

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 113 (1995)
Heft: 37

Artikel: Entwicklung eines neuen solaren Flachdachelements
Autor: Toggweiler, Peter / Wüest, Markus
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78771>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.04.2026

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

Peter Toggweiler, Markus Wüest, Mönchaltorf

Entwicklung eines neuen solaren Flachdachelements

Eine Projektgruppe, zusammengesetzt aus Vertretern der Wirtschaft sowie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) hat sich zum Ziel gesetzt, ein solares Flachdachelement zu entwickeln, was dank der Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft ermöglicht wird. Das sogenannte «Solar Flat Roof Element» (Sofrel) soll die Funktion der Dachhaut mit der eines Photovoltaik-Unterkonstruktionselements kombinieren. Es wird vor allem auf Flachdächern und flachen Schrägdächern zur Anwendung kommen.

Ausgangslage

Bis heute wurden viele Photovoltaikanlagen auf Flachdächern realisiert. Trotzdem konzentrierten sich die Entwicklungsaktivitäten vor allem auf die Schrägdach- und Fassadenintegration. Die konventionellen Flachdachapplikationen basieren immer noch auf dem Schwerlastfundations-Prinzip, welches in vielerlei Hinsicht Probleme in sich birgt.

Die aus dem vorliegenden Projekt resultierenden Lösungen wollen diese Nachteile beheben. Es soll ein Element - dem Dachziegel für Schrägdächer ähnlich - konstruiert werden, welches verschiedene Funktionen wie Wetterschutz, Wasserdichtung usw. übernimmt und gleichzeitig als Tragstruktur für Photovoltaik dient.

Dank der Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft, konnten solche Elemente entwickelt und bereits teilweise in der Praxis erprobt werden. Die praktischen Untersuchungen sind notwendig, da verschiedene Funktionen in einem Element neu kombiniert werden und die Resultate teilweise nicht vorhersehbar sind.

Das System besteht aus speziell geformten Platten aus Blech, Metall, Plastik

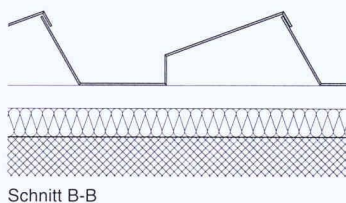
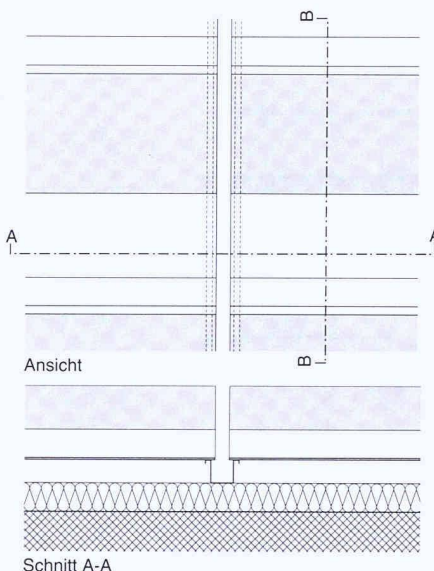


Bild 1. Zeichnung eines geschlossenen Sofrel-Sockels aus Alucobond

oder aus Beton und einem entsprechenden Entwässerungssystem. Die Produktion ist weder an eine bestimmte Firma noch an ein bestimmtes Material gebunden.

Erste Ergebnisse

Eine wesentliche Erkenntnis der ersten Untersuchungen ist u.a., dass die gesamte Dachkonstruktion in die Überlegungen einbezogen werden muss. So müssen neben den Photovoltaik-spezifischen Fragen auch solche über Flachdachdichtung,

Anschlüsse und Entwässerung beantwortet werden.

Zurzeit sind folgende Vor- und Nachteile des Sofrel-Systems bekannt:

Vorteile:

- Besseres Design, bessere Ästhetik
- Zusätzliche architektonische Möglichkeiten
- Weniger Planungsaufwand
- Kontrollierbarer Dachaufbau
- Hinterlüftetes Flachdach
- Weniger Materialaufwand
- Problemlose und rasche Montage
- Mögliche, einfache Wartung des Daches
- Dauerhafte Dachhaut
- Geeignete Unterkonstruktion für PV-Module
- Ertragserhöhung durch Reflexion an der Nordseite

Nachteile:

- Bei grossen Schneemengen: Rückstaugefahr
- Geringfügige Mehrkosten
- Höhere Modultemperatur
- Relativ aufwendige Randabschlüsse.

Varianten

Neben der Materialunterscheidung kommen Varianten bezüglich Aufbau und Funktion hinzu: Einteilig - offen, einteilig - geschlossen, mehrteilig - offen und mehrteilig - geschlossen (Bilder 1, 2 und 3).

Einteilig und mehrteilig bezeichnet den Aufbau eines Elements. Offen oder geschlossen erläutert die Funktion, wobei ein offenes Element hauptsächlich als PV-Unterkonstruktion dient und erst in zweiter Linie und bedingt als Dachelement. Die geschlossene Version umfasst ein zum System gehörendes Entwässerungssystem und ersetzt somit die erste Dachhaut.

Konstruktionsdetails

Elektrische Installationen

Während bei der Verdrahtung vom Klemmkasten zum Wechselrichter und weiter zum Netzeinspeisepunkt keine Neuerungen aufgetreten sind, stellt die Verdrahtung der Solarmodule neue An-

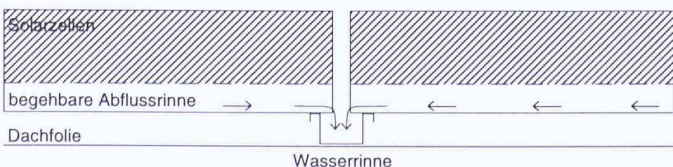


Bild 2. Version einteilig, geschlossen, Alucobond

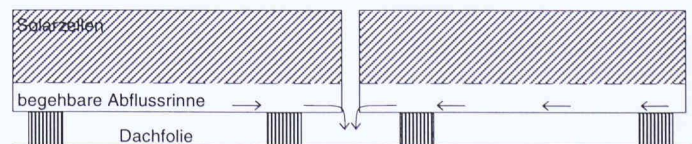


Bild 3. Version einteilig, offen, Alucobond

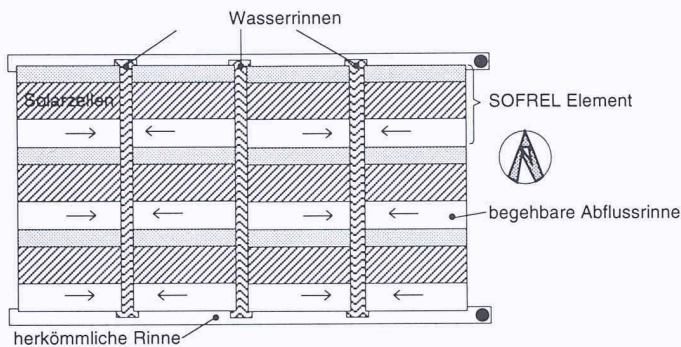


Bild 4.
Geschlossene Sofrel-Variante mit Wasserrinne

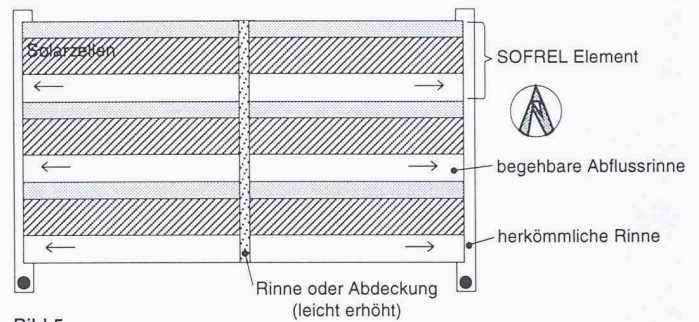


Bild 5.
Geschlossene Sofrel-Variante ohne Wasserrinne

sprüche. Auf eine geeignete Kabelführung wird beim Design der Elemente bereits Rücksicht genommen.

Im Vergleich zu konventionellen Schwerlastfundationen können beim neuen Dachelement die Kabel weitgehend verdeckt geführt werden, womit diese weniger den Witterungseinflüssen ausgesetzt sind. Ausserdem wirkt das Dach aufgrund der verdeckten Kabel sehr aufgeräumt und genügt deshalb auch hohen ästhetischen Ansprüchen.

Die grosse Anzahl von Modulen in einem Solarzellenfeld bringt einen beachtlichen Verkabelungsaufwand mit sich. Es ist deshalb naheliegend, ein Stecksystem zu entwickeln, das es erlaubt, die Module mit einem Handgriff miteinander zu verbinden. Eine Anforderungsliste eines solchen Stecksystems wurde ausgearbeitet. Es stellte sich heraus, dass grosse Übereinstimmungen mit dem für das NEFF-Projekt «Solardachziegel» erarbeiteten Anforderungsprofil bestehen. Somit konnte auf den bereits gesammelten Erfahrungen aufgebaut werden.

Mechanische Befestigung

Bei der mechanischen Befestigung haben sich bis jetzt unter den verschiedenen in Betracht gezogenen Möglichkeiten noch keine Favoriten herauskristallisiert.

Längerfristig scheint jedoch die direkte Befestigung der Solarzellen am vielversprechendsten. Es laufen Bestrebungen zur direkten Integration von Solarzellen in Halbfabrikat-Bauelementen.

Windlast

Für die Auslegung der Tragstruktur eines PV-Systems sind die Wind- und Schneelasten massgebend. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde eine umfassende Studie der diesbezüglich zu berücksichtigenden Faktoren gemacht. Die berechneten Lasten werden beim Design der Elemente entsprechend berücksichtigt.

Entwässerung

Für die Elemente wurde das sogenannte lineare Entwässerungssystem vorgesehen. Somit ist der Anschluss an konventionelle Dachableitungen an nahezu jeder beliebigen Stelle möglich. Durch die Kombination mit der Wasserrinne wird die Elementlänge beliebig wählbar (Bilder 4 und 5).

Ökologie

Beim Bau einer PV-Anlage sollte der ökologische Aspekt berücksichtigt werden. Es

besteht die Absicht, auch in dieser Hinsicht einen Markstein zu setzen.

Ein Sofrel kann neben der Hauptfunktion, der Stromproduktion, noch weitere bauliche Funktionen wie Wetterschutz, Wasserdichtung usw. übernehmen. Somit ist neben der Kostenreduktion - über die gesamte Dachkonstruktion gesehen - ein erheblich geringerer Materialaufwand zu erwarten.

Bei diesem System genügt es nicht, eine Ökobilanz lediglich für das PV-System zu erstellen. Es ist wichtig, die gesamte Bauhülle in die Betrachtungen einzubeziehen. Bei einem integrierten PV-System können Aufwendungen bzw. Einsparungen an der Gebäudehülle die Bilanz des gesamten Systems (Anlage und Bauhülle) wesentlich beeinflussen.

Ökobilanz

Eine unter diesen Aspekten erarbeitete Ökobilanz führte zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Beton als Trägermaterial ist besser als Stahl, und Stahl wiederum besser als Aluminium.

- Die energetischen und ökologischen Einsparungen durch den Verzicht auf eine zu

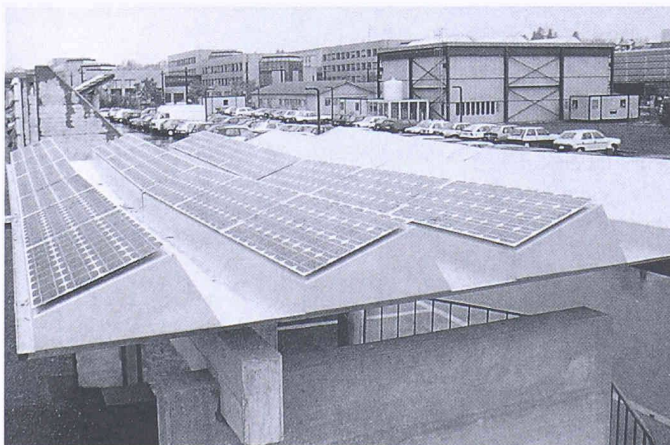


Bild 6.
Testinstallation mit geschlossenen Sofrel aus Stahlblech an der IEA-Demosite in Lausanne

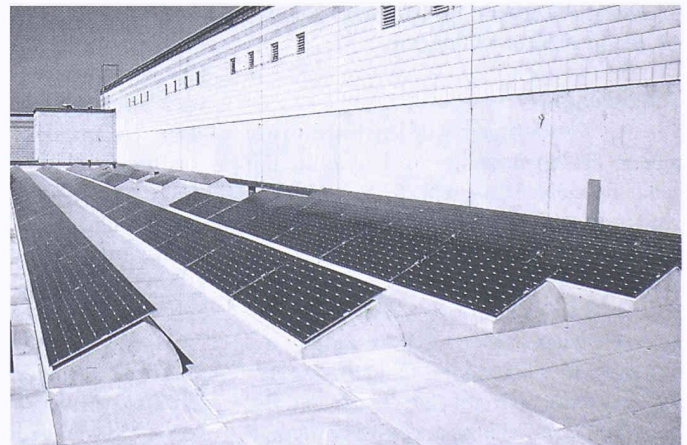


Bild 7.
5 kWp-Sofrel-Pilotanlage in Lausanne

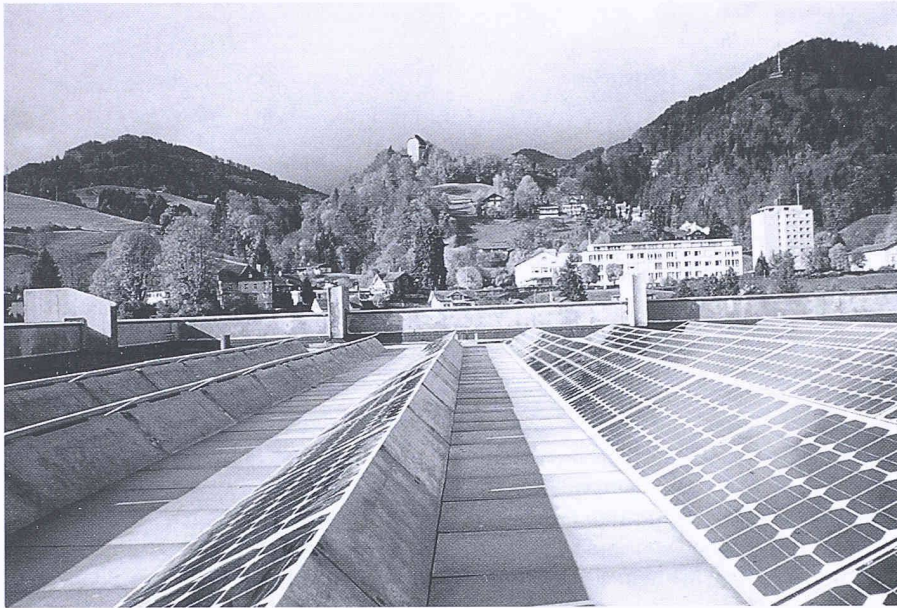


Bild 8.
10-kWp-Sofrel-Pilotanlage auf dem Dach der Berufsschule in Wattwil. Version Beton-offen mit mehrteiligem Sockel

sätzliche Dachhaut sind für die Bilanz von Bedeutung und beeinflussen sie stark.

Aus diesem Grund schneiden alle geschlossenen Sofrel-Varianten im Vergleich besser ab, als das untersuchte, konventionelle Trägersystem.

Offene Varianten - mit Ausnahme des Betonelements - schneiden gegenüber konventionellen Systemen schlechter ab.

Realisierte Anlagen

Versuchsanlagen

Bis jetzt wurden zwei Versuchsanlagen an der EPFL in Lausanne gebaut. Eine geschlossene Version ist auf dem Dach des LESO-Gebäudes stationiert und eine Version Stahlblech-geschlossen ist als Stand an der IEA-Demosite zu sehen (Bild 6). Eine dritte Anlage mit der Version Betonelemente steht seit Dezember 1993 auf dem Dach des Pilotraums für den SBG-Neubau Suglio in Manno bei Lugano.

Pilotanlagen

Als Pilotanlagen wurden bisher zwei offene Betonvarianten in Lausanne mit einer Spitzenleistung von 5 kWp (Bild 7) und in Wattwil (10 kWp) realisiert. In Lausanne kamen dabei die in Suglio getesteten einteiligen Betonsockel zum Einsatz.

In Wattwil kam eine weiterentwickelte, mehrteilige, offene Betonvariante des Prinzips zur Anwendung (Bild 8). Die Anlage befindet sich auf dem Dach der Berufsschule, weshalb sie auch mit Fördergeldern des Bundes für Installationen auf Schulhäusern unterstützt wurde. Eine dritte 3-kWp-Pilotanlage mit einer geschlossenen

Betonvariante des Prinzips soll bis im Sommer 95 auf einem Dach der Kantonschule Wetzikon realisiert werden.

Kostenvergleich

Grobe Kostenvergleiche haben ergeben, dass ein mit dem Sofrel-System belegtes Dach kaum 5% teurer wird als eines mit den herkömmlichen Modulaufständerungen mit Schwerlastfundationen. Betonelemente dürften sogar um 5% billiger sein. Für diese Preise bekommt man allerdings eine architektonisch und ästhetisch viel befriedigendere Lösung mit wesentlichen Vorteilen im Bereich Dachunterhalt. Diese Vorteile sind für das Verbilligungspotential von Sofrel-Anlagen gegenüber herkömmlichen Flachdachausführungen sehr wichtig. Für genauere Kostenabschätzungen des Unterhalts müssen allerdings erst noch Erfahrungen mit realisierten und zukünftigen Pilotanlagen gesammelt und ausgewertet werden.

Resultate

Das Gesamtergebnis der bisherigen Entwicklungsarbeiten ist positiv. Es konnte gezeigt werden, dass sich das Prinzip Sofrel zur Integration in die Bauhülle eignet und einige wesentliche Vorteile gegenüber der herkömmlichen Aufständerung aufweist. Im Rahmen der vorliegenden Aktivitäten konnte das System bezüglich mancher Details verbessert werden.

Eher unerwartet ergaben sich verschiedene Synergieeffekte und weiterführende Entwicklungen, die als Resultate von zahlreichen Diskussionen rund um die Flachdachintegration im allgemeinen und das neue Flachdachprinzip im besonderen resultierten.

Literatur

- Bundesamt für Energiewirtschaft: Entwicklung eines flachdachintegrierten Photovoltaiksystems (Sofrel). Bericht zur Phase 1 des F&E-Projektes Solar Flat Roof Element; Bern, 1994.
- Dournow, R.: Ausführungsrichtlinien für Flachdachabdichtungen. Material und Systemwahl. Hrsg. Veras Verband schweizerischer Gussasphalt- und Abdichtungsunternehmen, ISBN 3-909052-02-9.
- Rheinzink GmbH (Hrsg.): Rheinzink - Anwendung in der Architektur, D-Datteln, 1993
- Aluisse [Hrsg.]: Technische Dokumentation von Alucobond.

Die Projektgemeinschaft ist im Rahmen dieses Projektes an der Erforschung und Entwicklung einer grundsätzlichen Technologie interessiert und nicht an einer Produktion. Bei einer Produktionsentwicklung sollen die künftigen Hersteller miteinbezogen werden. Vorab laufen Gespräche mit diesen Unternehmen über die Machbarkeit und eine grobe Marktanalyse. Bis jetzt wurden verschiedene Firmen im Rahmen der Forschungsarbeiten informiert.

Es ist wichtig, dass die erarbeiteten Resultate in der Praxis Anwendung finden. Dafür sind jedoch noch etliche Schritte notwendig. Mit Hilfe einzelner Unternehmen soll eine Produktpalette realisiert und dem Markt präsentiert werden.

Adresse der Verfasser:

Peter Toggweiler, El.-Ing. HTL, und Markus Wüest, Kult.-Ing. ETH (Umweltingenieur), % PMS Energie AG, Lindhofstrasse 13, 8617 Mönchaltorf.

Beteiligte in der Projektgruppe:

Antoine Muller, Muller & Ganz Architekten, Genève,
Christian Meier, Alpha Real AG, Zürich,
Christian Roecker, EPFL LESO, Lausanne,
Karl Heinz Becker, SBG/UBS, Zürich,
Peter Toggweiler, PMS Energie AG, Mönchaltorf.