



Bei der Fassadenerneuerung zweier Hochhäuser in Zürich hat die Berner Fachhochschule in Burgdorf die Simulation und Planung der Photovoltaik-Module durchgeführt.

# Photovoltaik erobert die Fassade

Photovoltaik-Module werden zum gestalterischen Element für die Fassade. Diese Tatsache basiert auf den Erkenntnissen aus Forschung und Entwicklung, wie sie die Berner Fachhochschule in Burgdorf seit Jahren betreibt. So können auch Hochhäuser Solarstrom liefern. Text **Jürg Wellstein**

**H**ochhäuser liegen im Trend. In den Agglomerationen wird der Platz enger, die Bodenpreise steigen weiter, der Ruf nach Verdichtung wird lauter. Neben dem Bau neuer Gebäude bietet auch die Modernisierung bestehender Liegenschaften Chancen für eine Nutzung der Sonnenenergie. Beispielsweise kann durch eine Aufstockung nicht nur mehr Wohnraum, sondern auch ein wirtschaftlicher Vorteil bei der Amortisierung realisiert werden. Durch die Erneuerung der Dachflächen ergeben sich neue Möglichkeiten für die Solarstromproduktion, indem sich nun Photovoltaik-Module integrieren lassen. Bei grossen Gebäuden und Hochhäusern hingegen müssen heute dafür auch die Fassaden in Betracht gezogen werden.

### Der kleine Schritt zur Fassade

Je grösser und höher man die Gebäude plant, umso geringer wird das Potenzial der Dachfläche und die Möglichkeit zur Erzeugung von Solarstrom. Das Verhältnis von Erzeugung des Stroms zum internen Bedarf wird ungünstiger. Da ist der Schritt zur Nutzung der Fassade klein – die damit verbundenen Herausforderungen sind aber nicht zu unterschätzen. Erste Projekte wurden bereits realisiert. Aber die detaillierte Umsetzung erfordert den Einsatz von Mitteln aus der angewandten Forschung und Entwicklung.

Die Berner Fachhochschule forscht seit Jahren in ihrem Photovoltaik-Labor in Burgdorf an den Potenzialen der Photovoltaik-Module, -Wechselrichter und -Systeme. Die dort entwickelten Instrumente wurden auch beim Projekt der Fassadenerneuerung der beiden Zürcher Hochhäuser an der Sihlweidstrasse 1 und Leimbachstrasse 215 angewendet. Diese Arbeiten an den beiden Gebäuden konnten in den letzten Jahren abgeschlossen werden; inzwischen liegen aus Burgdorf auch Messresultate und Auswertungen vor.

### Dünnschicht-Technologie mit Vorteilen

Ziel der Baugenossenschaft Zurlinden (BGZ) war eine Modernisierung nach der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft. Die 857 Module aus Dünnschichtzellen mit amorpher und mikrokristalliner Tandem-Struktur mit je 128 Wp wurden auf allen vier Gebäudefassaden angebracht. Insgesamt installierte man eine Leistung von ca. 112 kWp an jedem der beiden Hochhäuser, die Solarstromproduktion erreicht damit deutlich über 40 MWh pro Jahr. Die Dünnschicht-Technologie weist zwar tiefere Wirkungsgrade (ca. 9 Prozent) auf als kristalline Zellen, ist jedoch pro Quadratmeter kostengünstiger und zeigt einen höheren Ertrag bei diffusen Lichtverhältnissen.

Die Forschenden der Berner Fachhochschule in Burgdorf haben einerseits planeri-



**Neben einer kompletten Fassadengestaltung mit Photovoltaik-Modulen kann auch eine integrierte Lösung umgesetzt werden, wie bei einer Holzfassade, deren polykristalline Module 1,3 kWp leisten.**

sche Aufgaben zur Installation gelöst, andererseits auch die Erkenntnisse des ersten Betriebsjahres an der Sihlweidstrasse zusammengefasst. Von besonderem Interesse waren die Ertragsdifferenzen zwischen Süd- und Nordlage. Bei der Jahresproduktion stehen ca. 18 000 kWh an der Südfassade den ca. 7200 kWh im Norden gegenüber, beim spezifischen Ertrag wurden ca. 650 kWh pro installiertem Kilowatt beziehungsweise 195 kWh/kWp gemessen. Der Unterschied scheint beachtlich zu sein, dennoch gilt die Tatsache, dass die Nordfassade rund 8 Prozent zum Gesamtertrag beisteuert.

Während früher aufgrund hoher Modulkosten der kristallinen Zellen in der Regel nur die Südausrichtung mit dem höchstem Solarertrag gewählt wurde, muss diese Priorisierung heute nicht mehr gelten. Damit entfällt die bisher feststellbare Spitzenproduktion über den Mittag. Mit der Platzierung der Module auf allen vier Gebäudeseiten konnte man nun bestätigen, dass es zu einem harmonischeren Verlauf der Tagesproduktion kommt, dass also die Ost- und Westausrichtung zu einer Verbreiterung der Ertragskurve führen.

### Festigkeit auf dem Prüfstand

Im Vorfeld der Projektentwicklung musste auch die Festigkeit der Module geprüft werden, um die Bruchgefahren durch Windlasten ausschliessen zu können. Das für den Einsatz vorgesehene Solarmodul ist für eine Last von 2400 N/m<sup>2</sup> spezifiziert. Die gerechnete maximale Windböe war jedoch mit 3000 N/m<sup>2</sup> angenommen worden, denn die Beanspruchung ist in den Randzonen eines Daches beziehungsweise an Hochhauskanten erhöht. Weil das Solar-

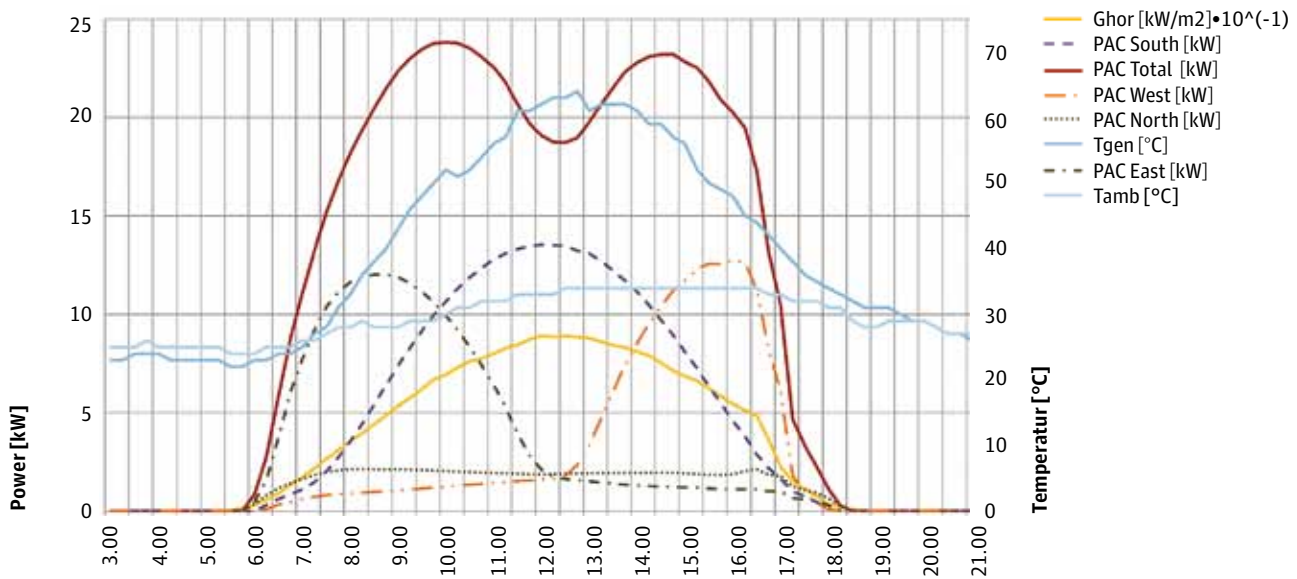
modul wegen früherer Schneeschäden vom Hersteller verstärkt wurde, konnte angenommen werden, dass es stabil genug ist. Um Gewissheit zu erhalten, war aber eine geeignete Untersuchung gefragt.

Auf einem Teststand für Fenster an der Berner Fachhochschule in Biel konnten die Module mit pulsierenden Lasten und mit Maximalkräften geprüft werden. Den geforderten Werten hielt das Modul stand und zerbrach erst bei 13 000 N/m<sup>2</sup>. Und die Splitter des Deckglases (Dünnschicht-Solarmodule haben kein Verbundglas) blieben im Modul haften. Diese befriedigenden Werte und Erfahrungen waren dann die Grundlage für die weitere Umsetzung des Projekts.

Als kritische Montagefrage war auch die Feuerfestigkeit der hinterlüfteten Befestigungsstruktur beziehungsweise der Wärmedämmmaterialien zu klären. Fassadenkonstruktionen für die Integration von Photovoltaik-Modulen sind noch wenig bekannt und bieten keinen Standard. Die Zusammenarbeit mit Fassadenplanern ist deshalb wichtig und wird auch vom PV-Labor in Burgdorf aktiv gefördert. Zudem stellt sich die Frage nach der Lebensdauer der Module. Es wird heute erwartet, dass sie den vertrauten Erneuerungszyklus erreichen können. Aufgrund der vertikalen Positionierung werden vermutlich die bei Dachanlagen auftretenden Verschmutzungen und die Haftung von Ablagerungen am Modulrand weniger Probleme verursachen.

Weil Photovoltaik-Module bei einer einsetzenden Verschattung mit einer markanten Leistungsverminderung reagieren, mussten einige dadurch beeinträchtigte Module ohne elektrischen Anschluss versehen werden. Hier stand die optische Einheit der Fassade im Vordergrund. Diese ►

## Stromproduktion im Tagesverlauf



Durch die kombinierte Solarstromproduktion aller vier Fassaden ergibt sich eine ausgeglichenerere, breitere Ertragskurve.

► Verschattungseffekte wurden bereits bei den im Labor durchgeführten Berechnungen und Simulationen der Gebäudestruktur und Modulplatzierung erkannt und die kritischen Orte wurden identifiziert.

Das verwendete Modul weist elektrische Verbindungen der Zellen auf, was eine vertikale Teilbeschattung zwar erlaubt, bei horizontaler Beschattung ganzer Zellen aber eine massive Leistungsminderung hervorruft. Bei der Planung von Fassadeninstallationen muss man also darauf achten, dass vorstehende Gebäudekanten, Balkone, umgebende Hindernisse (Gebüsch, Bäume, Masten, Horizontverlauf usw.) sowohl in Bezug auf die ganze Fassade als auch auf den Sockelbereich berücksichtigt werden.

### Testeinrichtungen als Grundlage

Das PV-Labor hat sich in den zwei vergangenen Jahrzehnten zu einer anerkannten

Adresse für Wechselrichter-Prüfungen etabliert. Dieses traditionelle Forschungsgebiet der Wechselrichtertests – als eine der Grundlagen für die hochwertige Umsetzung von Photovoltaik-Anlagen – befasst sich zurzeit mit der Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 für den vorhandenen 100-kW-Wechselrichter-Teststand. Eine spezielle Herausforderung ist die Bestimmung der Messgenauigkeit. Die in Eigenentwicklung realisierten Bestandteile des Prüfstands werden beispielsweise wassergekühlt betrieben.

Im Weiteren wird der im Labor eingesetzte Sonnensimulator mit einer modernen Messschnittstelle erneuert. Beim Batterieprüfstand wird im Rahmen eines SCCER-Projekts die Akkreditierung durchgeführt. Und im Aufbau befindet sich ein Prüfstand für solare Wasserpumpen, die ihren Einsatz vor allem in Entwicklungsländern finden sollen.

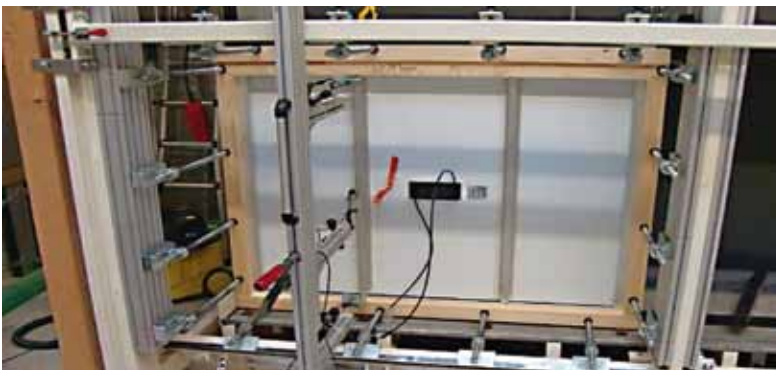
### Trend in die Höhe

Photovoltaik-Module erobern die Dächer. Ob Flach- oder Giebedach, immer mehr werden diese Flächen für die Solarstromproduktion genutzt. Bei kleineren Gebäuden erreicht man mit dieser Stromproduktion sogar einen Mehrertrag gegenüber dem elektrischen Verbrauch der Bewohner. Durch das in Agglomerationen angestrebte verdichtete Bauen werden die Gebäude höher. Auf diese Weise spielt neben der Dachfläche vor allem auch die Fassade eine wichtige Rolle bei der Solarstromproduktion. Die Herausforderungen stellen sich heute also bei grossen Gebäuden und bei Hochhäusern. Neben architektonischen Aspekten, wie Form- und Farbgebung, spielen auch Fragen zur mechanischen Befestigung von Solarmodulen eine grosse Rolle. Diese muss in Zukunft in der Lage sein, auch vermehrt eintretende Extremereignisse mit Wind und Schnee zu meistern.

Die Berner Fachhochschule in Burgdorf wandelt das Prinzip der «Building Integrated Photovoltaics» (BIPV) schrittweise zum «Photovoltaic Orientated Building» (PVOB) um. Das Gebäude orientiert sich somit an der Photovoltaik, an dem solaren Potenzial zur Energiegewinnung. Die Fachhochschule hat dafür die nötigen Grundlagen für Simulation, Berechnungen, Planungswerkzeuge sowie Mess- und Analyse-Programme bereitgestellt. ■

### Weitere Informationen

Berner Fachhochschule  
Technik und Informatik/  
Institut für Energie- und Mobilitätsforschung  
Photovoltaiklabor  
www.pvtest.ch



Zu den Vorbereitungen gehörte auch die Festigkeitsprüfung der Module gegen Windlasten durch Druck- und Sogtests auf dem Fensterprüfstand.