

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 27/28

Artikel: Photovoltaik und Architektur: Solarzellen als Teil der Bauhülle
Autor: Humm, Othmar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78209>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Pilot- und Demonstrationsanlagen des Bundes und der Kantone

Photovoltaik und Architektur

Solarzellen als Teil der Bauhülle

Vielversprechende Lösungen zur Integration von Solarzellen in Dach- und Fassadenfelder sind teilweise ausgereift, teilweise im Stadium der Erprobung. Die Integrationstechnik könnte – einmal multipliziert eingesetzt – das Gesicht unserer gebauten Umwelt verändern. Nachfolgend werden Produkte und Verfahren, aber auch Probleme und Möglichkeiten aufgezeigt.

Die Kombination photovoltaischer und bautechnischer Elemente ist an sich naheliegend und weist auch ein grosses

VON OTHMAR HUMM, ZÜRICH

Anwendungspotential auf. Bereits in den späten siebziger Jahren sind integrative Elemente, darunter ein «Solarziegel», auf den Markt gekommen. Diese Versuche vor 15 Jahren hatten nur wenig Erfolg; die heute verfügbaren Komponenten und Techniken sind indessen marktreif oder marktgängig. Nicht nur Solarzellen sind zu teuer, auch die anderen Komponenten müssen billiger werden: Das ist das Motiv, Solargeneratoren in Fassaden- oder Dachfelder zu integrieren. Das Tragsystem ist damit vorhanden, und, noch wichtiger, die Zellen ersetzen andere, mitunter teure Bauteile. Aus diesem Ansatz ergibt sich fast zwangsläufig die Forderung nach Modularität der Solarzellen beziehungsweise der mit Solarzellen bestückten Komponenten. Damit geht auch eine Abkopplung von der berüch-

tigten Economy of Scale einher: Die spezifischen Stromgestehungskosten sind von der Kraftwerksgrösse – das heisst: von der applizierten Solarzellenfläche – weitgehend unabhängig. Deshalb sind kleine Solaranlagen, als Teil eines Wohn- oder Gewerbegebäudes, durchaus interessant.

Als Pilot- und Demonstrationsprojekte wurden bislang zehn Beispiele von Integrationen realisiert, die ausnahmslos von den herkömmlichen Techniken der Solarzellenmontage abweichen (Tabelle). Von den zehn erprobten Varianten sind allerdings lediglich drei von Bedeutung: der Solardachziegel, Structural Glazing und das Trapezprofil-System.

Solardachziegel

Der Rahmen aus Acrylglas, der zum Schutze vor UV-Strahlung mit einer Farbe versetzt ist, hält die dreiteilige «aktive» Platte, in der die Solarzelle zwischen der Glasabdeckung und einer

Interdisziplinäre Aufgabe

Die Integration von Solarzellen in die Gebäudehülle erfordert die Mitarbeit verschiedener Fachleute, unter anderem der Elektrotechnik, des Fassadenbaus, der Befestigungstechnik, der Bauphysik, des Dachdeckerhandwerkes und, last but not least, der Architektur. Gerade der gestalterische Aspekt hat sich als vorrangig erwiesen. Bemühungen um fachgerechte Integrationen von PV-Modulen werden auch von Forschungsbehörden unterstützt. Neben kleineren Vorhaben gehören dazu der schweizerische Beitrag zu *Photovoltaics in Buildings* der Internationalen Energieagentur – von einem Teil ist die Schweiz *Lead Country* – sowie das Test- und Demonstrationsfeld *Demosite* an der ETH in Lausanne. Beide Aufgaben werden vom Bundesamt für Energiewirtschaft finanziert und begleitet.

glasfaserverstärkten Matte liegt. Diese Platte in Sandwich-Bauweise ist weniger als 1 cm stark, die gesamte Bauhöhe allerdings beträgt, wegen der für die Schlagregendichtigkeit notwendigen sogenannten Fuss- und Kopfschlösser, rund 5 cm. 76,6 auf 50,5 cm misst der einzelne Ziegel. In der First-Trauf-Richtung überlappt das Element rund 5,5 cm, wobei dieses Mass wegen der bei den Dachdeckern üblichen Toleranzen bei der Verlegung der Dachlattung variiert. Die auf dem Dach sichtbare Länge des Elementes beträgt demnach 71 cm und überdeckt damit zwei Latenzwischenräume von «genormten» 35 cm. Die verlegten Elemente bilden seit-



Bild 1. Trapezprofil-System vor einem Wohnhaus in Bassersdorf bei Zürich: Profi-Lösung bei gleichzeitig (relativ) günstigen Gesamtkosten (Quelle, alle Fotos: Andreas Wolfensberger, Fotograf, 8400 Winterthur)



Bild 2. «Solarmoderne» Dacheindeckung in Affoltern

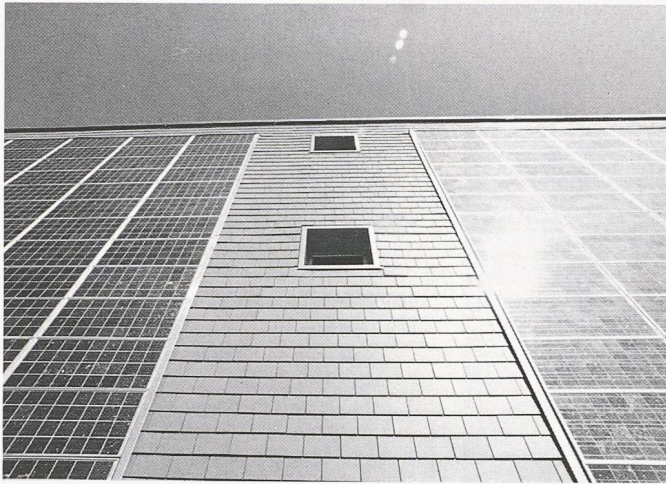


Bild 3. Rütihof in Zürich-Höngg: Photovoltaik als Architektur

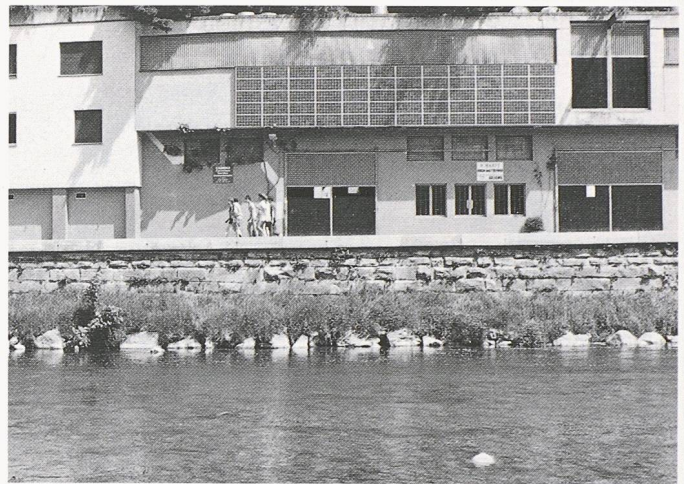


Bild 4. 3-kW-Anlage an einem Gewerbebau in Adliswil: Sind Solarzellen als Gebäudebestandteile bald nicht mehr wegzudenken?

lich, also parallel zum Ortsbrett, einen Zwischenraum von rund 1 cm, der mit einem Alu-Profil abgedeckt wird. Mit 50 cm bedeckt das Solardachelement zweieinhalb «Normalziegel» von 20 cm in der Horizontalen (parallel zum First). Insgesamt müssen pro Element fünf konventionelle Ziegel weniger eingekauft werden. Die Leistung beträgt 36 Watt, der jährliche Ertrag 32 kWh – 0,8% des Strombedarfes eines Haushaltes. Zur vollen Bedarfsdeckung sind 120 Stück mit einer Fläche von 40 m² erforderlich. (Standard ist allerdings eine Fläche von 27 m² mit einer Leistung von 3 kW und einem Jahresertrag von durchschnittlich 2700 kWh.)

Structural Glazing

Der Ausdruck Structural Glazing steht für verglaste Fassaden ohne jede sichtbare oder auskragende Teile der Tragkonstruktion: Verbindungsstücke sind einerseits innen auf die Glaselemente geklebt, andererseits an die Tragkonstruktion angeschraubt. Die vorgehängte Fassade hat je nach Aufbau eine zusätzliche Wärmedämmung, bei

Kaltfassaden mit, bei Warmfassaden ohne Hinterlüftung. Bei photovoltaischen Fassaden sind die Solarzellen in die vorgehängten, 12 mm starken Giessharzmodule eingegossen. Was genau zwischen die beiden 4 mm dicken Glasscheiben des Moduls kommt – ausser der Solarzelle – ist, zumindest vorläufig, noch nicht Allgemeinwissen. Der Randverbund indessen entspricht demjenigen üblicher Isolierglaskonstruktionen.

Trapezprofil-System

Das vor der Profilierung verzinkte 0,8-mm-Trapezblech hat eine Bauhöhe von 41 mm. Die Rippen der montierten Bleche verlaufen bei Fassaden vertikal, auf Dächern im rechten Winkel zur Traufe. Die auskragenden Flächen («Wellenberg») sind 40 mm breit, die Flächen an der Basis, «Wellental», 120 mm. Das Rastermass beträgt 193 mm. Die Solarmodule sind auf die Rippen geklebt und zwischen den Zellen zusätzlich durch horizontale Hutprofile auf den Rippen des Trapezprofils verschraubt. Die Kabel – für Stahlblechunterlagen werden Doppelmantelverbindungen emp-

fohlen – liegen in den vertikalen «Kanälen». Die Vorteile dieser PV-Integration sind durch den geringen Preis, die einfache Konstruktion, die rasche Montage und die gute Dichtigkeit gegeben.

Bauphysik

Die Integration von Solarzellen verursacht keine wesentlichen bauphysikalischen Probleme. Bei allen hinterlüfteten Varianten mit vorgehängten Solarzellen ist dieser Befund naheliegend, bei Kompaktfassaden weisen die Solarzellen und bei Schrägdachkonstruktionen zudem die Dachzwischenräume höhere Temperatur- und Feuchtwerte auf. Ein vom Bundesamt für Energiewirtschaft und vom Kanton Zürich finanziertes Messprogramm soll die an sich positiven Beobachtungen wissenschaftlich belegen.

Kleben

Wegen der grossen Verbreitung der Klebtechnik beim Bauen, insbesondere

Pilot- und Demonstrationsprojekte (P & D)

Unter der Bezeichnung P&D – Pilot- und Demonstrationsprojekte – zahlen Bund und einzelne Kantone Beiträge an Lösungen, die Energien besonders rationell verwenden oder erneuerbare Energien nutzen. Die förderungswürdigen Vorhaben müssen neu sein und «relevante Resultate erwarten lassen». Der Kanton Zürich hat bislang 70 Projekte mit einem Aufwand von gegen 5 Millionen Franken unterstützt.

Gesuche sind an das Bundesamt für Energiewirtschaft, 3003 Bern, oder an die Energiefachstelle des Standortkantons zu richten.

Solarzelle	Befestigung	
<i>Fassade</i>		
Standard-Modul	integriert	geklemmt
Standard-Modul	integriert	verschraubt
Standard-Modul	vorgehängt	geschraubt
Laminat	integriert	Bügel
Laminat	structural glazing	Verbindungsstück
<i>Satteldach</i>		
Standard-Modul	mit Unterdach	verschraubt
Standard-Laminat	mit Unterdach	geklebt
Standard-Modul	Trapezprofil-System	verschraubt
Standard-Modul	Trapezprofil-System	geklebt
Solardachziegel	Falzziegel	verlegt

Tabelle 1. Die als Pilot- und Demonstrationsprojekte realisierten Integrationen von Solarzellen zur dezentralen Stromerzeugung in Fassaden und Dächern



Bild 5. Wohnhaus mit Solardachziegeln – und Wärmekollektoren – in Mönchaltorf

re bei den Fassaden, ist das Angebot von geeigneten Klebstoffen gross. Kleber aus Silikon wurden zur Befestigung von Solarzellen, neben Bändern auf Acrylbasis, am besten bewertet. Bei Versuchen wurden zwei wesentliche Forderungen offenbar. Bei der Verarbeitung des Klebstoffes sind Hohlräume tunlichst zu vermeiden, weil allfällig eindringendes Wasser im Winter – bei Eisbildung – zum Bruch der Zellen führen kann. Zudem ist eine genügende Klebstoffstärke, mindestens 1 mm, zur Aufnahme von thermischen Dehnungen unerlässlich. Dafür könnten Abstandhalter eingesetzt werden. Wenn noch in Rechnung gestellt wird, dass absolut fettfreie Oberflächen notwendig sind, ist der Ratschlag der Berichtverfasser zu verstehen: «Eine zuverlässige Klebung von Solarzellen findet in einem geeigneten Raum und nicht auf der Baustelle statt.»

Schrauben

Die geprüften Verschraubungen von Solarzellen bestehen aus den drei Elementen *Klemm-* oder *Haltestück*, dem *manchettenartig eingelegten Gummi*, in dem die Zelle zu liegen kommt, sowie

der *Schraube*. Die Technik hat sich im Fassadenbau bewährt; einziges Problem, wenn überhaupt, liegt in der Korrosionsgefahr (Kontaktkorrosion).

Ertrag

Nach dem Bewertungskriterium *Ertrag* eignen sich südorientierte Schrägdächer naturgemäss am besten zur Integration von Solarzellen. Steile Dächer verbessern den Winterertrag, flache Schrägdächer eher die sommerliche Ernte. (Vom Jahresertrag fallen rund zwei Drittel im Sommer, ein Drittel im Winter an.) Auf Flachdächern sind Solarzellen aufzuständern, wobei die Orientierung durchaus von einer nicht optimal verlaufenden Hauskante abweichen kann, da Flachdachaufbauten meist vom Boden aus nicht einsehbar sind. (Mit sogenannten *Schwerkraftverankerungen* können PV-Anlagen ohne Veränderung der Dachhaut aufgestellt werden. Dafür ist ein Flachdachsockel entwickelt worden.) Auf das ganze Jahr bezogen, liefert die Fassade 25% weniger Energie als das Schrägdach mit gleicher Orientierung; nur auf den Winter bezogen, beträgt der Unterschied lediglich einige wenige Pro-

An den Anlagen beteiligte Firmen

- Alpha Real AG, 8008 Zürich
- Atlantis Energie AG, 3012 Bern
- Fabrimex Solar AG, 8703 Erlenbach
- Glas Trösch Solar AG, 4937 Ursenbach
- Montana Stahl AG, 5612 Villmergen
- PMS AG, 8617 Mönchaltorf

Literatur

- [1] *Optimierte Gebäudeintegration von Solarzellen*. Schlussbericht zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft und des Amtes für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich. Verfasser: Alpha Real AG, 8008 Zürich, 1992.
- [2] *Betriebsauswertung der fassadenintegrierten Solarzellenanlage Glattbrugg*. Schlussbericht zuhanden des Amtes für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich. Verfasser: Alpha Real AG, 8008 Zürich, 1991.
- [3] *Untersuchung moderner Montage- und Verkabelungstechniken für Solarmodule*. Zwischenbericht zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft. Verfasser: Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8034 Zürich, 1992.

zente. Die saisonalen Gewinne gleichen sich mit zunehmendem Anstellwinkel aus – allerdings auf sinkendem Gesamtniveau!

Pendenzen

Auch wenn bereits eine stattliche Anzahl von Schlussberichten vorliegt, kann es sich hier nur um einen vorläufigen Zwischenbericht handeln. Einige der erprobten Integrationstechniken sind ausgereift oder sogar auf dem Markt erhältlich, andere bedürfen der Weiterentwicklung. Vier zentrale Forderungen sind nach wie vor gültig: ästhetische Gesichtspunkte, industrielle Fertigung, handwerkergerichte Lösungen und einfache Verdrahtungstechnik.

Adresse des Verfassers: *Othmar Humm*, Ing.HTL, Fachjournalist Technik + Energie, Edisonstrasse 22, 8050 Zürich.

Wettbewerbe

Überbauung Schachen, Aarau

Die Herren Walter Suhner sen., Martin Ammann und Hans-Rudolf Kocher sowie die Stadt Aarau veranstalteten einen öffentlichen Projekt- und Ideenwettbewerb für eine Überbauung und die künftige bauliche Gestaltung und Erneuerung im Schachen, Aarau. Teilnahmeberechtigt waren Architekten, die seit mindestens dem 1. Januar

1992 Wohn- oder Geschäftssitz in den Bezirken Aarau, Brugg, Lenzburg oder Baden haben. Zusätzlich wurden fünf auswärtige Architekten zur Teilnahme eingeladen. Beim Ideenwettbewerb musste das Preisgericht zwei Entwürfe wegen schwerwiegender Verletzung von Programmbestimmungen von der Preiserteilung ausschliessen. Ergebnis:

Projektwettbewerb

1. Preis (18 000 Fr.): Schweizer Hunziker, Bern; Mitarbeiter: Daniel Egger, Andreas Mäschi
2. Preis (15 000 Fr.): Werner Egli + Hans Rohr, Baden-Dättwil; Mitarbeiter: Gerhard Wittwer
3. Preis (10 000 Fr.): Andi Scheitlin + Marc Syfrig, Luzern; Mitarbeiter: Paolo Janssen
4. Preis (8000 Fr.): Thomas Schneider, Gérard Prêtre, Ennetbaden