Die Frage lautete deshalb: Wie gestaltet man aus möglichst preiswerten Standardmodulen eine Fassade in ganz neuem Look? Die konzeptionellen Überlegungen nahmen ihren Ausgang bei einem rahmenlosen Standard-Dünnschichtmodul, das in jeglichen Sondergrößen zu beziehen ist. Durch eine spezielle Oberflächenbehandlung wurde das Modul zu einer homogenen, matt anthrazitfarbenen „Bauplatte“ weiter entwickelt. Diese wurde eingehend auf ihre statischen Eigenschaften und ihr Verhalten bei Schlagschatten überprüft. Die Analyse zeigte: Die behandelten Module mit ihrer neuen edlen Oberfläche sind stabil und können eingebaut werden. Zum Schutz gegen Verschmutzungen erhielten sie abschließend eine hydrophobe Beschichtung.

Unsichtbares Fassadentragwerk

Eine weitere Herausforderung war das Montagesystem für die PV-Module. Als Fassadenelemente müssen die Module höhere Sicherheitsanforderungen als in Freiflächen- oder Dachanlagen erfüllen. Gleichzeitig sollten sie eine optisch einheitliche Fläche bilden, die nicht durch Halterungssysteme gestört wird. Und: Die Montage sollte kostengünstig vonstattengehen. In enger Zusammenarbeit zwischen Tragwerksplanern, Photovoltaik-Fachleuten und dem Fassadenbauer entstand die Fassadenkonstruktion, die diese teilweise widerstreitenden Anforderungen erfüllt: Auf die PV-Paneele wurden mit SSG-Verklebung vertikale Profile angebracht, mit denen die Module in die Unterkonstruktion eingehängt werden können. Finite Element-Modellierungen der PV-Module mit aufgeklebtem Montagesystem zeigten, dass mit dieser Konstruktion eine hohe Tragsicherheit der PV-Module auch unter Windlast gegeben ist. Dank einer „minimalinvasiven“ Befestigung konnte auch die Wärmebrückenwirkung deutlich verringert werden.

Wirtschaftlichkeit der PV-Fassade

Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Fassade hängt von zwei Faktoren ab: von den Kosten für die Fassade und vom Wirkungsgrad der PV-Module im Betrieb. Um die Kosten niedrig zu halten, setzte man auf vorhandene Standardprodukte, die zu neuen und sehr effizienten Lösungen kombiniert wurden. Die Gesamtkosten der neuartigen PV-Fassade inklusive aller Montage- und Installationskosten liegen bei rund 540 €/m² – und damit tiefer als der Durchschnittspreis einer Glasfassade. Deshalb wurden auch auf der Nordseite des Hauses PV-Module und keine optisch angepasste Glasfassade verwendet.



Fassadendetail mit eingeschobenen Loggien und Fensteröffnungen – die gesamte Gebäudehaut liefert Solarstrom und sorgt mit den in Holz ausgekleideten Loggien und Fensterleibungen für eine elegante Architektursprache.



Detail einer in das Gebäudevolumen eingeschobene Loggia - mit Holz ausgekleidet sorgen diese für eine wohnliche Atmosphäre.

Info

Projektbeteiligte bei der Entwicklung der PV-Fassade

Bauherr: Umwelt Arena Spreitenbach

Architekt: René Schmid Architekten AG

Projektleitung PV-Fassade, Konzept PV-Fassade, FE-Modellierung zum Tragverhalten, Beratung zu Speicherkonzepten: Basler & Hofmann AG

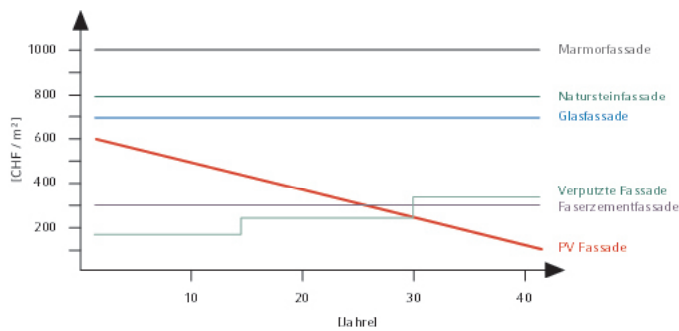
Fassadenbau: Ernst Schweizer AG

Prüfung der Wirkung von Schlagschatten auf den PV-Modulen: Hochschule Luzern

Verschmutzungstests: Centre Suisse D'Electronique et de Microtechnique SA CSEM

Oberflächenbehandlung: Micro-Finish SA, Villeneuve

4 Wirtschaftlichkeit der PV-Fassade



Vergleich zu anderen Fassadenmaterialien: Dank der Stromproduktion ist die PV-Fassade nach 30 Jahren sogar günstiger als eine verputzte Fassade.

Wirtschaftlich interessant wird das neue Fassadenmaterial aber vor allem als Stromlieferant. Der Wirkungsgrad wird durch die Oberflächenbehandlung der Module nicht verringert. Dies haben Tests ergeben. Doch lohnt es sich überhaupt, Photovoltaik auf Fassaden aufzubringen? Der Einstrahlungswinkel ist weit vom Ideal von 25°-Neigung entfernt und dennoch lautet die Antwort: Ja, es lohnt sich überraschend gut. Gründe dafür sind die diffuse Sonnenstrahlung, die von Dünnschichtzellen besonders gut genutzt wird, und der flache Einstrahlungswinkel der Sonne in den Wintermonaten sowie in den Morgen- und Abendstunden. Beides erhöht die Ausbeute der Fassade im Vergleich zum Dach. Insgesamt erbringt die Fassade rund 50 % des Ertrags eines optimal ausgerichteten Daches derselben Fläche und trägt damit 37 % zur gesamten solaren Jahresernte des Hauses bei. Bei einem Strompreis von rund 23 Cent/kWh erwirtschaftet die Fassade pro Jahr 10,1 €/m² (Wartungskosten bereits abgezogen), das Dach, auf dem hocheffiziente monokristalline Solarzellen installiert sind, 33 €/m². Nach einer Lebensdauer von 30 Jahren ist die PV-Fassade günstiger als eine verputzte Fassade.

Hinweis:

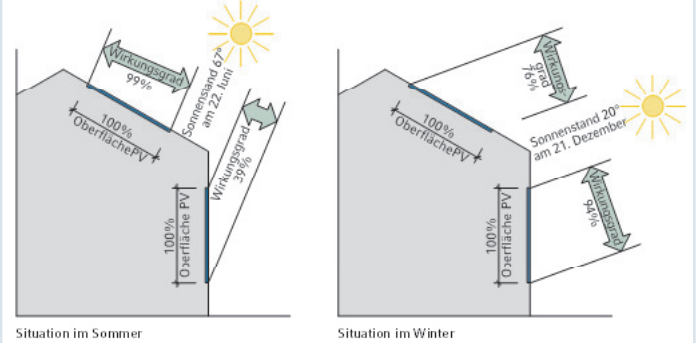
Die Ausstellung „Energieautarkes Mehrfamilienhaus“ in der Umwelt Arena mit einem Großmodell zeigt den technischen Aufbau und präsentiert die technischen Lösungen. Themenführungen durch die Ausstellung mit Fokus auf das Projekt „Energieautarkes Mehrfamilienhaus“ sind buchbar für Gruppen über fuehrungen@umweltarena.ch.

Selbstversorgung dank ausgefeiltem Speicherkonzept

Um den Energiebedarf des Mehrfamilienhauses zu decken, ist die Solarhülle darauf ausgelegt, rund 100.000 kWh Strom pro Jahr zu liefern. Einem Vier-Personen-Haushalt stellt die Bauherrschaft ein definiertes monatliches Energiebudget zur Verfügung, das er kostenlos beziehen kann. Das Haus ist mit effizientester Technik ausgestattet, so dass dieses Budget ausreicht, ohne dass Komforteinbußen in Kauf genommen werden müssen. Eine hochmoderne Haussteuerung informiert die Bewohner über ihren aktuellen „Kontostand“. Benötigen sie mehr Energie als budgetiert, erhalten sie dafür Ende des Monats eine Rechnung.

Die größte technische Herausforderung ist jedoch nicht die ausreichende Produktion der benötigten Gesamtenergiemenge, sondern die Bereitstellung zum richtigen Zeitpunkt: Die PV-Hülle produziert einen Großteil der Energie im Sommer, der Bedarf ist jedoch im Winter am größten. Bei einem völlig autarken Inselsystem wie dem hier vorgestellten Mehrfamilienhaus kann diese Differenz nicht einfach in das öffentliche Stromnetz abgegeben und von dort bei Bedarf wieder

5 Wirkungsgrad Fassade und Dach



Darstellung für den Sommer (links) und den Winter (rechts)

bezogen werden. Die Energie muss durch Speicherlösungen vor Ort „auf Vorrat gehalten“ werden. In Brütten ist eine ganze Serie von Speichern vorgesehen: Als Kurzzeitspeicher dienen Batterien, die Stromlücken von bis zu 3 Tagen füllen können. Als Langzeitspeicher wird mittels Elektrolyse Wasserstoff produziert, der in einem großen Tank aufbewahrt und bei Bedarf über eine Brennstoffzelle verstromt wird. Als thermischer Langzeitspeicher wirken zwei unterirdische Wassertanks mit einem Durchmesser von 6 m, die bei Stromüberschuss von der Wärmepumpe aufgeheizt werden und ihr in einer Senke als Wärmespeicher zur Verfügung stehen. In die Wasserspeicher fließt auch die Abwärme aus der Elektrolyse. Dank dieser Speicherkaskade verfügt das Gebäude auch ohne Netzanschluss über eine hohe Versorgungssicherheit.

Pilotprojekte bereiten den Boden

Das Mehrfamilienhaus in Brütten ist in mehrfacher Hinsicht ein Pioniervorhaben: Es zeigt, welches ästhetische Potential in der Photovoltaik steckt. Auch andernorts sind hierzu Neuentwicklungen in der Erprobung wie z.B. PV-Module in verschiedenen Farbtönen. All diese Initiativen werden zu einer höheren Akzeptanz der Photovoltaik als Fassadenelement beitragen. Mindestens ebenso wichtig für die ehrgeizigen Klimaziele der Schweiz ist der Beitrag des Projekts im Bereich der Speichertechnologie. Ebenso wie bei der PV-Fassade wurden hier keine bahnbrechenden Innovationen entwickelt, sondern bestehende Technologien zu einer neuartigen Lösung kombiniert. Das Ergebnis ist ein Gebäude, das sich ausschließlich mit Sonnenenergie selbst versorgt. In den ab Juni 2016 folgenden Betriebsjahren werden Energieproduktion und -verbrauch im Gebäude intensiv ausgewertet. Auch daraus werden neue Erkenntnisse für das Bauen der Zukunft gewonnen werden können.

6 Funktionsprinzip der Energieversorgung

