

März 2004

Programm Photovoltaik Ausgabe 2004

Überblicksbericht 2003

ausgearbeitet durch:
NET Nowak Energie & Technologie AG



Titelbild:

5.5 kWp Dachintegration Freestyle® mit Dünnschichtzellenmodulen in Lutry bei Lausanne

(Bildquelle Solstis)

ausgearbeitet durch:

NET Nowak Energie & Technologie AG

Waldweg 8, CH - 1717 St. Ursen (Schweiz)

Tel. +41 (0) 26 494 00 30, Fax. +41 (0) 26 494 00 34, info@netenergy.ch www.netenergy.ch

im Auftrag des:

Bundesamt für Energie BFE

Worbentalstrasse 32, CH - 3062 Ittigen Postadresse: CH - 3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax. 031 323 25 00 office@bfe.admin.ch www.energie-schweiz.ch

PHOTOVOLTAIK

Überblicksbericht Ausgabe 2004

zum Programm 2003

Stefan Nowak

stefan.nowak@netenergy.ch



Industrielle Plasma Depositionsanlage

Unaxis baut eine Plasma Depositionsanlage für die industrielle Herstellung von mikromorphen Solarzellen nach dem am IMT, Universität Neuenburg, entwickelten Konzept. Durch Synergien zu bestehenden Prozessen wird ein rascher Technologietransfer angestrebt.

(Bildquelle Unaxis)

Inhaltsverzeichnis

1.	PROGRAMMSCHWERPUNKTE UND ANVISIERTE ZIELE 2003	4
2.	DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN UND ERREICHTE ERGEBNISSE	5
	ZELL-TECHNOLOGIE	5
	SOLARMODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION	8
	ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK.....	9
	ERGÄNZENDE PROJEKTE UND STUDIEN	11
	INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IEA, IEC, PV-GAP.....	12
3.	NATIONALE ZUSAMMENARBEIT	13
4.	INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT	14
5.	PILOT- UND DEMONSTRATIONSPROJEKTE	14
	EINLEITUNG	14
	EINIGE RESULTATE IM ÜBERBLICK.....	14
	P+D PROJEKTE	16
6.	BEWERTUNG 2003 UND AUSBLICK 2004	24
7.	LISTE DER F+E – PROJEKTE	25
8.	LISTE DER P+D – PROJEKTE.....	28
9.	REFERENZEN	31
10.	FÜR WEITERE INFORMATIONEN.....	32
11.	VERWENDETE ABKÜRZUNGEN (INKL. INTERNETLINKS)	33
12.	WEITERFÜHRENDE INTERNETLINKS	34

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele 2003

Im Jahr 2003 konnten im Programm Photovoltaik (PV) umsetzungsorientierte Tätigkeiten weiter konsolidiert werden. Diese wurden einerseits in neuen Kooperationen mit der Industrie, sowie andererseits in der internationalen Zusammenarbeit intensiviert. Trotz eines stagnierenden nationalen Marktes und den Diskussionen rund um die Zukunft von EnergieSchweiz, ist aus technologischer Sicht ein wachsendes Interesse in der Industrie zu verzeichnen. Damit setzt sich der Aufbau der Industriebasis weiter fort. Das Programm Photovoltaik verfolgte dabei weiterhin eine ausgeprägte internationale Ausrichtung. Laufende Aktivitäten in Forschung und Entwicklung (F+E) sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen (P+D) umfassen im Berichtsjahr 2003 rund 85 Projekte, wobei alle bekannten Projekte mit einer Förderung der öffentlichen Hand berücksichtigt sind. Die Anzahl der Projekte und der Mitteleinsatz liegen in der Grössenordnung des Vorjahres.

Entsprechend dem von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE genehmigten Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003 [90] ist das Programm Photovoltaik in folgende Bereiche gegliedert:

Solarzellen der Zukunft

Die Arbeiten zu **Dünnschicht Solarzellen** waren im Berichtsjahr fokussiert auf die Schwerpunkte **Silizium** (amorph, mikrokristallin), Zellen auf der Basis von **Verbindungshalbleitern** (CIGS) sowie **Farbstoffzellen**. Neue Produktionsprozesse stehen besonders bei den Silizium Dünnschicht Solarzellen im Vordergrund. In allen Technologien fanden die Bestrebungen zur Umsetzung ihre Fortsetzung und neue wichtige Projekte konnten mit privaten Unternehmen konkretisiert werden.

Module und Gebäudeintegration

Die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum bildet weiterhin den wichtigsten Schwerpunkt der angestrebten Anwendungen. Aktuell stehen die Produkte und Erfahrungen mit Dünnschicht Solarzellen in der Gebäudeintegration im Vordergrund. Für Solarmodule werden Optimierungsaspekte in Hinsicht auf eine weitere Kostenreduktion sowie neue industrielle Verfahren untersucht.

Elektrische Systemtechnik

Die **Qualitätssicherung** von Photovoltaikmodulen, von Wechselrichtern und von gesamten Systemen ist, zusammen mit **Langzeitbeobachtungen** an diesen Komponenten, für die Praxis von anhaltender Bedeutung. Langjährige Messreihen und die vermehrte Analyse von Fehlverhalten der einzelnen Komponenten sollen in Hinsicht auf kritische Parameter und die Erhöhung der Lebensdauer genutzt werden. Die bessere Vorhersage des **Energieertrags** von Solarmodulen ist ein Ziel, welches im Berichtsjahr mit Nachdruck verfolgt wurde. Die **Normen** für die Installation von netzgekoppelten PV Anlagen standen für eine überfällige Überarbeitung an. Für **Inselanlagen** sind Speicherkonzepte und die Kombination mit anderen Energietechnologien von Bedeutung.

Ergänzende Projekte und Studien

In diesem Bereich werden u.a. Fragen im Zusammenhang mit **Umweltaspekten** der Photovoltaik behandelt. Im Weiteren werden hier Projekte verfolgt, welche für allgemeine Konzepte, die Planung und den Anlagenbetrieb moderne **Hilfsmittel** bereitstellen. Neuste Technologien des Internets, Computermodelle und Bildverarbeitung bis hin zur Satellitenkommunikation gelangen dabei zum Einsatz. Für Anwendungen in **Entwicklungsländern** sind dagegen nicht-technische Aspekte von grösster Bedeutung.

Institutionelle internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit bildet ein zentrales Standbein in allen Bereichen. Der Anschluss an die internationale Entwicklung sowie ein intensivierter Informationsaustausch war im Berichtsjahr ein wichtiges Ziel, welches im Rahmen der internationalen Programme der **EU** sowie der **IEA** mit Kontinuität weiterverfolgt wurde. Die erfolgreiche internationale Zusammenarbeit konnte im Berichtsjahr weiter ausgebaut werden. Damit ist in wissenschaftlich-technischer Hinsicht ein guter Anschluss der Schweizer Photovoltaik an die internationale Entwicklung gewährleistet.

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

ZELL-TECHNOLOGIE

Die **grosse Bandbreite der Schweizer Solarzellenforschung** konnte im Berichtsjahr 2003 dank der breiten Abstützung dieser Forschung mit Erfolg fortgesetzt werden. Verschiedene Grundlagenorientierte Arbeiten wurden im Programm *TOP NANO 21* des ETH-Rates durchgeführt. Andererseits wurden die Industrie-Projekte mit Unterstützung der KTI praxisorientiert weiterverfolgt. Der anhaltende Erfolg mit der Beteiligung an EU-Projekten belegt die internationale Konkurrenzfähigkeit der Schweizer Solarzellenforschung.

Dünnschicht Silizium

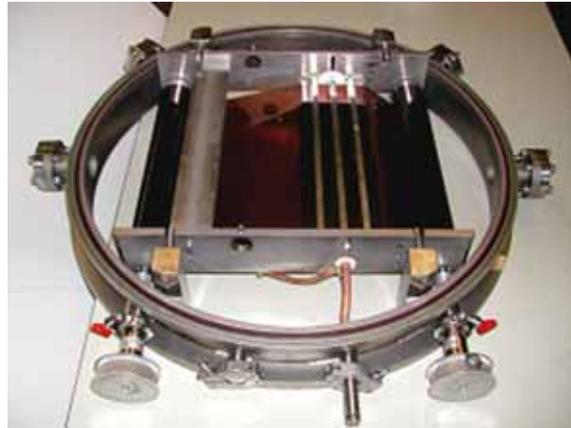
Das IMT an der Universität Neuenburg verfolgte im Berichtsjahr eine neue Projektphase bei den **mikromorphen Solarzellen** [1], welche in verschiedener Hinsicht als Übergangsphase betrachtet werden kann: Übergang einerseits in eine wichtige Kooperation mit der Firma Unaxis, welche mit einer eigenen Geschäftseinheit *Unaxis solar* in Neuchâtel ein Industrielabor für Depositionsanlagen von Solarzellen aufbaut [91]; Übergang aber auch in Bezug auf den damit verbundenen Personalwechsel, welcher zudem durch die Berufung des Nachfolgers von Prof. A. Shah, Leiter der Forschungsgruppe, gekennzeichnet war; Übergang letztlich, was die kurz- und mittelfristige Ausrichtung der Forschung anbetrifft. Im Vordergrund der Arbeiten im Rahmen des BFE-Projektes stehen die Schlüsselfaktoren, welche die Führungsposition des IMT im wissenschaftlichen Umfeld des Dünnschichtsiliziums prägen. Dies betrifft die Depositionsgeschwindigkeit des mikrokristallinen Siliziums, die optische Absorption dieses Materials, sowie die transparenten Oxydschichten (TCO) zur optimalen Lichtstreuung. Die Kooperation mit der Spin-off Firma VHF Technologies wurde in Hinsicht auf Solarzellen auf Kunststoff intensiviert. Die Resultate in den einzelnen Arbeitsbereichen können wie folgt zusammengefasst werden: Die Abscheiderate von mikrokristallinem Silizium in Solarzellenqualität konnte auf über 2.5nm/s erhöht werden, Einfachzellen aus mikrokristallem Silizium auf Glas erreichten bei moderaten Depositionsraten 7% Wirkungsgrad. Auf dem Kunststoff PET wurde für amorphes Silizium 7%, für mikrokristallines Silizium 5.2% Wirkungsgrad erreicht (n-i-p Einfachzellen), was für diese neue Materialkombination als ermutigend erachtet werden kann. Dabei kamen neue Konzepte zur Strukturierung des Substrates zur Anwendung. Mehr grundlagenorientiert wurde das Wachstum und die Struktur von mikrokristallinem Silizium untersucht; diese Arbeiten wurden an der 3rd World Conference on Photovoltaics in Osaka ausgezeichnet [92]. Das EU-Projekt **DOIT** [2] zu weiteren Arbeiten an den mikromorphen Solarzellen wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Hier war das Gesamtziel ein mikromorphes Klein-Modul von 30x30 cm² mit einem stabilen Wirkungsgrad von 11%; die Hauptaufgabe des IMT bestand in diesem Zusammenhang in der Verwendung der VHF-Deposition für die grossflächige Abscheidung. Im Berichtsjahr zeigten sich im Reaktor Probleme, welche auf Sauerstoffkontamination zurückgeführt werden konnten und grosse Verzögerungen verursachten. Die Meilensteine von 7 bis 8% konnten deshalb noch nicht erreicht werden und es liegt ein bestes Zwischenresultat von 5.3% vor. Als Gesamtziel wurde ein stabiler Wirkungsgrad von 10% erreicht.

Im Industrieprojekt mit Unaxis sollen die KAI-Depositionsanlagen, welche für die Produktion von grossflächigen Flachbildschirmen zum Einsatz kommen (Fig. 1), in Hinsicht auf mikromorphe Solarzellen optimiert werden. Dies stellt ein sehr ambitioniertes Industrieprojekt dar, welches die Herstellung von Dünnschicht solarzellen revolutionieren könnte.

Das KTI-Projekt zwischen dem CRPP an der EPFL, dem IMT und Unaxis einer **grossflächigen, schnellen Beschichtungsanlage** [3] für Silizium-Dünnschichtsolarzellen wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. In einem Einkammersystem von 1.4 x 0.7 m² Fläche konnten alle Projektziele im Zusammenhang mit einer stabilen amorphen p-i-n Solarzelle bei einer Depositionsrate von 3 Å/s erreicht werden. Dieses KTI-Projekt ist ebenfalls ein wichtiges Element des oben aufgeführten Technologietransfers zu Unaxis.



Figur 1: Industrielle Plasma KAI-Depositionsanlage (Bildquelle Unaxis)



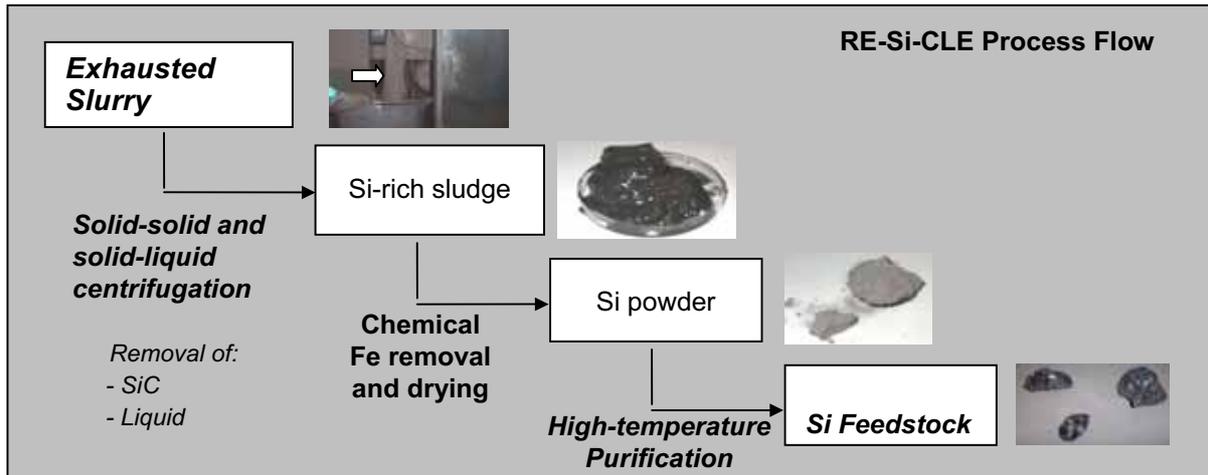
Figur 2: Versuchsanlage zur Aufrauhen von Polyimidfolien (Bildquelle EIAJ)

Das Projekt für den effizienten Lichteinfang durch gezieltes **Aufrauen von Polymer Substraten** [4] an der Fachhochschule in Le Locle (EIAJ) wurde im Berichtsjahr in Zusammenarbeit mit VHF Technologies abgeschlossen. Reaktives Ionenätzen mit SF₆/O₂ in einem roll-to-roll Prozess soll das Substrat so aufrauen (Fig. 2), dass durch Lichteinfang eine Erhöhung des Wirkungsgrades der amorphen Solarzellen erreicht wird. Die Rauigkeit der Polyimidsubstrate konnte gezielt verändert werden und der Wirkungsgrad damit um 10% erhöht werden. Auf diesem modifizierten Substrat konnte am IMT mit amorphem Silizium ein Anfangswirkungsgrad von 6.9% erreicht werden. In einem *TOP NANO 21* Projekt wurde in Zusammenarbeit mit VHF-Technologies die Herstellung zufälliger **Nanostrukturen auf Polymer Substraten** [5] für den Lichteinfang untersucht. Dies soll durch reaktives Ionenätzen und Aluminiumdeposition erzielt werden. Die Experimente wurden mit amorphen und nanokristallinen Siliziumschichten durchgeführt. Es konnten grundlegende Untersuchungen zur Diffusion von Aluminium und Aluminium induzierten Kristallisationsprozessen durchgeführt werden.

Ein neues Projekt bei VHF-Technologies [6] hat die Verbesserung **der Zuverlässigkeit von amorphen Solarzellen auf Polymer Substraten** zum Ziel. Dabei soll insbesondere die Adhäsion des metallischen Rückkontaktes auf Polyimid verbessert werden. Durch die gezielte Prozessoptimierung konnte in kurzer Zeit eine deutliche Verbesserung dieser Adhäsion und damit verbunden ein verbessertes Verhalten bei thermischen Zyklen erreicht werden.

Kristallines Silizium

HCT Shaping Systems beteiligt sich am EU-Projekt **RE-SI-CLE** [7] zur Erarbeitung von neuen Prozessen, welche die Rezyklierung von Rohsilizium aus Siliziumabfällen der Verarbeitungskette für die Wiederverwendung im Produktionsprozess anstrebt. Dies erfolgt auf der Grundlage des knappen Rohmaterials für kristalline Silizium Solarzellen: Gegenwärtig gehen 34% des Siliziums für multikristalline Zellen im Produktionsprozess in Form von Siliziumpulver verloren. Dies entspricht 5.1 Tonnen Silizium pro MWp Modulproduktion. Aufgrund der Charakterisierung des beim Drahtsägen anfallenden Sägeschlammes werden geeignete mechanische und chemische Extraktionstechnologien identifiziert und entwickelt (Fig 3).



Figur 3: Prozesskette zur Rezyklierung von Silizium (Bildquelle HCT Shaping Systems)

II-VI Verbindungen (CIGS)

Die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ hat über Jahre EU-Projekte zum Thema Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern (CIGS, CdTe) durchgeführt. Das EU-Projekt **PROCIS** [8] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. In diesem Projekt wurden produktionsrelevante Aspekte für CIGS-Zellen auf grösserer Fläche entwickelt. Die ETHZ Gruppe untersuchte dabei die Wachstumskinetik und die Mikrostruktur der CIGS Schichten in Bezug auf den Einfluss von Natrium, welches die Materialeigenschaften günstig beeinflusst. Mittels unterschiedlichen Vakuumprozessen wurden CIGS Solarzellen mit Pufferschichten hergestellt. Die Verwendung von nasschemischen Prozessen für eine CdS Pufferschicht (14-15% Wirkungsgrad) ist jedoch den aufgedampften Schichten deutlich überlegen (10-12% Wirkungsgrad). Ebenso wurden mit ZnS und ZnSe Schichten weniger gute Resultate erzielt (ca. 9% Wirkungsgrad). Im EU-Projekt **NEBULES** [9] wird das Thema neuer Pufferschichten für CIGS Solarzellen weiter entwickelt. Hier konzentriert sich die ETHZ Gruppe auf die strukturelle und elektronische Charakterisierung der Solarzellen. Zum Einen erlauben die durchgeführten Untersuchungen ein besseres Verständnis der Grenzflächen und damit der Unterschiede zwischen den verschiedenen obenerwähnten Verfahren. Zum Anderen werden neue Pufferschichten mit In_2S_3 untersucht. Damit konnten die Projektpartner 16.4% Wirkungsgrad erzielen. Im EU-Projekt **METAFLEX** [10] soll ein roll-to-roll Produktionsprozess für flexible CIGS Solarzellen entwickelt werden. Dabei konzentriert sich die ETHZ Gruppe auf die CIGS Deposition auf Polyimid, Minimodule und die CIGS Abscheidung bei Temperaturen unter 450 °C. Im Berichtsjahr stand die Herstellung des Polyimid Substrates durch *spin coating* im Vordergrund. Bei der CIGS Deposition wird aufgrund der Erfahrungen auf anderen Substraten Natrium eingebaut, wobei dazu eine spezielle Methode entwickelt wird. Es wurden bisher Wirkungsgrade bis zu 14.4% erzielt.

In einem Projekt im Rahmen von *TOP NANO 21* wurden neue Herstellungsprozesse für CIGS-Zellen auf der Grundlage von **Nanomaterialien** angestrebt [11]. Durch die Verwendung geeigneter *Precursor* Schichten in Prozessen ohne Vakuum kann eine Kostenreduktion erreicht werden. Die *Precursor* Schicht wird in einer Selenhaltigen Atmosphäre gesintert. Im Berichtsjahr wurde in der Strom-Spannungs-Kennlinie ein Wirkungsgrad von 6.7% erreicht.

Farbstoffzellen

Die Entwicklung von farbstoffsensibilisierten, **nanokristallinen Solarzellen** [12] wurde am ICMB der EPFL fortgesetzt. Im Berichtsjahr wurde die Farbstoffsynthese in Hinsicht auf den möglichen Temperaturbereich vorangetrieben. Zusammen mit Greatcell Solar werden in einem *TOP NANO 21* Projekt [13] **Innenraum-Anwendungen** der Farbstoffzelle entwickelt. Ein weiteres *TOP NANO 21* Projekt befasst sich mit **flexiblen Farbstoffzellen** [14]. Im Vordergrund stehen als Substrat rostfreie Stahlfolien.

Im EU-Projekt **NANOMAX** [15] sollen alternative Wege für die Farbstoff Solarzelle untersucht werden, insbesondere mittels neuen Photoelektroden Konzepten und Materialien, neuen Farbstoffen, verbesserten Transporteigenschaften und reduzierter Rekombination der Ladungsträger. Damit werden Wirkungsgrade von 12%, eine mögliche Extrapolation auf 15% sowie 9% auf einer Fläche von 100 cm² angestrebt. Die EPFL Gruppe konzentriert ihre Arbeiten auf Variationen des verwendeten Farbstoffs.

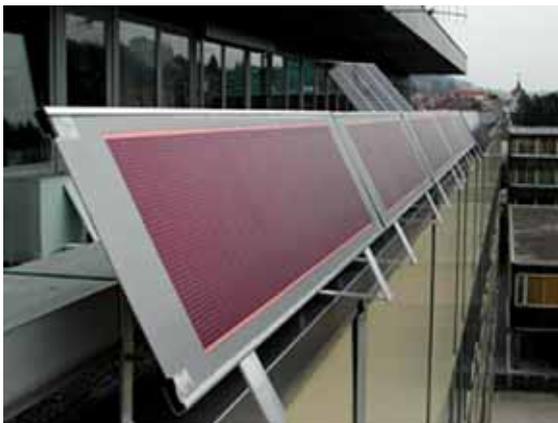
Antennen-Solarzellen

An der Universität Bern wurden die grundlegenden Arbeiten zu **Antennen-Solarzellen** [16] im Rahmen des Programms Solarchemie und mit Unterstützung des schweizerischen Nationalfonds weitergeführt. Unter Verwendung von farbstoffbeladenen Zeolith-Kristallen wird eine neue Variante farbstoffsensibilisierter Solarzellen angestrebt. Im Vordergrund dieser Grundlagenarbeiten steht die Organisation der Kristalle an der Grenzschicht zu einem Halbleitermaterial in Hinsicht auf die elektronische Energieübertragung.

SOLARMODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION

Gebäudeintegrierte Anlagen stellen nach wie vor das wichtigste Anwendungsgebiet der Photovoltaik in der Schweiz dar. Während in Solarstrombörsen häufig die kostengünstigsten Lösungen für Flachdachanwendungen zum Einsatz gelangen, wird weiterhin an der Kostenreduktion von Lösungen mit einem stärkeren Integrationsaspekt gearbeitet. Da inzwischen für die Montage am Gebäude eine Reihe von Systemen erfolgreich umgesetzt werden konnten (siehe auch Abschnitt P+D), verlagert sich die Entwicklung vermehrt auf das Solarmodul selbst. Ein spezieller Akzent wird auf die Entwicklung für die Integration von Dünnschicht Solarzellen und deren Bedingungen gelegt. Schweizer Unternehmen beteiligen sich hier an verschiedenen neuen EU-Projekten.

Das KTI Projekt für ein **PV Komposit Modul** [17], an welchem VHF-Technologies und Alcan Technology & Management mit der Fachhochschule in Le Locle (EIAJ) zusammenarbeiten, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. In diesem Projekt sollte auf der Basis von *Alucobond*[®], zusammen mit der amorphen Silizium Solarzelle von VHF-Technologies, ein für gebäudeintegrierte Anwendungen geeignetes Solarmodul entwickelt werden. Ein Fabrikationsprozess für grossflächige Module und die notwendigen Technologien für die Laminierung konnten etabliert werden. Der stabilisierte Wirkungsgrad der Solarzellen konnte auf 4% erhöht werden und es wurde eine erste Serie von Prototypenmodulen hergestellt, welche in einem Aussentest geprüft werden (Fig. 4).



Figur 4: Erste Prototypen von Solarmodulen auf der Basis von *Alucobond*[®] und VHF-Technologies werden an der Fachhochschule in Le Locle getestet (Bildquelle EIAJ)



Figur 5: Demonstrationsanlage für den Freilufttest mit CIS-Elementen im Projekt HIPERB (Bildquelle 3S)

Swiss Sustainable Systems (3S) untersucht die durch den Einsatz von **antireflexgeätztem Glas** mögliche Leistungssteigerung [18] von Solarmodulen. Erste Vergleichsmessungen bestätigen diese These. Ausserdem arbeitet 3S an verschiedenen EU-Projekten zur PV Gebäudeintegration mit. Das EU-Projekt **HIPERB** [19] für die Verwendung von CIGS-Zellen in Photovoltaik Dach- und Fassadensystemen wurde im Berichtsjahr abgeschlossen (Fig 5). Damit einhergehend findet die Weiterentwicklung des *Megaslate*[®] Systems statt. Es wurden verschiedene gebäudeintegrierte Versuchsaufbauten realisiert, welche in Hinblick auf die TÜV Zertifizierung geprüft werden. Im EU-Projekt **AFRODITE** [20] werden unter Verwendung von rückkontaktierten, kristallinen Solarzellen neue ästhetisch ansprechende Lösungen für die PV Gebäudeintegration entwickelt. Diese werden nun für die Serienproduktion vorbereitet. 3S konzentrierte sich dabei auf die optimale Verschaltung der neuen Zellen.

Kurth Glas & Spiegel arbeitete am EU-Projekt **ADVANTAGE** [21], welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. Kurth Glas & Spiegel widmete sich hier der Entwicklung von Solarmodulen mit Leiterbahnen auf Glas, d.h. Module ohne Verwendung von EVA. Die Schwerpunkte lagen bei den Kontaktierungsmöglichkeiten zwischen Solarzelle und Leiterbahnen. Da die rückkontaktierten Solarzellen in diesem Fall nicht rechtzeitig vorlagen, konnten deren Einsatz in diesen Glasmodulen nicht geprüft werden.

Alcan Packaging beteiligte sich weiter am EU-Projekt **HIPROLOCO** [42], in welchem neue kostengünstigere Verfahren zur Einkapselung von Solarzellen in Modulen entwickelt werden.

Das Projekt **DEMOSITE** [22] an der ETH Lausanne wurde im Berichtsjahr in Hinblick auf die mögliche Weiterverwendung minimal weiter betrieben. Es zeigt nebeneinander zahlreiche Varianten der Photovoltaik-Gebäudeintegration auf Flachdächern, Schrägdächern und Fassaden. Die website www.demosite.ch erlaubt deren virtuellen Besuch und bietet zudem Weiterbildungsunterlagen für interessierte Architekten und andere Fachleute. Im Berichtsjahr konzentrierten sich die Arbeiten auf den Unterhalt der Anlagen und der website sowie die Besucherbetreuung.

Verschiedene weitere neue Konzepte und Produkte zur Photovoltaik-Gebäudeintegration wurden im Rahmen von P+D-Projekten erprobt (siehe Abschnitt *Pilot- und Demonstrationsprojekte*).

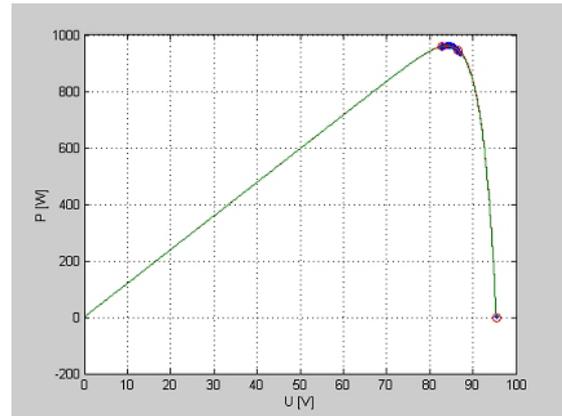
ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK

Das **Schwergewicht in der Systemtechnik** liegt weiterhin generell auf der Qualitätssicherung von Komponenten (Module, Wechselrichter), Systemen (Auslegung, Energieertrag) und Anlagen (Langzeitbeobachtungen). Die Erkenntnisse aus diesen anwendungsnahen Fragen sind – besonders in einem rasch wachsenden Markt – für die Sicherheit und Zuverlässigkeit künftiger Anlagen wie auch für die Standardisierung der Produkte von grosser Bedeutung. Besonders bei aktuellen Normen für Photovoltaiksysteme und der damit einhergehenden Qualitätssicherung war akuter Handlungsbedarf gegeben. Dieser Bedarf betrifft auch Komponenten für die Gebäudeintegration, für welche trotz wachsendem Markt noch keine verbindlichen Normen vorliegen.

Das LEEE-TISO an der SUPSI schloss im Berichtsjahr die laufende Phase des Projektes zu **Qualitätssicherung und Energieertrag von Photovoltaik Modulen** [23] ab. Der 9. Testzyklus an insgesamt 14 Solarmodulen (3 sc-Si, 9 mc-Si, 2 a-Si) wurde abgeschlossen (Fig. 6). Der Leistungsabfall von kristallinen Solarmodulen betrug nach 9 Monaten im Mittel -3.2% , was frühere Beobachtungen bestätigt. Das gemäss ISO 17025 für Messungen zertifizierte Labor mit dem Sonnen-Simulator der Klasse A wurde einem jährlichen *Audit* unterzogen und konnte seine Präzision steigern. Im Berichtsjahr wurden rund 1500 I-V Kennlinien gemessen, davon 348 für externe Kunden. Das LEEE-TISO beteiligt sich an einem weltweiten von 10 Labors durchgeführten *Round Robin Test* an Solarmodulen, welcher bis 2005 dauern wird. Die Messungen an den 3 Photovoltaik Anlagen des LEEE-TISO wurden fortgesetzt. Das EU-Projekt **MTBF-PV** [24], welches das LEEE-TISO zusammen mit der Europäischen Prüfstelle ESTI in Ispra an der über 20 Jahre alten netzgekoppelten 10kWp Anlage durchführt, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es zeigte sich an einer wachsenden Anzahl von Modulen (2003: 24 Module, 9.5% der Gesamtzahl) eine Delaminierung der Tedlarschicht von der rückseitigen Aluminiumfolie. Dies ist insbesondere hinsichtlich der elektrischen Sicherheit weiter zu verfolgen (kapazitive Kopplung). Ausserdem muss nach 12 Jahren der Wechselrichter ersetzt werden, wobei neu 3 Strangwechselrichter für die 3 Modulfelder zum Einsatz gelangen sollen.



Figur 6: TISO PV Modulteststand
(Bildquelle LEEE-TISO)



Figur 7: Automatisierte Bestimmung des Wechselrichter Maximum Power Points MPP (Bildquelle HTI Burgdorf)

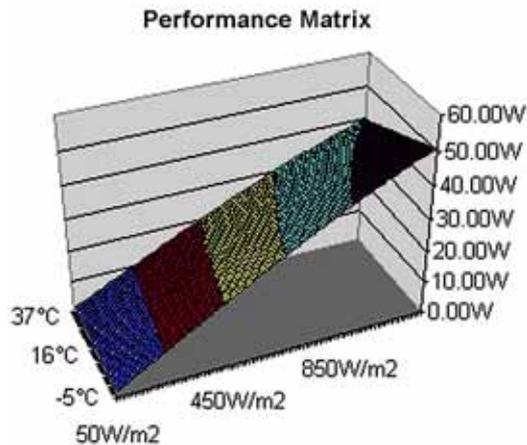
Das LEEE-TISO ist zudem Partner im EU-Projekt **PV Enlargement** [25], welches ein europaweites Demonstrationsprojekt in 10 Ländern, 5 davon in Osteuropa, mit 32 Anlagen von insgesamt 1.15 MWp Leistung darstellt. Dabei ist das LEEE-TISO für die wissenschaftliche Begleitung, insbesondere Kalibrierungsaufgaben und Performance Messungen der verwendeten Solarmodule, zuständig. Es werden 210 zufällig ausgewählte Solarmodule getestet.

Am Photovoltaiklabor an der HTI Burgdorf wurde das Projekt über das **Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaik Anlagen** [26] mit Unterstützung der Gesellschaft Mont Soleil, der Localnet und Elektra Baselland sowie des BFE abgeschlossen. Es wurden 42 Anlagen mit 55 Wechselrichtern messtechnisch erfasst. Eine hohe Wechselrichter Zuverlässigkeit konnte auch im Berichtsjahr festgestellt werden. Der Energieertrag der 560 kWp Anlage Mont Soleil betrug für 2003 1135 kWh/kWp gegenüber 935 kWh/kWp für 2002. Die hochalpine Photovoltaik Anlage auf dem Jungfrauoch konnte ihr 10-jähriges Bestehen feiern und verzeichnete über diesen Zeitraum einen mittleren Energieertrag von 1372 kWh/kWp. Für ausgewählte Anlagen erfolgt eine Aufbereitung der Daten in das Format der IEA PVPS Task 2 Datenbank [37]. Mit diesen umfassenden Daten liegen umfangreiche Daten über das langjährige Betriebsverhalten unterschiedlicher Anlagen vor, zum Teil auch online auf www.pvtest.ch. Die Arbeiten werden im Nachfolgeprojekt **Photovoltaik-Systemtechnik PVSYTE** [27] fortgesetzt. Im Berichtsjahr wurde die Kontrollsoftware des 25 kW Photovoltaik Generator Simulators überarbeitet, sodass nun halbautomatische Tests von Wechselrichtern möglich sind. Insbesondere kann die Bestimmung des *Maximum Power Point MPP* automatisiert durchgeführt werden (Fig 7).

Enecolo führte zusammen mit Partnern im In- und Ausland das Projekt **Energierating von Solarmodulen** [28] durch. Als Basis dient die Performance-Matrix eines Solarmoduls (Fig. 8). Es wurden verschiedene experimentelle Methoden untereinander verglichen und ausgewertet. Dabei stellt sich die Methode des PSI mit Bestimmung der MPP Leistung und sechs weiteren Variablen als besonders leistungsfähig heraus.

Dynatex war Partner im EU-Projekt **INVESTIRE** [29], welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. 19 weitere Unternehmen und 15 Forschungslabors beteiligten sich an der breiten Evaluation von Speichertechnologien für erneuerbare Energien und speziell Photovoltaik-Insulanlagen. Die insgesamt 9 Speichertechnologien umfassen die wichtigsten Batterietypen (Blei, Lithium, Nickel, Metall-Luft) sowie alternative Speicherverfahren (Supercaps, Elektrolyse/Wasserstoff/Brennstoffzelle, Schwungrad, komprimierte Luft, Redox Systeme). Die charakteristischen technischen und ökonomischen Parameter dieser Speichertechnologien konnten vergleichend zusammengestellt werden, sodass ein einzigartiger Überblick entsteht. Es zeigt sich aufgrund dieses Vergleichs, dass aus wirtschaftlicher Sicht ein Verdrängen des Bleiakкумуляtors in den Hauptanwendungen schwierig ist. Einzig die Methode mit komprimierter Luft stellt hier eine Alternative dar.

Solaronix beteiligt sich am neuen EU-Projekt **EURO-PSB** [30] zur Entwicklung einer Polymer Solar Batterie. Es handelt sich dabei um eine kleine, selbstaufladende Batterie für mobile Anwendungen (Fig. 9). Das Prinzip baut auf der Kombination einer neuartigen Polymer Solarzelle (organische Solarzelle) und einer wiederaufladbaren Polymerbatterie auf.



Figur 8: Performance Matrix eines Solarmoduls
(Bildquelle Enecolo)



Figur 9: Beispiel einer Anwendung der Polymer Solar Batterie
(Bildquelle Varta)

ERGÄNZENDE PROJEKTE UND STUDIEN

ESU-Services ist Partner im EU-Projekt **ECLIPSE** [31], welches konsistente, transparente und aktuelle Ökobilanzdaten für heutige und künftige Energiesysteme in Europa erarbeitet hat. Es soll eine Anpassung an lokale Bedingungen und technische Verbesserungen ermöglichen. Die Daten umfassen folgende neuen dezentralen Technologien: Photovoltaik, Windenergie, Biomassekraftwerke, dezentrale WKK (erdgas- und biomassebefeuert), sowie Brennstoffzellen (Erdgas, Wasserstoff bzw. Biogas). Für Photovoltaiksysteme wurden Daten des Projektes „ecoinvent 2000“ [93] verwendet.

Das LESO an der ETH Lausanne beteiligt sich am neuen EU-Projekt **SUNtool** [32], welches eine Modellierungswerkzeug im urbanen Kontext darstellt. Es soll typischerweise eine Gruppe von Gebäuden bis zu einem Stadtviertel ($< 1 \text{ km}^2$) energetisch und stoffflussbezogen abbilden können. Das Werkzeug baut auf umfassenden Modellen zu den einzelnen Aspekten auf und soll diese mit einem graphischen Benutzerinterface zusammenführen.

Enecolo ist am EU-Folgeprojekt **PVSAT2** beteiligt [33]. In diesem Projekt soll die satellitengestützte Performance Überwachung weiterentwickelt werden, indem einerseits präzisere Satellitendaten verwendet werden und andererseits die Produktionsdaten der PV Anlagen zentral erfasst werden. Insgesamt soll dadurch ein zuverlässiges und kosteneffizientes System zur Überwachung entstehen.

Das CUEPE an der Universität Genf beteiligt sich am EU-Projekt **Heliosat 3** [34] zur energiespezifischen Bestimmung der Solarstrahlung aus Meteosat-Daten. Dabei werden Daten des Satelliten MSG (Meteosat second generation <http://www.esa.int/msg/>) verwendet. Die Daten dieses neuen Satelliten sollen präzisere Strahlungsdaten ermöglichen.

Die Universität Zürich war Partner im EU-Projekt **MSG: Multi-user solar hybrid grids** [35], welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. Für die Universität Zürich standen die sozialwissenschaftlichen Aspekte einer Solarstromversorgung in netzfernen Dörfern im Vordergrund; dazu wurde ein Modell entwickelt, welches das soziale Verhalten der Benutzer dieser Anlagen abbilden soll. Es findet eine Wechselwirkung mit dem technischen Modell statt. Mit dem vollständigen Modell wurden erste Simulationen durchgeführt.

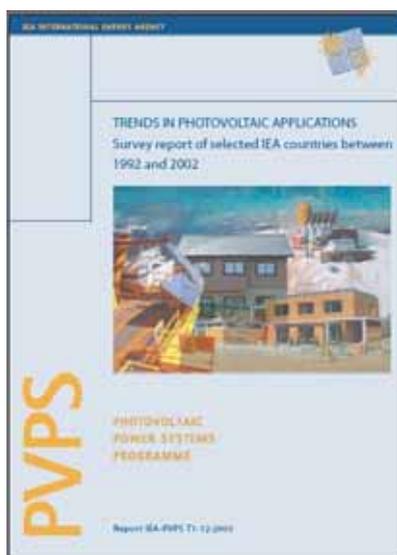
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IEA, IEC, PV-GAP

Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA (IEA PVPS) wurde im Berichtsjahr mit Kontinuität fortgesetzt, sowohl auf der Projektebene wie im Executive Committee (ExCo). Die Schweiz setzte im Berichtsjahr den Vorsitz dieses weltweiten Programms fort. Aus Anlass des 10-jährigen Jubiläums dieses Programms wurde in Osaka, im Anschluss an die dritte Photovoltaik Weltkonferenz im Mai, eine internationale Konferenz erfolgreich durchgeführt [95]. Das IEA PVPS Programm wird seine Bestrebungen fortsetzen und hat dazu seine Strategie überarbeitet. Ausführliche Informationen zu den Aktivitäten und Resultaten sind auf der website www.iea-pvps.org zu finden.

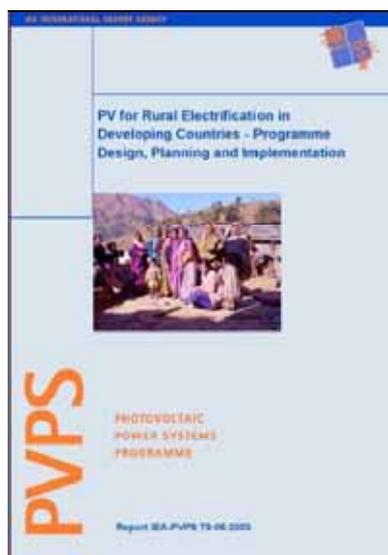
Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1 von IEA PVPS, welches allgemeine **Informationsaktivitäten** [36] zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 2002 [96] erstellt; auf dieser Grundlage wurde die 8. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes (Fig. 10) über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [97]. Dieser Bericht ist inzwischen eine vielzitierte Referenz über die Entwicklungen und Trends im Photovoltaik-Markt der IEA-Länder. Der *IEA PVPS-Newsletter* [98] informiert regelmässig über die Arbeiten in und rund um das IEA-Programm.

In IEA PVPS Task 2 über **Betriebserfahrungen** [37] stellt TNC den Schweizer Beitrag. Die PVPS-Datenbank *Performance Database* [99] wurde mit neuen Daten ergänzt und umfasst nun 370 Photovoltaik-Anlagen aus 13 Ländern mit insgesamt gegen 11'000 Monats-Betriebsdaten und 11.8 MWp Anlagenleistung. Die Datenbank findet reges Interesse und wurde bisher von mehr als 1600 Kunden aus 62 Ländern bestellt. Mit Hilfe der Datenbank werden einige spezifische Gebiete vertieft analysiert (Strahlungsdaten, Performance, Beschattungseffekte, Temperatureffekte und Zuverlässigkeit der Anlagen). Die Resultate dieser Analysen werden nun als Berichte vorbereitet.

Dynatex beteiligt sich an den Arbeiten in IEA PVPS Task 3 über **Inselanlagen** [38]. Schwerpunkte der Aktivitäten dieses Projektes bilden die Qualitätsverbesserung und die Zuverlässigkeit von autonomen Photovoltaik-Anlagen sowie technische Fragen in hybriden Systemen und Batterien. Im Jahr 2003 wurden die Berichte zur Erfolgskontrolle (Monitoring), Blitzschutz, Qualitätsmanagement und *Demand Side Management* von Inselanlagen publiziert [100-104].



Figur 10: IEA PVPS International Survey Report



Figur 11: IEA PVPS Task 9 Bericht

Zum bereits im Vorjahr abgeschlossenen IEA PVPS Task 5 zu technischen Fragestellungen der Netzan-koppelung wurde ein letzter Bericht zu Wechselrichtertypologien und Schutzeinrichtungen [105] publiziert. Die gesammelten Berichte mit den Resultaten zu diesem Projekt können als CD-ROM [106] bezogen werden.

Im Rahmen des Projektes *Drehscheibe Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit PV EZA* leistet Entec mit Unterstützung des Staatssekretariats für Wirtschaft (seco) den Schweizer Beitrag zu IEA PVPS Task 9 über die **Photovoltaik-Entwicklungszusammenarbeit** [39]. Die Schweiz ist in diesem Projekt für die Koordination der Arbeiten mit multilateralen und bilateralen Organisationen verantwortlich. Im Berichtsjahr wurden von diesem Projekt verschiedene neue Berichte (Fig. 11) zu nicht-technischen Aspekten von Projekten und Programmen publiziert [107-113].

Die Arbeit in IEA PVPS Task 9 wird durch verschiedene andere Tätigkeiten der Drehscheibe PV EZA ergänzt mit dem Ziel, vermehrt Schweizer Know-how und Produkte in internationale Projekte einzu-bringen. Ebenso sollen die Instrumente der multilateralen Organisationen, insbesondere der *GEF* (Global Environmental Facility), vermehrt genutzt werden. Ein entsprechendes Pilotprojekt findet unter massgebender Mitwirkung von Enecolo in Malaysia mit Unterstützung des BUWAL statt [43]. Das Projekt der Drehscheibe PV EZA wurde 2003 abgeschlossen; es soll durch eine breiter angelegte Platt-form zur Förderung der erneuerbaren Energien in der internationalen Zusammenarbeit fortgesetzt werden.

Alpha Real vertritt die Schweiz im TC 82 der IEC und leitet die Arbeitsgruppe, welche internationale **Normenvorschläge** [78] für Photovoltaiksysteme vorbereitet und verabschiedet. Alpha Real beteiligt sich ausserdem an *PV-GAP* (PV Global Approval Program), einem weltweiten Programm zur Qualitäts-sicherung und Zertifizierung von Photovoltaik-Systemen. Teilaspekte dieser Bestrebungen sowie die Ausbildung sind auch Bestandteil des EU-Altener-Projekts **Quality in the Photovoltaic Sector** [77], welches im Herbst 2003 erfolgreich abgeschlossen wurde.

Das EU-Projekt **PV-EC-NET** [40] ist ein Netzwerk von nationalen Photovoltaik Programmkoordinations-stellen, an welchem sich 14 Länder beteiligen (www.pv-ec.net). Im Rahmen dieses Projektes wurden im Berichtsjahr verschiedene internationale Workshops organisiert. Die verschiedenen Photovoltaik Programmansätze in Europa wurden untereinander verglichen, analysiert und entsprechende Berichte erarbeitet. Im letzten Schritt wird eine *Roadmap* wichtige künftige programmatische Aspekte, sowohl national wie auf EU-Ebene, vorbereitet. Das Projekt ist als Initiative in Hinsicht auf den europäischen Forschungsraum zu verstehen. Ein ergänzendes neues EU-Projekt **PV-NAS-NET** [41] befasst sich mit der Analyse der Situation der Photovoltaik in den Ländern Osteuropas und führt ähnliche Arbeiten wie das Projekt PV-EC-NET durch (www.pv-nas.net). Durch diese Projekte entsteht eine ausgezeichnete Übersicht über die verschiedenen Ansätze und Aktivitäten, aber auch über Probleme und Verbesse-rungsmöglichkeiten.

3. Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde die vielfältige nationale Zusammenarbeit anlässlich von verschiedenen Projekten weiter gepflegt; daran beteiligt waren Hochschulen, Fachhochschulen, Forschungsinstitute und die Privatwirtschaft. Die Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen konnte intensiviert werden und das Interesse an der Photovoltaik hält auch bei einem gedämpften Schweizer Markt an.

Auf Programmebene wurde die Zusammenarbeit mit vielen Stellen des Bundes, der Kantone und der Elektrizitätswirtschaft weiter gepflegt. Besonders hervorzuheben sind dazu der stete Austausch mit dem BBW, der KTI, dem Programm *TOP NANO 21*, dem BUWAL, der DEZA und dem seco sowie dem VSE, dem PSEL und der Gesellschaft Mont Soleil. Diese vielfältigen Kontakte erlauben die anhaltend wichtige breite Abstützung des Programms.

4. Internationale Zusammenarbeit

Die traditionsreiche internationale Zusammenarbeit wurde auch im Berichtsjahr fortgesetzt: Die institutionelle Zusammenarbeit innerhalb der IEA, der IEC und PVGAP wurde bereits oben beschrieben. Auf der Projektebene konnte die erfolgreiche Zusammenarbeit innerhalb der EU in bestehenden und neuen Projekten fortgesetzt werden: Im Jahr 2003 waren es 21 Projekte im Rahmen von *DG Research* und 3 Projekte im Rahmen der *DG Transport & Energy* der EU. Weitere Projekte finden in den Programmen *IST* und *Altefer* der EU statt. Die Schweizer Photovoltaik konnte sich relativ erfolgreich an den ersten Ausschreibungen im 6. Rahmenforschungsprogramm der EU beteiligen. Es findet ein regelmässiger Kontakt mit Programmverantwortlichen in EU-Ländern statt, ebenso mit den zuständigen Einheiten bei der Europäischen Kommission.

Weitere Kontakte wurden mit internationalen Stellen mit Bedeutung für die Entwicklungszusammenarbeit gepflegt (Weltbank, GEF, IFC, UNDP, GTZ, KfW u.a.). Die Schweizer Photovoltaik ist angesichts dieser zahlreichen Wechselwirkungen international weiterhin sehr präsent.

5. Pilot- und Demonstrationsprojekte

EINLEITUNG

P+D Projekte sind ein unabdingbares Bindeglied zwischen Forschung + Entwicklung und der Umsetzung der Resultate in industrielle Prozesse, Produkte und Anlagen. P+D Projekte sind nahe an der Anwendung und beim Markt. Ein wichtiges Ziel dieser Projekte ist es, die vorgeschlagenen Lösungen nachhaltig umzusetzen. Dies bedeutet, dass nicht nur Anlagen mit Pilotcharakter erstellt werden, sondern dass insbesondere die notwendigen Bedingungen für eine industrielle Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse spezielles Gewicht erhalten. Ziel ist demnach, neue Verfahren und Produkte zu fördern, welche anschliessend durch die Industrie und den Markt aufgenommen werden. Ein weiterer Aspekt, welcher bei P+D-Projekten besondere Bedeutung hat, ist eine umfassende und gezielte Informationstätigkeit. P+D-Projekte sind auf dem Weg zur Umsetzung in die Praxis ein wichtiges Instrument; der exemplarische Charakter dieser Projekte muss deshalb gebührend kommuniziert werden.

Insgesamt stieg im Jahr 2003 im Photovoltaik P+D Bereich die Anzahl der aktiven Projekte leicht auf gut 45 Projekte an. Dazu befanden sich anfangs 2004 im PV P+D Programm wie gewohnt einige Projekte in Abklärung. Allerdings ist die Realisierung dieser Projekte aufgrund der aktuellen Budgetsituation im PV P+D Bereich in Frage gestellt. Die P+D Aktivitäten verteilten sich auf die Sektoren Pilotanlagen, Studien und Hilfsmittel, Messkampagnen und Komponentenentwicklung. Die pilotmässige Erprobung neuer Komponenten bei P+D Anlagen im Massstab 1:1 blieb weiterhin von grossem Interesse und bildete auch dieses Jahr einen klaren Schwerpunkt. Thematisch hauptsächlich vertreten bleibt weiterhin die **Photovoltaik Gebäudeintegration**.

EINIGE RESULTATE IM ÜBERBLICK

Im Photovoltaik P+D Bereich wurden in den letzten Jahren zahlreiche Projekte sehr erfolgreich abgeschlossen.

Geradezu beispielhaft konnte die Firma Sputnik Engineering im Rahmen von Photovoltaik Forschungs- und P+D Projekten in Zusammenarbeit mit der Bieler Fachhochschule die notwendigen Grundlagen im Bereich der Photovoltaik Wechselrichtertechnologie erarbeiten, Prototypen entwickeln und im praktischen Einsatz 1:1 testen. Die SolarMax Geräte (Fig. 12) sind heute im Europäischen Markt gut eingeführt. Die jährliche Produktion liegt zur Zeit bei einer Leistung von ca. 40 MWp (zum Vergleich: im gesamten Schweizer PV Markt werden jährlich Anlagen mit einer Leistung von ca. 1.7 MWp installiert), was im In- und Ausland bei Sputnik und den Zulieferfirmen rund 50 Arbeitsplätze sichert.

Ein weiteres Beispiel aus der Liste erfolgreicher Projekte ist die von den beiden Firmen Schweizer Metallbau und Enecolo in Zusammenarbeit realisierte Photovoltaik P+D Entwicklung 'Dachintegrationsrahmen SOLRIF' [87] (Fig. 13). Seit der Markteinführung im Europäischen Markt wurden SOLRIF Rahmen für dachintegrierte Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 5 MWp ausgeliefert.



Figur 12: Solarmax 2000 / 3000
(Bildquelle Sputnik Engineering)



Figur 13: Solarhaus 'Erni' mit SOLRIF Dachintegration
(Bildquelle Enecolo)

Die hohe Qualität der Schweizer Photovoltaik P+D Projekte wird auch regelmässig durch nationale und internationale Auszeichnungen belegt. Exemplarisch seien hier Projekte wie das mit dem SOLRIF System realisierte Photovoltaikdach des 'Mehrfamilienhauses Florency' in Lausanne (Fig. 14, Schweizer Solarpreis 2003), das '6 Familienhaus Sunny Woods' [49] (Fig. 15, Europäischer und Schweizer Solarpreis 2002), oder die Projekte 'Dock Midfield' Flughafen Zürich [62] (Fig. 16) und 'Parking de l'Etoile' in Genf [86] (Fig. 17, beide Schweizer Solarpreis 2002) erwähnt.

Diese Beispiele belegen die Innovationskraft dieser Projekte und Produkte, durch welche Schweizer Ansätze international immer wieder als Vorbild gelten. Ausserdem werden mit diesen innovativen technologischen Entwicklungsschritten häufig neue Massstäbe gesetzt.



Figur 14: SOLRIF Dachintegration 'Florency' Lausanne
(Bildquelle NET)



Figur 15: 16 kWp Dachintegration SunnyWoods
(Bildquelle Architekturbüro Beat Kämpfen)



Figur 16: PV-Beschattungsanlage Dock Midfield
(Bildquelle unique / Ralph Bensberg)



Figur 17: Dachintegration Parking de l'Etoile Genf
(Bildquelle Sunwatt Bio Energie)

Aktuell befassen sich diverse PV P+D Projekte mit den Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Dünnschichtzellentechnologien. Neben detaillierten Messkampagnen zum grundsätzlichen Betriebsverhalten neuer Module dieses Typs, wird bei mehreren Projekten die Eignung für die Photovoltaik Gebäudeintegration untersucht. Die bisherigen Erfahrungen belegen die positiven Eigenschaften einiger Dünnschichtzellen Produkte für die direkte Integration in thermisch isolierte Dächer und Fassaden ohne Hinterlüftung der Module. Dadurch öffnen sich weitere Entwicklungsmöglichkeiten mit Kostenreduktionspotential für Gebäudeintegrationen dieser Art.

P+D PROJEKTE

Neue P+D Projekte

Während des Berichtsjahres 2003 wurden im PV P+D Programm 13 neue Projekte begonnen. In Übereinstimmung mit dem nationalen Photovoltaik Konzept 2000 - 2003 befasst sich der grösste Teil dieser Projekte mit der Thematik Photovoltaik Anlagen im bebauten Raum, wobei dieses Jahr der Anteil der PV Flachdachanlagen im Vergleich zu andern Anlagentypen zugenommen hat. Eine in der Schweiz zum ersten Mal realisierte Flachdachvariante mit einer neu entwickelten Kombination von flexiblen Kunststoffmembranen mit amorphen Dünnschichtzellenmodulen wurde im Dezember 2003 in Trevano in Betrieb genommen [50] (Fig. 18). Im Bereich der autonomen PV Anlagen traten zwei neue hybride Anlagenkonzepte (PV in Kombination mit Brennstoffzellen [57] und PV in Kombination einem Blockheizkraftwerk (BHKW) [89]) in die Pilotphase. Um der schnellen Entwicklung im PV Bereich gerecht zu werden, war es dringend nötig, die veralteten Schweizer Vorschriften für photovoltaische Energieerzeugungsanlagen zu aktualisieren, bzw. durch die Integration der aktuellen IEC Vorschriften in die nationalen Installationsnormen NIN [73] zu ersetzen.

Bei den im Jahre 2003 neu angefangenen Projekten handelt es sich um (in chronologischer Reihenfolge):

Komponentenentwicklung

- ◆ Neues PV Fassadensystem für Module mit Dünnschichtzellen (Entwicklung eines universellen Fassadensystems wahlweise mit oder ohne thermischer Isolation für Dünnschichtzellenmodule; Leitung: Zagsolar / Wyss Aluhit) [44]

Anlagen

- ◆ 15.4 kWp Flachdachintegration CPT Solar (Pilotmässiger Einsatz einer neu entwickelten Kombination von amorphen Dünnschichtzellenmodulen mit einer dichten Kunststoffolie; Leitung: LEEE-TISO) [50] Fig. 18
- ◆ 23.5 kWp PV Anlage Zollhof Kreuzlingen (Flachdach Demonstrationsanlage mit Demostand und Grossanzeige an gut frequentierter Lage; Leitung: Böhni Energie und Umwelt) [88]
- ◆ Autonome 5.7 kWp Photovoltaik Anlage in Kombination mit einem BHKW (Ganzjährige autonome Energieversorgung von 2 Jurahäusern mittels Photovoltaik, BHKW, thermischen Kollektoren und Holz; Leitung: Muntwyler Energietechnik) [89]
- ◆ 16.3 kWp Flachdachanlage mit Dünnschichtzellenmodulen ETHZ (Optisch diskrete Flachdachanlage mit amorphen Zellen; Leitung: Zagsolar) [51]
- ◆ 62 kWp Flachdachanlage mit PowerGuard Solardachplatten (Multifunktionale PV Flachdachanlage mit gleichzeitiger thermischer Isolation des Dachs, wobei die thermischen Dämmelemente auch die Funktion der Modulhalterkonstruktion übernehmen; Leitung: Zagsolar) [52]
- ◆ 12 kWp Solight Pilotanlage (Pilotmässige Umsetzung von zwei verschiedenen Solight Varianten auf dem Flachdach der VBZ/S-Bahnstation Stettbach; Leitung: Energiebüro) [53]
- ◆ 15 kWp Photovoltaik Dachintegration Pfadiheim Weiermatt Köniz (Vollflächige Photovoltaik Integration mit dem MegaSlate® Solardachsystem ins Dach des energietechnisch optimierten Pfadiheims Weiermatt; Leitung: 3S - Swiss Sustainable Systems) [46] Fig. 19
- ◆ Kleine, autonome Stromversorgungen mit Photovoltaik und Brennstoffzellen (PV Insel Kleinsysteme mit Brennstoffzellen als Backup Stromlieferant zur autonomen Versorgung von netzentfernten Messsystemen im Pilotbetrieb; Leitung: Muntwyler Energietechnik) [57]



Figur 18: Montage der Anlage CPT Solar Trevano
(Bildquelle LEEE-TISO)



Figur 19: Dachintegration Pfadiheim Weiermatt Köniz
(Bildquelle NET)

Messkampagnen

- ◆ Messkampagne Soyhières (Detaillierte Messungen und Auswertungen zur autonomen 3 kWp PV Dachintegration in Soyhières; Leitung: SGI / Solstis) [66] Fig. 20
- ◆ Messkampagne Wittigkofen (Detaillierte Messungen und Auswertungen mit Visualisierung der Daten zur 80 kWp Fassade Wittigkofen; Leitung: Ingenieurbüro Hostettler) [67] Fig. 21



Figur 20: Autonome 3 kWp Dachintegration in Soyhières
(Bildquelle NET)



Figur 21: 80 kWp Fassade Bern Wittigkofen
(Bildquelle NET)

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ Integration der neuen IEC Norm 60364-7-712 für Photovoltaik in die nationalen Installationsnormen NIN (Aktualisierung, bzw. Ersatz der veralteten PV Normen; Leitung: Electrosuisse) [73]
- ◆ GISS Gebäude-Integrierte-Solarstrom-Systeme (Studie zur besseren Umsetzung von gebäudeintegrierten Solarstromsystemen durch Abbau von Hindernissen und Informationsmängeln und Erhöhung der Fachkompetenz bei Planern, Investoren und Bauherren; Leitung SZFF Schweizerische Zentralstelle für Fenster- & Fassadenbau) [74]

Laufende P+D Projekte

Bei den laufenden Projekten sind die ersten Messresultate des Projekts PV Dünnschichtzellenmodulen von Interesse. Für abschliessende Aussagen ist es im Moment noch zu früh. Allerdings scheinen mindestens ein Teil der Module für direkte PV Gebäudeintegrationen ohne Hinterlüftung oder mit thermischer Isolation gut geeignet zu sein [68] (Fig. 22).

Die 3.9 kWp PV-Beschattungsanlage mit CIS Zellen integriert ins Firmengebäude der Würth in Chur ist optisch eine interessante Erscheinung. Die seit Anfang 2003 laufenden Messungen haben nun auch die erwarteten Energieerträge von über 1100 kWh/kWp bestätigt [58] (Fig. 23).

Die 70 kWp Flachdach Anlage Palexpo fällt durch eine diskrete Integration und durch ein farblich gleichmässiges Erscheinungsbild der multikristallinen Zellen auf. Wie bei neueren Anlagen üblich werden bisher auch hier gute Erträge um die 1000 kWh/kWp erzielt [55] (Fig. 24).

Die 5.5 kWp Dachintegration mit amorphen Dünnschichtzellen Freestyle® in Lutry bei Lausanne passt gut ins moderne architektonische Konzept des Gebäudes. Die Anlage ist insgesamt auf 4 verschiedene Dachflächen verteilt und speist den Strom über einen Wechselrichter vom Typ Sunny Boy Multistring ins Netz. Für ein einheitliches Erscheinungsbild der Dächer wurden die Dachabschlüsse farblich an die Module angepasst [47] (Fig. 25).

Die zwei fassadenintegrierten Anlagen der Seilbahnberg- und Talstation des letzten Teilstücks auf dem Weg zum Piz Nair mit Leistungen von 13.5 kWp bzw. 9.7 kWp setzen den beiden Gebäuden mit dem glitzernden Lichtspiel der multikristallinen Zellen einen besonderen Akzent [59] (Fig. 26).



Figur 22: PV DünnFilmTest
(Bildquelle NET)



Figur 23: PV Beschattungsanlage Würth Chur,
Sicht vom Gebäudeinnern (Bildquelle NET)



Figur 24: 70 kWp Flachdachanlage Palexpo Genf
(Bildquelle NET)



Figur 25: Dachintegration Freestyle® in Lutry
(Bildquelle Solstis)

Die laufenden Projekte umfassen (in chronologischer Reihenfolge):

Komponentenentwicklung

- ◆ Photovoltaik-Alpur-Dach (Photovoltaik Dach mit thermischer Isolation; Gebäudeintegration; Leitung: ZAGSOLAR) [45]

Anlagen

- ◆ 27 kWp Anlage AluStand Hünenberg (Demonstrationsanlage mit Verwendung der Flachdachvariante des Modulhaltesystems AluTec (AluStand); Leitung: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [54]
- ◆ 3.9 kWp Photovoltaik Beschattungsanlage mit CIS Modulen (Piloteinsatz von multifunktionalen teiltransparenten Modulen mit CIS Zellen für die gleichzeitige Beschattung eines Atriums und die Stromproduktion; Leitung: Enecolo) [58] Fig. 23

- ◆ 70 kWp Flachdachanlage Palexpo Genf (Netzgekoppelte Photovoltaik Dachanlage an gut frequentierter Lage, kombiniert mit 2 Ladestationen für Elektromobile; Leitung: SSES - Société Suisse pour l'Energie Solaire) [55] Fig. 24
- ◆ 5.5 kWp Dachintegration mit dem Integrationsystem Freestyle® in Lutry (Vollflächige Photovoltaik Dachintegration mit Modulen mit amorphen Tripelzellen, Pilotanlage; Leitung: Solstis) [47] Fig. 25
- ◆ Photovoltaik Anlagen Corvigliabahn und Piz Nair St. Moritz (Realisierung einer 17.8 kWp Anlage entlang der Corvigliabahn und einer 9.7 kWp und 13.5 kWp Fassadenintegration in die Talstation, bzw. die Bergstation der Piz Nair Seilbahn; Leitung: SunTechnics Fabrisolar) [59] Fig. 26
- ◆ Photovoltaik Obelisk (Pilotmässige Realisierung von Informationssäulen mit modernem Design für den öffentlichen Raum mit integrierter autonomer PV Anlage zur Energieversorgung; Leitung: Enecolo) [60] Fig. 27
- ◆ 25 kWp Gründachintegration Solgreen Kraftwerk 1, Zürich (Piloteinsatz einer neu entwickelten Modul Haltekonstruktion für den Gründachbereich; Leitung: Enecolo) [56] Fig. 28
- ◆ 3 kWp Anlage Ferme Amburnex (Mobile Inselanlage mit Hilfs-Dieselaggregat zur elektrischen Versorgung einer Alp, autonome Anlage; Leitung: Services Industriels Lausanne) [64]
- ◆ RESURGENCE - Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe (Realisierung von total 1.3 MWp PV Anlagen im städtischen Raum in den 5 Ländern England, Holland, Dänemark, Deutschland und der Schweiz, EU Projekt; Leitung Schweizer Teil: Enecolo) [65]



Figur 26: 9.7 kWp Fassade 'Piz Nair Talstation'
(Bildquelle NET)



Figur 27: Autonomer Photovoltaik Obelisk Zürich
(Bildquelle Enecolo)

Messkampagnen

- ◆ PV DünnFilmTest Migros Zürich (18 Testanlagen mit PV Dünnschichtzellen-Modulen im direkten Vergleich, Gesamtleistung: 24.5 kWp; Leitung: Energiebüro) [68] Fig. 22
- ◆ Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III (Detaillierte Messkampagne zur revidierten 100 kWp PV Anlage entlang der SBB Linie Bellinzona-Locarno; Leitung: LEEE-TISO) [69]
- ◆ 47 kWp Anlage IBM (Detaillierte Messkampagne zu schmutzabweisenden Oberflächenbeschichtungen von PV Modulen; Leitung: awtec, Zürich) [71] Fig. 29
- ◆ Messkampagne 100 kWp Anlage A 13 (Leitung: TNC Consulting) [72]



Figur 28: Gründachanlage Solgreen Kraftwerk 1
(Bildquelle NET)



Figur 29: 47 kWp Flachdachanlage IBM Zürich
(Bildquelle NET)

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ Solar *Electri* City Guide - Schweizer Solarstromführer für die Gemeinden (Leitung: NET) [75]
- ◆ Normenarbeit PV Systeme (Leitung: Alpha Real) [78]
- ◆ Internetportal Photovoltaik Schweiz www.photovoltai.ch (Realisierung eines umfassenden Schweizer Internetauftritts mit umfangreichen Informationen zu nationalen und internationalen PV Aktivitäten; Leitung: NET) [A]
- ◆ Photovoltaikstatistik der Schweiz 2002 (Leitung: Energiebüro) [B]
- ◆ Solarstrom vom EW (Leitung: Linder Kommunikation) [C]

Im Jahr 2003 abgeschlossene Projekte

Im Jahr 2003 wurden die folgenden P+D Projekte abgeschlossen (in chronologischer Reihenfolge):

Komponentenentwicklung

- ◆ Kostengünstige Photovoltaik Anlagenüberwachung (Entwicklung einer einfachen und kostengünstigen Überwachungseinheit für Solaranlagen mit kabelloser Datenübertragung; Leitung: NewLink Andereggen) [83] Fig. 30

Anlagen

- ◆ 12.75 kWp PV Dachintegration Wettingen (Harmonische PV Dachintegration in der geschützten Dorfkernzone von Wettingen, wobei gleichzeitig eine möglichst kostengünstige Lösung mit Standardkomponenten angestrebt wurde; Leitung: Eigentümergemeinschaft P.P. Stöckli / H.-D. Koepfel und Energiebüro) [48] Fig. 31
- ◆ 16 kWp Dachintegration Sunny Woods (Dachintegrierte PV Pilotanlage mit amorphen Tripelzellen in einem Mehrfamilien-Passivhaus; Leitung: Architekturbüro Kämpfen, Naef Energietechnik) [49] Fig. 15

- ◆ 10 dachintegrierte PV Kleinsysteme (Integrierte PV Kleinanlage (240 Wp), meist in Kombination mit einer thermischen Anlage, Gebäudeintegration; Leitung: Ernst Schweizer Metallbau) [79]
- ◆ 3 kWp PV Eurodach amorph (Thermisch isoliertes PV Metallfalzdach mit amorphen Tripelzellen, Gebäudeintegration; Leitung: PAMAG Engineering) [80] Fig. 32
- ◆ 10 kWp Anlage SolGreen integriert in ein Gründach (Neu entwickelte Unterkonstruktion für Gründächer, Flachdachintegration; Leitung: ars solaris hächler) [81] Fig. 33
- ◆ 75 kWp PV Schallschutzanlage A1 Safenwil (Kombination einer Photovoltaik - Holzschallschutzwand, modular aufgebaut aus teilweise vormontierten Elementen; Leitung: Ekotech) [82] Fig. 34
- ◆ 16.8 kWp Photovoltaik Anlage St. Moritz mit CIS Modulen (Piloteinsatz von Modulen mit CIS Technologie in einer Anlage dieser Grösse, umfangreiche Messkampagne; Leitung Teil Anlage: Rätia Energie; Leitung Teil Messungen: SUPSI, LEEE-TISO) [61] Fig. 35
- ◆ 283 kWp Photovoltaik Anlagen Dock Midfield Flughafen Zürich, davon 55 kWp als PV Demonstrationsanlage (Multifunktionale Photovoltaik Gebäudeintegration mit Beschattungsfunktion und besonderen Anforderungen an die mechanische Stabilität der Module; Leitung: ARGE Zayetta) [62] Fig. 16
- ◆ PV gestütztes, elektrisch angetriebenes Passagierschiff (Katamaran mit einer Kapazität für 150 Passagiere mit einer autonomen 20 kWp Anlage für die Versorgung des elektrischen Antriebs; Leitung: Minder Energy Consulting) [63] Fig. 36
- ◆ Héliotrope, 3 x 2 kWp PV Anlagen in Le Locle (Direkter Vergleich identischer, aber unterschiedlich montierter (gebäudeintegriert, frei, nachgeführt) Anlagen; Leitung: EIAJ, Le Locle) [84]
- ◆ Photocampa: Multifunktionale PV Beschattungsanlagen (Parking de l'étoile, école de cirque, école de Lullier, Zürich Flughafen Dock Midfield, EU Projekt; Leitung: Windwatt SA) [86] Fig. 17

Messkampagnen

- ◆ Newtech, Vergleich dreier 1 kWp Anlagen (Direkter Vergleich von drei Anlagen mit verschiedenen Dünnschichtzellenmodulen - a-Si-Tandemzellen, a-Si-Tripelzellen, CIS Zellen; Leitung: HTI Burgdorf) [70] Fig. 37



Figur 30: SMS Box Newlink
(Bildquelle Newlink)



Figur 31: 12.75 kWp Dachintegration Wettingen
(Bildquelle NET)



Figur 32: 3 kWp PV Eurodach mit amorphen Zellen
(Bildquelle NET)



Figur 33: 10 kWp Gründachanlage Solgreen Chur
(Bildquelle NET)



Figur 34: 75 kWp Schallschutzanlage A1 Safenwil
(Bildquelle BFE)



Figur 35: 16.8 kWp Anlage mit CIS Zellen St. Moritz
(Bildquelle NET)



Figur 36: Solar-Katamaran Mobicat
(Bildquelle NET)



Figur 37: 3x1 kWp Testanlagen Newtech Burgdorf
(Bildquelle NET)

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen (Leitung: S. Kropf, ETH Zürich) [85]
- ◆ REMAC Renewable Energy Market Accelerator (Massnahmen zur Beschleunigung des Marktes im Bereich des erneuerbaren Stroms; Leitung Schweizer Beitrag: NET) [76]
- ◆ Quality is the Key of the PV Market - accreditation / certification (Erarbeiten von Qualitätssicherungsprogrammen für den PV Bereich, siehe auch Normenarbeit [78], EU Altener Projekt; Leitung: Alpha Real) [77]

6. Bewertung 2003 und Ausblick 2004

Der weltweite Photovoltaik-Markt boomt aufgrund grossangelegter Förderprogramme bzw. Einspeisevergütungen einzelner Länder weiterhin mit Wachstumsraten zwischen 30 und 40%. Demgegenüber war der schweizerische Photovoltaik-Markt auch im Jahr 2003 nicht verwöhnt aber er konnte sich dank den Solarstrombörsen immerhin auf den Vorjahreswerten halten. Es sind mittlerweile in der Schweiz regional sehr unterschiedliche Verhältnisse entstanden, ein Umstand der inhaltlich zu bedauern ist aber in der Eigenständigkeit der Kantone und Gemeinden begründet liegt. Die länderspezifischen Photovoltaik Marktdaten von IEA PVPS zeigen, dass die Schweiz relativ und gegenüber den Entwicklungen in den gegenwärtig grössten Märkten, insbesondere Deutschland und Japan, zurückfällt, sich aber andererseits gegenüber vielen anderen Ländern durchaus sehen lassen kann. Die Schweizer Photovoltaik war an der 3. Photovoltaik Weltkonferenz im Mai in Osaka mit ihren Beiträgen gut vertreten und konnte auch zwei Auszeichnungen mit nach Hause nehmen [114].

Die Diskussionen rund um das Fortbestehen von EnergieSchweiz blieb im Berichtsjahr ein zentrales Thema, welches für grosse Verunsicherung bei allen Beteiligten sorgte. Von den inzwischen beschlossenen Kürzungen sind vorab die Mittel für P+D-Vorhaben betroffen. Sie haben damit auch einschneidende Wirkung auf die Ausgestaltung und die Möglichkeiten im Programm Photovoltaik. Diese Entwicklung ist sehr zu bedauern, da damit ein wesentliches Glied in der Umsetzung von Forschung und Entwicklung hin zu industriellen Produkten und Verfahren und damit zum Markt geschwächt wird. Es wäre ein Widerspruch, die sich nach dem langem Aufbau abzeichnende verstärkte Umsetzung im Programm Photovoltaik gerade jetzt zu gefährden.

P+D Projekte sind ein unabdingbares Bindeglied zwischen Forschung + Entwicklung und der Umsetzung der Resultate in industrielle Prozesse, Produkte und Anlagen. Sie sind nahe an der Anwendung und beim Markt. Ein wichtiges Ziel dieser Projekte ist es, die vorgeschlagenen Lösungen nachhaltig umzusetzen. Dies bedeutet, dass nicht nur Anlagen mit Pilotcharakter erstellt werden, sondern dass insbesondere die notwendigen Bedingungen für eine industrielle Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse spezielles Gewicht erhalten. Ziel ist demnach, neue Verfahren und Produkte zu fördern, welche anschliessend durch die Industrie und den Markt aufgenommen werden.

Durch die breite Abstützung des Programms Photovoltaik konnte die Anzahl der Projekte und die eingesetzten Mittel der öffentlichen Hand trotz der angespannten Finanzlage bisher gehalten werden. Dazu haben EU-Projekte mit Unterstützung des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft BBW ebenso beigetragen, wie die Kommission für Technologie und Innovation KTI. Die gute Vernetzung des Programms und seiner Akteure, sowohl national wie international, ist dabei eine wichtige Voraussetzung, welcher weiterhin grosse Beachtung geschenkt wird. Es ist von zentraler Bedeutung, dass für die P+D-Vorhaben auch in Zukunft eine Substitution der ansonsten nicht vorhandenen Mittel gefunden werden kann.

Der Informationsaustausch ist und bleibt ein wichtiges Thema. Die Photovoltaik website www.photovoltaic.ch ist seit Herbst 2003 in deutsch vollständig operationell, eine englische und eine französische Version ist in Vorbereitung. Als wichtigste nationale Veranstaltung findet im Jahr 2004 die 5. Nationale Photovoltaik Tagung an der ETHZ statt (25./26. März 2004). Der Gebäudeintegration der Photovoltaik ist der ganze zweite Tag gewidmet. Ausserdem finden die 19. Europäische Photovoltaik Konferenz in Paris (7.-11. Juni 2004) und das 19. Symposium für Photovoltaische Solarenergie in Staffelfeld (10.-12. März 2004) statt.

7. Liste der F+E – Projekte

(JB) Jahresbericht 2003 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

ENET: Bestellnummer des Berichts bei ENET

Einzelne Jahresberichte können von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden

Schlussberichte können bei ENET bezogen und von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden

Unter den aufgeführten Internet-Adressen können weitere Informationen heruntergeladen werden

- [1] A. Shah, L. Feitknecht, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: Thin film silicon solar modules: Contributions to low cost industrial production* (JB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] N. Wyrsh, I. Schönbächler, (nicolas.wyrsh@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: DOIT - Development of an Optimized Integrated Thin-film silicon solar module* (JB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] Ch. Hollenstein, (christophe.hollenstein@epfl.ch), CRPP / EPFL, *Lausanne: Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells* (JB) / http://crppwww.epfl.ch/crpp_proc.htm
- [4] D. Fischer, H. Keppner, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, *Le Locle: Aufräuen von Polymersubstraten Gezieltes Aufräuen von Plastikfolien für ein effizientes Light Trapping in amorphen Solarzellen* (JB, SB, ENET 230106) / <http://www.flexcell.ch>
- [5] H. Keppner, O. Banakh, EIAJ (ECOLE D'INGÉNIEURS DE L'ARC JURASSIEN), *Le Locle: Generation of random nano-patterns in polymer surfaces due to replication of nano-crystal grain boundaries* (JB) / <http://www.eiaj.ch>
- [6] Diego Fischer, Alexandre Closset, *Étude et amélioration de la fiabilité des cellules solaires sur substrats polymers* (JB) / <http://www.flexcell.ch>
- [7] A. Müller, (amueller@hct.ch), HCT SHAPING SYSTEMS, *Cheseaux-sur-Lausanne: RE-Si-CLE: Recycling of Silicon Rejects from PV Production Cycle* / <http://www.hct.ch/>
- [8] A.N. Tiwari, A. Romeo, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: PROCIS: Production of large area CIS modules* (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [9] A.N. Tiwari, D. Abou-Ras, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: NEBULES: New buffer layers for efficient chalcopyrite solar cells* (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [10] A.N. Tiwari, D. Rudmann, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: METAFLEX: Towards the roll-to-roll manufacturing of cost effective CIS modules-intermediate Stepps* (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [11] A.N. Tiwari, M. Kaelin, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, *Zürich: Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu(In,Ga)Se2 thin film solar cells* (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch/>
- [12] M. Grätzel, A. McEvoy, (michael.gratzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, *Lausanne: Dye sensitised Nanocrystalline Solar Cells* (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [13] M. Grätzel, A. McEvoy, (michael.gratzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, *Lausanne: Highly Efficient Nanocrystalline Solar Cells for Indoor Applications - TOP NANO 21* (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>

- [14] M. Grätzel, R. Thampi (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, *Lausanne: Flexible dye solar cells* (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [15] M. Grätzel, R. Thampi, (michael.graetzel@epfl.ch), ICMB / EPFL, *Lausanne: NANOMAX - dye-sensitised nanocrystalline solar cells having maximum performance* (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [16] G. Calzaferri, A. Currao, (gion.calzaferri@iac.unibe.ch), UNI, *Bern: Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie* (JB) / <http://www.dcb.unibe.ch/groups/calzaferri/>
- [17] D. Fischer, H. Keppner, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, *Le Locle: Photoactive Composite Module* (JB) / <http://www.flexcell.ch>
- [18] T. Szacsavay, Christoph Schilter, cs@3-s.ch, 3S, *Bern: Photovoltaic Modules with Antireflective Glass* (JB) / <http://www.3-s.ch/>
- [19] T. Szacsavay, P. Hofer-Noser, sz@3-s.ch, 3S, *Bern: HIPERB High Performance Photovoltaics in Buildings* (JB) / <http://www.3-s.ch/>
- [20] T. Szacsavay, P. Hofer, (sz@3-s.ch), 3S, *Bern: AFRODITE Advanced Façade and Roof Elements Key to Large Scale Building Integration of Photovoltaic Energy* (JB) / <http://www.3-s.ch/>
- [21] M. Kurth, (info@Kurth-Glas.ch), KURTH GLAS & SPIEGEL, *Zuchwil: ADVANTAGE Advances next generation rear contact module technology for building* (JB) / <http://www.kurth-glas.ch>
- [22] Ch. Roecker, (christian.roecker@epfl.ch), LESO / EPFL, *Lausanne: Exploitation Demosite 2003-2004* (JB) / <http://www.demosite.ch>
- [23] D. Chianese, G. Friesen, (domenico.chianese@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, *Canobbio: Qualità e resa energetica di moduli ed impianti PV TISO - periodo VI: 2000-2003* (JB SB, ENET 240013) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [24] A. Realini, E. Burà, (antonella.realini@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, *Canobbio: Mean Time Before Failure of Photovoltaic modules (MTBF-PVm)* (JB) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [25] G. Friesen, (gabi.friesen@supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, *Canobbio: PV Enlargement* (JB) / <http://www.lee.ee.supsi.ch>
- [26] H. Häberlin, C. Renken, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), HTI, *Burgdorf: Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaikanlagen 2 (LZPV2)* (JB, SB, ENET 230256-230259) / <http://www.pvtest.ch>
- [27] H. Häberlin, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), HTI, *Burgdorf: Photovoltaik-Systemtechnik 2003-2004 (PVSYTE)* (JB) / <http://www.pvtest.ch>
- [28] R. Kröni, S. Stettler, (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf: Energy Rating of Solar Modules* (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [29] M. Viloz, (mviloz@dynamtex.ch), DYNATEX, *Morges: INVESTIRE - Investigation on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies* (JB) / <http://www.dynamtex.ch>
- [30] A. Meyer, T. Meyer (andreas@solaronix.com), SOLARONIX, *Aubonne: The European Polymer Solar Battery EURO-PSB* (JB) / <http://www.solaronix.com>

- [31] R. Frischknecht, (frischknecht@esu-services.ch), ESU-SERVICES, *Uster: ECLIPSE: Environmental and ecological life cycle inventories for present and future power systems in Europe* (JB) / <http://www.esu-services.ch>
- [32] N. Morel, (nicolas.morel@epfl.ch), LESO-PB/EPFL, *Lausanne: SUNtool A Sustainable Urban Neighborhood Modelling Tool* (JB) / <http://lesomail.epfl.ch>
- [33] P. Toggweiler, S. Stettler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf: PVSAT2 - Intelligent Performance Check of PV System Operation Based on Satellite Data* (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [34] P. Ineichen, (pierre.ineichen@cuepe.unige.ch), CUEPE, *Genève: Energy specific Solar Radiation Data from Meteosat Second Generation: The Heliosat-3 project* (JB) / <http://www.unige.ch/cuepe>
- [35] H.-J. Mosler, W. Brucks (mosler@eawag.ch), UNIVERSITÄT, *Zürich: MSG: Combined project on multi-user solar hybrid grids* (JB)
- [36] P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, *Aarau: Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 1* (JB) / <http://www.novaenergie.ch/>
- [37] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, *Erlenbach: IEA PVPS Programm, Task 2 (Schweizer Beitrag 2003)* (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [38] M. Villoz, (mvilloz@dynatex.ch), DYNATEX, *Morges: IEA PVPS Task 3 Use of photovoltaic systems in stand-alone and island applications* (JB) / <http://www.dynatex.ch>
- [39] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen: Swiss Platform PV Development Cooperation and Contribution to IEA PVPS Task 9* (JB) / <http://www.netenergy.ch>
- [40] S. Nowak, M. Gutschner, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen: PV-EC-NET Network for Co-ordination of European and National RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy* (JB) / <http://www.netenergy.ch>
- [41] S. Nowak, M. Gutschner, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen: PV-NAS-NET Co-ordination of Newly Associated States and EU RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy* (JB) / <http://www.netenergy.ch>
- [42] W. Lohwasser, (Wolfgang.Lohwasser@alcan.com), ALCAN PACKAGING SERVICES, *Neuhausen: HIPROLOCO High PRODUCTIVITY and LOW COst for the encapsulation of thin film solar cells* / http://www.alcanpackaging.com/about/eng/about_rd.php
- [43] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf: MBIPV Malaysia Building Integrated Photovoltaic* / <http://www.solarstrom.ch>

8. Liste der P+D – Projekte

- [44] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **Photovoltaic- Facade Mounting System for Thin-Film-Modules** (JB) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [45] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **Photovoltaic-Alpur-Roof - New Roofing System for Photovoltaic Modules** (JB) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [46] T. Szacsvey, (sz@3-s.ch), SWISS SUSTAINABLE SYSTEMS 3S, *Bern*: **Roof Integrated PV-System Scout House Weiermatt, Köniz** (JB) / <http://www.3-s.ch/>
- [47] P. Affolter, (pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne*: **Toiture photovoltaïque Freestyle® de 5.5 kWp** (JB) / <http://www.solstis.ch/>
- [48] H.-D. Koepfel, (hans-dietmar.koepfel@skk.ch), EIGENTÜMERGEMEINSCHAFT P.P. STÖCKLI & H.-D. KOEPEL, *Wettingen*: **12.75 kWp PV Dachintegration Dorfkernzone Wettingen** (JB, SB)
- [49] R. Naef, (naef@igzh.com), NAEF ENERGIETECHNIK, *Zürich* / B. Kämpfen, (info@kaempfen.com), BÜRO FÜR ARCHITEKTUR KÄMPFEN, *Zürich*: **Sunny Woods - Photovoltaik-Anlage in Blechdach integriert** (JB, SB) / <http://www.kaempfen.com/>
- [50] D. Chianese, (domenico.chianese@supsi.ch), TISO, *Canobbio*: **Integration en toiture plate CPT Solar**, (JB) / <http://www.lee.e.supsi.ch>
- [51] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **16.3 kWp Installation with Thin-Film-Elements on the Flat Roof at the CNB-Building of the ETHZ** (JB) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [52] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens*: **62 kWp PV-Installation - Flat Roof Integration with PowerGuard Tiles** (JB) / <http://www.zagsolar.ch/>
- [53] Ch. Meier, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **Preparation and Realisation of the Test- and Pilot Installation SOLIGHT** (JB) / <http://www.energieburo.ch>
- [54] U. Bühler (u.bue@bluewin.ch), URS BÜHLER ENERGY SYSTEMS AND ENGINEERING, *Cham*: **27 kWp Anlage Hünenberg Montagesystem Alustand Freizeit- und Sportgebäude Ehret** (JB) / <http://www.alustand.ch>
- [55] L. Keller, (office@sses.ch), SOCIETE SUISSE POUR L'ENERGIE SOLAIRE SSES, *Bern*: **Installation photovoltaïque à Palexpo** (JB, SB) / <http://www.sses.ch/>
- [56] J. Rasmussen, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **Solgreen Kraftwerk 1 Zürich** (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [57] U. Muntwyler, (muntwyler@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, *Zollikofen*: **Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und Brennstoffzellen** (JB) / <http://www.solarcenter.ch/>
- [58] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **Monitoring of the CIS BIPV Plant Würth in Choire** (JB) / <http://www.solarstrom.ch/>
- [59] W. Maag, S. Leu (info@SunTechnics.ch), SUNTECHNICS FABRISOLAR, *Küsnacht*: **PV St. Moritz - Corvigliabahn - Piz Nair** (JB) / http://www.suntechnics.de/ch/unternehmen_1ak.htm
- [60] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf* / W. Zemp, (info@zemp.tpz.ch), ZEMP+PARTNER DESIGN, *Zürich*: **PV Obelisk - Information system in the public sector** (JB, SB) / <http://www.solarstrom.ch/>

- [61] N. Cereghetti, D. Chianese, (lee@supsi.ch), TISO, *Canobbio* / F. Stöckli, RÄTIA ENERGIE, *Posschiavo*: **Monitoring of the 16.8 kWp PV-plant with CIS modules in St. Moritz** (JB, SB) / <http://www.lee.dct.supsi.ch>
- [62] M. Hubuch, (m.hubbuch@hsw.ch), HOCHSCHULE WÄDENSWIL / Th. Gautschi (thomas.gautschi@amstein-walthert.ch), ARGE ZAYETTA, *Zürich*: **PV-Anlage Dock E - Zürich Flughafen** (JB, SB) /
- [63] R. Minder, (rudolf.minder@bluewin.ch), MINDER ENERGY CONSULTING, *Oberlunkhofen*: **SolarCat - Solar-Electric Passenger Ship** (JB, SB) / <http://www.minder-energy.ch>
- [64] P. Favre, (pierre-pascal.favre@lausanne.ch), SERVICES INDUSTRIELS, *Lausanne*: **Amburnex Solar Farm (3 kWp)** (JB) / <http://www.lausanne.ch/energie>
- [65] R. Kröni (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **RESURGENCE - Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe** (JB) / <http://www.solarstrom.ch/>
- [66] P. Affolter, (Pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne* / B. Bezençon, (sgi@gve.ch), SYN- THESE GROUP INTERNATIONAL SGI, *Lausanne*: **Installation photovoltaïque autonome (3,1 kWp)** (JB) / <http://www.solstis.ch/>
- [67] Th. Hostettler (Hostettler_Engineering@compuserve.com), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, *Bern*: **Messkampagne Wittigkofen** (JB) /
- [68] R. Frei, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **PV-ThinFilmTest** (JB) / <http://www.energieburo.ch/>
- [69] S. Rezzonico (sandro.rezzonico@supsi.ch), LEEE-TISO, DCT, SUPSI, *Canobbio*: **Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III a Riazzino** (JB) / <http://www.lee.supsi.ch>
- [70] C. Renken, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), ADEV BURGDORF represented: HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND INFORMATIK HTI, *Burgdorf*: **Newtech, Vergleich 3 x 1 kWp Dünnschichtzellenanlagen** (JB, SB) / <http://www.pvtest.ch/>
- [71] A. Schlegel, (andreas.schlegel@awtec.ch), AWTEC, *Zürich*: **Beschichtung von PV-Modulen** (JB) / <http://www.awtec.ch>
- [72] Th. Nordmann, (mail@tnc.ch), TNC CONSULTING, *Erlenbach*: **100 kWp PV- Netzverbundanlage A13 Messkampagne, Periode 2002** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [73] J. Keller, (jost.keller@electrosuisse.ch), ELECTROSUISSE, *Fehraltorf*: **Integration der neuen IEC Norm 60364-7-712 für Photovoltaik in die nationalen Installationsnormen NIN** (JB) / <http://www.electrosuisse.ch/>
- [74] R. Locher, (rlocher@szff.ch), SCHWEIZERISCHE ZENTRALSTELLE FÜR FENSTER - + FASSADENBAU (SZFF), *Dietikon*: **Gebäude-Integrierte-Solarstrom-Systeme GISS** (JB) / <http://www.szff.ch/>
- [75] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **Solar *Electri* City Guide - Schweizer Solarstromführer für die Gemeinden** (JB) / <http://www.netenergy.ch>
- [76] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **REMAC 2000 - Renewable Energy Market Accelerator 2000** (JB, SB) / <http://www.netenergy.ch>
- [77] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, *Zürich*: **Quality in the Photovoltaic Sector** (JB, SB, ENET 240014)
- [78] M. Real, (alphareal@access.ch), Alpha Real, *Zürich*: **IEC Normenarbeit für PV Systeme** (JB) / <http://www.iec.ch>
- [79] A. Haller, (andreas.haller@schweizer-metallbau.ch), ERNST SCHWEIZER, *Hedingen*: **10 Roof Integrated PV Small Scale Systems** (SB) / <http://www.schweizer-metallbau.ch>

- [80] H. Kessler, (hke.pamag@flumroc.ch), PAMAG, *Flums*: **3 kWp PV Eurodach amorph**, (SB) / <http://www.flumroc.ch>
- [81] R. Hächler, (ars_solaris@freesurf.ch), ARS SOLARIS HÄCHLER, *Chur*: **Pilot Installation 10 kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (SB)
- [82] R. Hottiger, (ig-solar@bluewin.ch), IG SOLAR SAFENWIL, *Safenwil*: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil** (SB) / <http://www.ekotech.ch> , <http://www.alpha-a1.ch/>
- [83] E. Anderegg, (ean@newlink.ch), NEWLINK ANDEREGG, *Föllinsdorf*: **A Simple and Inexpensive Monitoring Unit for Solar Plants** (SB) / <http://www.newlink.ch>
- [84] G. Jean-Richard, (jeanrichard@eicn.ch), EICN, *Le Locle*: **PV Anlage Héliotrope EICN** / <http://www.eiaj.ch>
- [85] S. Kropf, (kropf@hbt.arch.ethz.ch) ETH, *Zürich*: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** / <http://www.airflow.ethz.ch>
- [86] A. Main, (parkingsolaire@windwatt.ch), WINDWATT, *Genève* /
M. Schneider (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, *Chêne-Bourg*: **PHOTO-CAMPA - PV grid connected system in parking and roof - parking P+R de l'Etoile, aéroport de Zurich, école de cirque, école de Lullier** / <http://www.windwatt.ch>
- [87] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf*: **SOLRIF (Solar Roof Integration Frame)**. (SB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [88] Th. Böhni (boehni@euu.ch), BÖHNI ENERGIE UND UMWELT, *Frauenfeld*: **PV Demonstrationsanlage Zollhof Kreuzlingen** / <http://www.euu.ch>
- [89] U. Muntwyler, (info@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, *Zollikofen*: **Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und BHKW** / <http://www.solarcenter.ch/>
- [A] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen*: **Swiss Photovoltaic Internet Portal - www.photovoltai.ch** (JB) / <http://www.netenergy.ch>
- [B] Ch. Meier, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich*: **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2002** (JB) / <http://www.energieburo.ch>
- [C] E. Linder, (zuerich@linder-kom.ch), LINDER KOMMUNIKATION, *Zürich*: **Solarstrom vom EW** (JB) / <http://www.linder-kom.ch> / <http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp>

9. Referenzen

- [90] **Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003**, Bundesamt für Energie, 2001, <http://www.photovoltaic.ch>
- [91] **Presseanlass IMT – Unaxis**, Neuchâtel, März 2003
- [92] C. Droz et al., http://www-micromorph.unine.ch/Publications/PS_files/paper_365.pdf
- [93] Frischknecht, R. **Life cycle inventory modelling in the Swiss national database ecoinvent 2000**. in Sustainability in the Information Society, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, ETH Zürich. 2001, Metropolis-Verlag, Marburg
- [94] **Annual Report 2003**, IEA PVPS, 2003, <http://www.iea-pvps.org/>
- [95] **IEA PVPS International Conference 2003**, Past, Present and Future, Osaka, Mai 2003, www.iea-pvps.org
- [96] **National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2002**, P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), Nova Energie, June 2003
- [97] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2002**, IEA PVPS Task 1 – 12: 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [98] **IEA PVPS Newsletter**, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23, (pius.huesser@novaenergie.ch)
- [99] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, Version 1:19, May 2003, <http://www.task2.org>
- [100] **Guidelines for selecting Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-12:2002, September 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [101] **Guidelines for monitoring Stand-Alone Photovoltaic systems : methodology and equipment**, IEA PVPS T3-13:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [102] **Common practices for protection against the effects of lightning on Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-14:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [103] **Recommended practices for managing the quality of Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-15:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [104] **Demand side management for Stand-Alone Photovoltaic systems**, IEA PVPS T3-16:2003, October 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [105] **Grid-connected photovoltaic power systems: survey of inverter and related protection equipments**, IEA PVPS T5-5:2002, December 2002, <http://www.iea-pvps.org>
- [106] **IEA PVPS Task 5 CD**, zu beziehen bei Programmleitung Photovoltaik, NET AG, Waldweg 8, CH-1717 St. Ursen, info@netenergy.ch, <http://www.photovoltaic.ch>
- [107] **Summary of Models for the Implementation of Photovoltaic Solar Home Systems in Developing Countries Part 1: Summary**, IEA PVPS T9-02:2003, Februar 2003, <http://www.iea-pvps.org>

- [108] ***Summary of Models for the Implementation of Photovoltaic Solar Home Systems in Developing Countries Part 2: Practical Experience***, IEA PVPS T9-02:2003, Februar 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [109] ***PV for Rural Electrification in Developing Countries - A Guide to Capacity Building Requirements***, IEA PVPS T9-03:2003, 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [110] ***The Role of Quality Management, Hardware Certification and Accredited Training in PV Programmes in Developing Countries***, IEA PVPS T9-04:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [111] ***PV for Rural Electrification in Developing Countries– Programme Design, Planning and Implementation***, IEA PVPS T9-05:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [112] ***Institutional Framework and Financial Instruments for PV Deployment in Developing Countries***, IEA PVPS T9-06:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [113] ***16 Case Studies on the Deployment of Photovoltaic Technologies in Developing Countries***, IEA PVPS T9-07:2003, September 2003, <http://www.iea-pvps.org>
- [114] ***Die 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion Osaka 12. - 16. Mai 2003 aus Schweizer Sicht***, zu beziehen bei NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, info@netenergy.ch, <http://www.photovoltaic.ch>

10. Für weitere Informationen

Weitere Informationen erhalten Sie von der Programmleitung:

Dr. Stefan Nowak, NET Nowak Energie & Technologie AG, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, Schweiz
Tel. ++41 (0) 26 494 00 30, Fax ++41 (0) 26 494 00 34, Email: stefan.nowak@netenergy.ch

Bearbeitung Jahresbericht: Manuela Schmied Brügger, Stephan Gnos,
NET Nowak Energie & Technologie AG, info@netenergy.ch

11. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks)

Allgemeine Begriffe

ETH	Eidgenössische Technische Hochschule	
HES	Haute Ecole Spécialisée	
PV EZA	Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit	http://www.photovoltaiic.ch

Finanzierende Institutionen

PSEL	Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft	http://www.psel.ch
------	---	---

Nationale Institutionen

BBT	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie	http://www.bbt.admin.ch
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft	http://www.bbw.admin.ch/
BFE	Bundesamt für Energie	http://www.energie-schweiz.ch
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft	http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/
CORE	Eidgenössische Energieforschungskommission	http://www.energie-schweiz.ch
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
CUEPE	Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie	http://www.unige.ch/cuepe
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	http://www.deza.admin.ch
EIAJ	Ecole d'Ingénieurs de l'Arc jurassien	http://www.eiaj.ch
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt	http://www.empa.ch
ENET	Netzwerk für Informationen und Technologie-Transfer im Energiebereich	http://www.energieforschung.ch
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	http://www.epfl.ch
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	http://www.ethz.ch
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich	http://www.ewz.ch
HTI Burgdorf	Hochschule für Technik und Informatik HTI Burgdorf	www.hti.bfh.ch
HTW Chur	Hochschule für Technik und Wirtschaft Chur	http://www.fh-htwchur.ch
ICMB	Institute of Molecular and Biological Chemistry	http://icmb.epfl.ch/
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www-imt.unine.ch
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ	http://www.ige.ethz.ch
KTI	Kommission für Technik und Innovation	http://www.bbt.admin.ch/kti/profil/d/index.htm
LEEE TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticino Solare	http://www.lee.e.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Énergie Solaire EPFL	http://lesomail.epfl.ch/
NIN	Niederspannungs-Installations-Norm	http://www.electrosuisse.ch/
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	http://www.seco-admin.ch
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.lee.e.supsi.ch
VSE	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen	http://www.strom.ch

Internationale Organisationen

EU (RTD)	Europäische Union (RTD-Programme) Forschungs- und Entwicklungsinformationsdienst der Europäischen Gemeinschaft	http://www.cordis.lu
EESD	Energy, Environment and Sustainable Development	http://www.cordis.lu/eesd/
ESTI	European Solar Test Installation	http://ies.jrc.cec.eu.int/
IST	Information society technologies	http://www.cordis.lu/ist/
GEF	Global Environmental Facility	http://www.gefweb.org
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	http://www.gtz.de
IEA	International Energy Agency	http://www.iea.org
IEA PVPS	Photovoltaic Power Systems Implementing Agreement (IEA)	http://www.iea-pvps.org
IEC	International Electrotechnical Commission	http://www.iec.ch
IFC	International Finance Corporation	http://www.ifc.org
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	http://www.kfw.de
PV GAP	PV Global Approval Programme	http://www.pvgap.org
UNDP	United Nations Development Programme	http://www.undp.org

Private Institutionen und Unternehmen

NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke Unaxis	http://www.nok.ch http://www.unaxis.ch
-----	--	--

12. Weiterführende Internetlinks

	Photovoltaik Webseite Schweiz	http://www.photovoltaic.ch
	EnergieSchweiz	http://www.energie-schweiz.ch
	Energieforschung des Bundes	http://www.energieforschung.ch
SNF	Schweizerischer Nationalfonds	http://www.snf.ch
GWF	Gruppe Wissenschaft und Forschung	http://www.gwf-gsr.ch/
ETH-Rat	Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen	http://www.ethrat.ch
Top Nano	Technologie Orientiertes Programm Top Nano 21	http://www.ethrat.ch/topnano21/
BFS	Bundesamt für Statistik	http://www.statistik.admin.ch/
IGE	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum	http://www.ige.ch
	Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung metas	http://www.metas.ch/
	Swiss Education and Research Network Switch	http://www.switch.ch
Swissolar	Arbeitsgemeinschaft Swissolar	http://www.swissolar.ch
SOLAR	Schweizerischer Fachverband für Solarenergie	http://www.solarpro.ch
SSES	Schweizerische Vereinigung für Sonnenenergie	http://www.sses.ch
	Photovoltaik Webseite des US Department of Energy	http://www.eere.energy.gov/solar/
ISES	International Solar Energy Society	http://www.ises.org
ESRA	European Solar Radiation Atlas	http://www.helioclim.net/esra/