Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Swiss Federal Office of Energy

Programm
Aktive Sonnenenergienutzung, Photovoltaik

P+D Projekt
SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)

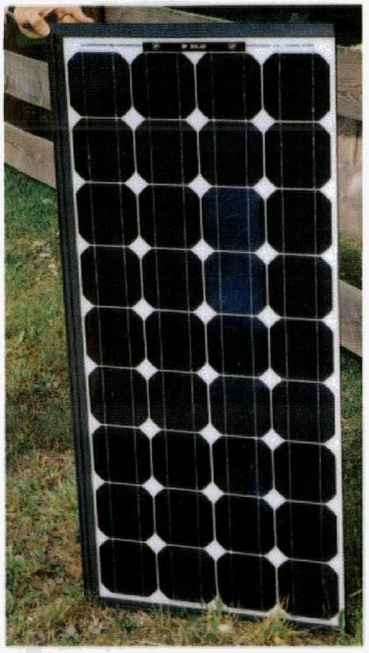
ausgearbeitet durch

Daniel Ruoss
Enecolo AG
Lindhofstr. 52
8617 Mönchaltorf

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Dezember 2000 Schlussbericht DIS 29909 / 69804

[redacted]







SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)

SCHLUSSBERICHT 2000

Enecolo AG, Mönchaltorf | **Ernst Schweizer AG, Hedingen**

Unterstützt durch das Bundesamt für Energie

Ausgearbeitet durch:

Enecolo AG
Daniel Ruoss, Peter Toggweiler
Lindhofstr. 52
8617 Mönchaltorf
Tel 01 994 90 01
Fax 01 994 90 05
Email info@enecolo.ch
http:// www.solarstrom.ch

Ernst Schweizer AG
Andreas Haller
Metallbau
8908 Hedingen
Tel 01 763 61 11
Fax 01 761 88 51
Email info@ schweizer-metallbau.ch
http:// www. schweizer-metallbau.ch

Mönchaltorf, Dezember 2000

Inhaltsverzeichnis

Abstract 3
Résumé 4
Zusammenfassung 5

1. Einleitung 6

2. SOLRIF System 7
   2.1. Idee 7
   2.2. Beschreibung 7
   2.3. Projektteam 10
   2.4. Projektziele 10
   2.5. Vorgehen 11

3. Projektstand / Terminplan des Projektes 13

4. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse 15
   4.1. Design Profilsystem 15
      4.1.1. Phase 1 15
      4.1.2. Phase 2 16
      4.1.3. Montage SOLRIF- Element 18
      4.1.4. Ideen 20
   4.2. Design Randabschlüsse 22
   4.3. Untersuchungen / Tests 25
      4.3.1. Belastungstest der Metallbügel 25
         4.3.1.1. Versuchsaufbau 26
         4.3.1.2. Resultate 26
         4.3.1.3. Erkenntnisse 27
   4.4. Zusammenfassung der Anlagenrealisierungen 28

5. Bilaterales Projekt ECN, Holland 33
   5.1. Projektorganisation 33
   5.2. Testanlage ECN, Holland 34
   5.3. Untersuchungen / Resultate 36
   5.4. Marktabklärungen 37

6. Zertifizierung SOLRIF System 37
   6.1. Dachfunktion 37
   6.2. Blitzschutz 38
   6.3. ISPRA- Test / CE- Zeichen 41
      6.3.1. Vorgehensweise bei einer Zertifizierung 41
         6.3.1.1. PV Modul 41
         6.3.1.2. SOLRIF- Elemente 41
         6.3.1.3. SOLRIF- System 42
         6.3.1.4. PV- System 43
      6.3.2. Entwicklung der technischen Spezifikationen 43
         6.3.2.1. Verdrehungstest 43
         6.3.2.2. Festigkeitstest 43
         6.3.2.3. Regentest 44
         6.3.2.4. Schnee- und Eisdrucktest 44
         6.3.2.5. Sogtest 45
      6.3.3. Zusammenfassung der erforderlichen Testprozeduren 46

7. Kontakte zur Industrie 47

8. Marketing und Vertrieb 48
8.1. Vertriebsmodell 48
8.2. Strategie Markeintritt 48
8.3. Stand Markteinführung Deutschland 49
8.4. Stand Markteinführung ausserhalb Deutschland 49
8.5. Marketinginstrumente 50
8.6. Preise 51
8.7. Umsatzentwicklung 51

9. Marktanforderungen 52
9.1. SOLRIF- Profile 52
9.1.1. Dickere Laminate 52
9.1.2. Glasrandnahe Junction- Box 52
9.1.3. Oberflächenqualität und Farbe 52
9.2. Zusatzprodukte 52
9.2.1. Montagebügel 52
9.2.2. Randprofile 53
9.2.3. Randabschlüsse 53

10. Schlussfolgerungen 53
10.1. Systementwicklungen 53
10.2. Zulassungen und Tests 54
10.3. Marktumsetzung 54

11. Perspektiven 54
11.1. Systemdesign 54
11.2. Material 55
11.3. Märkte 55

12. Publikationen 56

13. Danksagung 57

14. Anhang (inkl. CD- ROM) 57
14.1. Poster für Welt PV Konferenz, Juni 1998
14.2. Poster für PV Konferenz in Staffelstein, März 2000
14.3. Paper für PV Konferenz in Staffelstein, März 2000 58
14.4. Poster für 16. Europäische PV Konferenz, Mai 2000
14.5. Paper für 16. Europäische PV Konferenz, Mai 2000 62
14.6. Produkteblatt SOLRIF 66
14.7. Anlagenbeispiele und Bilder
14.8. Tests / Auswertungen
14.9. Konstruktionszeichnungen
14.10. Montageanleitung SOLRIF- Rahmen
14.11. Montageanleitung Anlage
14.12. Power Point Präsentation SOLRIF
14.13. Bericht Montage Testanlage ECN
14.14. Blitz- und Potentialschutz Konzept für SOLRIF

Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Swiss Federal Office of Energy

Programme
in Photovoltaic
Energy Conversion

FINAL REPORT 2000

Project Number: 29909 **ENET Number:**
Contract Number: 69804

Project Title: SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)

Abstract:

Building integration technologies for photovoltaic systems are, beside cell & module improvements, one of the most important aspects to reduce the price of solar electricity. But beside costs, there are other relevant requirements such as the architectural and esthetical appearance of the building itself.
SOLRIF is a new photovoltaic (PV) system for inclined roofs, which meets the aspects described above. Combined with any solar panel SOLRIF forms a sealed roofing layer, like standard roofs with tiles, while generating electricity at the same time and offering a sustainable solution without greenhouse gases at zero operating costs. This new system is suitable for almost any type of inclined roofs in existing or new buildings and meets high esthetical demands too. The innovative design is optimised in view of economical, ecological and functional aspects. The SOLRIF system consists of any type of PV laminate and four specially designed aluminium profiles, which replace the conventional framing of standard PV laminates. SOLRIF is independent of the size and makes of the PV laminates and is therefore suited to different products.

During the two years project time 6 installations with a total amount of over 100 kW nominal power have been realised in Switzerland. Further approx. 150 kWp have been installed in Germany since beginning 2000. In advance two test installations, one in Switzerland and one in the Netherlands were built. Several tests were done with the test installations in order to gain experiences at different locations. Improvements were done concerning the side finishing and on the profiles to reduce the material. The experiences with the installation and operation of SOLRIF-elements are very positive. The product has reached a high quality level and has proofed its proper function.

Duration of the Project: Dec. 1st 1998- Dec. 15th 2000

Reporting on the Project: Daniel Ruoss
Address: Enecolo AG
Lindhofstr. 52
8617 Mönchaltorf

Telephone: 01 / 994 90 01 **Fax:** 01 / 994 90 05
http: www.solarstrom.ch **Email:** info@enecolo.ch

Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Swiss Federal Office of Energy

Programme
in Photovoltaic
Energy Conversion

RAPPORT FINAL 2000

Projet Numéro: 29909 **Numéro de ENET:**
Contrat Numéro: 69804

Titre du Projet: SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)

Résumé:

La réduction des coûts des systèmes photovoltaïques nécesssite d'améliorer la fabrication des cellules et des modules. Le potentiel d'optimisation de la partie "intégration au bâtiment" reste également important. L'aspect économique mis à part, il est important que l'installation photovoltaïque ne perturbe pas l'esthétique du bâtiment. Elle peut même contribuer à l'améliorer selon les cas. Dans pareil contexte, Solrif, nouveau système de montage pour toiture inclinée, apporte une contribution significative.

Permettant l'utilisation de modules sans cadres standard, il remplace avantageusement les tuiles en constituant une couche de protection étanche et durable. Ce système convient à tous les types de toitures. Son apparence est agréable et plaira à tout un chacun. Le système a été conçu pour être le meilleur compromis entre prix avantageux, excellent bilan écologique et bonne fonctionnalité. Le système est basé sur quatre différents profilés aluminium qui remplacent le cadre conventionnel. SOLRIF convient à toutes les tailles de modules ce qui le rend universel.

Deux ans après le début du projet, 6 installations totalisant plus de 100kW ont été installées en Suisse. Environ 150kW ont été installés en Allemagne depuis le début de 2000. Deux installations de test ont été construites: une en Suisse et l'autre aux Pays-Bas. Le but était d'expérimenter les systèmes du point de vue du montage et de l'utilisation. Des améliorations ont été apportées sur les profilés eux-mêmes et les détails de finitions. Dans l'ensemble, ces tests sont positifs puisqu'ils ont permis d'obtenir un produit éprouvé de très haute qualité.

Durée de le Project: 1. Dec. 1998- 15. Dec. 2000

Information auprès de: Daniel Ruoss
Adresse: Enecolo AG
Lindhofstr. 52
8617 Mönchaltorf

Téléphone: 01/994 90 01 **Fax**: 01/994 90 05
http: www.solarstrom.ch **Email**: info@enecolo.ch

Bundesamt für Energie
Office fédéral de l'énergie
Ufficio federale dell'energia
Swiss Federal Office of Energy

Programme
in Photovoltaic
Energy Conversion

SCHLUSSBERICHT 2000

Projektnummer: 29909 **ENET Nummer:**
Vertragsnummer: 69804

Projekttitel: SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)

Zusammenfassung:

Die Gebäudeintegration von PV weist, neben den Zellen- und Modulverbesserungen, ein grosses Potential zur Kostenreduktion von generiertem Solarstrom auf. Neben den Kosteneinsparungen sollten aber auch Aspekte, wie architektonisch ansprechende Integration und Funktionalität berücksichtigt werden. Mit der verbreiteten Anwendung im Gebäudeumfeld muss vermehrt die architektonische Integration betont werden. PV als Dach soll die Ästhetik eines Gebäudes und dessen Umgebung verbessern und keinesfalls beeinträchtigen.
SOLRIF ist ein neues Photovoltaik- Integrationssystem für Schrägdächer. Beliebige Solarmodule bilden zusammen mit SOLRIF ein wasserdichtes Dach, ähnlich zu einem konventionellen Dach und produzieren gleichzeitig elektrischen Strom, frei von Schadstoffen, unerschöpflich, automatisch und ohne Betriebskosten. Das neue System eignet sich für praktisch für alle Schrägdachvarianten, ob Alt- oder Neubauten und erfüllt je nach Ausführung auch hohe ästhetische Ansprüche. Vier speziell entwickelte Profile werden um das Standardlaminat gerahmt und ersetzen den herkömmlichen Rahmen.

Während den zwei Projektjahren wurden in der Schweiz in 6 Projekten über 100 kW PV- Leistung mit den SOLRIF- Profilen installiert. Weitere rund 150 kW installierte Leistung resultierte in Deutschland innerhalb des Jahres 2000. Vor der eigentlichen Markteinführung wurden zwei Testinstallation aufgebaut (Schweiz und Holland). Verschiedene Test konnten an den beiden Versuchsaufbauten durchgeführt werden. Die Resultate wurden direkt in die Weiterentwicklung von den Profilen und den Seitenabschlüssen eingetragen. Alle Erfahrungen aus den Installationen und den Profilmontagen sind sehr positiv. Das Produkt überzeugt durch seine einfache Handhabung und seiner Funktionstauglichkeit.

Projektdauer: 1. Dez. 1998- 15. Dez. 2000

Informationen zum Projekt:
Adresse: Daniel Ruoss
Enecolo AG
Lindhofstr. 52
8617 Mönchaltorf

Telephon: 01/994 90 01 **Fax:** 01/994 90 05
http: www.solarstrom.ch **Email:** info@enecolo.ch

1. Einleitung

Heutzutage sind auf dem Markt dutzende Systeme für die Integration von Solarmodulen in ein Schrägdach erhältlich. Aber, wie reagieren die Dachdecker auf die Einbausysteme und sind die Installationskosten wettbewerbsfähig?

Vor nicht allzu langer Zeit waren Aussagen, wie 'integrierte Schrägdach-installationen sind eine der teuersten Anwendungen von Solaranlagen' und 'ist das Dach nach dem Bau überhaupt wieder dicht', öfters und teilweise gerechtfertigt zu hören. Anwendungen der Solarenergie im Schrägdachbereich waren meistens aufgeständerte Anlagen oder dann kostspielige, architektonisch überzeugende aber materialintensive Integrationslösungen. Aufgeständerte Anwendungen sind vor ca. 2 Jahren im Bereiche von 10- 12 Fr. / Wp Gesamtinstallationskosten realisiert worden. Dachintegrierte Anlagen wurden für rund 12- 16 Fr. / Wp installiert. Diese Kosten beinhalteten die schlüsselfertige Solaranlage, alle Gebühren und die Ingenieurleistungen. Architekten bevorzugten klar die integrierte Lösung, Planer und Bauherr oftmals wegen den Zusatzkosten die aufgeständerte Variante. Das Bestreben nach einer Lösung, die alle Parteien befriedigte, führte zu verschiedenen Systemen, welche heute auf dem Markte erhältlich sind. Integrationssysteme in Profilform, wie Alu- Pro, 'Sun in the Box' von BP, Regen, etc. sind erhältlich. Und als solare Dachziegel- oder schindel werden Produkte, wie Sunslate, bmc, Braas, etc. angeboten. Dutzende Systeme sind für die Dachintegration erhätlich, Produkte aus Deutschland, der Schweiz, Holland, USA und Japan dominieren den Markt.
Wie aber ist die Handhabung der Systeme beim Einbau und wie resultieren die Gesamtkosten von neuen dachintegrierten Solaranlagen. Verschiedene Systeme sind ähnlich zu einem Ziegel montierbar, mit dem Nachteil Speziallaminate zu verwenden, was wiederum auf den Preis schlägt. Je kleiner die solare Einheit umso grösser die Zusatzkosten für Stecker, Montage der Einheit, Modul, etc. Aus diesem Grunde sind Standardmodule zu verwenden. Hier ergibt sich aber bei fast allen Einbausystemen eine komplizierte Unterkonstruktion aus Profilsystemen und EPDM-Plane als Unterdach, was wiederum zu Zusatzkosten beim Material und bei der Montage führt.
Die Ziele für ein Dachintegrationssystem sind klar:

- Solaranlagen müssen architektonisch überzeugend in die Gebäudehülle integriert werden, aber zu Kosten wie sie auch im Flachdachbereich erreicht werden.
- Der Einbau ist durch im Solarbereich ungelernte Dachdecker auszuführen, ähnlich zu einem normalen Dachziegel.

Mit den Vorgaben und Erfahrungen von anderen Produkten und den oben beschriebenen Zielen, entwickelte das Ingenieurbüro Enecolo AG, Mönchaltorf in Zusammenarbeit mit der Firma Ernst Schweizer Metallbau AG, Hedingen ein neues Dachintegrationssystem, welches diese Bedingungen erfüllt.

Der Schlussbericht beinhaltet alle durchgeführten Arbeiten, zeigt die Ergebnisse auf und führt in die Zertifizierung eines neuen Integrationssystem ein. Zurzeit sind etwas mehr als ein Dutzend Anlagen mit dem SOLRIF- System erstellt worden, es wird zusammenfassend auf die Anlagen eingegangen. Der Grossteil des Bildmateriales und der Anlagendaten wird im Anhang angefügt. Zur besseren Nutzung von zum Beispiel den Bildern wurde der Anhang als CD- ROM ausgeführt. Eine solche Ausführung ersetzt einiges Papier und ist zukunftsorientierter. Des weiteren sind im Anhang alle durchgeführten Test's und die Auswertungen abgespeichert. Im Laufe des Projektzeitraumes entstanden hunderte von Konstruktionszeichnungen. Im Anhang sind die aktuellsten Zeichnungen als Auto Sketch oder Claris CAD- File abrufbar.

2. SOLRIF System

2.1. Idee

Verschiedene Systeme sind seit mehreren Jahren auf dem Markt, zum Beispiel Sunslates, Solardachziegel und Profilsysteme. Auf breiter Basis konnte sich bisher kein System durchsetzten, vor allem weil die Kosten höher waren als aufgeständerte Lösungen mit Standardmodulen.
Mit der Idee die Funktion des Rahmens vom Solarmodul zu erweiteren, entstand das System SOLRIF. Der Rahmen hat immer noch die Schutzfunktion für das Solarlaminat zu erfüllen, übernimmt aber gleichzeitig direkt die Funktion der Integration ins Dach. Das heisst Schutz gegen Wasser, Schnee, Wind und Schmutz sind gleichzeitig gewährleistet. Gleichzeitig muss ein ansprechendes Erscheinungsbild resultieren. Zur optimalen Integration sind die Profile in einer beliebigen Farbe erhältlich. Die Einheit besteht aus einem beliebigen Solarmodul (als Laminat) und vier speziellen stranggepressten Aluminium- Profilen (s.h. Bild 1), die das Laminat wie einen Rahmen umschliessen. Die fertigen SOLRIF- Module bilden als Dachelemente eine dichte Dachhaut und ersetzen somit die konventionelle Dacheindeckung mit Dachziegeln, Schindeln oder anderen Materialien. SOLRIF lässt sich auch einfach mit diesen Dachelementen kombinieren, falls nicht der ganze Dachteil mit Solarmodulen belegt werden sollte.

2.2. Beschreibung

SOLRIF ist ein neues innovatives Photovoltaik- Integrationssystem für Schrägdächer. Beliebige Solarmodule bilden zusammen mit SOLRIF ein wasserdichtes Dach und produzieren gleichzeitig elektrischen Strom, frei von Schadstoffen, unerschöpflich, automatisch und ohne Betriebskosten. Das neue System eignet sich praktisch für alle Schrägdachvarianten, ob Alt- oder Neubauten und erfüllt je nach Ausführung auch hohe ästhetische Ansprüche.
SOLRIF ist ein System, das unabhängig von der Modulgrösse angewendet werden kann. Da die Aluminium - Profile für jede Modulabmessung individuell zugeschnitten werden können, ist das System von der Grösse der verwendeten Laminate unabhängig und somit für alle Fabrikate geeignet.

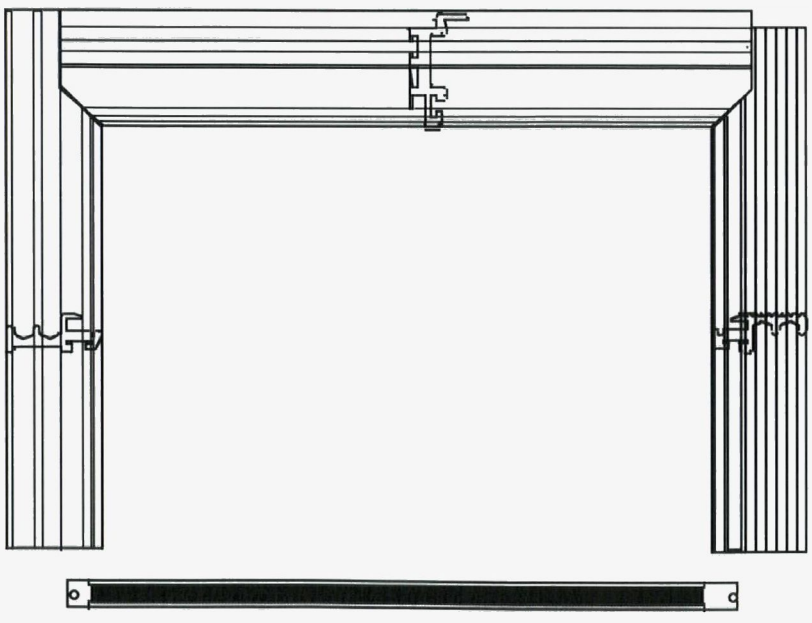
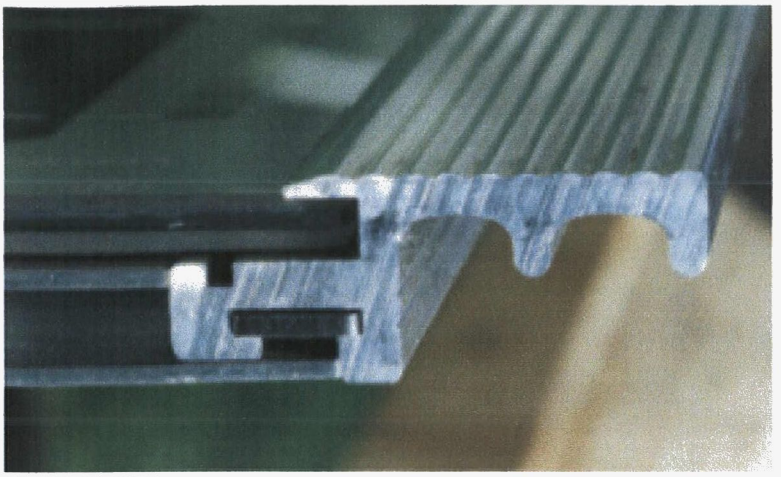


Bild 1: Ansicht der Profile

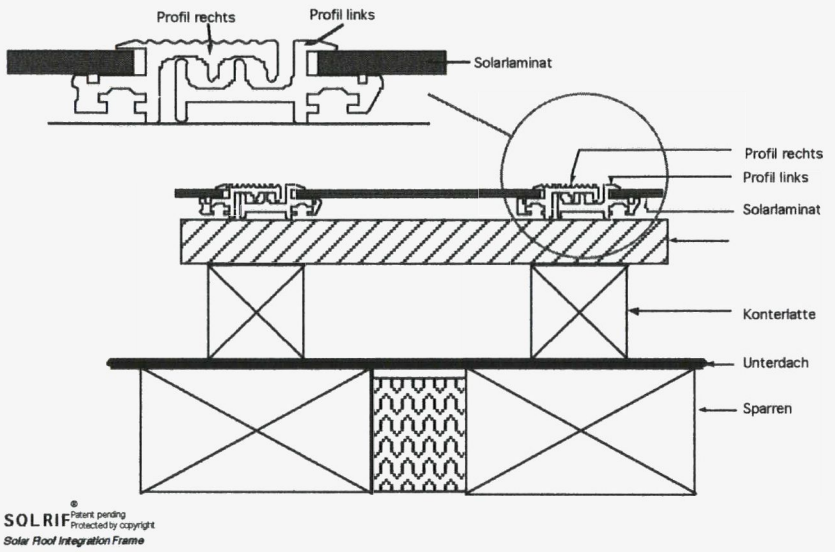


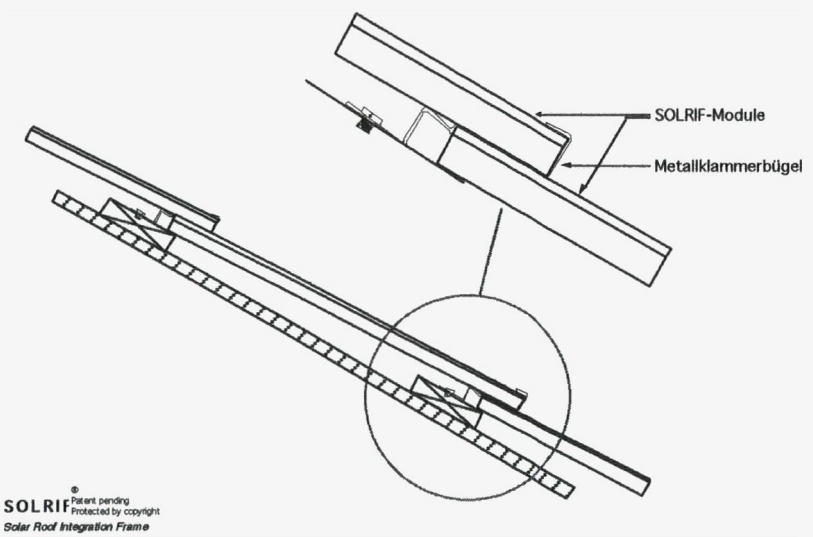
Die Montage von SOLRIF-Modulen ist einfach und schnell. Sie entspricht dem Verlegungsprinzip von konventionellen Dachziegeln. In horizontaler Richtung greifen die Profile so ineinander, dass sie längs gegeneinander verschoben werden können (s.h. Bild 2 und 3).

Bild 2: Detailansicht von vorne

In vertikaler Richtung werden sie mittels Metallbügeln gehalten, die auf den Dachlatten befestigt sind (s.h. Bild 4). Durch diese Montageanordnung kann jedes SOLRIF-Modul, wenn nötig, einzeln aus der Gruppe herausgenommen und ausgewechselt werden.

Bild 3: Schnitt horizontal





Die besondere Form der Profile begünstigt die Drainage von Regenwasser, Schnee und der darin gelösten Verunreinigungen, so dass die Solarzellen stets in der Lage sind das Maximum an Strom zu produzieren.

Bild 4: Schnitt vertikal

Die Solarmodule werden über das SOLRIF- System in das Dach integriert. Die Aufbauhöhe ist 0cm. Das SOLRIF- System ist ein weiterer Schritt zur Kostenreduktion und technischer Verbesserung bedeutet. Sie erlauben zudem eine sichere Handhabung bei Transport und Einbau in die Dachstruktur, da die Profile den herkömmlichen Standardrahmen für Solarmodule ersetzen.

Zusammenfassend noch einmal die Vorteile dargestellt:

- Erweiterte Funktion des Rahmensystemes (Schutzfunktion und Dachintegrationssystem)
- Unkomplizierter Aufbau, durch Verwendung von Profilen, die einfach und fortlaufend produziert werden können
- Verzicht auf material- und energieaufwendige zusätzliche Systemkomponenten
- Universell einsetzbar für alle Modulgrössen (Laminate)
- Keine aufwendige Nachbearbeitung der Profile zur Montage am Laminat
- Einfache Montage des Rahmens, eventuell schon beim Modulhersteller
- Schnelle Montage und Integration auf dem und in das Dach, durch Anpassung der Dachlattung an den jeweils erforderlichen Reihenabstand
- Ungehinderter Abfluss von Schmutz, Wasser und Schnee
- Kurze Kabellängen durch eine kompakte Anlage und grosse Module
- Problemloser Dachanschluss, mittels einfachen Blechprofilen durch den Spengler
- Ästhetisch ansprechend

Das Ziel ist den Rahmen direkt beim Modulhersteller zu montieren. Anstelle eines Standardrahmens montiert der Solarmodulhersteller das SOLRIF- System. Dem Endkunden wird das fertige SOLRIF- Modul geliefert und dieses wird dann direkt auf der Dachlattung montiert.

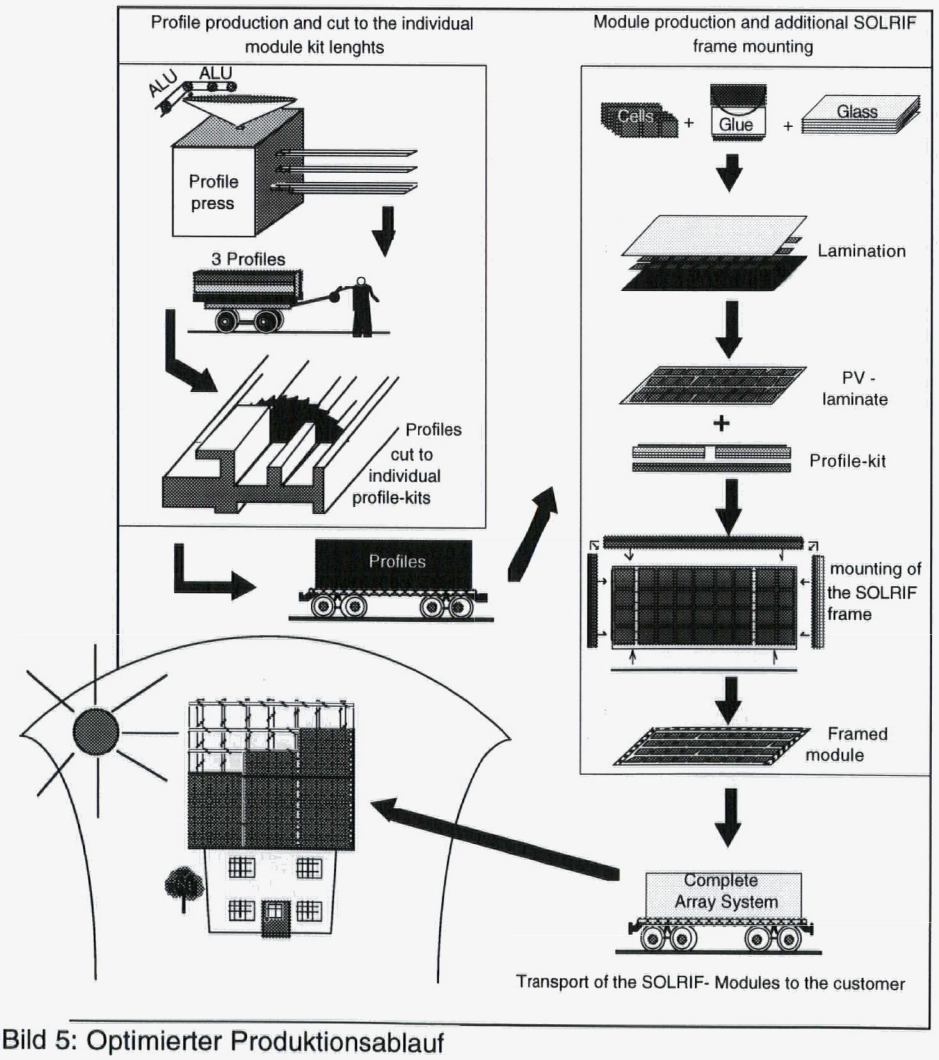


Bild 5: Optimierter Produktionsablauf

2.3. Projektteam

Das Projektteam bestand aus den Partnern Enecolo AG und Ernst Schweizer AG. Nachfolgend eine kurze Firmenbeschreibung und das Tätigkeitsgebiet der beiden Firmen.

Enecolo AG beschäftigt sich im Bereich Photovoltaik vor allem mit der Forschung, der Entwicklung und dem Engineering gebäudeintegrierter Photovoltaik-Generatoren und den damit verbundenen Systemkomponenten. Diese Aufgabe umfasst die Planung und Konzeption von Photovoltaikanlagen im Netzverbund, die Produkteentwicklungen (mit Schwerpunkt auf Bauelemente mit integrierter Photovoltaik) und die Installation und Auswertung von Pilotanlagen. Zusätzliche Spezialentwicklungen von Kombikollektoren für Strom und Wärme und Betriebsoptimierungen ergänzen das Angebot der Enecolo AG.

Ernst Schweizer AG, Hedingen ist mit über 450 Mitarbeitenden eine der grössten schweizerischen Metallbaufirmen und kann auf eine beinahe 80-jährige Firmengeschichte zurückblicken. Die grössten Umsatzträger sind heute Fassaden für Gewerbe- und Dienstleistungsgebäude, Verglasungen mit Schwerpunkt Glasfaltwände für Wintergärten und Balkone, Systeme für Holzmetall- Fenster, Briefkästen und Informationsvitrinen, Brandschutz- und Stahltüren. Ernst Schweizer AG engagiert sich seit über 20 Jahren für die Nutzung der Sonnenenergie. Schwerpunkt sind Komponenten und Systeme für Solarwärme (Sonnenkollektoranlagen und Bauelemente mit TWD). Im Bereich Solarstrom setzt Ernst Schweizer AG den Schwerpunkt auf Systeme für die Gebäudeintegration.

Es wurde für die Vermarktung von SOLRIF in Europa mit Ernst Schweizer AG in Hedingen ein Lizenzvertrag abgeschlossen. Dies aufgrund der Basis, dass Enecolo AG das System entwickelte und diverse Schutzrechte schon angemeldet hat, sowie Ernst Schweizer AG bei der Endentwicklung des Produktes Unterstützung leistete.

2.4. Projektziele

Es werden die Ziele gemäss Formulierung im Projektantrag vom 23.10.98 zuhanden BfE wiedergegeben.

Im vorliegenden Projekt ist ein einfaches und kostengünstiges Dachintegrationssystem für Schrägdächer zu entwickeln. Dem Gesamtkonzept liegt dabei das Prinzips eines normalen Dachziegels zugrunde. Wichtig in diesem Zusammenhang und die eigentliche Neuerung dieses in der PV schon bekannten Prinzips ist die Verwendung von Standardmodulen bzw.- laminaten, was zu einem Preis- aber auch Automationsvorteile mit sich bringt. Bei der Umsetzung und Entwicklung des Systems soll besonders auf die Modularität bzw. die Unabhängigkeit von bestimmten Modulgrössen geachtet werden. Aus diesem Grund sollen Strangpressprofile, welche bei vorliegenden Pressformen fortlaufend und günstig produziert werden können, die Hauptfunktionen und Hauptbestandteile des Systems sein. Ferner sollen die ästhetische Erscheinung und die architektonische Vielfalt des Systems durch verschiedene Werkstoffe (Alu und Kunststoff), Farben und Oberflächen evaluiert und bereitgestellt werden.
Ein weiteres wichtiges Ziel, neben der Systementwicklung, ist die Suche nach gewillten und interessierten Partnern unter den Modulherstellern, welche in Zusammenarbeit mit dem Projektteam das ausgearbeitete System in ihre Produktion eingliedern. Hauptaspekt dabei ist der Ersatz des bisherigen Standardrahmens welcher nur Schutz- aber keine Integrationsfunktion hat.

Zusammenfassend in 5 Stichworte die Ziele:

- Entwicklung der Spezialprofile und des Systemaufbaus für Standardlaminate
- Wirtschaftliches und attraktives Schrägdachintegrationssystem
- Test und Zertifizierung des neuen Systems, Ausstellung an der DEMOSITE
- Bilaterale Zusammenarbeit mit ECN in Holland
- Kooperation mit Modulherstellern

2.5. Vorgehen

Phase I Konzept erarbeiten, evaluieren und testen (Machbarkeitsstudie)

Anhand von Erfahrungen im Integrationsbereich und Überlegungen betreffend den gestellten Anforderungen und Hauptgesichtspunkten, wie Verwendung von Standardmodulen, einfacher Aufbau, einfache Montage, geringer Kosten- und Materialaufwand, wird ein Gesamtkonzept ausgearbeitet, nach welchem das angestrebte Ziel genau definiert wird. Aus den Vorgaben wird ein erstes System komplett mit Profilen und allen benötigten Zusatzteilen konstruiert. Als Abschluss der ersten Phase werden Prototypen- Profile hergestellt und daraus eine Testanlage gebaut. Im Zusammenhang mit der Realisierung der Testanlage, inkl. der Organisation der einzelnen Komponenten, der Montage des Rahmens und der Montage auf dem Dach werden erste Ergebnisse und praktische Erfahrungen mit dem System erwartet. Aus den gesammelten Erfahrungen und erkannten Mängelpunkten dieses ersten Praxistests werden Verbesserungen und Ideen in die weitere Entwicklung des Systems einfliessen. Parallel dazu wird eine Machbarkeitsstudie über die Nachfrage des SOLRIF- Systems durchgeführt.

Phase II Verbesserungen, Detaillösungen und architektonische Aspekte

Die beim ersten Systemtest erzielten Erfahrungen und Ergebnisse prägen, nun in der zweiten Phase, die Überarbeitung des Gesamtsystems und Detaillösungen. Verschiedene zuvor im Test geprüfte Details, wie Befestigung, Erdung, Dichtheit und Handhabung werden in Phase II bewertet und entsprechend weiterentwickelt. Das verbesserte System muss architektonischen und technischen Anforderungen für ein kommerzielles Produkt genügen. Architektonische Aspekte werden auch im Rahmen des bilateralen Projektes mit ECN, Holland genauer betrachtet. Es ist vorgesehen in Holland eine zweite Testanlage zu realisieren. Es lässt sich dann sehr gut die Funktion der Dachhaut untersuchen, dies in Bezug auf Schlagregen und extremen Windbedingungen, welche durch die unmittelbare Meernähe genügend gegeben sind. Nach Ende der Phase II oder zu Beginn Phase III ist die Installation einer Pilotanlage in der Schweiz geplant. Die Dachfläche sollte in der Grössenordnung von 50- 200 m^2 sein. Im Zusammenhang mit den ersten Installation ist die Kooperation mit den Solarmodulherstellern zu suchen. Rahmenbedingungen und involvierte Kosten sind zu definieren.

Phase III Prüfungen, Zertifizierung, P & D - und DEMOSITE

Das SOLRIF System wird betreffend den verschiedenen Anforderungen wie Festigkeit- und Schutzbestimmungen geprüft und zertifiziert. Es ist die ISPRA-Zertifizierung eines SOLRIF- Elementes anzustreben und das CE- Zeichen für das Element als Baumaterial. Evtl. können weitere Prüfungen oder Zertifizierungen in die Wege geleitet werden, wie z.B. TÜV, EMPA, etc. Der geplante IEA Task VII Workshop in Lausanne 1999 wird interessante Informationen zu der möglichen Zertifizierung von Integrationssystemen liefern. Es wird geplant das System am Workshop detailliert zu präsentieren und eine Testanlage an der DEMOSITE zu besichtigen. Die Installation wird Anfangs Februar fertig erstellt.

Phase IV Marketing, Kooperation und Dokumentation

In der letzten Projektphase sollen die wirtschaftlichen Themen, wie Markteinführung, Vertrieb, Rechte und Zusammenarbeit detaillierter behandelt und ausgearbeitet werden. Das Marketing hat schon in Phase I zu erfolgen, dies durch Kontakte zu den Modulherstellern in Europa, Japan und den USA. Der Bezug zu der Industrie und der Praxis ist durch die Projektteilnahme und Mitarbeit der Firma Ernst Schweizer Metallbau AG von Beginn her gewährleistet.
Es ist nach Projektende über das SOLRIF System, den Projektablauf und die Ergebnisse ein Schlussbericht zu erstellen.

Übergreifende Aktivitäten

Eine wichtige Aktivität, welche sich durch das Projekt zieht, ist die Auswertung der Ergebnisse aus den beiden realisierten Testanlagen und den anschliessenden Systemverbesserungen. Kontakte zu den Herstellern von Solarlaminaten werden über die gesamte Projektdauer und auch nachher noch aufgebaut und bearbeitet. Es ist ein entscheidendes Ziel der Projektgruppe, dass die SOLRIF- Profile direkt an die Solarmodulhersteller geliefert werden und nachher in den Fabrikationsprozess eingegliedert werden.
Die Berichterstattung wird sich unabhängig der Phasen durch das gesamte Projekt durchziehen. Dies beinhaltet Jahresberichte zuhanden des Bundesamtes für Energie BfE, Berichte in Zusammenarbeit mit ECN, etc.

3. Projektstand / Terminplan des Projektes

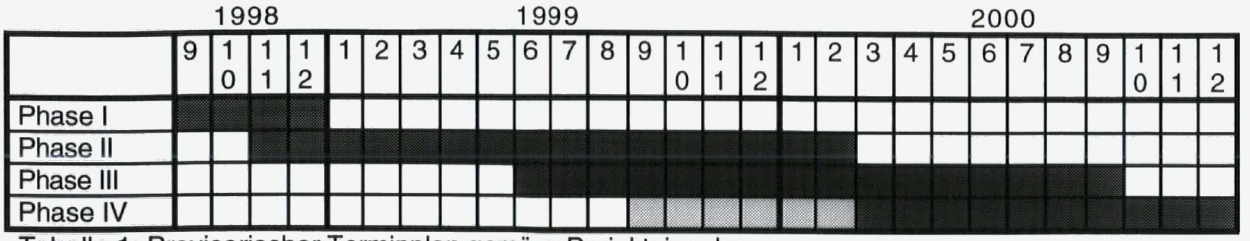


Tabelle 1: Provisorischer Terminplan gemäss Projekteingabe

Dieser provisorische, nicht detaillierte Terminplan wurde Mitte Oktober eingegeben.

Nachfolgend eine Vergleichstabelle mit den effektiven Arbeiten und dem jeweiligen Zeitpunkt.

	1998				1999												2000											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Phase I																												
Evaluation Konzept	X	X																										
Design		X	X																									
Produktion Profile			X																									
Testanlage			X																									
Verbesserungen			X	X																								
Marktanalyse		X	X	X	X																							
Phase II																												
Überarbeitung Design					X	X																						
Randprofile																		X	X	X								
Produktion Profile							X	X																				
Start ECN Projekt							X																					
Testanlage ECN														X														
Auswertung der Erfahrungen					X	X	X							X	X													
Bau 1. Pilotanlage Lindenmatt											X																	

Tabelle 2: Effektiver Terminplan

	1998				1999												2000											
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Phase III																												
Abklärungen ISPRA																				X	X	X	X	X	X	X	X	
Testdach ISPRA																								X	X			
DEMOSITE						X																						
Weitere Abklärung betr. Zertifizierung																	X	X										
Phase IV																												
Aufbau Kontakte Modulhers.			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Montageanleitungen erstellen											X	X	X															
Präsentationen																			X	X	X	X						
Schlussbericht																											X	X
Bau Anlagen mit SOLRIF																												
Lindhof 4kW		X																										
ABZ 53kW										X	X																	
Wohlen 13kW												X																
Genf 2kW																		X										
Untersig. 12kW																							X					
Sattel 9kW																										X		
Bäretswil 10kW																											X	
Markt D (ca. 150kW)																		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 2: Effektiver Terminplan

Die geplanten Projektarbeiten wurden meistens gemäss Planung bearbeitet und in fast allen Bereichen abgeschlossen. Einige Arbeiten, wie die Zertifizierung und die verschiedenen involvierten Prüfungen konnten nicht gemäss Planung abgeschlossen werden. Hier sind noch weitere Aufwendungen seitens Enecolo AG und Ernst Schweizer AG notwendig. Diese Abklärungen sind aber ganz im Interesse der Projektmitglieder, damit SOLRIF auch richtig in den Markt eingeführt wird.

Der zeitliche Ablaufplan wurde in einigen Fällen der Situation angepasst und es resultierten Verschiebungen im Zeitplan nach vorne und nach hinten.

Gesamthaft konnte das Projekt termingerecht abgeschlossen werden und überzeugende Resultate aufweisen.

4. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

In diesem Kapitel werden zusammenfassend die verschiedenen Arbeiten und Ergebnisse über die Projektzeit von 2 Jahren beschrieben. Ausführlicheres Material, wie Zeichnungen, Poster oder Papers sind im Anhang (auf der CD- ROM) beinhaltet.

4.1. Design Profilsystem

Basierend auf den vorgegebenen Projektzielen, wie ein einfaches und kostengünstiges Dachintegrationssystem, Prinzips eines normalen Dachziegels, Verwendung von Standardlaminaten, Modularität, Strangpressprofile die fortlaufend und günstig zu produzieren sind und ästhetische Erscheinung, wurden zahlreiche Konzepte betreffend den Profilen und dem Material evaluiert. Es zeigte sich im Projektteam schnell, dass die SOLRIF- Profile besser aus Aluminium hergestellt werden. Einige Ideen zu der Verwendung von Kunststoff wurden aufgenommen, sind aber nie detaillierter ausgearbeitet worden. In Zusammenarbeit mit Ernst Schweizer Metallbau AG ist der Werkstoff Aluminium für die vorgeschlagene Anwendung als optimaler und kostengünstiger beurteilt worden. Zahlreiche Konzepte und Zeichnungen von Profilen und Lösungsansätzen wurden untersucht und weiter verfolgt. In diesem Kapitel werden nur die wichtigsten 'Meilensteine' in der Entwicklung des SOLRIF- Profils wiedergegeben. Wie oben erwähnt kann bei Interesse der Anhang detaillierter konsolidiert werden.

4.1.1. Phase 1

Zu Beginn des Projektes wurde prioritär auf die Funktionalität, das Konzept (Schutzfunktion aber nur mit einem 3/4 Rahmen) und die Konstruktion geachtet. Diese Zeichnungen wurden im Dezember 1998 realisiert und sollten die Vorlage bilden für die ersten Prototypenprofile in der Installation Lindhof.

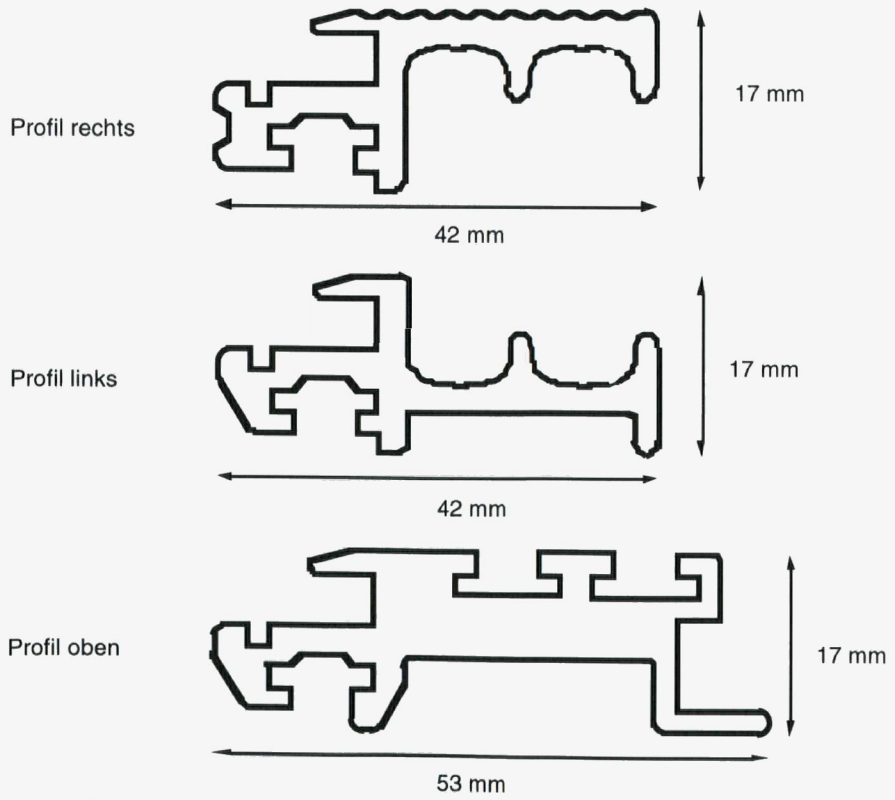
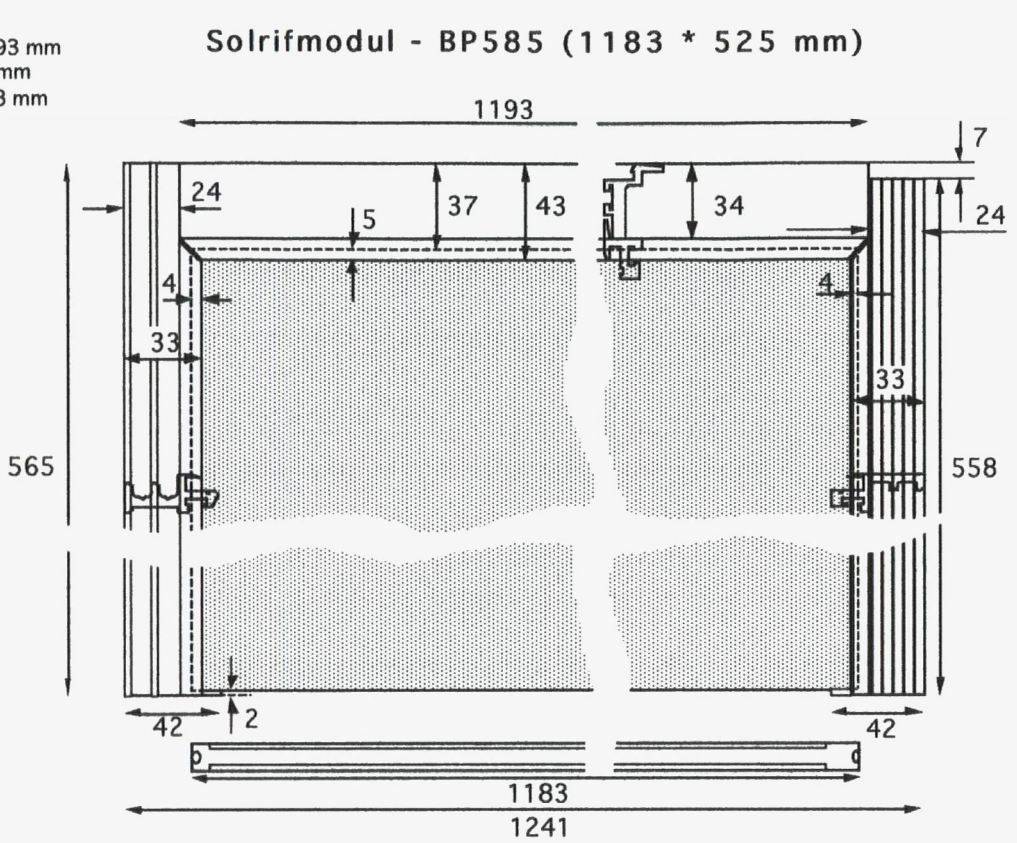


Bild 6: Schnittansichten der drei Spezialprofile (Status Dez. 98)

Es wurden Profile für die 4 kW PV- Anlage Lindhof in Auftrag gegeben und für BP585L- Laminate zugeschnitten. Aufgrund der relativ dicken Profile, resultierte einiges Gewicht mit den Profilen, was sich wiederum in den Kosten für das Material zeigte. Dieser Aspekt muss bei der nächsten Überarbeitung sicher optimiert werden.

Profilmasse:
oben: 1183 + 10 = 1193 mm
links: 525 + 40 = 565mm
rechts: 525 + 33 = 558 mm
U-Profil: 1183 mm

Spiel quer: 4 mm
Spiel längs: 3 mm



SOLRIF Anwendung mit BP585 Laminat

Die Auswertung nach der ersten Installation zeigte, dass nur bei den Profildimensionen optimiert werden musste. Die Funktionalität und das restliche Konzept überzeugte bei der Rahmung und dem Einbau, sodass nur mittlere Anpassungen hierzu nötig waren.

4.1.2. Phase 2

Die Änderungen von der Phase 2 der Profilentwicklung im Vergleich zu der Phase 1 zeigen die nachfolgenden Bilder sehr deutlich.

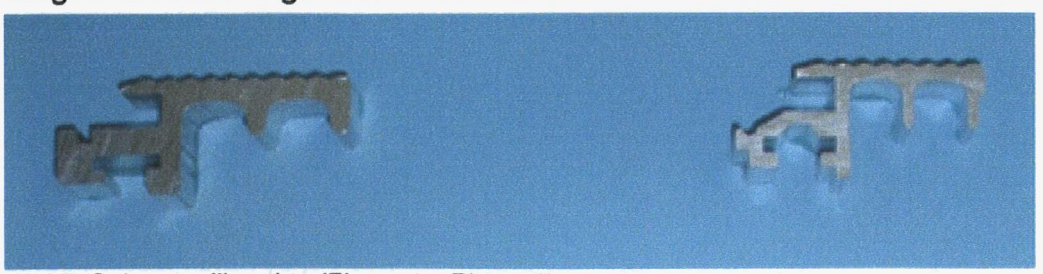


Bild 7: Seitenprofil rechts (Phase 1 – Phase 2)

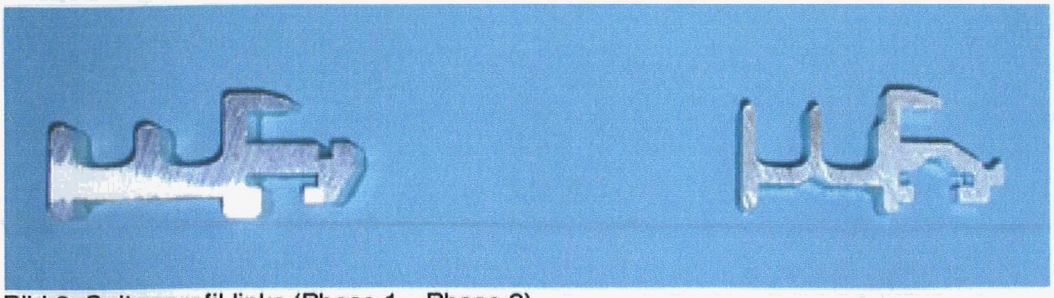


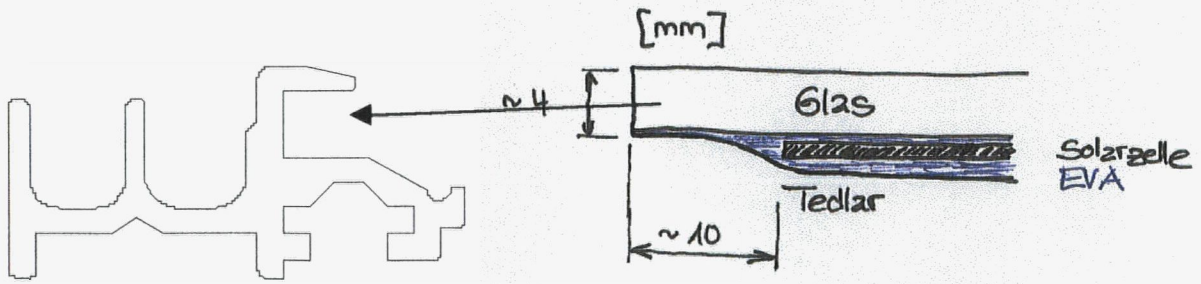
Bild 8: Seitenprofil links (Phase 1 – Phase 2)



Bild 9: Profil oben (Phase 1 – Phase 2)

Die Profile der Phase 2 wurden in Bezug auf weniger Material total überarbeitet und auch das Konzept wurde versucht zu verbessern. Die Grundform ist in etwa gleich geblieben, wenn auch versucht wurde jegliches extensive Material zu reduzieren. Die Profildicken wurden um einen Faktor von rund 30% reduziert. Das gleiche bei den Aussendimensionen, die Profile sind ca. 20% schlanker gestaltet worden. Gesamthaft resultierte eine Materialeinsparung von rund 40%! Dies bedeutet auch, dass bei grossen Quantitäten die Profile rund 40% günstiger werden als die Version aus Phase 1, dies weil die Kosten hauptsächlich per kg Material berechnet werden. Die Form zum Strangpressen spielt eine untergeordnete Kostenrolle bei grossen Produktionsmengen.

Eine wesentliche Änderung in der Funktionalität ist die Anschrägung innerhalb des Profiles, welches eine einfachere Rahmung mit den Laminaten ermöglicht. Die Einpassung ist einfacher möglich da die Kanten konisch zulaufen. Zudem wurde beobachtet, dass verschiedene Laminathersteller an den Rand abfallend laminieren. Nachfolgende Zeichnungen verdeutlichen das einfachere Einpassen der Laminate.



Dadurch konnten auch geringfügig dickere Laminate eingesetzt werden. Die maximale einzusetzende Laminatdicke ist 5 mm.

Weiter wurde beim Profil oben der hintere Anschlag entfernt, da die Erfahrung bei der Installation zeigte, dass die SOLRIF- Elemente flexibel verlegt werden müssen. Der Anschlag diente zur Fixierung der SOLRIF Elemente auf der Ziegellattung während der Montage. Es zeigte sich aber schnell, dass diese Funktion eher hinderlich als begünstigend ist. Bei der Montage sind die Elemente der Dachgeometrie (verzogenes Dach) anzupassen und sollten nicht auf die Ziegellattung orientiert werden.

Weitere Änderungen, wie bei der Nutsteinführung sind durch Materialreduktionen hervorgegangen.

Die neuen SOLRIF- Profile überzeugen durch ihre schlankes und materialsparendes Design. Der Rahmenzusammenbau hat sich aufgrund der Überarbeitung nicht verändert, das Prinzip bleibt das gleiche. Auch die einzelnen Profilfunktionen, wie Regenrinne, Überlappung, etc. bleiben erhalten.

4.1.3. Montage SOLRIF- Element

Das System ist mit Handarbeit sehr einfach und schnell zu montieren (12 min / Modul). Es sind keine speziellen Werkzeuge notwendig, nur Schraubenzieher, Imbus und 1 Kartusche Silikon pro 10 Module. Nachfolgend eine Kurzbeschreibung der möglichen Rahmenmontage:

Die beiden Winkel (4) werden in die Nuten des linken (1) und rechten (3) Profiles eingefahren.
Die Profile (1, 3) werden in das obere Profil (2) eingefahren. Alle Schnittstellen werden mit Silikon zusätzlich verklebt.

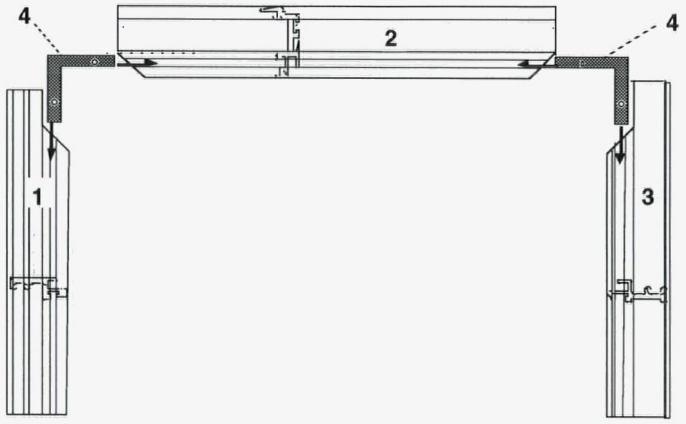


Bild 10: Ansicht Rückseite

Die Winkel werden mit vier Innenimbusschrauben befestigt (5).

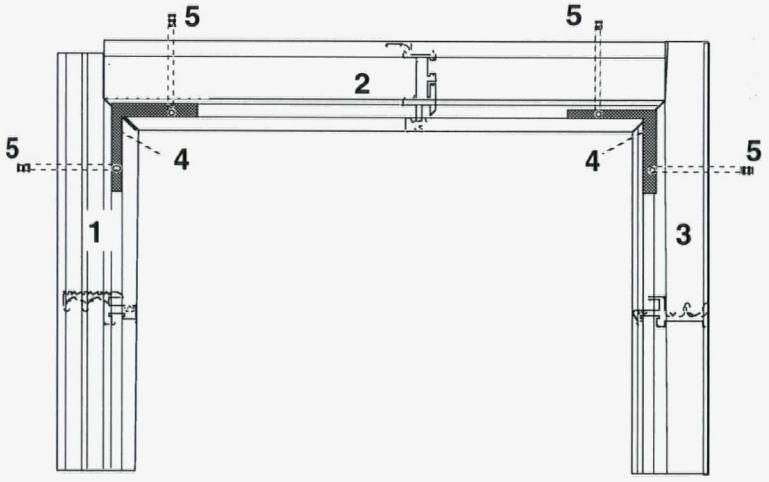


Bild 11: Ansicht Rückseite

Silikon RTV744 (7) wird in die Profilnuten eingespritzt. Dann wird das Solarlaminat (6) vorsichtig eingefahren. Wulschtbildung vermeiden! SOLRIF- Profile anpressen.

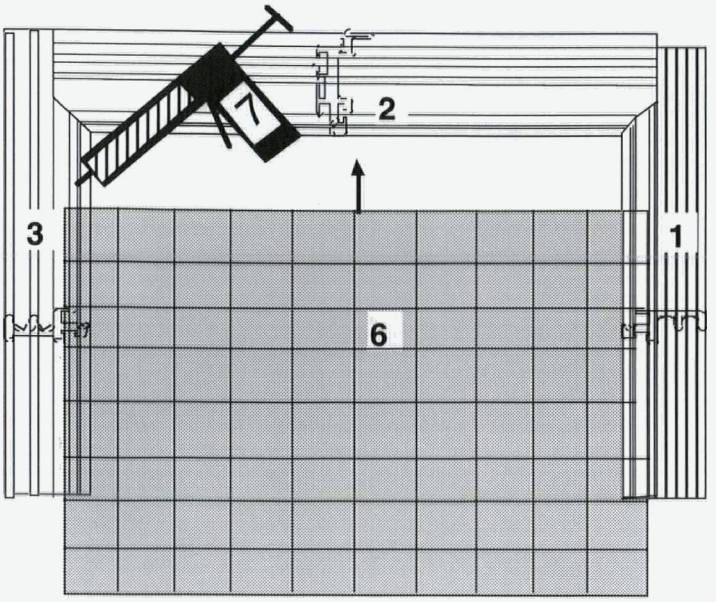


Bild 12: Ansicht Vorderseite

Die beiden Nutsteine werden als nächster Schritt auf der Rückseite in die Profilnuten eingefahren (1, 3). Das Rückprofil (9) wird eingesetzt und mit zwei Senkkopfschrauben (10) befestigt. Das Endprodukt sollte für ca. 4 Stunden sauber platziert werden um den Silikon auszuhärten.

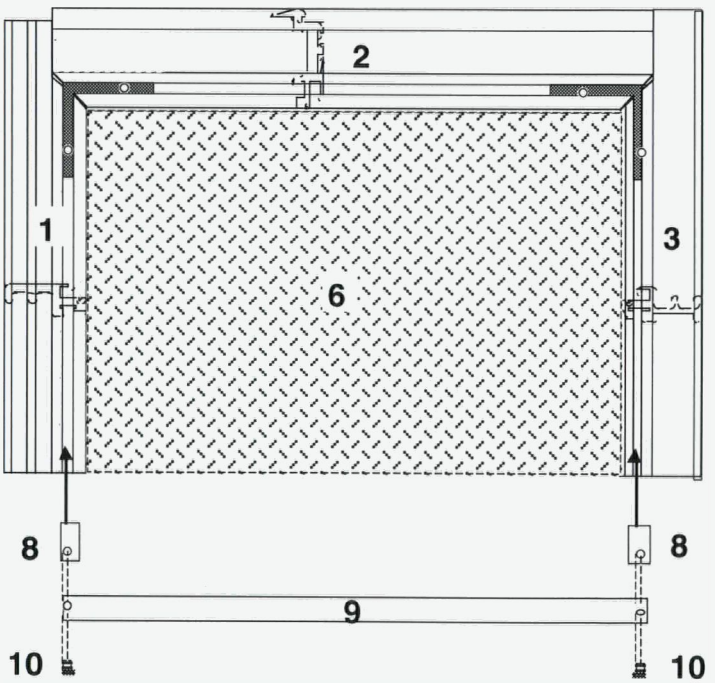


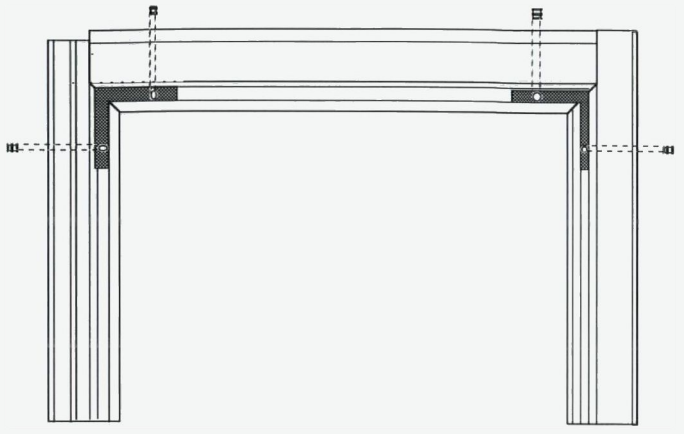
Bild 13: Ansicht Rückseite

Die obigen Zeichnungen zeigen einen möglichen Zusammenbau des Rahmens. Eine andere Variante ist die Profile (links und oben) zuerst in L- Form zusammenzubauen (inkl. Silikon an den Schnittkanten), dann eine Silikonraupe in die Nuten einspritzen. Als nächster Schritt wird das Laminat sehr einfach (ohne Wulschtbildung) in die Profile gelegt. Jetzt wird das rechte Profile eingefahren und befestigt. Der letzte Arbeitsschritt ist die Montage des U- Profils.

Es zeigte sich bei den Profilmontagen, dass verschiedene Varianten der Montage seitens der Handwerker zur Anwendung kommen. Hier konnten individuell Arbeitsschritte optimiert werden. Diese Beobachtungen wurden durch das Projektteam aufgenommen und in die Weiterentwicklungen eingeführt.

4.1.4. Ideen

Die Idee des Bilderrahmens war immer die Basis für das Konzept des SOLRIF-Rahmens. Einzelprofile werden über Ecksteine oder Winkel zusammengefügt oder über seitliche Schrauben befestigt. Hier galt es zwei Konzepte zu untersuchen. Die nachfolgenden Zeichnungen zeigen die beiden Konzepten.



Die heutigen Profile (aus der Phase 1 weiterentwickelt in die Phase 2) werden über Eckwinkel und Innenimbusschrauben miteinander verbunden. Die Halterung ist auf der Rückseite ausgeführt.

Dieses Konzept wird heute angewendet.

Bild 14: Rückseite mit Eckwinkel

Im Rahmen der Weiterentwicklung wurde untersucht, ob eine Verbindung auch über die Seitenkanten möglich ist. Dies hat den Vorteil, dass überall die gleichen Schrauben verwendet werden können und evtl. automatisch produziert werden kann.

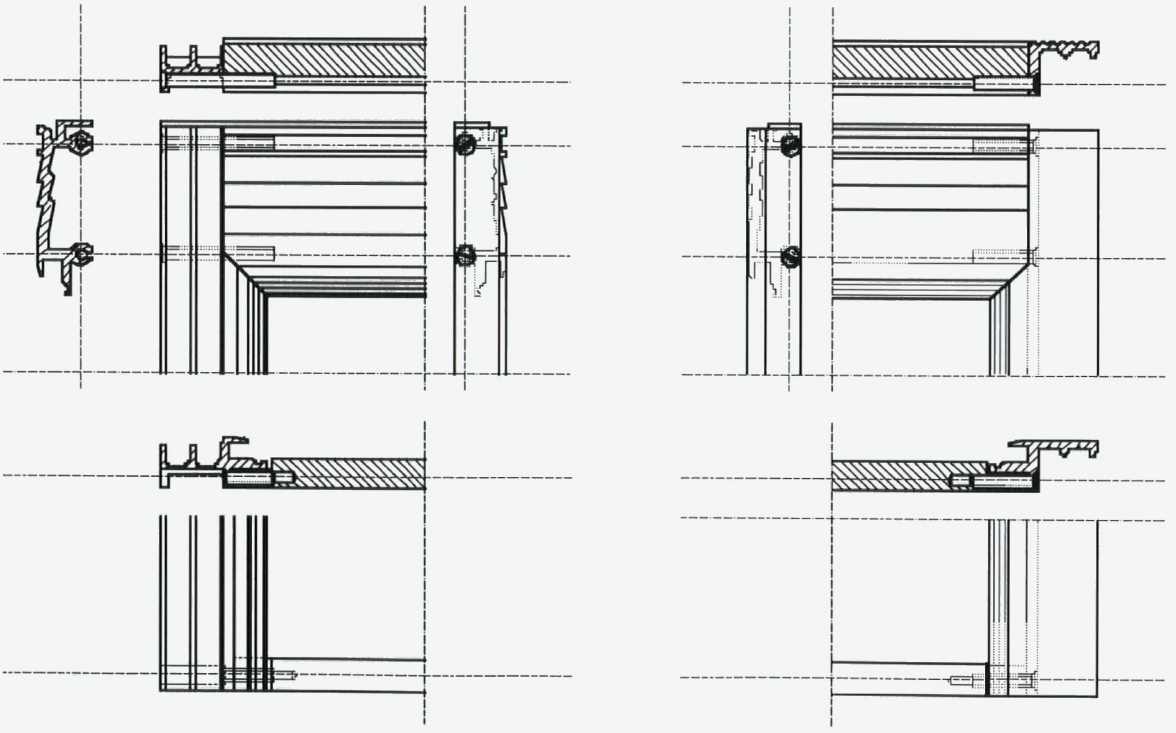


Bild 15: Schnitte und Ansicht oben Profil links und rechts

Diese Entwicklung ist noch in den Anfängen und bis jetzt nur auf Zeichnungen erhältlich.

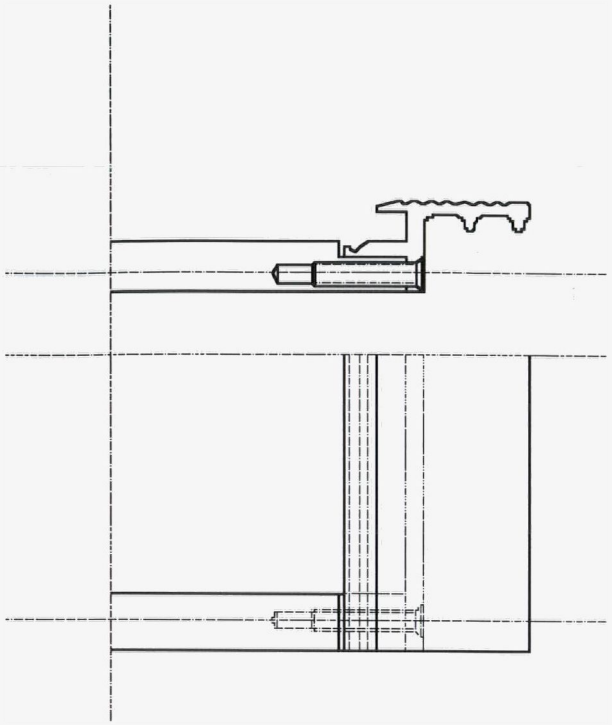
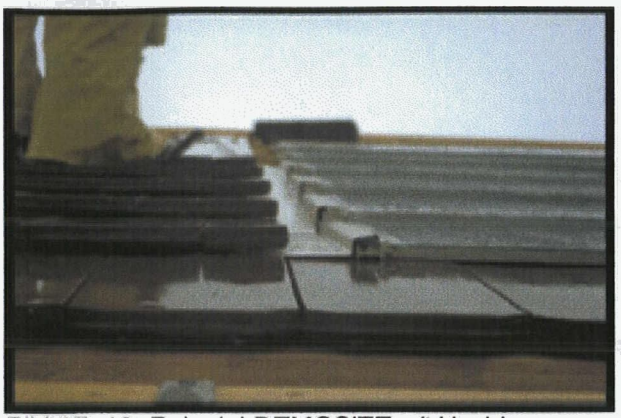


Bild 16: Schnitte und Ansicht oben Profil rechts

Weitere Überlegungen konzentrierten sich auf die Schnittstelle, wo die Profile zusammengesetzt werden. Im heutigen Design wird ein Gerungsschnitt im inneren Rahmenbereich produziert, dieser ist mechanisch aufwendig und teuer. Es wird vorgeschlagen die Profile flächig aufeinander anzubringen. Die ersten Evaluationen zeigten schnell, dass es mit den Profilen aus Phase 2 nicht möglich ist diese rechtwinklig aufeinander zu befestigen. Durch die Überlappungen (links und oben) stellen die Profile in dieser Anordnung einen Steg dar, was nicht erlaubt wird da Regen eindringen könnte.
Dieser Ansatz wird im Moment nicht weiterverfolgt! Sollten die Profile weiter entwickelt werden ist diese Idee wieder aufzunehmen.

4.2. Design Randabschlüsse

Der Randabschluss, wie auch der First- und Traufabschluss stellte keinen involvierten Spengler vor eine schwierige Aufgabe. Die Lösungen wurden schnell und einfach erarbeitet. Die nachfolgenden Beispiele zeigen aber die individuellen Lösungen und Verbindung zu den Ziegeln.



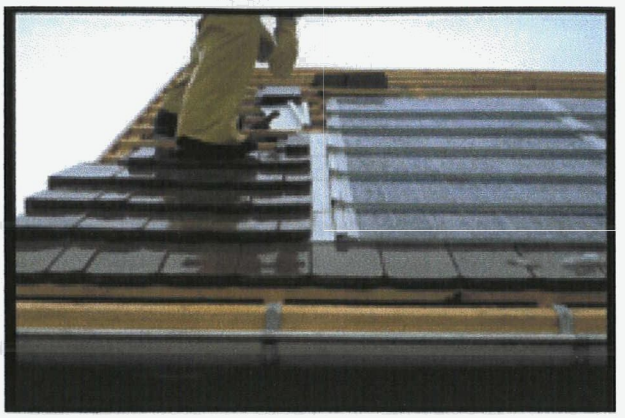


Bild 17, 18: Beispiel DEMOSITE mit Uschinox



Bild 19: Beispiel ABZ mit Stahlblech

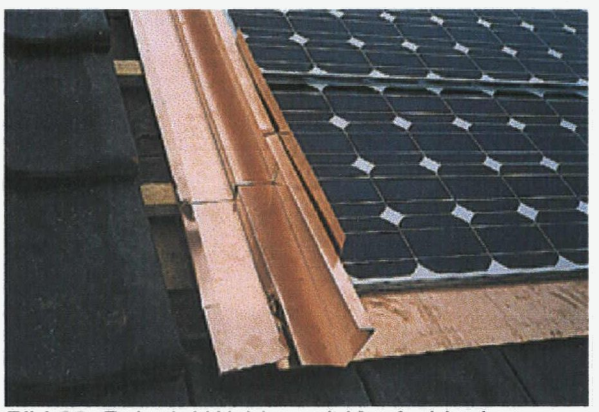


Bild 20: Beispiel Wohlen mit Kupferblech

Diese Situation, dass kein Plug- und Play System bei der Anbindung an die Ziegel vorhanden ist, wurde seitens der Kunden bemängelt. Das System SOLRIF überzeugt durch seine einfach Handhabung, so dass auch nicht gelernte Dacharbeiter mit dem System ohne Probleme umgehen können. Für den Anschluss der SOLRIF- Elemente an die Ziegel ist aber eine spezialisierte Fachpersonen nötig. Dies führt oftmals zu höheren Kosten, welche mit einem Standardsystem unterbindet werden könnten.

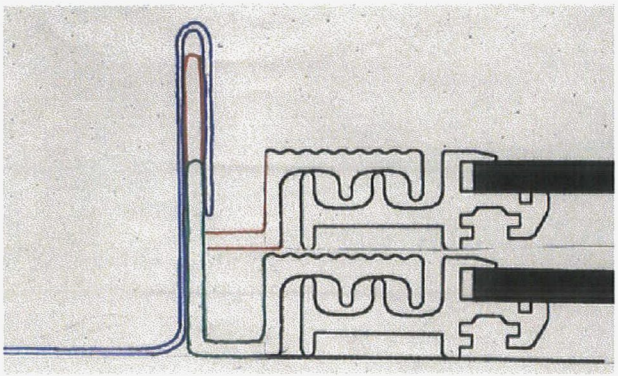
Ab April 1999 wurde seitens der Projektgruppe versucht den Randabschluss als Standardprodukt zu entwickeln. Es sollte eine einfache Verbindung von den SOLRIF- Elementen zu den Seitenblechen oder direkt unter die Ziegel möglich sein. Die Kriterien für eine Weiterentwicklung waren somit eine Standardlösung zu finden, kostengünstig in der Produktion, ansprechend in Form und Farbe, einfache Handhabung auf der Baustelle und Funktionalität (Regen und Wind abweisen, Dichtheit).

Das Ziel war dem Kunden einen Randabschluss für verschiedene Dacheindeckungen (Ziegel und SOLRIF) anbieten zu können. Ausgangslage war ein Aluminiumprofil, ähnlich zu dem SOLRIF- Profil, welches einfach in Kombination mit den SOLRIF- Elementen zu verwenden wäre und auch eingefärbt werden kann.

Es wurde im Laufe der Entwicklung ein spezielles Randprofil, ein Blech direkt an das Randprofile angeschweisst und weitere Lösungen vorgeschlagen. Elementar war ein Stehfalz, welcher das seitliche Eindringen von Wasser verhindert, zu berücksichtigen.

Nachfolgend einige konzeptionelle Vorschläge.

Variante 1:



Der Stehfalz wird im Randprofil integriert. Die Anschlussbleche werden einfach unter den Ziegeln verlegt und zum Randprofil verlegt. Dort werden sie mit dem Stehfalz verklemmt.

Bild 21: Frontansicht V1

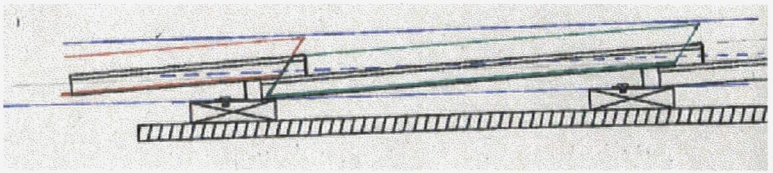
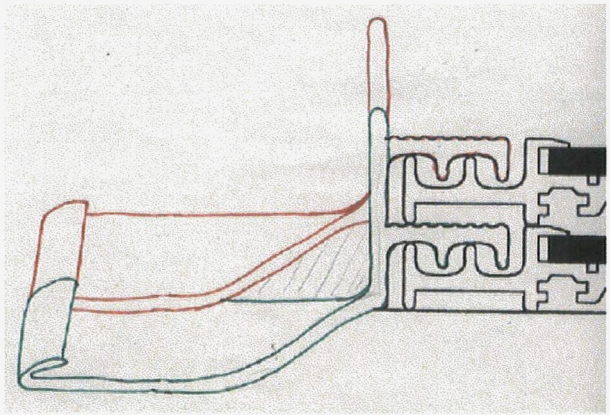


Bild 22: Seitenansicht V1

Variante 2:



Das Blech wird direkt an das Randprofil angeschweisst. Das Profil weist auch in dieser Variante den Stehfalz auf.

Bild 23: Frontansicht V2

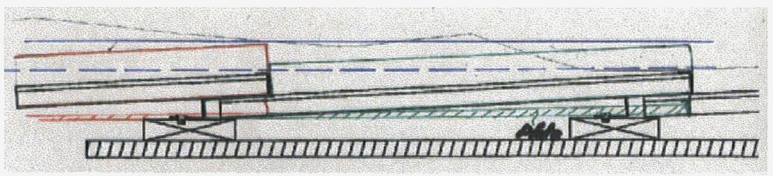


Bild 24: Seitenansicht V2

Im Verlaufe der Entwicklung zeigten sich einfachere Varianten. Ein Blech mit Stehfalz wird in ein normales SOLRIF Seitenprofil eingepasst.

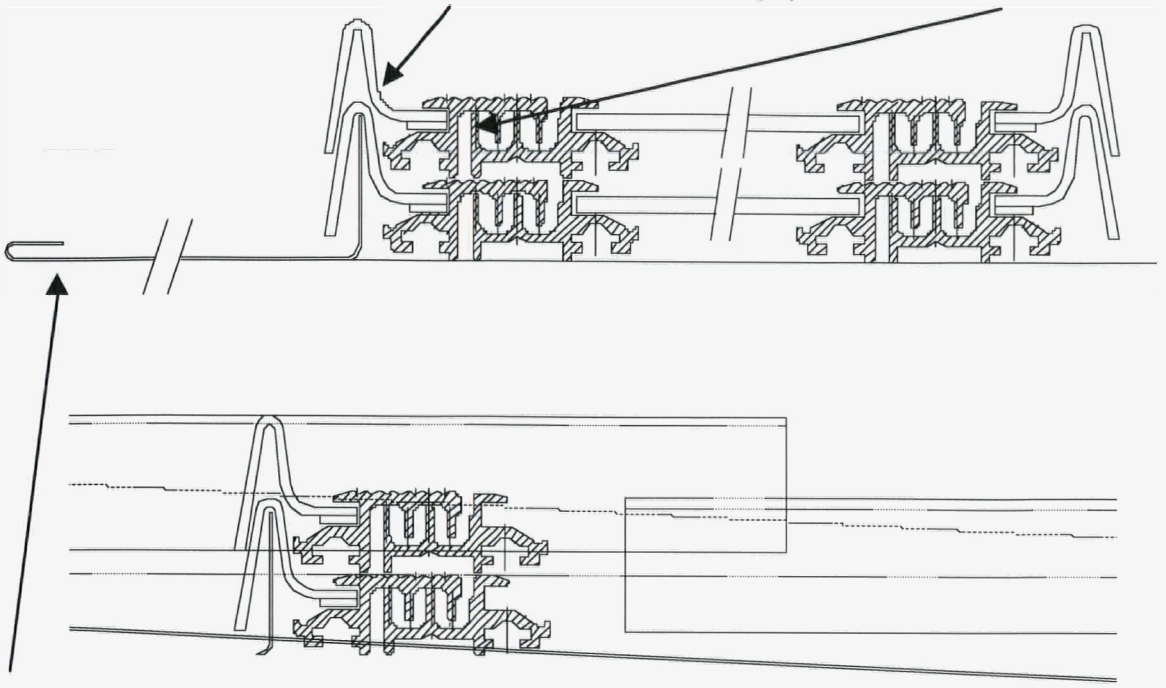


Bild 25: Front- und Seitenansicht des Prototypen

Ein L- förmiges Anschlussblech, mit U- Falz gegen das Eindringen von Wasser, verbindet das SOLRIF- Feld mit den Ziegeln. Der Vorteil dieser Variante liegt in der einfachen Herstellung des Bleches, der einfachen Montage der Seitenprofile und des Anschlussbleches und der sehr universellen Einsatzmöglichkeiten.

Dieser Prototyp wurde weiter entwickelt und wird heute als fertiges Seitenprofil hergestellt und optional zu den anderen SOLRIF- Profilen angeboten. Das Design zeigt sich ähnlich zu dem vorhergehenden, mit dem Unterschied, dass jetzt alles ein Stück ist (Profil und Stehfalz).

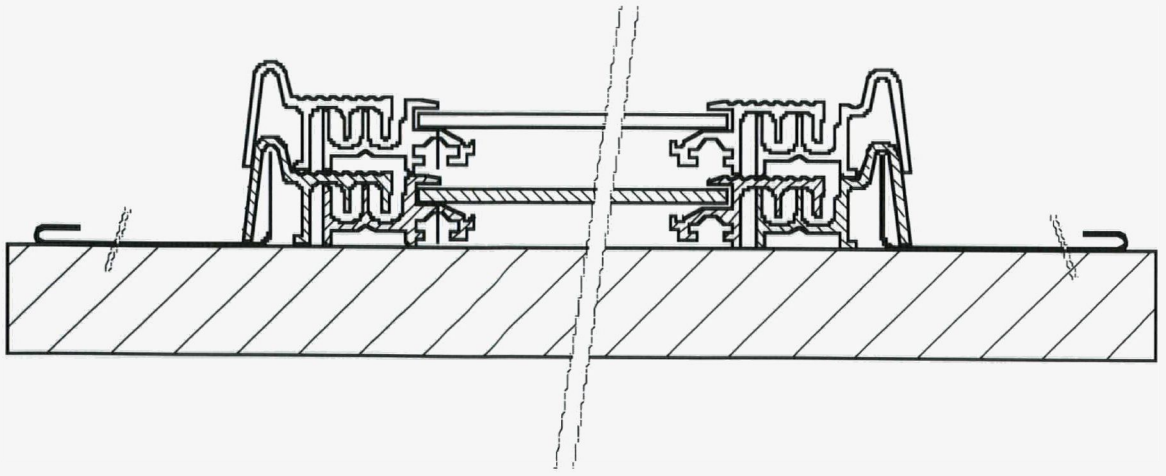


Bild 26: Frontansicht des heutigen Produktes

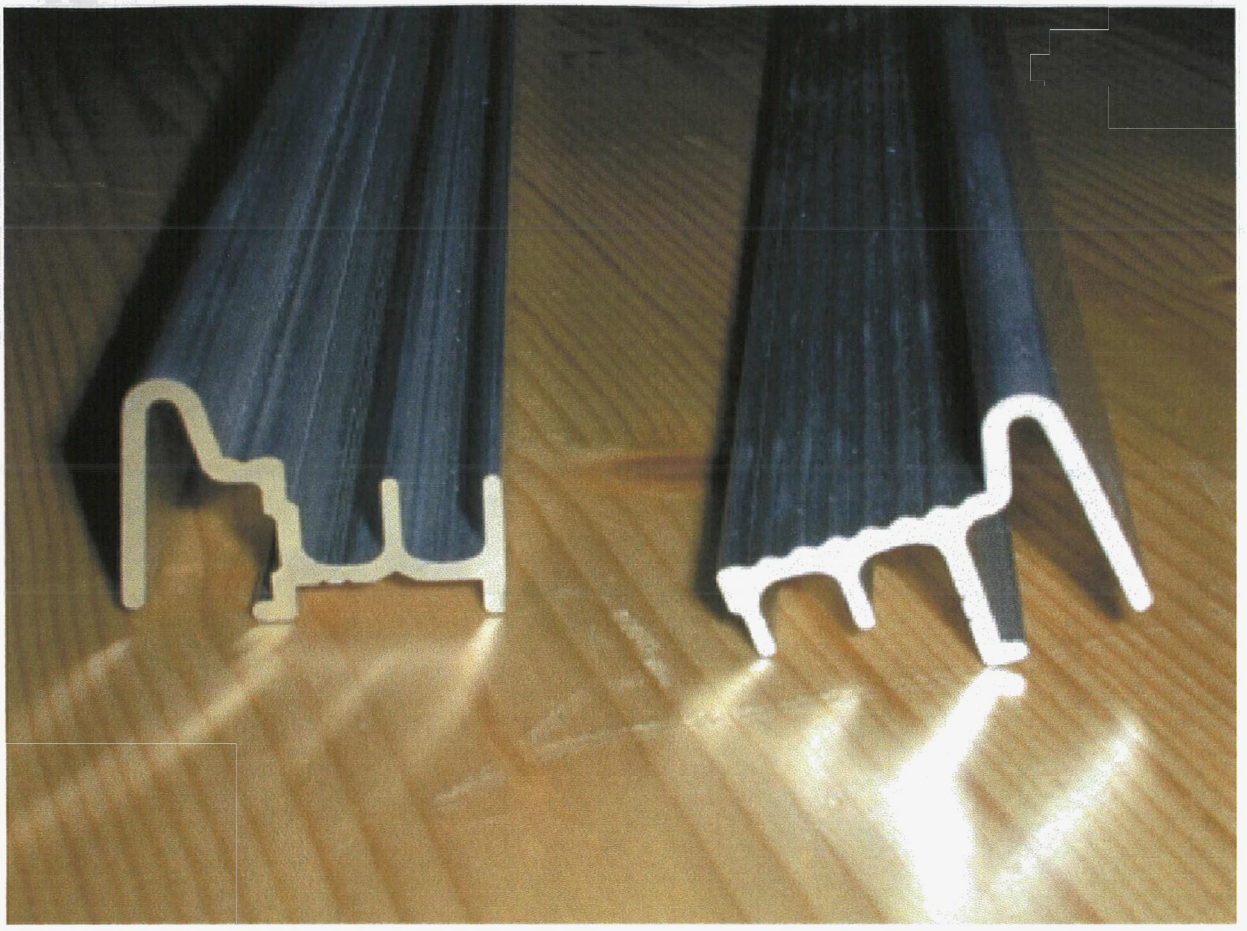


Bild 27: Frontansicht des linken und rechten Profiles

4.3. Untersuchungen / Tests

Während der verschiedenen Überarbeitungen der Profile und der Bügel waren auch anschliessende Tests notwendig. Einige Tests wurden direkt in der Praxis durchgeführt und auch beobachtet. Hierzu ist wenig schriftliches Material erhältlich. Es wird aber auf den Schlussbericht der P&D Installation Lindenmatt verwiesen. Dort wurde detaillierter das Eindringen von Schlagregen ohne Unterdach beobachtet. Des weiteren wurden im Rahmen der Zertifizierung (Kap. 6) in Ispra durch Herrn Rasmussen verschiedene Test an dem System und dem Aufbau gefahren. Einige Resultate zeigen sich im Kap. 6 wieder. Nachfolgend ein Belastungstest, welcher über den Einfluss von starken Winden Aufschluss geben sollte.

4.3.1. Belastungstest der SOLRIF- Metallbügel

Von Wind verursachte Kräfte können die Befestigung von PV- Modulen stark beanspruchen und die Module bei ungenügender Fixierung beschädigen oder losreissen. Besonders in den Eckbereichen von Dächern können die auf die Module wirkenden Kräfte sehr gross werden. Mittels eines Versuches sollte die Stabilität der SOLRIF Befestigung getestet und ev. verbessert werden.

4.3.1.1. Versuchsaufbau

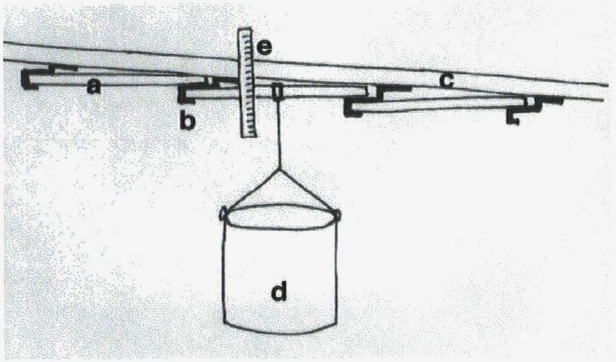


Bild 28: Testaufbau

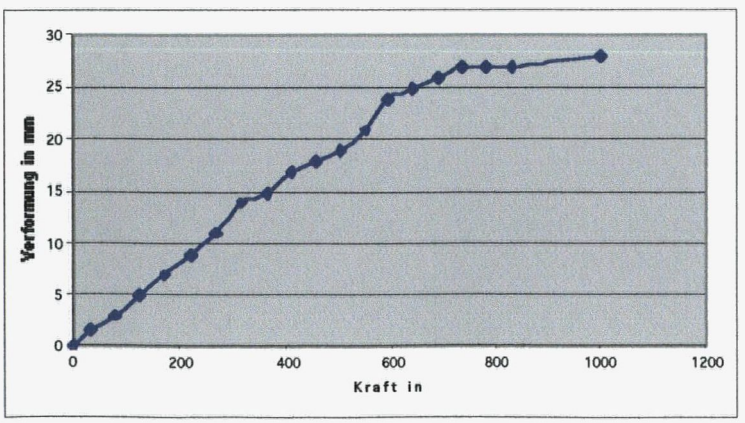
Drei Seitenprofile (a) werden mit den Metallbügeln (b) auf einem Holzbalken (c) montiert und dieser wird nach unten aufgehängt. Der am mittleren Profil befestigte Wassereimer (d) wird mit Wasser gefüllt und so die Belastung verändert. Am Massstab (e) kann die Verformung abgelesen und im Zusammenhang mit dem eingefüllten Gewicht notiert werden.

4.3.1.2. Resultate

Kraft in N	Verformung in mm	Kraft in N	Verformung in mm
0	0	500	19
30	1.5	547	21
77	3	594	24
124	5	641	25
171	7	688	26
218	9	735	27
265	11	782	27
312	14	829	27
359	15	1000	28
406	17		
453	18		

Tabelle 3: Resultate der Messung

Wie in der Tabelle 3 und Graphik 1 zu erkennen ist, verhält sich die Verformung zunächst linear zum Gewicht und stabilisiert sich nach 600N langsam. Ein abreissen der Bügel oder ausreissen der Schrauben konnte nicht erreicht werden, da unsere Maximallast auf 1000N beschränkt war und dazu noch viel grössere Kräfte erforderlich gewesen wären.
Graphisch dargestellt:

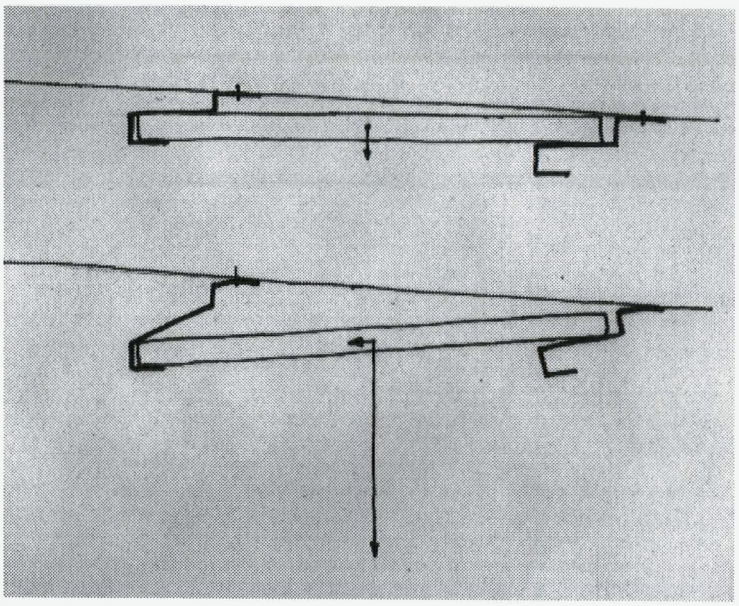


Die Kurve steigt bis ca. 600 N linear an, wird danach flacher und stabilisiert sich dann auf 27 mm. Nach Entlasten der Befestigung federten die Metallbügel wieder auf den Wert von 10 mm zurück. Insgesamt zeigen unsere Abklärungen, dass sich diese Art der Befestigung bis ca. 450 N elastisch verhält und danach die ersten Verformungen eintreten.

Graphik 1: Kurvenverlauf der Verformung in Abhängigkeit zur Belastung

Ein Metallbügel dürfte also maximal mit 225 N belastet werden, damit keine bleibende Deformationen eintreten. 85 Wp Module (BP Solar, wie auf dem Testdach) haben eine Fläche von 0.62 m^2 (mit Rahmen, verlegt), wiegen ca. 7 kg und werden je von einem Metallbügel gehalten. Wenn wir mit einer möglichen Maximalkraft von 22.5 kg pro Bügel rechnen erhalten wir pro m^2 Dachfläche einen Wert von: (7 kg + 22.5 kg) / 0.62 m^2 = 47.6 kg / m^2
Ein Dach aus Tonziegeln hat ein Gewicht von ca. 45 kg / m^2. Somit ist ein Dach mit SOLRIF noch etwas stärker als ein Ziegeldach und sollte auch einen Sturm unbeschadet überstehen.

4.3.1.3. Erkenntnisse

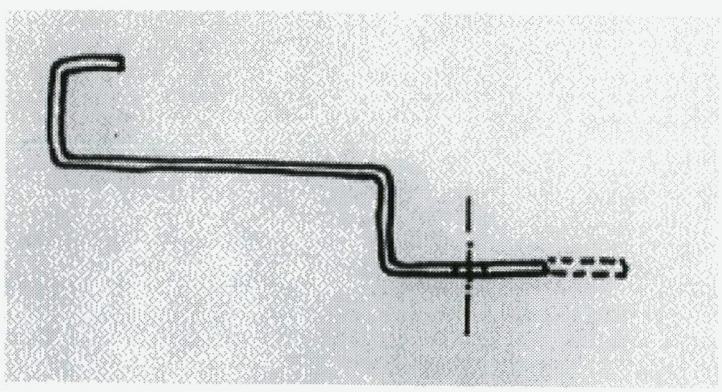


Bei dem Versuch verformten sich die Metallbügel zuerst beim Schraubenloch und erst später in den Winkeln, da mit zunehmendem Gewicht der Zug in Längsrichtung des Metallbügels zunimmt.

Der linke Bügel hat sich beim Winkel verformt, sowie an der Stelle des Schraubenloches, der rechte Bügel nur beim Schraubenloch.

Bild 29: Verformung der Bügel

Für den Versuch wurden die Metallbügel mit Senkkopfschrauben montiert. Um eine bessere Krafteinleitung zu erhalten, sollten Linsenkopf- oder Panheadschrauben und evtl. eine Unterlagsscheibe verwendet werden. Dann kann das Abknicken beim Schraubenloch vermieden werden.



Deformiert hat sich nicht nur der Metallbügel, sondern auch das Holz unter den Bügeln. Um dies etwas zu vermindern könnte die Auflagefläche hinter dem Schraubenloch vergrössert (z.B. verlängert) werden.

Bild 30: Vorschlag zur Bügelverlängerung

4.4. Zusammenfassung der Anlagenrealisierungen

Das Projekt SOLRIF startete im Herbst 1998 mit dem Design der Profile und der anschliessenden Produktion. Im Okt. 1998 wurde mit den Prototypenprofilen die erste Anlage zu Testzwecken erstellt.



Bild 31: Testanlage Lindhof (Büro Enecolo AG) in Mönchaltorf

Es wurden für die Anlage 48 BP Solar 85 Wp Module eingesetzt, dies resultierte in einer Generatorleistung von 4 kW. Zahlreiche Erfahrungen bei der Rahmung und bei der Montage der SOLRIF- Elemente konnten direkt in das Projekt SOLRIF eingebracht werden. Es wurden im Frühling 1999 die Profile neu gestaltet und darauf hin auch in grösserer Stückzahl produziert. Mit diesen neuen und optimierten Profilen entstanden mehrere Anlagen in der Schweiz und in Deutschland. Die Testanlagen an der DEMOSITE und in Holland werden in diesem Kapitel nicht erwähnt.

Der erste Grossauftrag und wirkliche Prüfstein von SOLRIF in der Praxis, war die 53 kW Installation ABZ (Allgemeine Baugenossenschaft Zürich) an der Marchwartstr. in Wollishofen (Zürich).



Bild 32: Anlage ABZ, Marchwartstr.



Bild 33: Vogelansicht der Anlage ABZ

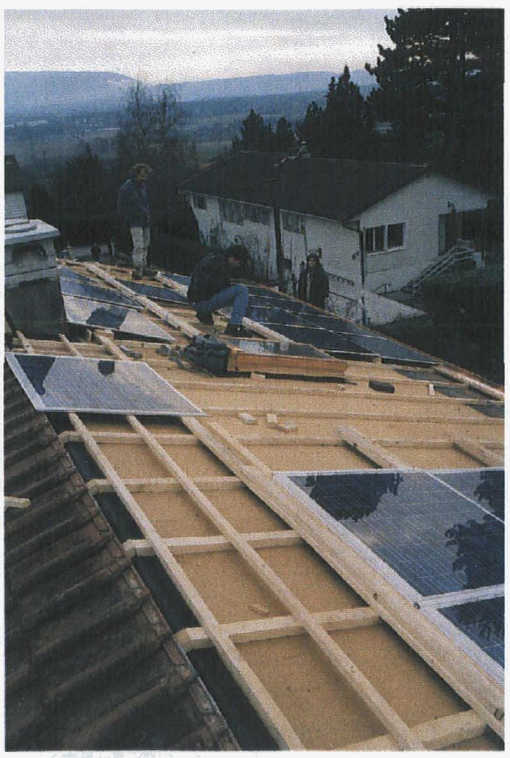
Die Installation wurde im Rahmen der ewz Solarstrombörse im Juli 1999 an das Netz geschaltet. Besitzerin und Betreiberin ist die Allgemeine Baugenossenschaft Zürich, welche auf der Kolonie Marchwartstrasse die Solaranlage installierte. Die Anlage auf beiden Hausreihen wurde mit 4- 6 Arbeitern innerhalb 10 Tagen komplett montiert und überzeugt durch ihr Integrationskonzept. Die MieterInnen in beiden Hausreihen sind begeistert von der Anlage und sind aktiv integriert in das Wechselrichter-Überwachungskonzept. Die bau- und installationstechnischen Anforderungen bei diesem Projekt waren ansprechend sind aber mit voller Zufriedenheit erfüllt worden. Die PV-Anlage GEMINI ist ein überaus gelungenes Projekt, welches sich durch seine besondere Ästhetik und Leistungsgrösse im Rahmen der Solarstrombörse hervorhebt und dazu interessierte Besucher inspirieren und motivieren kann, ihre eigenen solaren Gedanken zu realisieren.

Als nächstes Projekt folgte eine 14.3 kW PV- Anlage für die Industriellen Betriebe Wohlen. Die Solaranlage wird auch in einer Solarstrombörse betrieben.



Bild 34: Anlage IBA, links aufgeständerte Anlage, rechts SOLRIF Installation

In der rechten Bildhälfte ist eine aufgeständerte Anlage montiert. Das Bild zeigt schön die Unterschiede in der Ästhetik zwischen den beiden Anlagemontagearten. Die Installation mit SOLRIF wurde in rund 4 h durch 6 Leute erledigt.



Eine Kleininstallation von 2.4 kW in Genf wurde durch unser Büro während des Baus unterstützt. Die Anlage wurde im Februar 2000 realisiert.

Beide Projektpartner Enecolo AG und Ernst Schweizer AG unterstützten bei den ersten Installationen die Bauherren aktiv in der Montage. Dies durch Anleitung in der Montage und dem Arbeitsablauf. Grundsätzlich zeigte sich, dass das System SOLRIF sehr einfach zu installieren ist. Zu einer seriösen Markteinführung gehört aber auch die Unterstützung und Anleitung während den Installation, dies speziell am Anfang der Markteinführung. Daraus resultierte ein positives Feedback und auch ein Imagegewinn.

Bild 35: Installation der Anlage in Genf

Eine besonders erwähnenswerte Installation wurde im August 2000 in Untersiggenthal realisiert.



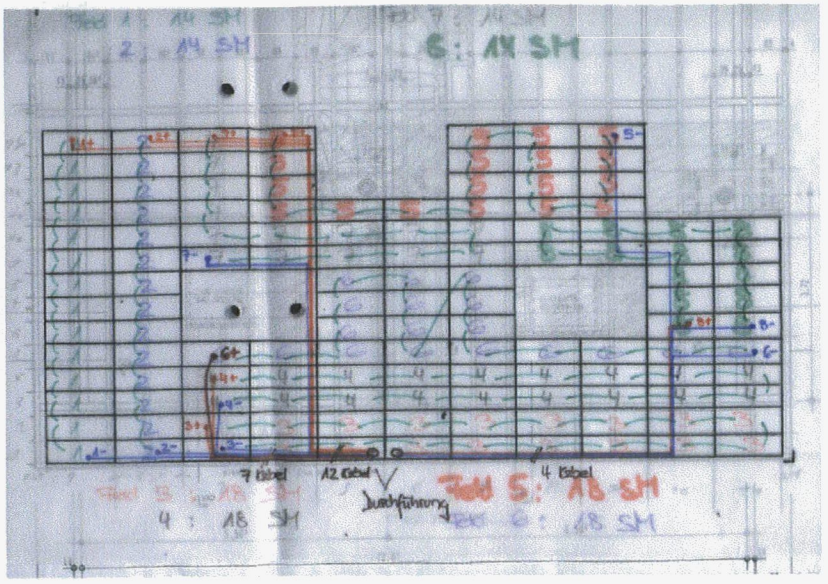
Bild 36: Anlage Erni in Untersiggenthal

Die SOLRIF- Elemente decken das Dach vollständig ein und ergeben somit ein sehr uniformes Erscheinungsbild. Die Anlage wurde durch die Installationsfirma Solarmarkt, Schöftland erstellt. Eingesetzt wurden GPV Module mit einer Leistung von 100 W, was in einer Gesamtleistung von rund 12 kW resultierte. Betreiber und Investor ist eine Privatperson Herr Erni, welcher das Haus auch bewohnt. Die Anlage überzeugt durch die komplette Gebäudeintegration und die einfache Installation der Elemente.



SOLRIF hat sich nach rund 1.5 Jahren Präsenzzeit auf dem Markt etabliert und ist zunehmend auch den Bauherren, Architekten bekannt. Im Auftrage der Industriellen Betriebe Schwyz wurde eine rund 9 kW Anlage mit SOLRIF auf einem Schuldach in Sattel-Aegeri installiert.

Bild 37: Installation Anlage Sattel



Neue Projekte sind in Vorbereitung, wie z.B. eine 10 kW Installation in Bäretswil und eine 3 kW in Pfungen, Nähe Winterthur.

Bild 38: Verkabelungsplan für Bäretswil

Dies soweit eine Zusammenfassung der Installationen in der Schweiz. Gesamthaft sind seit der Markteinführung im Oktober 98 rund 100 kW PV Leistung mit SOLRIF-Profilen verbaut worden.

Parallel dazu ist die Markteinführung in Deutschland mit grossem Effort angetrieben worden. Seit rund 1 Jahr wird dieser Markt durch Ernst Schweizer AG bearbeitet. Dank des neuen Energierückspeisegesetzes ist Deutschland zu einem Hauptmarkt für viele Anbieter geworden. Die Jahresbilanz von rund 150 kW ist als positiv zu bewerten, ist doch das erste Jahr nicht immer sehr produktiv.

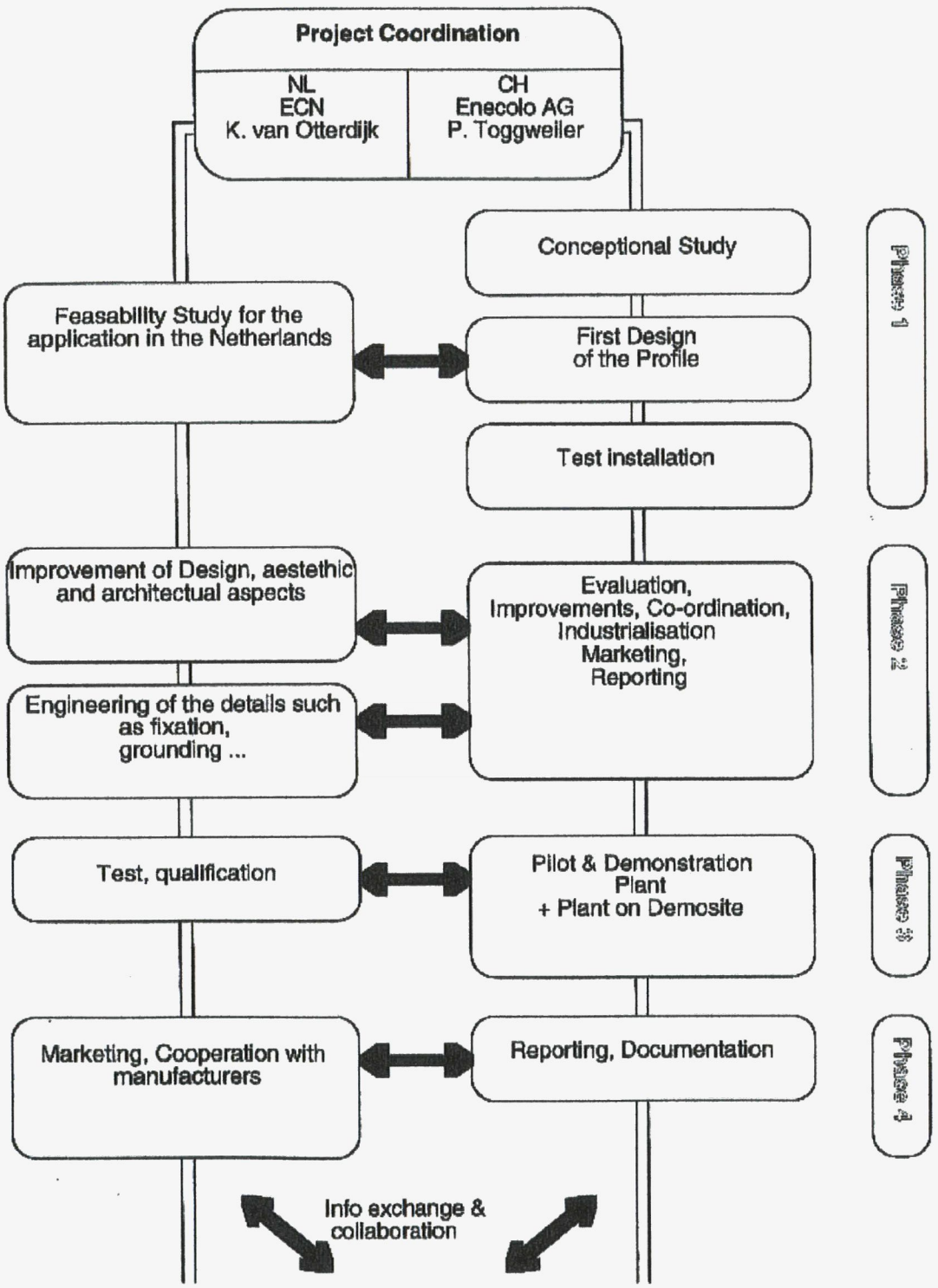
Es kann allgemein das sehr positive Feedback von allen Installation in der Schweiz und in Deutschland hervorgehoben werden. Installateure und Bauherren sind von den Qualitäten des SOLRIF, wie einfache und schnelle Montage, Ästhetik, etc. überzeugt.

Näheres dazu auch in dem Kapitel Markteinführung Deutschland und ausserhalb Deutschlands.

5. Bilaterales Projekt ECN, Holland

5.1. Projektorganisation

Die Projektorganisation wurde zwischen ECN, Holland und Enecolo AG, Schweiz aufgeteilt. Nachfolgendes Bild zeigt die Projektstruktur und die involvierten Arbeiten.



Das Projekt startete im März 1999 und als erster Schritt wurde in Zusammenarbeit mit ECN der mögliche Einsatz in Holland und das Potential grob abgeschätzt.

5.2. Testanlage bei ECN, Holland

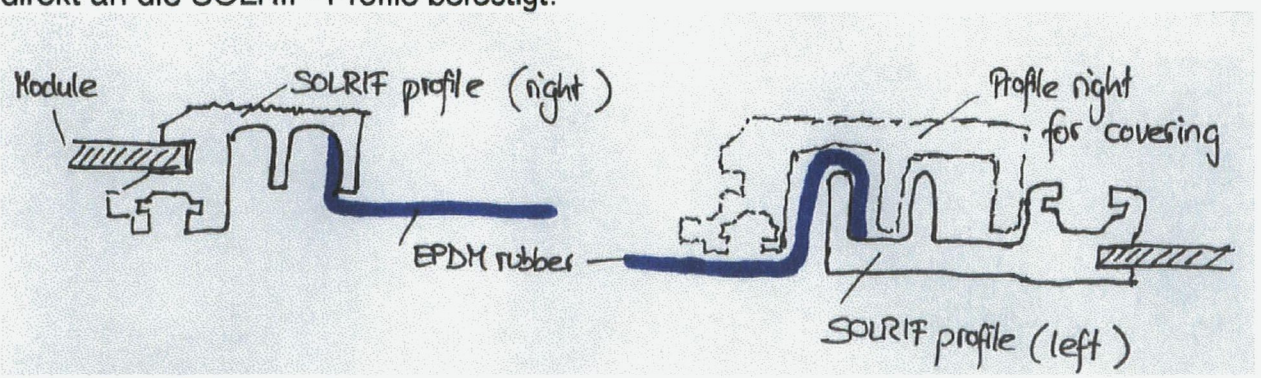
Im Oktober 1999 erstellten je ein Mitarbeiter der beiden Projektmitglieder und ein externer Dachdecker ein Testdach in Petten, Holland. Nachfolgend die Montage kurz zusammengefasst:

- Zuerst wurde das Dach genau ausgemessen und die Anlage positioniert.
- Entfernen der Ziegel
- Montage der Dachlatten (96mm*24mm)



Bild 39: Dachvorbereitung

Für die Seitenabschlüssen und Traufeneinlauf wurde ein spezielles Produkt auf EPDM Basis eingesetzt. Das Italienische Produkt wurde gemäss den Zeichnungen direkt an die SOLRIF- Profile befestigt:



Das Material erfüllte die benötigten Klebeeigenschaften genügen und reduzierte die Kosten. Einige Bilder der Montage:

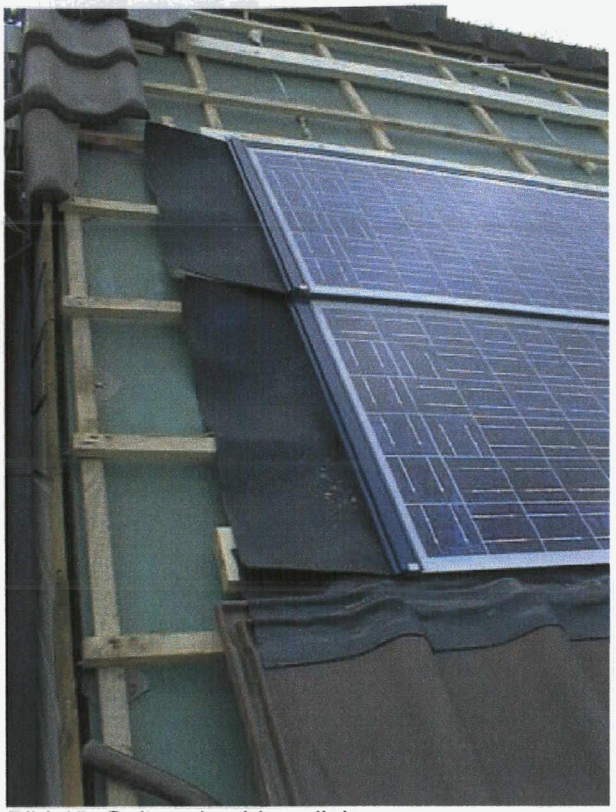


Bild 40: Seitenabschluss links

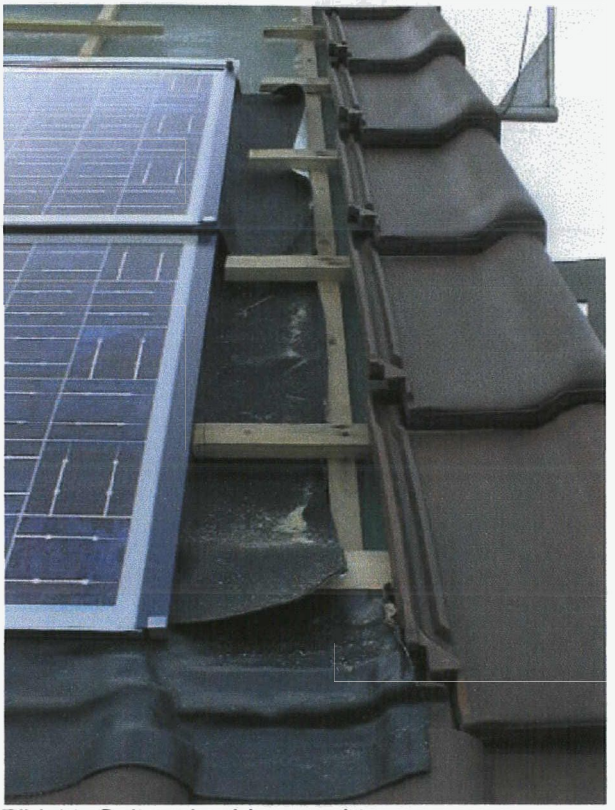


Bild 41: Seitenabschluss rechts

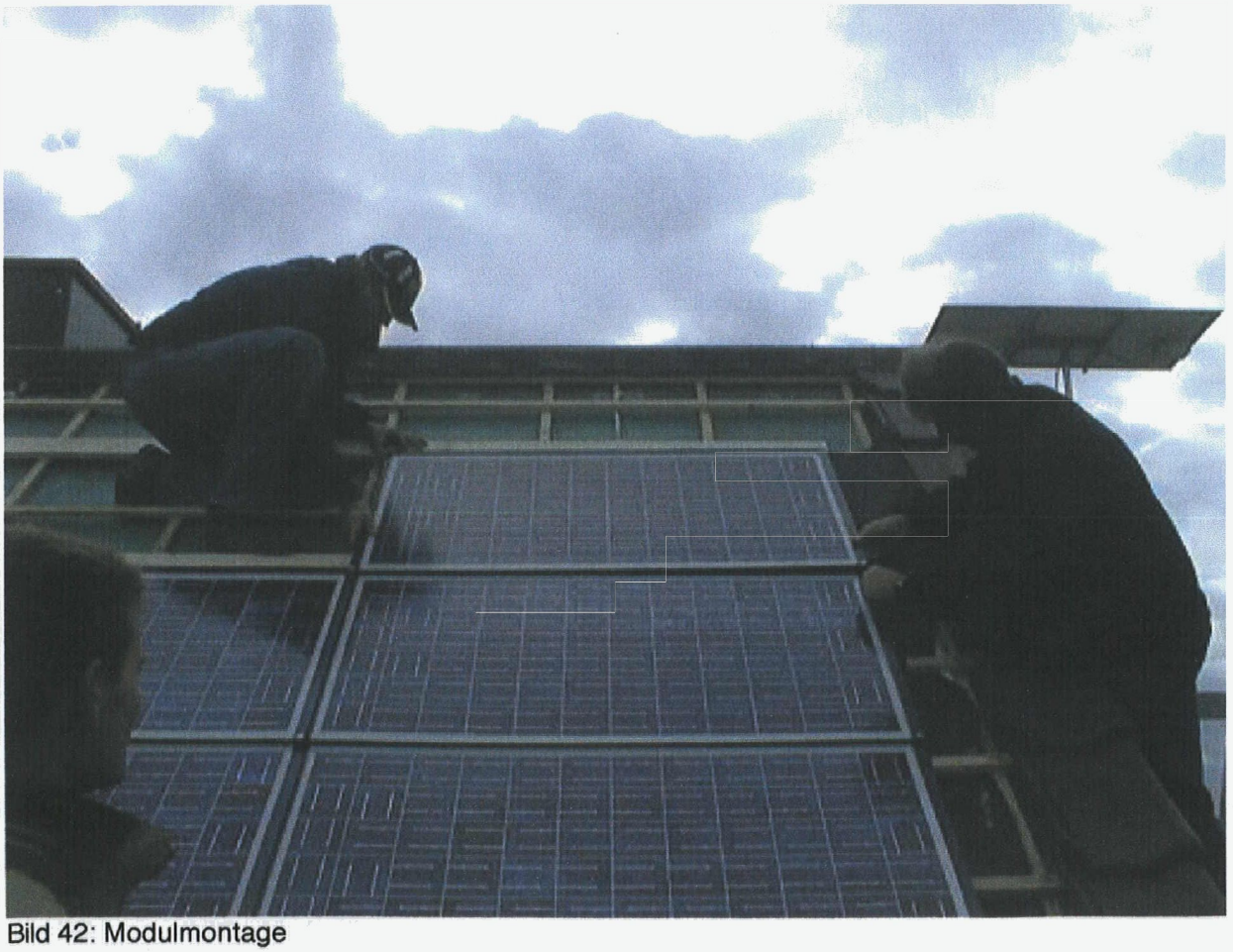


Bild 42: Modulmontage



Bild 43: Testinstallation ECN

Das Projekt wurde in einem Tag realisiert und begeisterte nicht nur ECN, sondern auch den anwesenden Dachdecker. Es wurde von allen involvierten Personen das Prinzip und die einfache Handhabung des Montagesystems gelobt.

5.3. Untersuchungen / Resultate

Anhand der Testinstallation konnten nun einige Test, wie Schlagregen und starke Windlasten bezogen auf den Markt Holland untersucht werden. Die Resultate haben auch Informationen für den Markt Schweiz geliefert. Der Teststandort ist extremen Konditionen ausgesetzt, dies aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Meer (ca. 200 m) und denn aufkommenden starken Winden, Salzwassersprühregen, zum Teil vermischt mit Sand, etc. Es wurden mit Spannung die Resultate erwartet und es zeigte sich, dass nach den Testzyklen keinerlei mechanische Veränderungen notiert werden konnten und das System seine Halteeigenschaften unverändert beibehalten hat. Die Langzeitwirkung auf das Testdach wird bis Mitte 2001 untersucht.

In bilateraler Arbeit mit Enecolo AG hat ECN versucht, Verbesserungsvorschläge im Design, in der Halterung und betreffend Erdung vorzuschlagen. Die Vorschläge sollten auch architektonischen Anforderungen genügen. ECN hatte als Aufgabe die Ästhetik stärker in die Verbesserungen im Profilkonzept einzubringen. Die involvierten Projektmitarbeiter von ECN weisen einen architektonischen Background auf, wo Enecolo AG mehr die mechanischen und elektrischen Konzeptanforderungen vertrat.

Dank einer guten Zusammenarbeit zwischen ECN und Enecolo AG konnten wertvolle aber auch kritische Punkte in das Schweizer SOLRIF- Projekt eingebracht werden.

Das Konzept wurde durch ECN kritisch hinterfragt, zum Beispiel betreffend der Überlappung; ist eine Überlappung von nur ca. 4 cm gegen das Eindringen von Regen genügend. Des weiteren legte der zuständige Projektbearbeiter Herr deBoer Vorschläge zum Randabschluss vor. Zudem wurde die Silikon- Dichtung betreffend Festigkeit und Alterung in Frage gestellt. Aus diesen Punkten resultierten Verbesserungen in der Anwendung (Randabschluss) oder genauere Abklärungen in der Schweiz (Silikon) und anschliessendem Test.

Ein Schlussbericht ist durch ECN in Bearbeitung und wird auf ca. Frühling 2001 erhältlich sein.

5.4. Marktabklärungen

Eine der Hauptaufgaben, nach dem Bau der Testanlage, war die Unterstützung für eine Markteinführung von SOLRIF in Holland. Durch Herrn Bart deBoer und Herrn Henk Kaan konnten wichtige Kontakte zu SHELL und einem Testinstitute für Dachmaterial BDA aufgebaut werden. Daraus resultierte im Februar 2000 auch ein Besuch bei SHELL, wo das System SOLRIF ausführlich vorgestellt wurde und eine Integration der Rahmung in den bestehenden SHELL- Prozess diskutiert wurde.

Es kann angefügt werden, dass in diesem Punkte 'Marktabklärungen' ECN eine aktive Rolle aufwies und initiativ verschiedene Gruppen anging um den Bedarf abzuklären oder das System vorzustellen.

6. Zertifizierung SOLRIF System

Zertifizierungen von Systemen, sei es elektrischen oder mechanischen Charakters, sind zeitaufwendige und kostenintensive Arbeiten. Dies zeigte sich auch in der Phase III, welche die Möglichkeiten zur Zertifizierung des SOLRIF- Systems untersuchte. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Personen und Instituten wurde versucht anwendbare Normen für das System zu finden. Betreffend Dachnormen, beinhaltend Montage und Systemfunktionen konnten schnell Richtlinien evaluiert werden, welche aber nur bedingt auf ganz Europa anwendbar sind. Hierzu sind immer noch Abklärungen im Gange und werden auch nach Projektende weitergeführt.

Betreffend den elektrischen und mechanischen Eigenschaften kann das SOLRIF-Element nach der IEC 1215 in ISPRA getestet werden. Ein wichtiger Aspekt ist der Blitz- und Potentialausgleich, wo diverse Abklärungen notwendig waren. Nachfolgend eine ausführlichere Berichterstattung der Arbeiten und der Resultate.

6.1. Dachfunktion

Der Dachtests (BDA Dakadvies 'Bouwbesluit') erweist sich als sehr ausführlich und harter Test (z.B. driven rain test). Der komplette Test ist absolut umfassend und würde das System SOLRIF über den Bedürfnissen fordern. Evtl. sind Teiltests wie, 'waterproof- ness' und 'airtightness' nicht nötig durchzuführen und zu bestehen. Es würde sehr aufwendig für SOLRIF um alle Test zu bestehen. SOLRIF ist ähnlich zu dem konventionellen Ziegel, somit nicht 100% wasserdicht und schon gar nicht luftdicht. Darum können diese Teiltest wegfallen, oder höchstens aus Untersuchungsgründen durchgeführt werden. Die ausstehende Antwort ist noch, ob dieser Test und das Zertifikat Europaweit anerkannt werden.

Weiter wurde im ALTENER Programm (EU) auf ein Bericht verwiesen, welcher Richtlinien für PV Dächer und Fassaden entwickelte. Mit diesen Richtlinien ist es der Industrie möglich einen European Technical Approval (ETA) für ein BIPV Produkt bei einem anerkannten nationalen Institut zu erlangen. Das Produkt, welches einen ETA aufweist wird mit einem CE- Zeichen versehen. Es ist das Ziel eine Zertifizierung zu erlangen, welche Europaweit anerkannt wird. Sollten verschiedene Prüfungen in den einzelnen Ländern, wo SOLRIF auf den Markt gelangt, vonnöten sein, wird sich das Produkt verteuern und evtl. keine Marktchance mehr haben.

6.2. Blitzschutz

Dieses Kapitel zeigt die Untersuchungen zur Abnahme des Rahmenprofiles SOLRIF in Bezug auf Blitz- und Potentialausgleich. Verschiedene Normen von der IEC und CENELEC (EN übernommen vom VSE) wurden untersucht.

- EN 60439- 1 'Niederspannungs- Schaltgerätekombination', dazu diverse Anhänge
- VSE 'Werkvorschriften über die Erstellung von elektrischen Installationen' Ausgabe 1995
- Sonderdruck Abschnitt 12 der Empfehlung ' Werkvorschriften über die Erstellung von elektrischen Installationen' => Elektrische Energieerzeugungsanlagen Ausgabe 1997
- IEC- Normen 1215 (früher ISPRA 503) 'Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules- Design qualification and type approval'
- und 68-2-11 'Basic environmental testing procedures – Salt mist'

Folgende Resultate der ersten Normenstudie können präsentiert werden:
In den beiden IEC- Normen 1215 und 68-2-11 sind keinerlei Informationen betreffend dem Erden (Blitz- oder Potentialausgleich) von den Modulrahmen erhältlich.
In der VSE 'Werkvorschriften über die Erstellung von elektrischen Installationen' Ausgabe 1995 sind keine Blitz- oder Potentialausgleichinformationen enthalten.
Auch im Sonderdruck des Abschnittes 12 (Ausgabe 1997) werden keine Angaben über Erdung, Blitzschutz oder Potentialausgleich von Bauteilen oder Anlagen gemacht.
Die EN 60439- 1 'Niederspannungs- Schaltgerätekombination'- Norm sollte gemäss SEV Auskunft die ausführlichste Norm für unsere Bedingung sein. Grundsätzlich behandelt diese Norm die wichtigen elektrischen Merkmale und Bauanforderungen bezogen auf Schaltgerätekombinationen. Diese könnten eventuell auf das System SOLRIF übertragen werden, wie zum Beispiel im Kap. 'Schutz gegen elektrischen Schlag' oder 'Kriechstrecken, etc.'. Es ist aber relativ schwierig die Richtlinien 1: 1 auf das System SOLRIF anzupassen. Auch unter 'Prüfungen' wird nicht aufgezeigt, wie das System SOLRIF konkret getestet werden könnte. Zu spezifisch sind die Normen auf die Schaltgerätekombinationen bezogen.

Diese untersuchten Vorschriften geben konkret zuwenig Anhaltspunkte über die Prüfbedingungen und den Prüfablauf. Aus diesem Grunde wurden weitere Normen von der IEC und der EU untersucht.

- IEC 60364- 4- 41 'Electrical installations of buildings'
- IEC 61024- 1 'Protection of structures against lighting
- Broschüre vom EU- Programm Energie 'Lightning and Overvoltage Protection in PV and Solar Thermal Systems'
- Telephon mit Herr Häberlin, Burgdorf, Herr Becker, TÜV und Herr Bruhin, ESTI

Basierend auf der Broschüre vom EU- Programm Energie 'Lightning and Overvoltage Protection in PV and Solar Thermal Systems' wurden zwei Telephone durchgeführt. Die Broschüre zeigt verschiedene Ansätze (inside zone of protection), wo auf ein Blitzschutz verzichtet werden kann. Diese Richtlinien sind aber in der Schweiz noch nicht bekannt und werden auch nicht angewandt. Innerhalb der TK 82 sind betreffend dem Blitzschutzthema Regelvorschläge in Diskussion.

Mit Herrn Becker vom TÜV ist das System SOLRIF und der Blitzschutz am Telephon besprochen worden. Das Modul selber wird bei einem allfälligen Blitzschlag ob direkt oder indirekt mit grosser Wahrscheinlichkeit keinen Schaden nehmen, da ein Rahmen rund um montiert ist (U- Profil an der Rückseite unerlässlich!). Das zweite Telephon mit Herrn Häberlin von der Fachhochschule Burgdorf bestätigte die Schutzfunktion des entwickelten Rahmens durchgehend. Es wurde im Rahmen eines Burgdorfer EU- Projektes ein SOLRIF- Elemente einer Blitzsimulation ausgesetzt. Als erste Resultate zeigten sich, dass der neuentwickelte Rahmen die gleichen Funktionen und Messresultate erzielt wie ein Standardrahmen (z.B. beim Kyocera-Modul). Es wurde zuerst das Verhalten mit dem kompletten Rahmen untersucht (inkl. U- Profil). Eine gesamthafte induzierte Spannung von rund 500 V resultierte bei einem di/dt von 25 kA/us. Beim 2. Versuch wurde die Distanz zum Pol vergrössert, was auch bei der induzierten Spannung deutlich messbar war. Für den 3. und 4. Versuch wurde das U- Profil entfernt. Das gemessene Verhalten ist dann das gleiche wie bei einem Laminat, die induzierte Spannung wird um den Faktor 3 erhöht. Unterschiedlich war die gesamthafte induzierte Spannung, diese müsste gemäss Überlegungen negativ sein, war aber als positiv gemessen worden. Auch beim Versuch 4 war diese immer noch positiv. Es resultierte, dass der SOLRIF- Rahmen bei einem Blitzschlag das gleiche Verhalten aufweist, wie ein Standardprodukt.

Die IEC- Norm 60364- 4- 41 'Electrical installations of buildings' erweist sich als nicht anwendbar für das SOLRIF- System.

Aufgrund der Gespräche mit Herrn Becker und Herrn Häberlin wurde noch die IEC 61024- 1, IEC 1024- 1- 1 und IEC 1024- 1- 2 bestellt und genau studiert.
Zusammenfassung:
Die elektrische Verbindung muss in der vertikalen Richtung gewährleistet sein über Verbindungen, welche hart gelötet, geschweisst, gekrimpt, geschraubt oder genutet sind. Oder die Distanz zwischen den Metallteilen ist nicht grösser als 1 mm und die Überlappungszone zwischen den Elementen ist mind. 100 cm^2. Gemäss 2.2.5 d) in der IEC 61024- 1 wird eine Überlappung ohne Verschraubung der Verbindung akzeptiert, wenn die Überlappungsfläche grösser ist als 100 cm^2!

Die restlichen minimalen Anforderungen sind gemäss 2.5.2 in der IEC 61024- 1 Durchmesser von 70 mm^2 für einen direkten Blitzfänger und 25 mm^2 für einen äusseren Blitzschutz. In der Funktion von SOLRIF müssten somit 25 mm^2 vorhanden sein. Diese obenstehenden Normen gelten für das System SOLRIF roh!

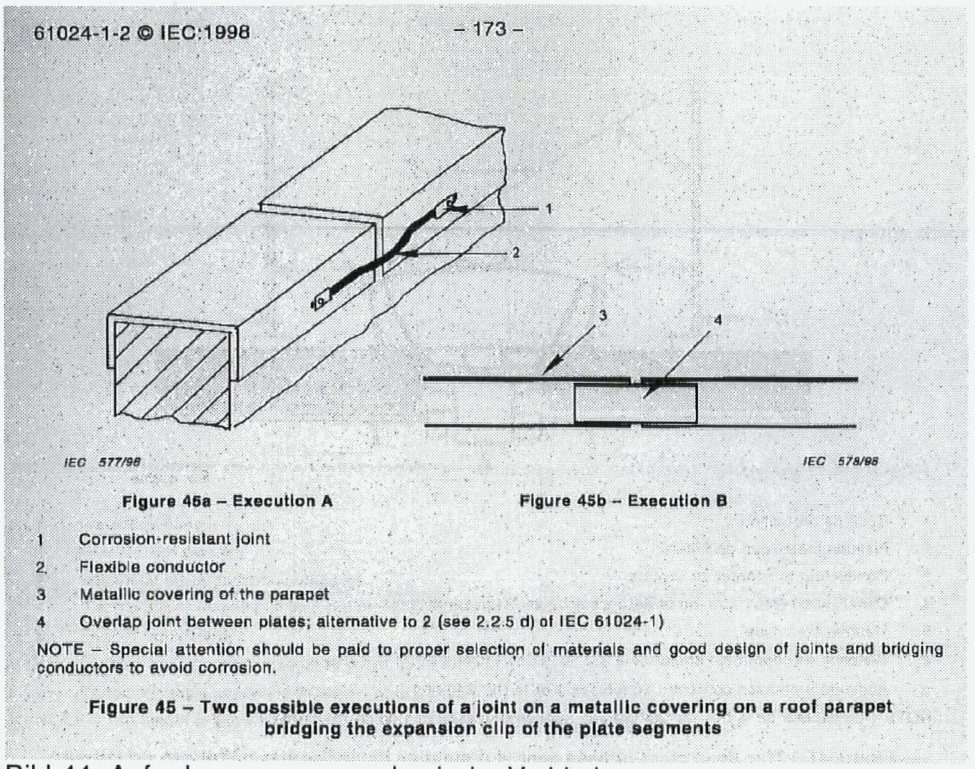


Figure 45a – Execution A **Figure 45b – Execution B**

1 Corrosion-resistant joint
2 Flexible conductor
3 Metallic covering of the parapet
4 Overlap joint between plates; alternative to 2 (see 2.2.5 d) of IEC 61024-1)

NOTE – Special attention should be paid to proper selection of materials and good design of joints and bridging conductors to avoid corrosion.

Figure 45 – Two possible executions of a joint on a metallic covering on a roof parapet bridging the expansion clip of the plate segments

Bild 44: Anforderungen an mechanische Verbindungen

Für das lackierte SOLRIF System konnten keine spezifischen Werte gefunden werden. Gesucht wird der tolerierbare Übergangswiderstand! Nach Rücksprache mit Herrn Bruhin vom ESTI zeigte sich, dass auch das lackierte System gemäss den ESTI- Vorschriften die Blitzschutzbestimmungen erfüllt. Begründet wird dies damit, dass die Schutzschicht (eloxiert oder lackiert) auf dem Aluminium aus Korrosionsgründen aufgebracht ist und bei einem allfälligen Blitzeinschlag diese Schicht durchschlagen wird. Es gibt keinen geforderten maximalen Übergangswiderstand bei metallischen Verbindungen. Im Erdreich ist es max. ca. 10 Ohm. Bei einer metallischen Überlappung ist aber nicht spezifisch ein bestimmter elektr. Widerstandswert gefordert. Die Verbindung muss einfach nach der IEC 61024- 1 (1990) Norm erfolgen: Die elektrische Verbindung muss in der vertikalen Richtung gewährleistet sein über Verbindungen, welche hart gelötet, geschweisst, gekrimpt, geschraubt oder genutet sind. Oder die Distanz zwischen den Metallteilen ist nicht grösser als 1 mm und die Überlappungszone zwischen den Elementen ist mind. 100 cm^2.
Dies wird beim SOLRIF- System erreicht ob roh oder lackiert. Würde der Überlappungsbereich nicht eingehalten (kleiner sein) müsste mit einer zusätzlichen mechanischen Verbindung montiert werden (aufgeschweisste Mutter am Rahmen).
Beim lackierten System muss nur beachtet werden, dass die Montage nicht in einem explosionsgefährdeten Gebäude erfolgt. Auch bei einem leicht brennbaren Dachstock muss eventuell eine zusätzliche Verbindung erfolgen, dies aufgrund des Funkenschlages bei einem Blitzeinschlag zwischen den Profilen und einem allfälligen Übergreifen auf die Lattung oder das Unterdach.
Ansonsten wird das lackierte System durch das ESTI akzeptiert (Achtung: Dies gilt damit nur in der Schweiz!)!

SOLRIF, ob roh oder lackiert, erfüllt gemäss IEC 61024- 1 (weltweit) und ESTI (Schweiz) die Blitzschutzbedingungen. Die minimale Grösse des Moduls muss ca. ein A4 sein um der Bedingung von mind. 100 cm^2 Überlappung zu entsprechen.

6.3. ISPRA- Tests / CE- Zeichen

In der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft müssen alle Gebäudeprodukte auf Europäische Konformität zertifiziert sein, erkennbar an dem CE Zeichen, mit dem Ziel die Sicherheit von Personen, Haustieren und Eigentum in und außerhalb von Gebäuden sicherzustellen. Produkte können mit dem CE Zeichen gekennzeichnet werden, wenn sie mit einer Europäischen technischen Zulassung oder einer anderen Europäischen technischen Spezifikation übereinstimmen.
Für dachintegrierte PV- Produkte bestehen derzeit keine Richtlinien oder technische Spezifikationen. Ziel der Diplomarbeit war die Entwicklung einer technischen Spezifikation für das PV- Dachintegrationssystem SOLRIF und die Beschreibung einer eventuellen CE Kennzeichnung. Details können in der Diplomarbeit von J. Rasmussen nachgesehen werden. Nachfolgend wird eine Zusammenfassung der Arbeit abgedruckt.

6.3.1. Vorgehensweise bei einer Zertifizierung

Die Zertifizierung von Photovoltaik - Produkten kann nur aus der Zertifizierung des ganzen PV Systems hervorgehen, da die Funktionsfähigkeit des einzelnen Produktes für den beabsichtigten Gebrauch sich meist nur in Verbindung mit weiteren Systemkomponenten nachweisen lässt. Die Vorgehensweise bei Zertifizierung ist in die folgenden Stufen eingeteilt:

- PV Module - Zertifizierung als elektrisches Produkt
- SOLRIF- Elemente - Zertifizierung als elektrisches Produkt und Dacheindeckungselement
- SOLRIF- System - Zertifizierung als Dacheindeckung
- PV System - Zertifizierung als elektrische Installation im Gebäude

6.3.1.1. PV Modul

Alle 'Crystalline silicon terrestrial' PV Module, die für den kommerziellen Handel bestimmt sind, müssen mit dem Qualitätsstandard IEC 61215 übereinstimmen. Dieser Standard bezieht sich nur auf die freistehende Anwendung der Module, in Form von Aufständerungen. Für gebäudeintegrierte PV Module sind die Arbeitsbedingungen abweichend. Der Neigungswinkel für dachintegrierte PV Module ist abhängig von der Dachneigung und selten optimiert auf die Ausgangsleistung. Freie Hinterlüftung der Module ist nicht immer gegeben. Als Konsequenz ergibt sich daraus; die Unterschiede zwischen freistehender und gebäudeintegrierter Anwendung von PV Modulen sind die Einstrahlung und die Betriebs- Zellentemperatur. Die Anpassung des IEC 61215 Standards an die Bedingungen für BIPV Module ist in Diskussion, deshalb wird im weiteren Verlauf des Reports auf dieses Thema nicht weiter eingegangen und die PV Module werden betrachtet als wären sie für BIPV Anwendungen zertifiziert.

6.3.1.2. SOLRIF- Element

Das SOLRIF- Element besteht aus einem Standard- PV Laminat, welches mit SOLRIF- Profilen gerahmt wird. Das Laminat entspricht dem Qualitätsstandard IEC 61215 wenn es, wie im IEC 61215 'Module Test Report' angegeben, nach den technischen Daten des Herstellers verwendet wird. Dass bedeutet, wurde das PV Modul mit einem vom Hersteller gelieferten Rahmen getestet, verliert es sein Zertifikat wenn es mit einem neuen Rahmen versehen wird.

Nach Auskunft des Europäischen Testinstitutes in ISPRA muss das mit SOLRIF-Profilen gerahmte Modul den 'Mechanical load test' (IEC 61215) wiederholen um sein Zertifikat zu erhalten. Dieser Vorgang kann nur mit dem Einverständnis oder vom Modulhersteller selbst beantragt werden.

Neben der Energieerzeugung übernimmt ein SOLRIF- System die Aufgabe eines konventionellen Dachziegels. Die Zertifizierung von konventionellen Dachziegeln basiert auf unterschiedlichen Europäischen Normen. Die Anforderungen beziehen sich stark auf Material, Grösse und Form des Ziegels und sind daher nicht anwendbar auf SOLRIF- Elemente. Daher müssen individuelle Qualitätsanforderungen geltend gemacht werden:

- Verdrehungs- und Zugtest betreffend der Festigkeit des Rahmens

Zusätzliche Anforderungen wie Unbrennbarkeit und UV-Beständigkeit gelten auch für die SOLRIF- Komponenten und werden deshalb im Zusammenhang mit dem System behandelt.

6.3.1.3. SOLRIF- System

Vorerst soll das SOLRIF- System als Dacheindeckung betrachtet werden und wird deshalb wie ein Bauprodukt diskutiert. Laut Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) wird von der Brauchbarkeit der Produkte ausgegangen, wenn sie so beschaffen sind, dass die Bauwerke für die sie verwendet werden bei ordnungsgemässer Planung und Bauausführung die wesentlichen Anforderungen erfüllen können.

- Mechanische Festigkeit und Standsicherheit, Brandschutz
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Nutzungssicherheit, Schallschutz
- Energieeinsparung und Wärmeschutz

Als Grundlage für Europäischen technischen Spezifikationen präzisieren Dokumente die wesentlichen Anforderungen auf technischer Ebene. Das Grundlagendokument CEN Report 833: "Generelle Anforderungen an eine Dacheindeckung" ist anwendbar. Tabelle 4 zeigt die Anforderungen für das SOLRIF- System, die aus dem CEN Report 833 hervorgehen.

Weather Resistance
Rain and wind resistance, Protection against wind-driven snow, sand and dust
Mechanical Requirements
Snow and ice load test, Loading from people, Hail loading test
Static wind pressure test, Dynamic wind load, Uplift test
Physical and Chemical Requirements
Testing temperature resistance, Protection against condensation
Thermal insulation performance, Acoustic performance, Fire performance test
Resistance to UV rays and aggressive environmental damage
Compatibility of materials
Requirements for the External Appearance
Durability and maintenance

Tabelle 4: Anforderungen nach CR 833

6.3.1.4. PV- System

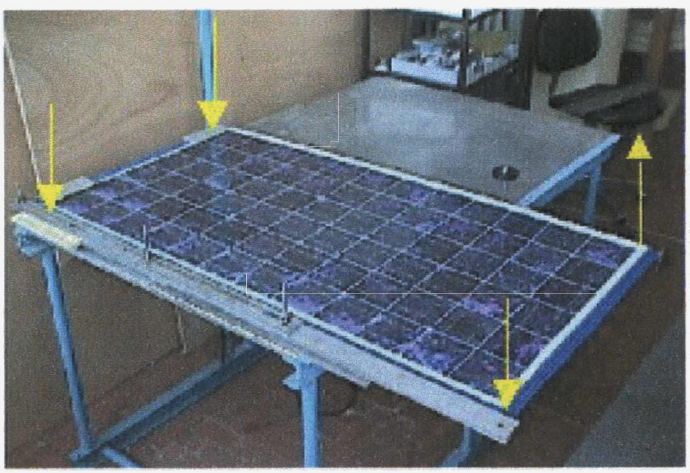
Ein PV- System ist eine elektrische Installation im Gebäude. Es gibt zahlreiche Internationale, Europäische und Nationale Normen und Standards für das Installieren und Betreiben von elektrischen Produkten in Gebäuden. Deshalb wird dieses Thema nicht weiter behandelt.

6.3.2. Entwicklung der technischen Spezifikation

Dieses Kapitel beschreibt auszugsweise die Entwicklung der technischem Spezifikation für das Dachintegrationssystem SOLRIF, basierend auf dem Grundlagendokument CEN Report 833, Nationalen Gebäuderichtlinien und dem IEC Standard 61215. Eine komplette Zusammenfassung der erforderlichen Testprozeduren ist im Kapitel 6.3.3. aufgelistet.

6.3.2.1. Verdrehungstest

Durch die mögliche Verformung der Dachkonstruktion aufgrund von Alterung, Wind- oder Schneelast kann die Dacheindeckung statischen Spannungen ausgesetzt sein. SOLRIF kompensiert Flächenspannungen durch vertikale und horizontale Überlappungen der Elemente. Der 'Twist test' im ISPRA Labor sollte zeigen ob das Element einem gewissen Mass an Verdrehung standhält ohne Schaden zu nehmen.



Der Verdrehungswinkel wurde mit 1.2° aus dem IEC 61215 übernommen und sollte bei Rücksichtnahme auf das PV Modul nicht überschritten werden. Das Element wurde an drei Ecken auf gleichem Niveau fixiert; die vierte Ecke wurde mittels einer mechanischen Vorrichtung auf ein Niveau von +3.1 mm angehoben. Nach Beendigung des Tests waren keine Veränderung oder Beschädigungen am Element ersichtlich.

Bild 45: Testanordnung Verdrehungstest

6.3.2.2. Festigkeitstest

Der 'Mechanical connection test' sollte zeigen, ob der neue Rahmen in der Lage ist das PV Modul unter zusätzlicher Last zu halten, wie sie z.B. durch Eisschlag (gefrierender Regen) entstehen könnte. Dieser Test ist besonders für das SOLRIF-Element von Bedeutung, da das PV Modul nicht komplett vom Rahmen umschlossen ist, wie es bei anderen Systemen üblich ist. Deshalb bezieht sich dieser Test hauptsächlich auf die Eigenschaften des Silikons, welcher das Module mit dem Rahmen verbindet. Als Testwert wurde eine zusätzliche Last von 27.5 kg / m^2 Moduloberfläche festgelegt, entsprechend einer Eisschicht von 3 cm auf einer 90° geneigten Dachfläche (die Dachneigung bezeichnet den Winkel zwischen der Dachfläche eines Gebäudes und der Horizontalen).



Für die Testdurchführung wurde das Element mit der rechten und linken Rahmenecke auf zwei Dachbalken aufgesetzt, wo normalerweise die Metallbügel das Element auf dem Dach halten. Für die vertikale Stabilisierung wurde das Element mit einer festen Metallkonstruktion verbunden. Als Last wurde ein mit Wasser gefüllter Kunststoffkanister verwendet der mit 2x2 Saugnäpfen mit der PV Moduloberfläche verbunden wurde.

Bild 46: Testanordnung Festigkeitstest

Die Wassermenge, welche proportional zur Kraft ist, wurde mittels einer Wasseruhr überwacht. Nach einer Last von 26 kg über den Zeitraum von 1 Stunde, war keine Veränderung oder Beschädigung am Solrif Element sichtbar.

6.3.2.3. Regentest



Im CEN Report 833 ist notiert, dass Dacheindeckungen regensicher sein müssen, aber nicht wasserdicht gegenüber außergewöhnlich starkem Regen, Schnee und Hagel, mit oder ohne Windeinwirkung. Die Regensicherheit der Dacheindeckung mit SOLRIF- Elementen wird durch vertikale und horizontale Überlappung sichergestellt. Weitergehende Anforderungen wie z.B. Sicherheit gegen Einwehen von Regen mit Windeinwirkung, erfordert die Installation eines Unterdaches (Folie oder Schindeldach).
Die Regensicherheit wurde überprüft durch visuelle Kontrollen am SOLRIF Testdach in Ispra, während und nach starken Regentagen. Die visuelle Kontrolle an der Dachtraufe zeigte keine Spuren von herabfließendem Wasser auf dem Unterdach.

Bild 47: Testanordnung Regentest

Mehl auf dem Unterdach zeigte deutlich ob Regenwasser durch die Überlappungen dringt und auf das Unterdach herab fließt. Eindringendes Wasser konnte selbst nach Trockenperioden von mehreren Tagen nachgewiesen werden, dies anhand der Wasserflecken und Spuren im Mehl.

6.3.2.4. Schnee- und Eisdrucktest

Schnee und Eis belastest das Dach als gleichmäßige statische Last. Das Ausmaß an Belastung wird bestimmt durch die gefallene Schnee- oder Eismenge und die Dachneigung. Da der Dachstuhl als angemessen dimensioniert vorausgesetzt werden kann und die Befestigungshaken separat getestet wurde, wird der Test direkt am Element durchgeführt.

Ein Modul, welches dem IEC 61215 entspricht, hält einer Belastung von ± 2.4 kN / m^2 stand, wie in der Testbeschreibung gefordert. Für das SOLRIF Element muss dieser Test wiederholt werden.



Bild 48: Testanordnung Drucktest

Das wurde in Übereinstimmung mit der SOLRIF Systembeschreibung mit der Vorderseite nach oben auf zwei parallel liegenden Dachlatten gelagert. Schnee- und Eislast wurden mit einer Wasser gefüllten Folie simuliert, welche die Moduloberfläche gleichmäßig belastete. Die Höhe der Wassersäule, welche proportional zur Kraft ist, wurde mittels einer Wasseruhr überwacht und bei ± 2,4 kN/m^2 für eine Stunde beibehalten. Nach Beendigung der Prozedur war keine Beschädigung am Element erkennbar.

6.3.2.5. Sogtest

Der 'Uplift test' sollte nachweisen, ob das Integrationssystem in der Lage ist ein Module bei Unterdruck auf der Dachkonstruktion zu halten. Da für diese Art von Belastung keine Anforderungen an Dacheindeckungen gefunden wurden, half eine Analogie zu konventionellen Dachziegeln einen angemessenen Testwert zu entwickeln. Ein herkömmliches Ziegeldach hat ein Gewicht von 44 kg/m^2, bei Verwendung von traditionellen Tondachziegeln. Bei einer Dachneigung von 30° wird ein Unterdruck von 498 kN/m^2 benötigt, um diese Tonziegel anzuheben falls keine zusätzlichen Massnahmen zur Befestigung getroffen wurden. SOLRIF ist so konzipiert, dass zwei nebenliegende Elemente mit einem Metallbügel befestigt werden, dies bedeutet ein Metallbügel / Element. Somit muss die Modulrückseite mit einem Druck von 1000 kN/m^2 belastet werden um im Testaufbau einen Metallbügel mit 500 kN/m^2 zu belasten, da im Test das Element von zwei Bügeln gehalten wird. Der Druck wurde wieder durch eine Wassersäule erzeugt und über eine Stunde beibehalten. Nach dieser Prozedur waren keine Anzeichen von Beschädigungen sichtbar, weder am Element noch an den Montagebügeln.

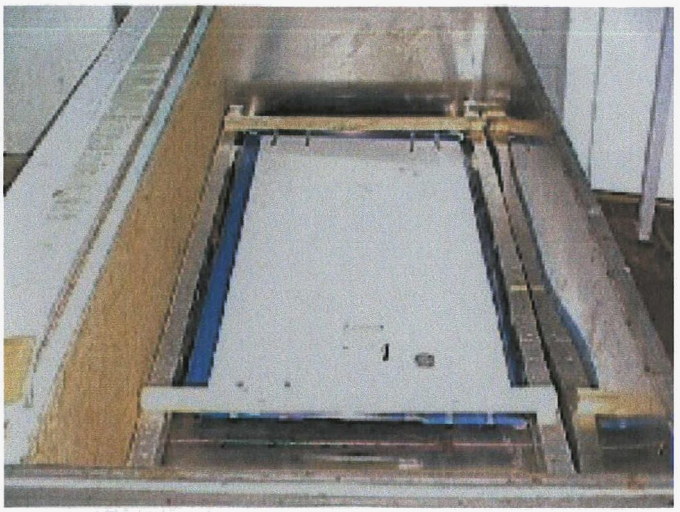


Bild 49: Testanordnung Sogtest

6.3.3. Zusammenfassung der erforderlichen Testprozeduren

Title of test procedure	Procedure refers to	Test conditions
Twist test	SOLRIF element	Deformation angle: 1.2°
Mechanical connection test	SOLRIF element	Out-framing load of 27.5 kg/m^2 to the module surface, applied for 1 h.
Rain resistance	SOLRIF system	Water flow of 50 l/(m^2·h) during 4 hours, no under pressure is required.
Protection against wind-driven snow, sand and dust	SOLRIF system	For these far reaching requirements an under-roof system is necessary.
Wind resistance	SOLRIF system	Air tightness of the outer surfaces of heated rooms, which may be needed for other purposes must be achieved by using other additional measures.
Snow ice loading test	SOLRIF system	2.4 kN/m^2, applied for 1 h to the front surface.
Static wind pressure test	SOLRIF system	Covered by the snow and ice loading test
Dynamic wind load	SOLRIF system	Not necessary for a PV roof system, which is not susceptible to vibrations.
Loading from people	SOLRIF system	Occasional access to the PV roof surface, with stipulated precautions, should be possible.
Mounting structure test	Mounting structure	The mounting structure has to fasten the roof element and additional load of 27.5 kg/m^2.
Hail loading test	SOLRIF element	according IEC 61215: 10.17 *Hail test*
Testing temperature resistance	SOLRIF element	Thermal cycling test according IEC 61215 with extension to BIPV application: 50 and 200 cycles from +85 °C to +85 °C (with extension 100 °C)
Protection against condensation	SOLRIF system	Maximum ventilation in the cavity between the PV roof system and the substructure is to enable for the evaporation of water during dry period.
Thermal insulation performance	SOLRIF system	Requirements for the thermal and moisture vapour protection of a building/ roof must be satisfied by additional measures.
Acoustic performance	SOLRIF system	Requirements for sound or noise protection of a building/roof must be satisfied by additional measurement.
Fire performance test	SOLRIF system	SOLRIF must be tested according Din EN 1187: *External fire exposure to roofs - Part 1.*
Resistance to UV rays and aggressive environmental damage	SOLRIF system	Resistance of all used materials against UV rays and corrosive environments.
Compatibility of materials	SOLRIF system	A used material should not attack other materials.
Requirements for the external appearance	SOLRIF system	The desired external appearance of the roof must be considered at the design stage.
Durability and maintenance	SOLRIF system	The characteristics of the pitched roof covering should not change so much under the normal effects. The electrical efficiency of the PV modules should be observed.

7. Kontakte zur Industrie

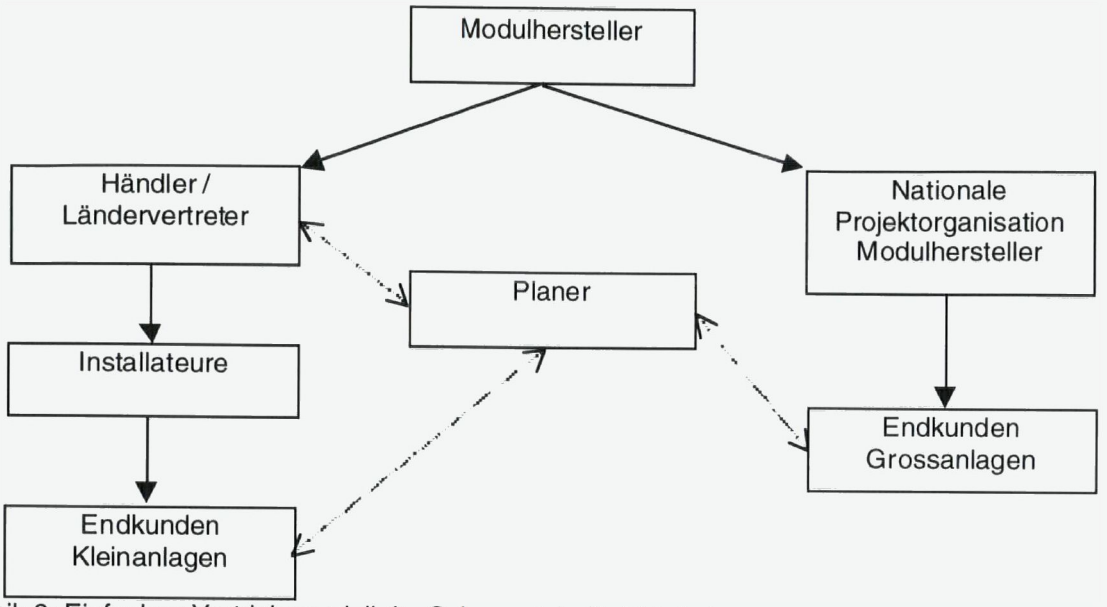
Wie in dem Kapitel 8.1. beschrieben, setzt der ideale Produktionsweg schon beim Modulhersteller ein. Es ist das Ziel der Projektgruppe, dass das SOLRIF- Profil bei den Hersteller den konventionellen Rahmen ersetzen kann. Hierzu wurden verschiedene Kontakte zu der PV- Industrie aufgebaut und einige Treffen durchgeführt. Eine kurze zeitliche Übersicht mit den Kontakten zur Industrie:

- Sommer 1998: Erste Kontakte mit BP Solar und Vorstellung des Systems an der PV- Weltkonferenz in Wien.
- Herbst 1998: Weitere Kontakte und Diskussionen mit BP Solar im Zusammenhang mit der Testinstallation Lindhof.
- Ende 1998: Verschiedene Zeichnungen und Informationen wurden vertraulich BP Solar zur internen Evaluation gesandt.
- Februar 1999: Für den Bau der DEMOSITE- Anlage wurde NESTE über das System informiert und auch versucht die Rahmung in ihre Produktion einzubinden. Aufgrund der kleinen Stückzahl wurde entschieden die Produktion nicht umzustellen.
- April 1999: Beurteilung durch Arup & Partners (BP Solar Berater) => Die Beurteilung kann bei uns eingesehen werden.
- Mai / Juni 1999: Versuch die SOLRIF- Profile bei BP Solar in die Produktion aufzunehmen, dies für die Anlage ABZ in Zürich. Aufgrund der Beurteilung vom April 99 wurden nur Laminate ausgeliefert und die Rahmung erfolgte in der Schweiz.
- Sommer 1999: Über den CH- Importeur Muntwyler wurde eine Mustersendung zur internen Beurteilung an SOLAREX gesandt. Es wurde durch das Projektteam verschiedene Male bei SOLAREX nach dem aktuellen Stand angefragt. Leider war der Zeitpunkt nicht sehr optimal, da die Firma SOLAREX zu dieser Zeit mit BP Solar gekoppelt wurde. Bis heute kein Feedback!
- Okt. 1999: Treffen mit drei SHELL Vertretern während des Baus der Testanlage bei ECN, Holland.
- Februar 2000: Einladung von SHELL zu einem Treffen mit Präsentation des Systems in Helmond, Holland. Es wurden Muster SHELL zur Evaluation übergeben. SHELL will verschiedene Tests an den Profilen unternehmen, um den Einsatz ihres Butylkautschuks zu bestätigen. Dieses Produkt wird in der Produktion bei der normalen Rahmung eingesetzt.
- März- Ende 2000: Über ECN und auch direkt wurde versucht bei SHELL Resultate zu erhalten und eine mögliche Integration des Produktes in die Produktion zu ermöglichen. Entscheidend war die verlangte positive Beurteilung durch Shell, damit Laminate entweder in der Schweiz oder in Holland gerahmt werden können. Bis heute ist leider keine Antwort eingegangen!
- Ab Sommer 2000: Zahlreiche Kontakte zu Deutschen Herstellern wie Solarfabrik, Solar World, Biohaus (Isofoton), etc. Zwei Grosshändler haben SOLRIF bereits in ihre Produktepalette aufgenommen. Mit verschiedenen weiteren Firmen sind intensive Gespräche im Gange.

8. Marketing und Vertrieb

8.1. Vertriebsmodell

Graphik 2 zeigt ein vereinfachtes Schema der Vertriebskanäle von Solarmodule für PV- Anlagen. Vor allem für die grossen Modulhersteller typisch ist die Doppelstruktur mit mehrstufigem Vertriebsweg für Standardprodukte und dem direkten Objektgeschäft bei grossen Anlagen.



Graphik 2: Einfaches Vertriebsmodell der Solarmodule für PV- Anlagen

Der ideale Vertriebsweg für SOLRIF setzt direkt beim Modulhersteller an, der seine Laminate mit SOLRIF statt den normalen Modulrahmen fertigt. Von Anfang an war aber klar, dass für SOLRIF spezielle Aspekte berücksichtigt werden müssen:

- Durch die unterschiedlichen rechtlichen und förderpolitischen Randbedingungen ergeben sich in Europa national sehr unterschiedlich ausgeprägte Märkte.
- PV- Dachintegration ist ausserhalb der Schweiz und den Niederlanden noch wenig verbreitet. Vorbehalte dagegen sind vor allem in Deutschland vorhanden.

Aus diesen Gründen ist für die internationalen Modulhersteller kein zwingender Handlungsbedarf zur pro- aktiven Investition in Systeme wie SOLRIF notwendig.

8.2. Strategie Markteintritt

Aus den unter Kap. 8.1. aufgeführten Gründen war bereits bei Beginn klar, dass für den Markteintritt differenzierte Strategien gewählt werden müssen:

- Direkte Bearbeitung aller Vertriebsstufen um Pionierprojekte für Dachintegration zu finden (Modulhersteller, Gross- und Kleinhändler, Installateure, Planer und Architekten, sowie Bauherren).
- Wegen den unterschiedlichen nationalen Marktsituationen und begrenzten Kapazitäten müssen bis heute länderspezifische Schwerpunkte gesetzt und stufenweise vorgegangen werden. Geplant war folgendes Vorgehen:
  1999: Markteintritt Schweiz
  2000: Markteintritt Deutschland, Pilotprojekte in Frankreich, Dänemark und den Niederlanden.

- Aus dem gleichen Grund erfolgt der Markteintritt nicht in allen Ländern in der gleichen Form. Ursprünglich geplant waren:
  Schweiz: Direkter Vertrieb auf allen Stufen.
  Deutschland und Österreich: Direkter Vertrieb auf allen Stufen, mindestens in der Markteinführungsphase.
  Niederlande und Benelux: Mit Hilfe von ECN via SHELL Solar Niederlande.
  Frankreich und Spanien: Über Vertriebspartner mit Kenntnis der lokalen Gegebenheiten und Sprachkenntnissen.
  Nordische Länder: Direkter Vertrieb mindestens in der Markteinführungsphase.
  Übersee: Situatives Vorgehen, da diese Gebiete nicht in der Lizenzvereinbarung enthalten sind.

8.3. Stand Markteinführung Deutschland

Spätestens seit dem Inkrafttreten des Gesetzes zur Einspeisevergütung hat in Deutschland eine starke Marktdynamik eingesetzt und teilweise zu unerwarteten Situationen geführt.
Die Lieferengpässe der Modulhersteller absorbierten fast überall personelle Kapazitäten, wodurch sich bei verschiedenen interessierten Importeuren und Modulherstellern die Evaluation von SOLRIF um mindestens 6 Monate bis in den Spätherbst 2000 verzögerte. Damit erhielt die direkte Lieferungen an Installateure und unabhängige Händler während den letzten Monaten eine relativ grosse Bedeutung. Trotzdem haben bis heute bereits zwei Modulimporteure Produktvarianten mit SOLRIF in ihr Angebot aufgenommen (Biohaus PV- Handels GmbH mit Isofoton- Modulen, Krannich Solartechnik mit Atersa- Modulen). Zudem werden zur Zeit bei weiteren Grosshändlern Musterinstallationen von SOLRIF evaluiert. Von den deutschen Modulherstellern haben bisher drei Firmen kleine Musterinstallationen zur Evaluation (Solar Fabrik, Solarwatt für ASE- Module und IBC) angefordert.

8.4. Stand Markteinführung ausserhalb Deutschland

18 Monate nach dem Start der Markteinführung in der Schweiz mit dem Projekt ABZ in Zürich Wollishofen gibt es bereits einige etablierte Vertriebskanäle sowie verschiedene verbindliche Kontakte, jedoch noch wenig Umsatz.

- Schweiz: Vertrieb sowohl direkt an Installateure (Kottmann), Planer (Enecolo AG) als auch via Modulhändler (Holinger Solar AG, Solarmarkt Schöftland).
  Wegen der politischen Situation konnten im Jahre 2000 nur Anlagen mittlerer Grösse (10 – 15 kW) mit SOLRIF realisiert werden. Damit konnte in 2000 nur 60 % der Menge von 1999 abgesetzt werden (siehe Graphik 3).
- Die geplanten Pilotprojekte in Dänemark und den Niederlanden konnten bisher nicht realisiert werden. Allerdings ist für die Niederlande für das erste Quartal 2001 eine kleine Anlage in Planung.
- In Frankreich wird bis Ende 2000 ein 10 kW Projekt mit EU Unterstützung in Savoyen erstellt sein.
- Übersee: kein Absatz bis Ende 2000

Vertraglich konnten bisher folgende Vertriebskanäle gesichert werden:

- Frankreich: Exklusivvertretung durch Sunwatt Bio, Chêne- Bourg, CH.
- Australien: Exklusivvertretung durch Hr. Ch. Studer, Sydney.

8.5. Marketinginstrumente

Die Marktbearbeitung konzentrierte sich bisher auf die Schweiz und speziell auch auf Deutschland. Folgende Marketinginstrumente gelangten bisher zum Einsatz:

- Produktinformation: professioneller 2-seitiger Produktprospekt in vierfarbigem Offsetdruck (in dt. und engl.); bisherige Auflage total ca. 15'000 Stück (siehe Anhang Kap. 14.6.).
- Produktdokumentation: halb professionelle 12- seitige Informationsbroschüre in Laserdruck.
- Direktversand Produktinformation an einschlägige Adressen (ca. 700 Stück) mit hohem Rücklauf (12 %) für zusätzliche Informationen
- Inserat in Zeitschrift Photon mit relativ enttäuschendem Rücklauf
- Artikel und Pressemeldungen in verschiedenen Zeitschriften und Zeitungen in Deutschland und der Schweiz
- Einlage der Produktinformation SOLRIF in DGS-Leitfaden „Photovoltaische Anlagen", Oktober 2000, 1. Auflage 2500

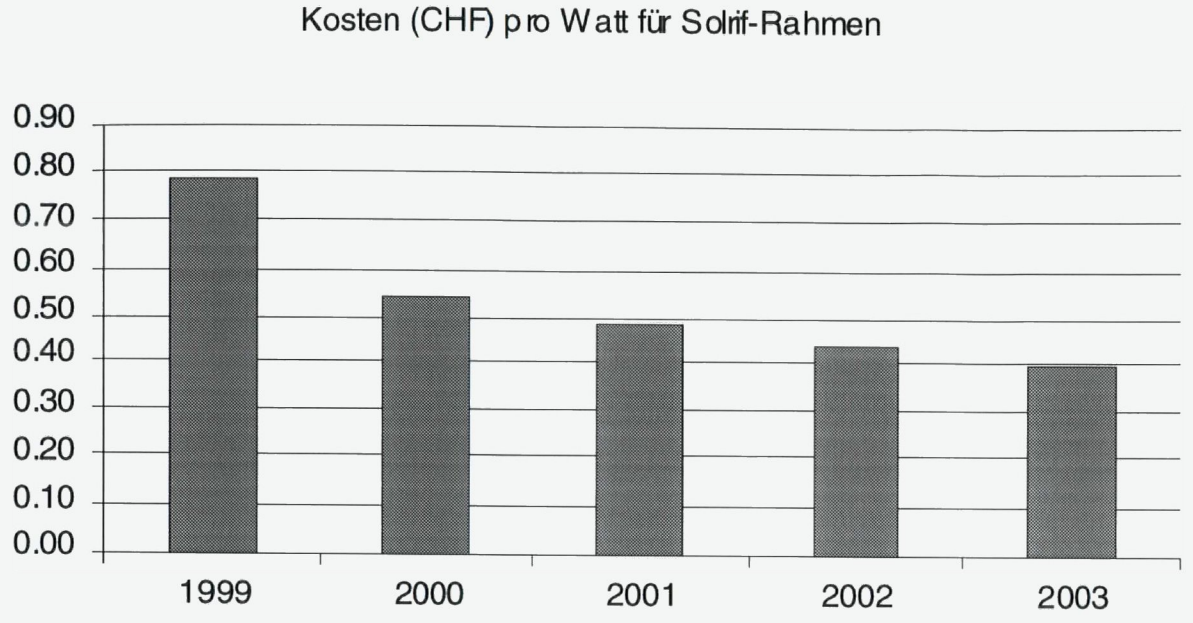
- Posterpräsenz an folgenden Veranstaltungen:
  - Nationale Photovoltaik- Tagung 1999, Zürich
  - Symposium Photovoltaische Solarenergie 2000, Staffelstein, DE
  - Teilnahme am Designwettbewerb der IEA anlässlich der 16. PVSEC in Glasgow, Mai 2000

- Standpräsenz an folgenden Veranstaltungen:
  - Swissbau 2000, Basel
  - Europäische Photovoltaik- Konferenz 2000, Glasgow, UK
  - Intersolar 2000, Freiburg i.B., DE
  - Nationale Photovoltaik- Tagung 2000, Neuchâtel

- Neue elektronische Medien:
  Bisher wurden keine speziellen Anwendungen realisiert. Informationen zu SOLRIF können auf folgenden Websites gefunden werden:
  - www.enecolo.ch
  - www.schweizer-metallbau.ch
  - www.holinger-solar.ch
  - www.biohaus.de
  - www.krannich-solartechnik.de

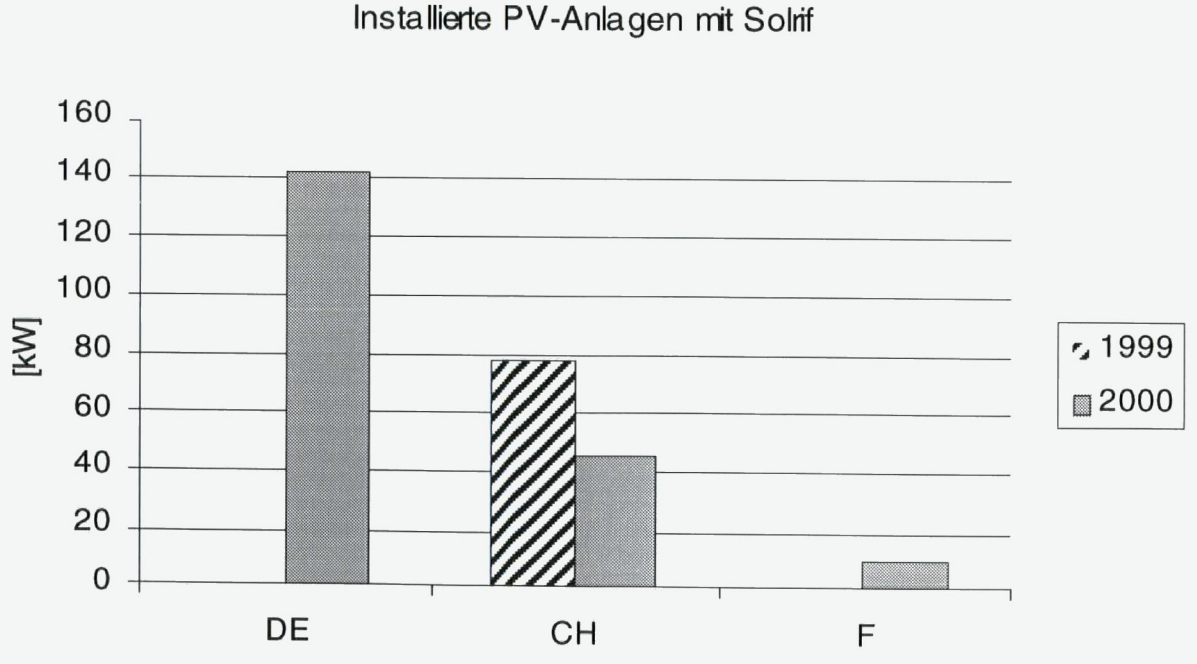
8.6. Preise

Signifikant sind die Trends zu grösseren Modulen und zu grösseren Bestellmengen pro Auftrag. Das wiederum hat einen stark sinkenden durchschnittlichen spezifischen Preis pro Wp für das Rahmensystem und damit eine bessere Kosteneffizienz zur Folge (siehe Graphik 3).



Graphik 3: Erwartete Kosteneffizienz gemessen in Fr./Wp für SOLRIF (bei gleichbleibenden Kostensätzen für Material und Produktionseinheiten)

8.7. Umsatzentwicklung



Graphik 4: Bisherige Umsatzentwicklung von SOLRIF (1999 – 2000)

9. Marktanforderungen

Die Marktanforderungen resultieren aufgrund den Erfahrungen aus über 10 Installation (inkl. Deutschland) und diversen Diskussionen mit Modulherstellern und Dachdeckern.

9.1. SOLRIF- Profile

9.1.1. Dickere Laminate

SOLRIF in der aktuellen Variante ist für Laminate bis maximal 5 mm Dicke geeignet. Damit können Produkte wichtiger Hersteller nicht (Kyocera) oder nur mit einem „Trick" (Siemens) mit SOLRIF kombiniert werden. Weiter sind auch alle Glas- Glas Module, wie sie vor allem bei Dünnschichtzellen verwendet werden, nicht mit SOLRIF kombinierbar. Zu erwarten ist auch, dass mit dem Trend zu grösseren Modulen weitere Hersteller zu dickeren Gläsern übergehen werden.

9.1.2. Glasrandnahe Junction- Box

SOLRIF benötigt umlaufend 14 mm freien Glasrand für die mechanische Einfassung. Einige Standardprodukte erfüllen dieses Kriterium nicht (z.B. BP585, Solar Fabrik SF115, Atersa A-75/85, Atersa A-120, Solarex MSX 120). Mit einer Zusatzfräsung im Profilrand kann dieses Problem gelöst werden, führt aber zu höheren Produktionskosten.

9.1.3. Oberflächenqualität und Farbe

Das bestehende Profilsystem wird bezüglich der Oberflächenqualität in zwei Versionen angeboten, Aluminium roh oder lackiert mit Farbe nach Wahl innerhalb des RAL- Farbcodes. Auf Grund des Preisdrucks wird zum grossen Teil Aluminium roh nachgefragt. Das Bedürfnis nach einer architektonisch perfekten Integration ist vor allem in Deutschland nicht zu beobachten. Es stellt sich die Frage, ob für ein langfristig besseres Erscheinungsbild in Zukunft an Stelle von Alu roh die Qualität „farblos eloxiert" angeboten werden sollte. Für den Einsatz in Küstennähe (NL) wird das möglicherweise auch direkt vom Markt gefordert werden.

9.2. Zusatzprodukte

9.2.1. Montagebügel

Für grosse Module hat der Markt verstärkte Bügel nachgefragt. Damit sind nun Montagebügel für Module bis 1.2 m^2 und über 1.2 m^2 bis ca. 1.6 m^2 verfügbar. Für eine Anlage in der Schweiz mussten spezielle Bügel zur Befestigung der Module direkt am seitlichen Dachrand (Ort) gefertigt werden. Diese Bügel sind aber bisher nicht in das reguläre Angebot aufgenommen worden.

9.2.2. Randprofile

Die Anschlüsse an die reguläre Dacheindeckung sind für entsprechende Fachleute (Dachspengler) technisch kein Problem. Trotzdem wurde auf Grund der ersten Ausführungen klar, dass in diesem Bereich Vereinfachungen erwünscht sind. In der Folge wurde ein seitliches Randprofil entwickelt, das einen definierten Anschluss mit Blech und eventuell auch mit einem Gummiprofil erlaubt (siehe Bild 41). Dieses Profil wird offiziell ab 2001 in das Angebot aufgenommen werden.

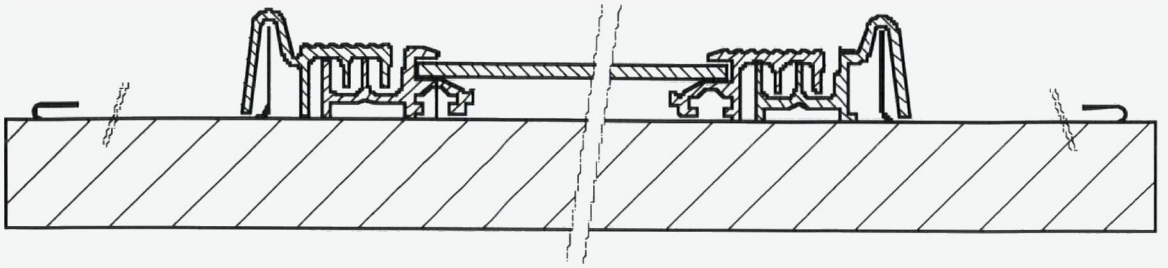


Bild 50: Horizontalschnitt mit vertikalen Randanschlussprofilen und seitlichen Blechanschlüssen.

9.2.3. Randabschlüsse

Neben den vertikalen Randprofilen wird verstärkt nach kompletten Randabschlusslösungen nachgefragt. Insbesondere in Deutschland, wo die Gewerke anders als in der Schweiz organisiert sind und der Dachspengler in der Regel nicht beigezogen wird, drängen sich solche Zusatzangebote auf. Allerdings ist wegen den unklaren Tendenzen bei der Entwicklung der Vertriebskanäle noch nicht klar, in welchem Masse solche Zusatzprodukte in das Angebot aufgenommen werden oder dann direkt vom Händler lokal organisiert werden sollten.

10. Schlussfolgerungen

Die nachfolgenden Schlussfolgerungen wiedergeben grösstenteils den Berichtinhalt, sind aber zum Teil individuell durch die Autoren geprägt.

10.1. Systementwicklung

Das Profildesign wurde einmal überarbeitet und überzeugt heute durch ein Materialsparendes und schlankes Design. Diese Entwicklung (aus Phase 2) wird weiterhin auf dem Markt erhältlich sein und in nächster Zeit nicht überarbeitet. Weiterentwicklungen werden im Zusammenhang mit dickeren Modulen an den Profilen vorgenommen. Es sollten Laminate mit Glasdicken von über 5 mm aufgenommen werden können.

SOLRIF ist im Markt prinzipiell gut beurteilt worden. Es sind verschiedene Konkurrenzsysteme in Deutschland (RegEn), der Schweiz (AluHit) und in den Niederlanden (BOAL) vorhanden. Zumindest in der Schweiz und in Deutschland hat es sich aber gezeigt, dass SOLRIF echte Vorteile aufzuweisen hat. Die Schwachpunkte sind, die noch nicht ausreichende Universalität des Systems, was der Marktausweitung Grenzen setzt. Für Kundensegmente die ein komplettes Angebot inklusive Randanschlüsse erwarten, fehlen wichtige Zusatzkomponenten was eine Markteintrittshürde darstellt.

10.2. Zulassungen und Tests

Zertifizierte Laminate verlieren nach offizieller Regelung bei der Kombination mit einem Rahmensystem wie zum Beispiel SOLRIF die IEC 61215 Norm. Da die Möglichkeit einer Zertifizierung des Systems SOLRIF nicht absehbar ist, bleiben nur die Zertifikaterweiterungen oder Rezertifizierungen der Laminate mit SOLRIF. Das ist jedoch ohne Beteiligung des Modulherstellers aus rechtlichen und finanziellen Gründen nicht durchführbar. Dieser Sachverhalt stellt potentiell ein Risiko für die breitere Marktdurchdringung dar.
Ebenso wird bei einer Marktausweitung eine CE- Zertifizierung notwendig sein. Dazu existieren zwar Verfahrensregeln, die aber relativ kompliziert sind und mehrere Wege offenlassen. Zumindest ist es zum heutigen Zeitpunkt nicht klar, in welchem Zeitrahmen eine solche Zertifizierung möglich ist.
Weitere dienliche Tests wären für Deutschland die Bauortzulassung, welche verfahrenssrechtlich über einem IEC- Zertifikat steht und damit bei einer Ausweitung der IEC 61215 helfen könnte.
In den Niederlanden wird für Dacheindeckungen grossen Wert auf den sog. BDA-Test gelegt, der im Wesentlichen ein Test der Schlagregendichtheit darstellt. Dieser Test ist nur auf dem niederländischen Markt von Bedeutung und relativ teuer.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Weg zu allgemein anerkannten Zulassungen sehr kompliziert und mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Angesichts der geringen direkten Wertschöpfung am System SOLRIF sind sie für den Hersteller nicht tragbar. So werden auch weiterhin nur pragmatische Schritte gemacht werden können.

10.3. Marktumsetzung

Es hat sich gezeigt, dass die Märkte komplexer und fragmentierter sind als erwartet. Enttäuschend war vor allem im Jahre 2000 der Markt in der Schweiz. Die Entwicklung in Deutschland ist an sich sehr positiv, wobei SOLRIF aber nicht davon profitieren konnte, sondern durch die unerwartet hohe Dynamik sogar ausgeschlossen blieb. Für die Entwicklung in Deutschland kam die Markteinführung mindestens 12 Monate zu spät. Trotz dieser Rückschläge konnte im Jahresvergleich ein respektables Wachstum erzielt werden (siehe Graphik 4).

11. Perspektiven

Die Perspektiven sind bezogen auf das Design und Material kurzfristiger Natur. Die Perspektiven bezogen auf den Markt sind langfristiger und auch schwieriger abzuschätzen.

11.1. Systemdesign

Die Notwendigkeit einer zusätzlichen Profilvariante ist entsprechend den Erläuterungen in Kapitel 8.1. offensichtlich, da Siemens und Kyocera 1999 zusammen in Deutschland mehr als 33 % Marktanteile aufwiesen und sich dies im laufenden Jahr kaum verringert hat. Es wird in einer nächsten Weiterentwicklung das SOLRIF Profil neu konstruiert, damit auch Laminate mit einer Dicke von grösser 5 mm verwendet werden können.

Die Erweiterung des Systems mit kompletten Lösungen für Randanschlüsse muss im Zusammenhang der Vertriebskanäle geprüft werden. Unter Umständen ist es sinnvoll, dass für verschiedene Anbieter spezielle Lösungen erarbeitet werden. Eine erste Variante wird im 2001 auf dem Markte erhältlich sein. Es wird dann der Absatz mit dem Aufwand verglichen, um evtl. Anpassungen anzubringen. Das Randprofil ermöglicht dem Spengler oder der Fachperson einfach die Anbindung des Seitenblechs an die Solaranlage. Die Erfahrungen werden in eine eventuelle Weiterentwicklung sicher aufgenommen.

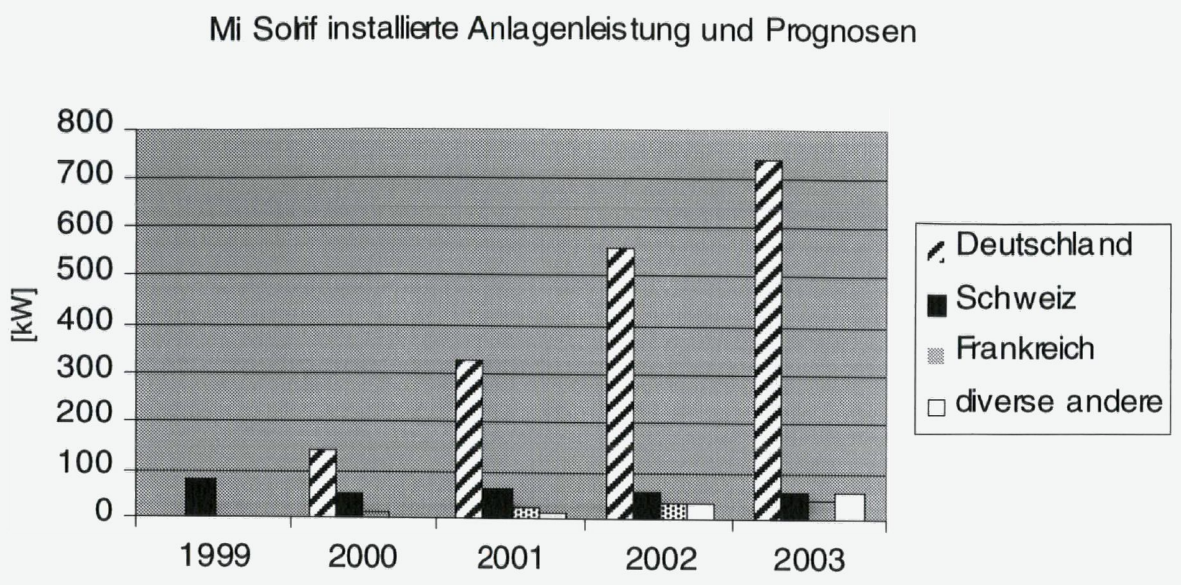
11.2. Material

Das Rahmenmaterial Aluminium hat verschiedene Vorteile: Relativ günstige Werkzeugkosten, einfache Verarbeitung, gute Festigkeitseigenschaften bei geringem Gewicht, nicht brennbar usw. Nicht optimal ist der Energieaufwand für die Herstellung (170 MJ/kg) des Materials und lässt auf den ersten Blick ein grosses Einsparpotential vermuten. Bei eingehender Betrachtung zeigt sich aber, dass alle im Moment bekannten, geeigneten Kunststoffe auf anorganischer Basis noch immer einen Energieinhalt von 40% bis 80% von unrezykliertem Aluminium (PP: 70 MJ/kg, PA66: 150 MJ/kg) enthalten. Ein Ersatz des Aluminium Strangprofiles durch ein Kunststoffprofil muss demnach nicht unbedingt zu einer besseren Lösung führen. Vielleicht kann durch den gezielten Einsatz von Aluminium mit hohem Rezyklieranteil das gleiche Ziel mit geringeren Investitionskosten und Energieaufwand erreicht werden.

11.3. Märkte

Allgemein: Der Markt für das System SOLRIF wird primär von der Förderpolitik innerhalb der verschiedenen Märkte abhängen. Dabei können je nach Ausgestaltung positive wie negative Konsequenzen erwachsen. Zum Beispiel ist zu erwarten, dass SOLRIF vom 100'000 Dächer- Programm in Deutschland potentiell profitieren wird, da das Programm auch für kleinere Anlagen auf privaten Gebäuden ausgelegt ist. Andererseits dürften Dachintegrationssysteme in Deutschland von der Einspeisevergütung kaum profitieren, da bei einer möglichst kostengünstigen Stromproduktion die architektonische Gestaltung wenig Stellenwert haben wird. Zusätzlich sind in der Regel keine temperaturbedingten Ertragseinbussen tolerierbar, auch wenn sie wenige Prozente betragen. Dasselbe gilt für Anlagen für die Ökostrombörsen in der Schweiz.

In Deutschland wird ab 2002 der Einfluss der japanischen Anbieter noch stärker spürbar werden, weshalb SOLRIF zu diesem Zeitpunkt mit diesen Produkten kombinierbar sein muss.
In den Niederlanden wird der Markt dank einer generellen Einspeisevergütung ab 2001 an Dynamik gewinnen. Leider haben interne Probleme bei SHELL Niederlande seit Anfang 2000 die seriöse Evaluation von SOLRIF bis heute hinausgezögert.
Auch für Frankreich und für Spanien werde Gesetze für Einspeisevergütungen erwartet. Inwieweit SOLRIF von diesen Märkten profitieren wird, können die Autoren zu diesem Zeitpunkt nicht beurteilen, da die vertieften Kenntnisse über diese Märkte fehlen.
Die Extrapolation der Marktzahlen aus den ersten 18 Monaten führt zu einer Prognose (siehe Graphik 5) die auf Grund der hohen Dynamik der Märkte mit grossen Unsicherheiten behaftet ist und mit entsprechender Vorsicht zu behandeln ist.



Graphik 5: Umsatzprognosen SOLRIF für 2001 bis 2003

12. Publikationen

Alle Publikationen haben das Thema 'SOLRIF Solar Roof Integration Frame' inhaltlich dargestellt.

Autoren	Präsentation	Ort und Datum der Veröffentlichung
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A.Haller	Paper	CISBAT'99 Lausanne, 22.-23. September 1999
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A. Haller	Poster	PV Tagung in Zürich 10. & 11. November 1999
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A. Haller	Jahresbericht	Zuhanden BfE Dez. 1999
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A. Haller	Poster & Paper	PV Konferenz in Staffelstein März 2000
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A. Haller	Poster & Paper	16. Europäische PV Konferenz Glasgow, 1.- 5. Mai 2000
D. Ruoss, P. Toggweiler, A. Haller	Poster	PV Tagung in Neuenburg 7. & 8. November 2000
J. Rasmussen	Diplomarbeit	Zuhanden FH Flensburg, Dez. 2000
D. Ruoss, P. Toggweiler, A. Haller	Schlussbericht	Zuhanden BfE Dez. 2000
D. Ruoss, P. Toggweiler, U. Brügger, A. Haller	Jahresbericht	Zuhanden BfE Dez. 2000

13. Danksagung

Das Projekt SOLRIF wurde finanziell durch das Bundesamt für Energie unterstützt.

Allen involvierten Personen in den Themen Blitzschutz und Zertifizierung wird für Ihre Unterstützung und Mitarbeit gedankt.

14. Anhang

Wie in vorhergehenden Kapiteln erwähnt wird der Hauptteil des erarbeitenden Materials auf der mitgelieferten CD- ROM ersichtlich sein. Dies bringt den grossen Vorteil, dass der Anhang effizienter gestaltet werden kann und zudem auch der Papierverbrauch reduziert wird. Sollten Sie Interesse haben die Bilder oder sonstiges Infomaterial weiter zu verwenden, so bitten wir Sie das Copyright zu beachten.

Bei jeglicher Verwendung des Materials auf der CD- ROM ist zu erwähnen
'Mit Genehmigung Enecolo AG und Ernst Schweizer AG'!

Die folgenden Kapitel sind auf der CD- ROM abgespeichert und zugänglich:

14.1. Poster für Welt PV Konferenz, Juni 1998
14.2. Poster für PV Konferenz in Staffelstein, März 2000

14.4. Poster für 16. Europäische PV Konferenz, Mai 2000

14.7. Anlagenbeispiele und Bilder
14.8. Tests / Auswertungen
14.9. Konstruktionszeichnungen
14.10. Montageanleitung SOLRIF- Rahmen
14.11. Montageanleitung Anlage
14.12. Power Point Präsentation SOLRIF
14.13. Bericht Montage Testanlage ECN
14.14. Blitz- und Potentialschutz Konzept für SOLRIF

14.3. Paper für PV Konferenz in Staffelstein, März 2000

SOLRIF Solar Roof Integration Frame

Ein neues Integrationssystem für Schrägdächer

Enecolo AG
P. Toggweiler, R. Kröni, U. Brügger
Lindhofstr. 52, CH 8617 Mönchaltorf
Tel: ++41 1 / 994 90 01 Fax: ++41 1 / 994 90 05
http: //www.solarstrom.ch Email: info@enecolo.ch

Andreas Haller
Ernst Schweizer AG Metallbau
CH 8908 Hedingen
Tel: ++41 1 / 763 61 11 Fax: ++41 1 / 763 88 51
http://www.schweizer-metallbau Email: info@schweizer-metallbau.ch

1. Projektziele 2000

Das Ziel vom Projekt SOLRIF ist ein einfaches und kostengünstiges Dachintegrationssystem für Schrägdächer anzubieten. Dem Gesamtkonzept liegt dabei das Prinzip eines normalen Dachziegels zugrunde. Gegenüber bisherigen Ansätzen zu Thema PV- Dachziegel kann bei SOLRIF das Standardlaminat eingesetzt werden. Dies und andere Vorteile führen zu einer erheblichen Kostenreduktion bei dachintegrierten PV-Anlagen.
Bei der Umsetzung und Entwicklung des Systems wurde besonders auf die Modularität bzw. die Unabhängigkeit von bestimmten Modulgrössen geachtet. Aus diesem Grund werden Strangpressprofile eingesetzt. Ferner sollen die architektonische Gestaltungsmöglichkeit durch die beliebige Farbgebungen erweitert werden.

Ein weiterer Gesichtspunkt und neben der Systementwicklung ein zweites Hauptziel, ist die Suche nach interessierten Partnern unter den Modulherstellern welche in Zusammenarbeit mit dem Projektteam das ausgearbeitete System in ihre Produktion eingliedern. Hauptaspekt dabei ist der Ersatz des bisherigen Standardrahmens, welcher meistens nur Schutz- aber keine Integrationsfunktion hat. Dadurch verursacht die Dachintegration prinzipiell keine Mehrkosten gegenüber aufgebauten Anlagen.

2. Kurzbeschrieb des Systems

Das neue Montagesystem für Schrägdächer - SOLRIF – wurde basierend auf den bisherigen Erfahrungen und im Hinblick auf minimale Kosten bei optimalen technischen und architektonischen Eigenschaften entwickelt. In den nachfolgenden Bildern ist das System, wie es zur Zeit eingesetzt wird, dargestellt.

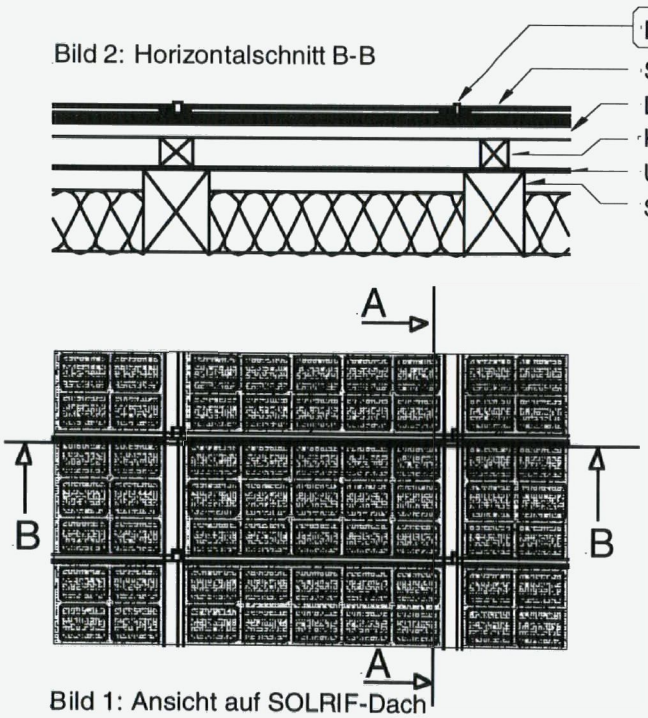


Bild 1: Ansicht auf SOLRIF-Dach

Bild 2: Horizontalschnitt B-B

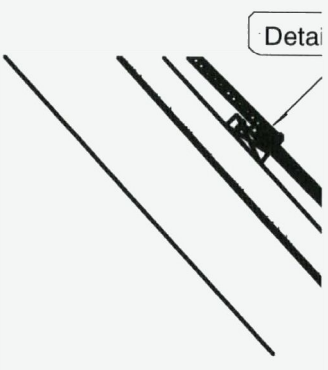


Bild 3: Vertikalschnitt A-A

Bild 4: Detail Horizontalschnitt

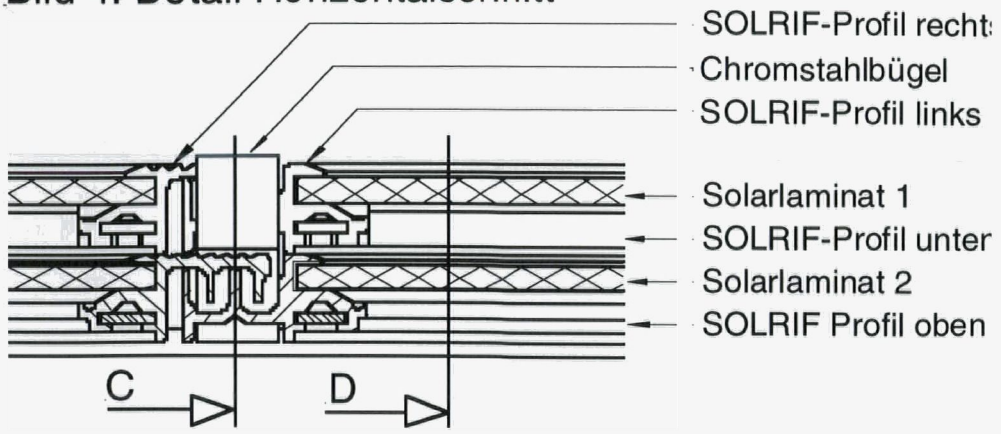
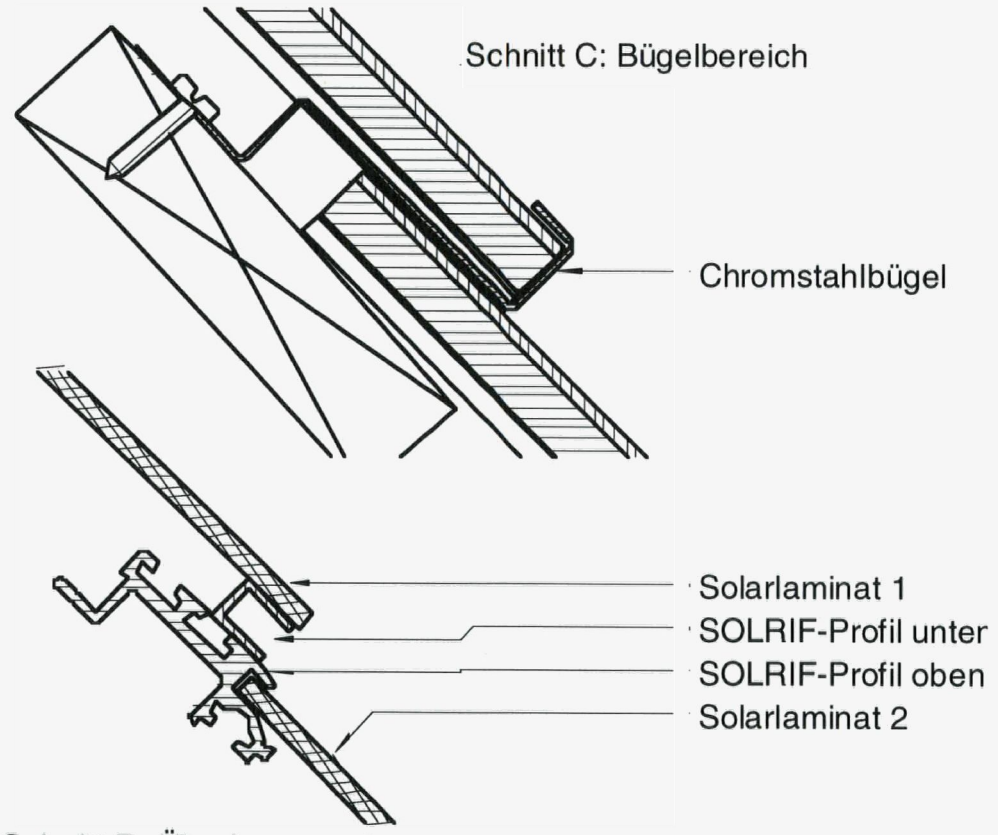


Bild 5: Detail Vertikalschnitt



Schnitt D: Überlappung der Module

Das System besteht aus speziellen Aluminiumprofilen, welche für beliebige Modulgrössen geeignet sind. Die Profile werden auf die vom Laminat vorgegebene Grösse zugeschnitten und wie ein konventioneller Rahmen verwendet. Auf dem Dach werden die SOLRIF-Element direkt auf die Lattung verlegt. Zur Befestigung werden Bügel aus rostfreiem Stahl eingesetzt. Neu wurde gleichzeitig das Problem der Verschmutzung an der unteren Modulkante gelöst, indem dort die Glasoberfläche frei bleibt und kein hinderlicher Rahmen vorsteht. Somit können Schnee, Schmutz und Wasser ungehindert abfliessen. Die Erfahrungen mit den ersten Anlagen, darunter auch einer 50 kW – Anlage, sind durchwegs positiv. Gegenüber den bisherigen Lösungen mit Dachintegration liegen die Kosten wesentlich tiefer. Die Gebäudeintegration von PV- Modulen ist neben den technischen Verbesserungen bei den Zellen selber ein wichtiger Aspekt zur Reduktion der Stromgestehungskosten. Die Ästhetik überzeugt. Durch die beliebige Farbwahl bei den SOLRIF-Profilen ist eine Anpassung an die Farbe der Solarzellen und der umliegenden Dachlandschaft einfach möglich. Die gegenwärtige Ausführung eignet sich für Modulgrösse von 0.5 bis etwa 2.0 m Seitenlänge und 5 mm Dicke. Profile für dickere Module werden auf Anfrage hergestellt.

3. Realisierte Anlagen

Im August 1998 wurde bei der Enecolo AG die erste Testanlage erstellt. Seit Februar 1999 bildet SOLRIF Exponat an der IEA-PVPS-Demosite in Lausanne. Die weiteren Anlagen sind nachfolgend mit Bilder kurz vorgestellt.
Die Testinstallation in den Niederlanden wird etwas ausführlicher beschrieben.



Bild 7: 53 kW-SOLRIF - Anlage der ABZ (Allg. Baugenossenschaft Zürich) an der Marchwartstr. in Zürich.

Mit der Solaranlage wurde das Ziegeldach von sechs Wohnhäusern erneuert. Die Anlage liefert Strom an die ewz Solarstrombörse. Bau und Inbetriebnahme verliefen problemlos und die Anlage gefällt den Quartierbewohnern sehr gut. Sie ist angenehm in die bestehende Bausubstanz integriert. Die Anlage kostete ca. 10 sFr. / Wp komplett installiert.



Bild 8: SOLRIF- Anlage Lindenmatt
Hier wurde eine 11 jährige 5 kWp PV- Anlage mit dem SOLRIF- System renoviert. Zuvor waren konventionell gerahmte Module auf einem Trapezblech installiert. Alle Module wurden ausgemessen. Die mittlere Degradation liegt im Bereiche von 8- 10 %. Die Module waren in einem guten Zustand. An der unteren Modulkante hat sich eine Schmutzschicht gebildet, welche zu Leistungseinbussen führte. Die Reinigung dieser Stelle war mit Wasser und Seife nicht möglich. Der Schmutz musste mechanisch abgeschält werden. Beim System SOLRIF kann dieses Problem nicht auftreten.

Zur Unterstützung bei den Testverfahren und zur Weiterentwicklung wurde eine Zusammenarbeit mit ECN begonnen. Dazu wurde als erster Schritt eine Testanlage bei ECN in Petten, NL installiert.

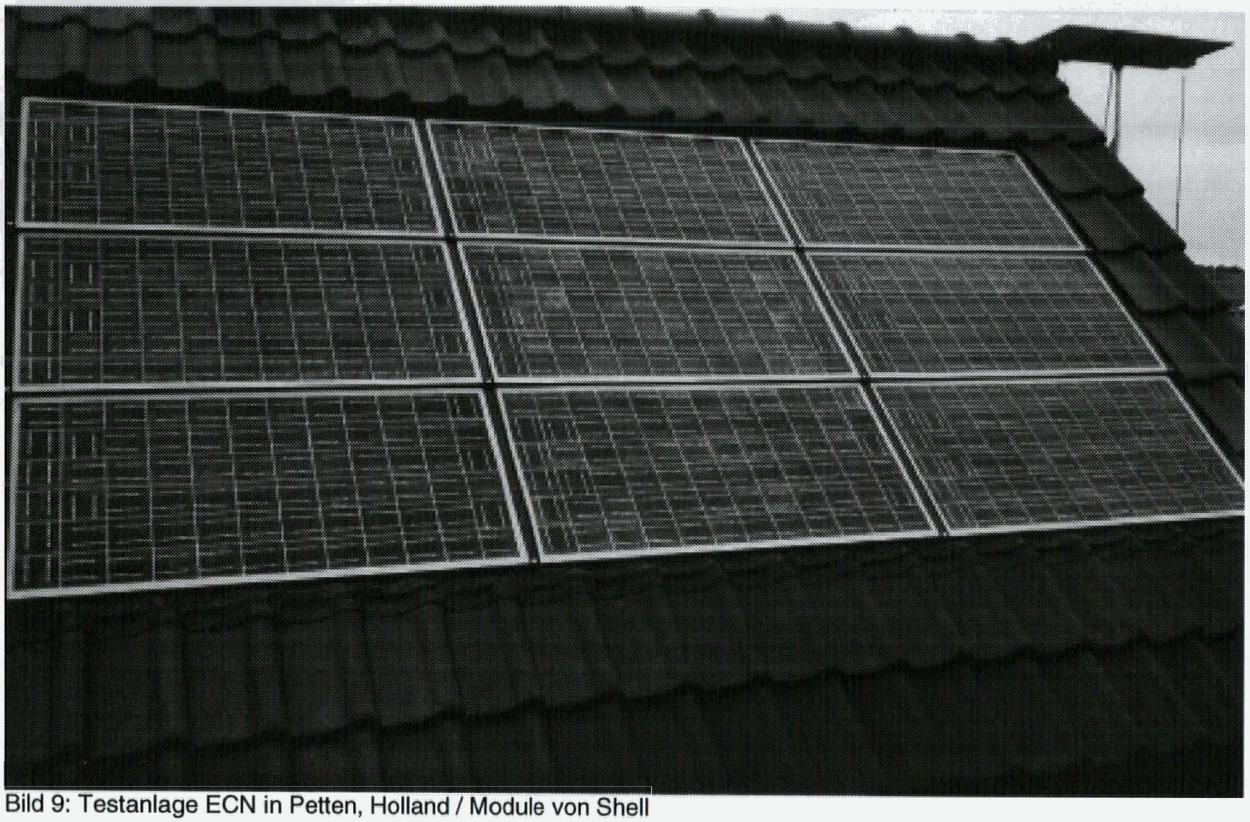


Bild 9: Testanlage ECN in Petten, Holland / Module von Shell

Fachleute von Baufirmen, Shell und ECN haben die Installation begleitet. Es resultierten viele positive Feedbacks. SOLRIF ist einfach anzuwenden, flexibel, günstig und sieht gut aus.

4. Weiterentwicklung

Das System ist anwendungsreif. Die Profile können als Bausatz bei der Firma Ernst Schweizer AG für die gewünschte Modulgrösse bestellt werden. Die Schwerpunkte zur Weiterentwicklung liegen im Bereich Profiloptimierung, Auswertung von Testergebnissen, Anwendungsplanung, Randabschlüsse, Montagesupport, Zertifizierung und Dokumentation. In Prüfung ist auch eine Variante mit Kunststoff.

5. Hinweise

Der Vertrieb von SOLRIF erfolgt durch die Firma Ernst Schweizer AG. Für Deutschland und andere Länder werden noch Vertriebs- und Produktionsfirmen gesucht.

Verschiedene technische Lösungen beim System SOLRIF sind als Patent angemeldet. Ferner wurde das Design zum Schutz angemeldet.

Das Projekt SOLRIF wurde durch Beiträge vom ewz und BFE unterstützt.

14.5. Paper für 16. Europäische PV Konferenz, Mai 2000

SOLRIF Solar Roof Integration System

A new mounting system for PV modules for inclined roof

P.Toggweiler, D.Ruoss, U.Brügger,
Enecolo AG, Lindhofstrasse 52, CH-8617 Mönchaltorf, Switzerland
Phone +41 1 994 90 01, Fax +41 1 994 90 05,
Email: info@enecolo.ch, http://www.solarstrom.ch

A.Haller
Ernst Schweizer AG, Metallbau, CH-8908 Hedingen, Switzerland
Phone +41 1 763 63 80, Fax +41 1 763 63 18
Email: andreas.haller@schweizer-metallbau.ch, http://www.schweizer-metallbau.ch

ABSTRACT: Building integration technologies for photovoltaic systems are, beside cell & module improvements, one of the most important aspects to reduce the price of solar electricity. SOLRIF (Solar Roof Integration Frame), a new mounting system for inclined roof has been developed under consideration of economical, ecological and functional aspects known at the present time. The SOLRIF aluminium profile system is designed for framing almost any kind and brand of PV laminate. Such modules can be mounted like roof tiles or other conventional roofing material resulting in a simple and highly efficient installation. Each element can be mounted or dismounted individually. SOLRIF modules can also be easily combined with traditional roofing materials. Beside integration into the roof the design of the lower edge is remarkable: It allows free drain of water and dust. Thus the problem of soiling along the lower edge of the module is avoided. Several installations with SOLRIF have been realised. The system has proven its excellent performance in all relevant terms such as aesthetics, mounting speed, roofing function, flexibility and cost effectiveness. The SOLRIF changes a standard PV laminate into a roofing material at no additional costs. In order to achieve the high mounting speed, plugs for the electrical interconnection are recommended.
Some minor improvement can be incorporated in future projects. Special attention is given to standard solutions for roofing edges and joints with other roofing materials. In parallel negotiations are taking place with module manufacturers about production and introduction of SOLRIF in their manufacturing line.
Collaboration has been established between Enecolo and ECN (The Netherlands Energy Research Foundation). Main goal will be the further improvement of the system, the test under severe weather conditions and approval testing.
Keywords: Roofing Systems – 1 : Building Integration – 2 : Frame System – 3

1. Introduction

Many years of experience with the design, installation and operation of PV systems have resulted in the conclusion, that especially in the sector of mounting systems for inclined roofs the market requirements are not fulfilled. PV roof integration is one of the most attractive options to reduce cost and material expense in installing solar power plants. Roofs either flat or inclined are usually suitable for possible PV array. No extra land is required. Further it offers architectural and design opportunities for creating individual homes and settlements. The integrated PV generator has two functions: to produce energy and to ensure a waterproof roofing layer. Once the architect or building owner has decided to integrate the PV array into the roof, it becomes the question how to do it. During the past 10 years several systems were launched in order to make good PV roofs. European research programs, IEA activities and national developments supported many new developments. The Demosite at the EPF in Lausanne (CH) (www.demosite.ch) shows most of the available standard systems for BIPV in practice. A comparison of more than 20 different mounting systems is possible at the same place.
In the past years most of the several thousand PV roofs were placed on existing roof cover. Main reasons were the costs. The early roof integration systems were 10 to 50 % more expensive as conventional modules fixed over the roofing layer. The higher costs were caused by use of custom sized laminates, what resulted in a higher product price.

2. Description of SOLRIF

SOLRIF is a new photovoltaic integration system for inclined roofs. This system is suitable for almost any type of inclined roofs in existing or new buildings and meets high esthetical demands too. SOLRIF has been developed under consideration of economical, ecological and functional aspects known at the present time. The unit consists of any type of solar laminate and four specially designed aluminium profiles for framing it. As an option, the profiles are available in any colour for optimal matching to the surroundings and the laminate. PV modules framed with SOLRIF provide watertight roofing comparable to standard clay tiles. SOLRIF modules replace the conventional roof covering with clay tiles, shingles or other materials.

Usually a second roof layer is used creating a ventilation space between SOLRIF and the layer beyond. SOLRIF is suited for an easy adaptation and combination with conventional roofing systems, in case the roof is not being covered completely by SOLRIF modules. The SOLRIF aluminium profile system is independent of the size of the solar laminates and is therefore to be used with different standard laminates.

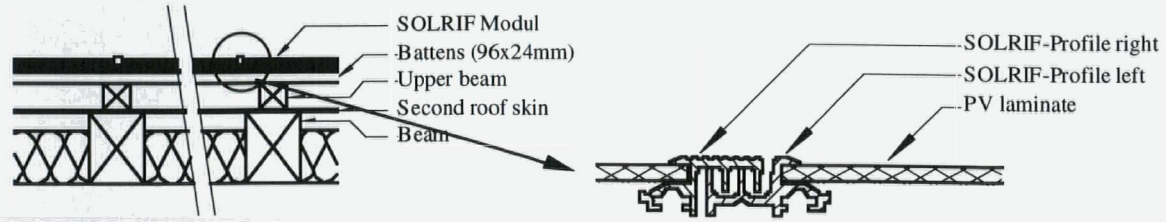


Figure 1: Cut view horizontal

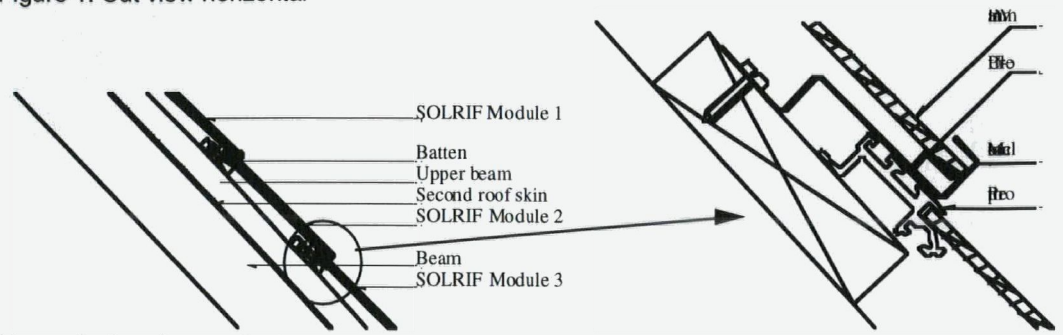
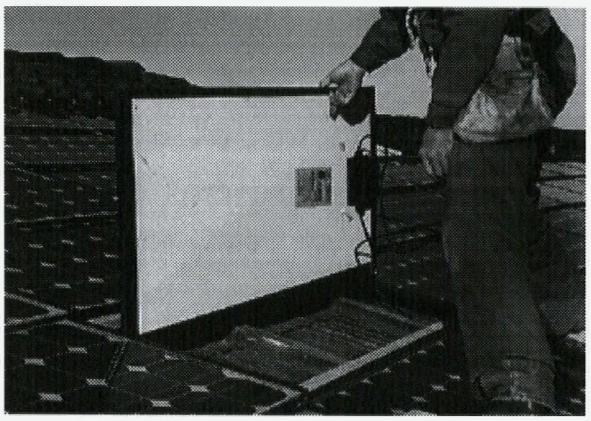


Figure 2: Cut view vertical

Vertically, metal brackets fixed to the roof battens hold down the modules.



The profiles are designed to let snow slide off and soil to be washed away by rain. Sufficient cleaning ability is secured due to the lower frameless edge. Thus the PV modules operate at their full capacity at all times. The SOLRIF modules will be integrated into the roof, no visible off roof distance is resulting. SOLRIF meets a further step towards cost reduction and functional improvement for integration systems.
Typical dimensions of SOLRIF modules:
Length: 0.5 - 2.0 m Width: 0.5 - 2.0 m
Glass thickness: 3- 5mm Roof slope:15° - 90°

SOLRIF will be mounted on the same roof structure as for standard clay tiles or shingles. The battens will be refitted to the dimensions of the SOLRIF modules.

Figure 3: SOLRIF modules can be used like other roofing materials. Each element can be exchanged individually.

3. Lower frame profile

On roofs the modules are usually placed landscape because of better aesthetics. Investigations at PV plants, which were in operation since several years, have shown a soiling problem at the lower edge of the module. (See Figure 4). Moisture, soil and even vegetation are accumulated due to the fact that always water is available. Using standard framing, the water from rain or night condensation is kept at the lower edge for a while.

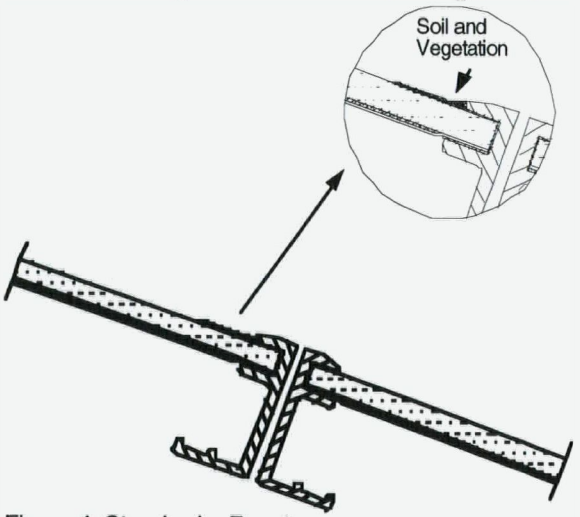


Figure 4: Standard – Framing

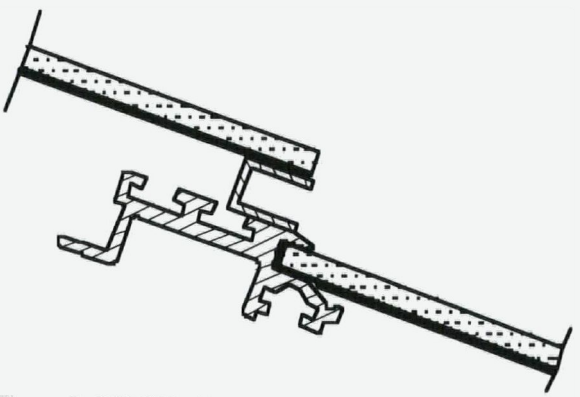
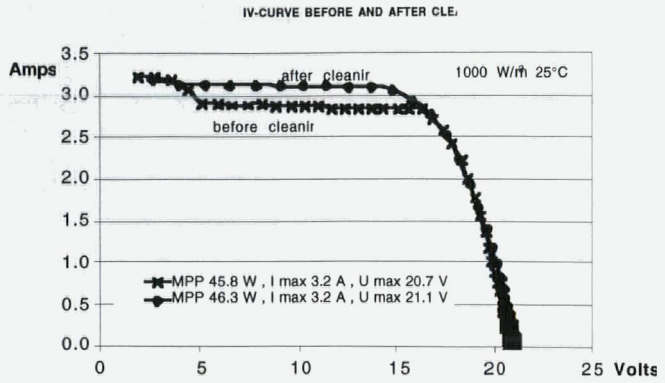


Figure 5: SOLRIF - Framing

In the arrangement as shown in Figure 5 water, soil and snow can drain down without obstacles. The same is valid for unframed modules. A vertical module orientation can solve the problem too. However the aesthetic design recommends often a module in landscape placement.



Depending on the location, kind of soil and cleaning method, the micro vegetation can grow up to a point were severe production losses can happen. Figure 6 shows a measure curve were the enhanced soling along the lower frame is visible.

Figure 6: IV-curve before and after cleaning. The measured modules (Arco M55) have been used for 11 years. They have three rows of cells. One row was partially shaded due to low edge soiling, but because of the special diode arrangement two third of the modules are affected.

4. Realised Examples

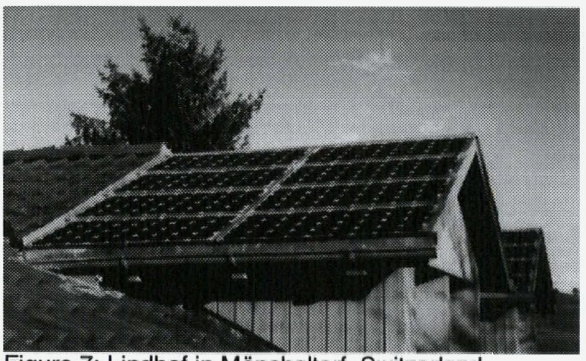


Figure 7: Lindhof in Mönchaltorf, Switzerland
First Installation for Test and Demonstration, 4 kWp, BP585, August 1998

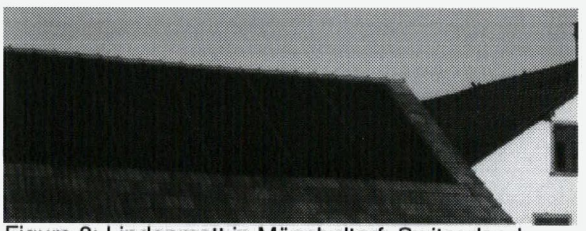


Figure 8: Lindenmatt in Mönchaltorf, Switzerland
An 11year old installation with 110 ARCO/Siemens M55 modules was renovated using SOLRIF, July 1999



Figure 9: Demosite in Lausanne, Switzerland
A pavilion of the IEA PVPS Task7 Demosite at the EPF in Lausanne is equipped with SOLRIF and modules from NESTE, February 1999

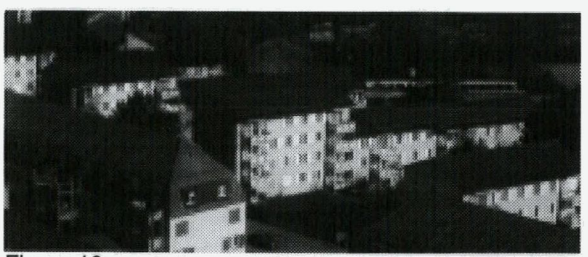
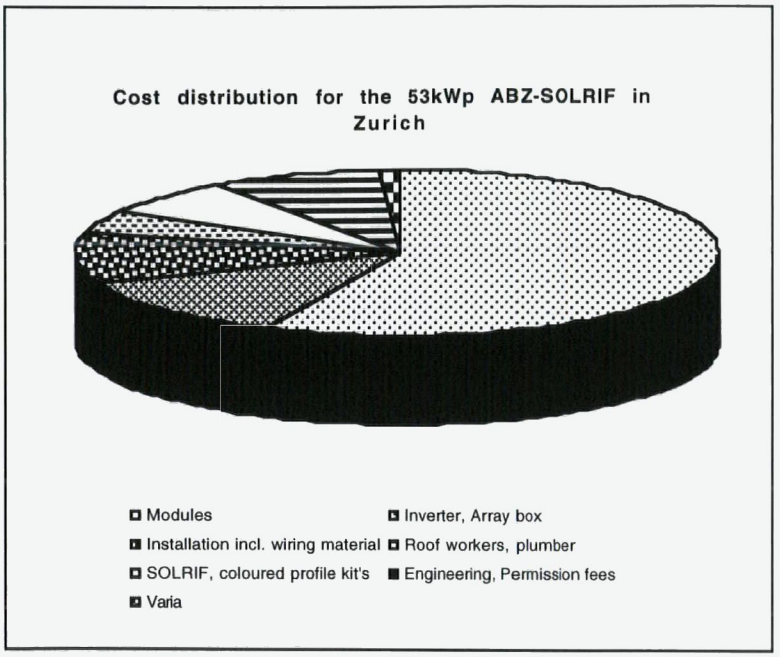


Figure 10

Figure 10: Within the frame of the Solarstock exchange by the power utility of Zurich, a large PV power plant was integrated into the roofs of two apartment houses, using the SOLRIF system. In total 624 BP Solarex 585, framed with the SOLRIF system were installed onto 410m^2 roof. Resulting in a total capacity of 53.04kWp installed power. The houses are built with standard clay tile sloped roofs. The client required for the PV integration, that not the total roofing area was covered with PV, min. 2- 4 rows of tiles should remain at all sides. The part of the roof, which will be covered by the PV laminates, all the tiles were removed. In such a way the installation will give the impression like a picture with a frame. Due to the very easy access to the PV installation and good insight, a perfect integration system was asked by the client. The system should be easy to mount (less construction work), in combination with the existing clay tiles usable and a good appearance should result.



The goal was also to built a cost effective BIPV installation, the power utility of Zurich accepts offer for solar energy of less than 0.70 U$/kWh for their Solarstock exchange, and a perfect appearance, due to the location and the usage of the buildings itself.

Figure 11: Cost distribution for the 53kWp ABZ PV power plant in Zurich

5. Conclusions

- One system for all laminate dimensions and makes
- Saving in cost and materials
- Multi functional frame system for roof integration and laminate protection
- For new buildings and renovation
- SOLRIF modules can be replaced individually
- Sufficient space for cabling
- Long service life and proven recycling
- Free choice of frame colour
- Low profile height allow back side ventilation
- As rainproof as roofing with clay tiles
- Easy and fast installation
- Standard solutions for installing with other roofing material or the roof edges.

6. Outlook & further activities

The results and experience with the installations realised up to now are very positive. Some minor improvements can be incorporated in future projects. Special attention is given standard solutions for roofing edges and joins with other roofing materials. In parallel negotiations are taking place with module manufacturers about production and introduction of SOLRIF in their manufacturing line. Changes in the profile connections are investigated in preparing automated framing and reducing the cost. In future a second version of profiles for modules thickness up to about 7.5 mm shall be available.
Collaboration has been established between Enecolo and ECN (The Netherlands Energy Research Foundation). Main goal will be the further improvement of the system, the test under severe weather conditions and approval testing.

7. Acknowledgements

The project received supports from the Electricity Utility of Zurich (ewz) and the Swiss Federal Office of Energy (BFE).

8. References

[1] SOLRIF Solar Roof Integration Frame
P.Toggweiler, D.Ruoss, U.Brügger, A.Haller
15.Symposium Photovoltaische Solarenergie
D-Staffelstein, 15.-17. March 2000

[2] SOLRIF Solar Roof Integration System
P.Toggweiler, D.Ruoss, U.Brügger, A.Haller
International Solar Energy Conference CISBAT`99
CH-Lausanne, 22-23 September 1999

14.6. Produkteblatt SOLRIF

SOLRIF Photovoltaic Roof Integration System from Schweizer.

SOLRIF in combination with any solar panels forms a sealed roofing layer while generating electricity at the same time, offering a sustainable solution without greenhouse gases and at zero operating costs. This new system is suitable for almost any type of inclined roof in existing or new buildings. Furthermore, it meets high aesthetical demands. The unit consists of any type of PV laminate and four specially designed aluminium profiles for framing it. As an option, the profiles are available in any colour for optimal matching to the surroundings and the laminate. Solar panels framed with Solrif provide watertight roofing comparable to standard clay tiles.

Solrif modules replace the conventional roof covering with clay tiles, shingles or other materials. Solrif modules may also be used to cover inclined roofs completely. The Solrif aluminium profile system is independent of the size of the PV laminates and is therefore suited to all makes of standard laminates.



SOLRIF (Solar Roof Integration Frame):
System description.

Installation of Solrif panels is simple and quick. The sitework complies with standard tile roofing procedures.
The profiles join in a way which allows for sufficient horizontal play (Fig. 1). Vertically the modules are held down by metal stirrups fixed to the roof battens (Fig 2). The concept allows each Solrif module to be removed and replaced individually. The profiles are designed to let snow glide off and grime to be washed away by rain. The PV modules thus operate at their full capacity at all times.

Solrif material inventory
(example for laminate dimension 1200 x 600 mm)

Aluminium: 1567 g

Stainless steel: 68 g

Silicon: <30 ml

Polyester powder coating
(colouring option only): 23 g

Dimensions

Length: 500–2000 mm

Width: 500–2000 mm

Technical requirements

Laminate thickness:
Up to 5 mm: suitable for standard profiles
Above 5mm: with special profiles on request

Roof slope: 15–90°

Roof structure: as for standard tiles or shingles

Solrif advantages at a glance

- One system for all laminate dimensions and makes
- Savings in cost and materials
- Multi functional frame system for roof integration and laminate protection
- For new buildings and renovation
- Suitable for combining with conventional roofing systems
- Solrif modules can be replaced individually
- As rainproof as roofing with clay tiles
- Long service life and proven recycling
- Free choice of frame colour
- Sufficient space for cabling
- Low profile height allow back side ventilation

Technical development by Enecolo AG, supported by the Swiss Federal Office of Energy and the Power Utility of Zurich, Switzerland

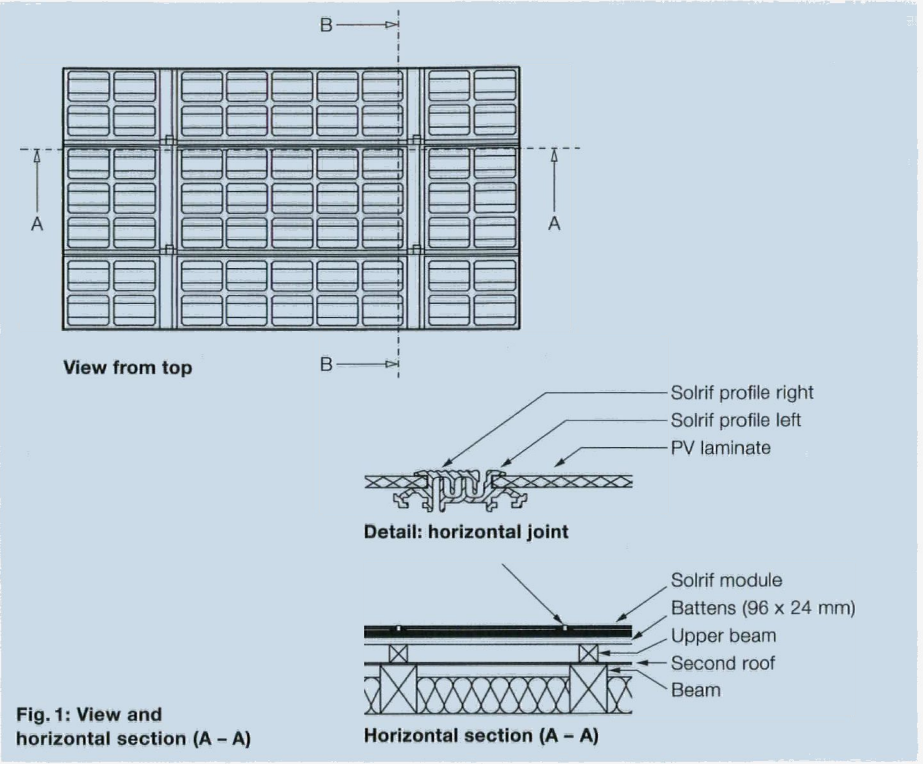


Fig. 1: View and horizontal section (A – A)

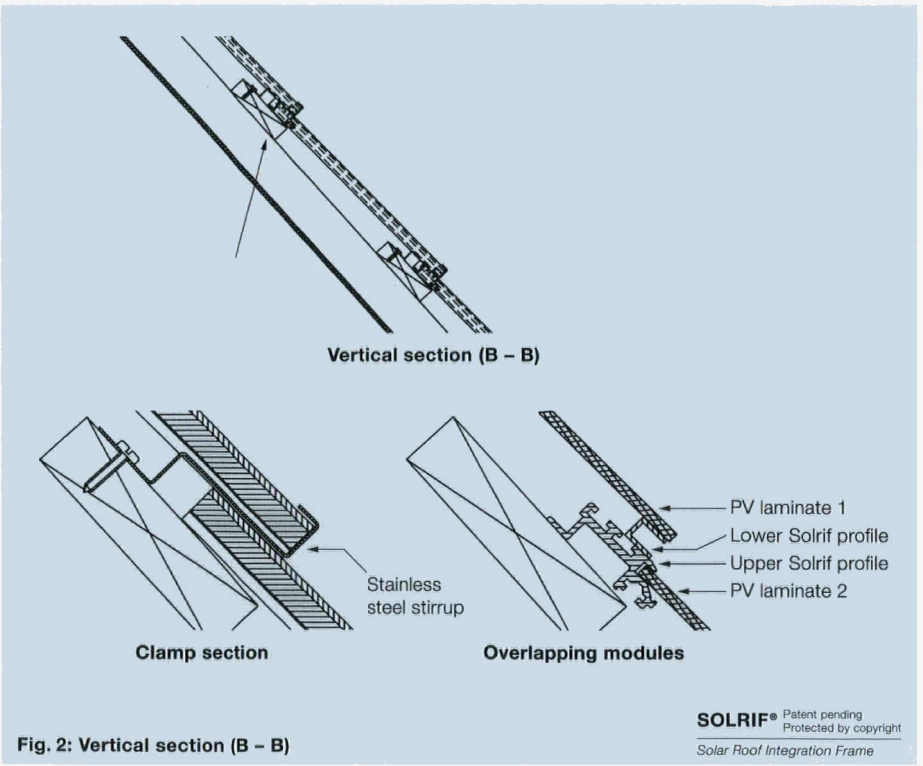


Fig. 2: Vertical section (B – B)

Schweizer

Ernst Schweizer AG
CH-8908 Hedingen
Phone +41 1 763 61 11
Fax +41 1 761 88 51
www.schweizer-metallbau.ch

- **Solar collectors**
- **Transparent heat insulation**
- **Solar wall heating with TIM**
- **Metal construction work**
- **Glass accordion walls**
- **Façades**
- **Metal/Glas façades**
- **Energy Façades**
- **Wood/metal systems**

Technische Änderungen vorbehalten / Me / Ch 390-3