Mai 2005

Programm Photovoltaik Ausgabe 2005

Überblicksbericht 2004

ausgearbeitet durch:
NET Nowak Energie & Technologie AG

BFE OFEN UFE SFOE

Titelbild:

15.4 kWp Flachdachintegration mit Sarnasol Photovoltaik Elementen

(Bildquelle Sarnafil*)*

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
Worblentalstrasse 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

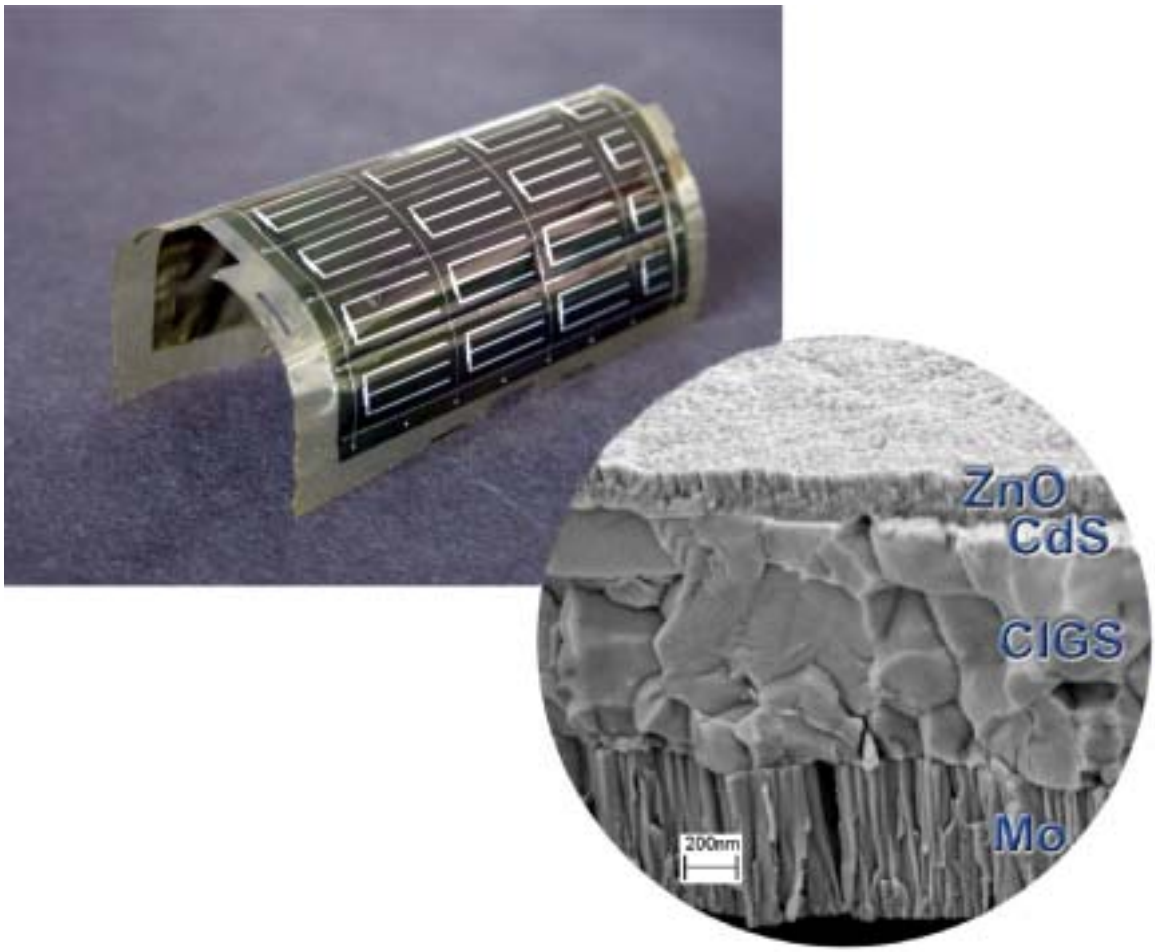
PHOTOVOLTAIK

Überblicksbericht Ausgabe 2005

zum Programm 2004

Stefan Nowak

stefan.nowak@netenergy.ch



Flexible CIGS Solar Zelle auf Polyimid Folie

An der ETHZ wurde die Entwicklung von flexiblen CIGS Solarzellen weiter vorangetrieben. Bei den Flexiblen Solarzellen auf Polyimid konnte aufgrund von optimierter Prozessführung ein neuer Weltrekord für den Wirkungsgrad von flexiblen Solarzellen auf Kunststoff von 14.1% erzielt werden.

(Bildquelle ETHZ)

Inhaltsverzeichnis

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele 2004 ... 3

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse ... 4

Zell-Technologie ... 4

Solarmodule und Gebäudeintegration ... 7

Elektrische Systemtechnik ... 8

Ergänzende Projekte und Studien ... 10

Internationale Zusammenarbeit IEA, IEC, PV-GAP ... 11

3. Nationale Zusammenarbeit ... 13

4. Internationale Zusammenarbeit ... 13

5. Pilot- und Demonstrationsprojekte ... 14

Einleitung ... 14

P+D Projekte ... 14

6. Bewertung 2004 und Ausblick 2005 ... 20

7. Liste der F+E – Projekte ... 21

8. Liste der P+D – Projekte ... 24

9. Referenzen ... 26

10. Für weitere Informationen ... 27

11. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks) ... 27

12. Weiterführende Internetlinks ... 28

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele 2004

Das Jahr 2004 stand für das Programm Photovoltaik (PV) unter dem Zeichen der im Entlastungsprogramm 2003 des Bundes beschlossenen Sparmassnahmen. Während der Einfluss dieser Massnahmen im Bereich der Forschung bisher in Grenzen gehalten und durch eine breite Abstützung des Programms zum Teil aufgefangen werden konnte, mussten im Bereich der P+D-Projekte empfindliche Einschnitte hingenommen werden. Dies erfolgt zu einem Zeitpunkt, wo die industrielle Umsetzung und die Anwendung neuer Lösungen an Schwung gewonnen hat und gefährdet damit die nachhaltige Wirkung der langjährigen Entwicklung. Angesichts dieser Ausgangslage galt es im Berichtsjahr um so mehr, für einige der vielversprechenden Entwicklungen im Bereich der Solarzellen konsequent nach Wegen zur industriellen Umsetzung zu suchen. Das bedeutende Wachstum des internationalen Photovoltaik Marktes bildet denn auch – trotz des stagnierenden nationalen Markts – die Grundlage für den weiteren Ausbau einer wachsenden Photovoltaik Industriebasis in der Schweiz.

Dementsprechend verfolgte das Programm Photovoltaik weiterhin eine ausgeprägte internationale Ausrichtung. Laufende Aktivitäten in Forschung und Entwicklung sowie noch bestehende Projekte im Bereich von Pilot- und Demonstrationsanlagen umfassen im Berichtsjahr 2004 rund 76 Projekte, wobei alle bekannten Projekte mit einer Förderung der öffentlichen Hand berücksichtigt sind. Entsprechend dem von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE genehmigten Forschungskonzept Photovoltaik 2004 – 2007 [76] ist das Programm Photovoltaik in folgende Bereiche gegliedert:

Solarzellen der Zukunft

Die Arbeiten zu **Dünnschicht Solarzellen** waren im Berichtsjahr weiterhin 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. Solarzellen auf flexiblen Substraten gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die industrielle Umsetzung wurde im Bereich der Solarzellen mit besonderem Nachdruck verfolgt.

Module und Gebäudeintegration

Die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum bildet nach wie vor den wichtigsten Schwerpunkt der angestrebten Anwendungen. Währenddem der Markt für Montagesysteme mittlerweile eine breite Produktpalette anbieten kann, stellen neue Produkte und Erfahrungen mit Dünnschicht Solarzellen in der Gebäudeintegration weiterhin ein wachsendes Thema dar.

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. Aufgrund dieser systembezogenen Arbeiten soll die spezifische Energieproduktion von Photovoltaik-Anlagen (kWh/kWp) weiter erhöht werden. Die bessere Vorhersage des **Energieertrags** von Solarmodulen ist dabei ein Teilziel, welches in 2004 mit Nachdruck verfolgt wurde. Die Überarbeitung der **Normen** für die Installation von netzgekoppelten PV Anlagen an Gebäuden sollte im Berichtsjahr abgeschlossen werden. Für **Inselanlagen** wächst die Bedeutung der Kombination mit anderen Energietechnologien in Hybridanlagen.

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 fortgesetzt werden. Von besonderem Interesse waren im Berichtsjahr die Vorbereitungen für eine europäische Photovoltaik Technologie Plattform.

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

ZELL-TECHNOLOGIE

Die **grosse Bandbreite der Schweizer Solarzellenforschung** konnte im Berichtsjahr 2004 dank der breiten Abstützung dieser Forschung mit Erfolg fortgesetzt werden. Im Berichtsjahr gewannen insbesondere Industrie-Projekte mit Unterstützung der KTI an weiterer Bedeutung. Die Beteiligung an EU-Projekten bildete eine weitere wichtige Komponente, wobei hier bei den Dünnschichtsolarzellen ein durch die Europäische Kommission bedingter, momentaner Rückgang zu verzeichnen ist.

Dünnschicht Silizium

Die Entwicklungen im Bereich des Dünnschicht Siliziums finden an der Universität Neuchâtel (IMT), an der EPFL (CRPP), der EIAJ (Le Locle), dem NTB (Buchs) sowie bei den Unternehmen Unaxis Solar (Trübbach, Neuchâtel) und VHF Technologies (Yverdon) statt und stellen einen wichtigen Schwerpunkt des Photovoltaik Programms dar. Das IMT an der Universität Neuchâtel schloss beim Projekt zu **Silizium Dünnschichtsolarzellen** [1] im Berichtsjahr eine weitere, durch wichtige Änderungen gekennzeichnete Projektphase ab: seit Herbst 2004 hat Prof. Christophe Ballif die Nachfolge von Prof. Arvind Shah angetreten; Prof. Shah bleibt dem IMT seinerseits mit seiner langjährigen Erfahrung auch im Jahr 2005 erhalten. Damit war das Jahr 2004 einerseits durch die Sicherung der Kontinuität und des Know-hows in wissenschaftlich-technischen Fragen gekennzeichnet, andererseits durch die Definition der künftigen Forschungsausrichtung und letztlich durch die zielgerichteten Arbeiten zur industriellen Umsetzung der bisherigen Forschung geprägt. Letztere war auf die Zusammenarbeit mit den Unternehmen Unaxis und VHF-Technologies konzentriert. Im Vordergrund der Arbeiten im Rahmen des BFE-Projektes stehen die Schlüsselfaktoren, welche die Führungsposition des IMT im wissenschaftlichen Umfeld des Dünnschichtsiliziums auszeichnen. Dies betrifft den Wirkungsgrad der Solarzellen, die Depositionsgeschwindigkeiten und die optische Absorption dieses Materials, sowie die transparenten Oxydschichten (TCO) zur optimalen Lichtstreuung. Die Resultate in den einzelnen Arbeitsbereichen können wie folgt zusammengefasst werden: Für mikrokristalline (μc-Si:H) Solarzellen in p-i-n Schichtabfolge konnte das TCO für den Front-Kontakt in Hinsicht auf den Kurzschlussstrom der Solarzelle optimiert werden. Für mikrokristalline Solarzellen in n-i-p Schichtabfolge wurde auf Glas ein Anfangswirkungsgrad von 9%, auf texturiertem Kunststoff PET ein solcher von 7% erreicht. Mikromorphe Tandemzellen erreichten in der n-i-p Konfiguration auf Glas 9.2%. Weitere Arbeiten konzentrierten sich auf ZnO als TCO-Material sowie auf neue spektroskopische Messmethoden zur Charakterisierung von Solarzellen.

In einem neuen KTI-Projekt wird in Zusammenarbeit mit Unaxis auf der Grundlage der KAI Plasmadepositionsanlagen dieses Unternehmens der ***Prozess* der schnellen Abscheidung von mikrokristallinem Silizium** [2] entwickelt. Damit wird die Grundlage für den grossflächigen (1.4m²), industriellen Prozess für mikromorphe Solarzellen gelegt. Auf der Versuchsanlage konnten bereits mikrokristalline Silizium Solarzellen mit 5.5% Wirkungsgrad bzw. mikromorphe Solarzellen mit einem solchen von 9.2% hergestellt werden. In einem verwandten neuen KTI-Projekt erarbeitet das CRPP an der EPFL zusammen mit Unaxis einen neuen, grossflächigen ***VHF-Reaktor* für die Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliziumsolarzellen** [3]. Es werden Plasmaanregungsfrequenzen bis 100 MHz untersucht, was eine schnelle Abscheidung (≥ 4 Å/s) erlaubt, jedoch für die Homogenität

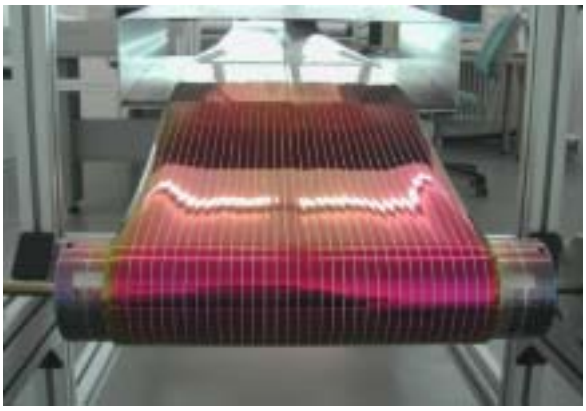
der Schichten auf einer Fläche von ≥ 1 m² besondere Herausforderungen darstellt. Erste Arbeiten betreffen das Design des Reaktors, insbesondere die Form der Hochfrequenzelektroden, sowie die Prozessparameter. Mehr in die analytische Richtung orientiert, entwickelt das NTB in Buchs in einem weiteren neuen KTI-Projekt zusammen mit Unaxis ein auf die industrielle Produktion ausgerichtetes, spektral aufgelöstes **Photostrom Messgerät** (*Spectral Response Measurement System SRMS*) [4]. Erste Arbeiten betreffen das Hardware Design und die PC Steuerung. Diese verschiedenen KTI-Projekte bilden zusammen mit dem laufenden BFE-Projekt die Grundlage für die industrielle Umsetzung in Hinsicht auf Produktionsanlagen für Silizium Dünnschichtsolarzellen durch Unaxis (Fig. 1).

Eine weitere, unabhängige Gruppe von Projekten befasst sich mit der Entwicklung und Herstellung von Silizium Dünnschichtsolarzellen auf Kunststoffsubstraten; auf Seite der Industrie wird dies durch das IMT spin-off Unternehmen VHF-Technologies in Yverdon unter der Marke flexcell® verfolgt. Die gesamte Fabrikationskette konnte inzwischen aufgebaut und erste kommerzielle Produkte (Ladegerät) am Markt vertrieben werden. Das BFE-Projekt zur Verbesserung der **Zuverlässigkeit von amorphen Solarzellen auf Polymer Substraten** konnte im Berichtsjahr erfolgreich abgeschlossen werden [5]. Für die aktuelle Produktionstechnologie wurden im Berichtsjahr in einem ergänzenden BFE-Projekt die Prozessgrundlagen für eine **Pilotproduktion** von 40 kWp/Jahr erarbeitet [6], in dem die wesentlichen Engpässe in der Produktion durch Erhöhung der Kapazität in den einzelnen Fabrikationsschritten erfolgreich beseitigt werden konnten (Fig. 2). Die Resultate der abgeschlossenen Arbeiten legten die Grundlage für eine weitere Investitionsrunde und die Erhöhung der Produktionskapazität. Ausserdem sollen die Eigenschaften dieser Solarzellen in Hinsicht auf Energieanwendungen weiter entwickelt werden.

Das IMT entwickelt dazu in einem neuen KTI-Projekt zusammen mit VHF-Technologies und weiteren Partnern die Verwendung von **nanostrukturierten optischen Gittern** zur Verbesserung der Eigenschaften von flexiblen Solarzellen auf Kunststoffsubstraten [7]. Die nanostrukturierten Kunststoffsubstrate (PET, PEN) wurden durch OVD-Kinegram vorbereitet. Am IMT wurden auf texturierten PET Substraten amorphe Solarzellen mit 7% stabilem Wirkungsgrad hergestellt.

Ein früheres KTI-Projekt zwischen der EIAJ in Le Locle und VHF-Technologies untersuchte ebenfalls die Verwendung von **Nanostrukturen** [8], wobei diese durch Ätzprozesse auf Polyimidsubstraten hergestellt wurden. Dieses Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Während die beabsichtigten Strukturen erfolgreich hergestellt werden konnten, resultierte daraus noch nicht die erhoffte Erhöhung des Wirkungsgrades der Solarzellen.

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



Figur 2: *Roll-to-roll Produktion von amorphen Silizium Dünnschichtsolarzellen (Bildquelle VHF)*

Kristallines Silizium

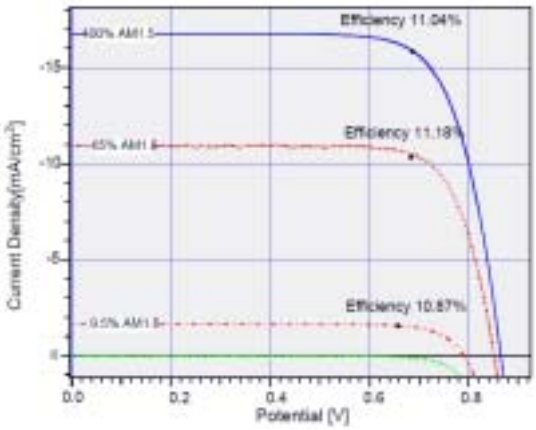
HCT Shaping Systems beteiligte sich am EU-Projekt **RE-SI-CLE** [9] zur Erarbeitung von neuen Prozessen, welche die Rezylierung von Rohsilizium aus Siliziumabfällen der Verarbeitungskette für die Wiederverwendung im Produktionsprozess anstrebte. Dies erfolgt vor dem Hintergrund des im knapper werdenden Rohmaterials für kristalline Silizium Solarzellen. Das Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen.

Am PSI wurde im Berichtsjahr in Zusammenarbeit mit HOVAL das KTI-Projekt **HEAT** [10] abgeschlossen. Es hatte zum Ziel, die Verwendung von Siliziumsolarzellen in einer Thermophotovoltaik-Anwendung für autonom betriebene Heizkessel zu entwickeln. Das PSI beteiligt sich zudem im Rahmen des neuen EU-Projektes **FULLSPECTRUM** [11] auch an internationalen Arbeiten zum Thema der Thermophotovoltaik (TPV). FULLSPECTRUM ist eines der neuen Integrierten Projekten im Bereich der Photovoltaik und führt ganz unterschiedliche Ansätze zur besseren Nutzung des Strahlungsspektrums in einem Projekt zusammen (III-V *multijunctions*, TPV, *intermediate band cells*, molekulare Konzepte); dabei werden Wirkungsgrade bis zu 40% angestrebt.

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. Im Berichtsjahr wurde im BFE-Projekt **FLEXCIM** [12] die Entwicklung von flexiblen CIGS Solarzellen weiter vorangetrieben. Diese flexiblen, 5 x 5 cm^2 grossen CIGS Solarzellen wurden auf Polyimid- und Metallfolien entwickelt. Dabei gelangte die an der ETHZ entwickelte Verwendung von Natrium zum Einsatz, wodurch Wirkungsgrade von 10-12% regelmässig erreicht werden konnten. Auf Polyimid konnte aufgrund von optimierter Prozessführung ein neuer Weltrekord für den Wirkungsgrad von flexiblen Solarzellen auf Kunststoff von 14.1% erzielt werden; dieser Wert wurde durch unabhängige Messungen am Fraunhofer Institut für Solarenergieforschung (FhG-ISE) in Freiburg (D) ermittelt (Fig. 3). Durch eine Antireflexbeschichtung wird eine weitere Erhöhung auf 15% erwartet. Die Abscheidung der flexiblen CIGS Solarzellen auf Substraten von 30 x 30 cm^2 befindet sich im Entwicklungsstadium. Das EU-Projekt **METAFLEX** [13] zur Entwicklung eines *roll-to-roll* Prozesses wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Dabei konzentrierte sich die ETHZ Gruppe auf die CIGS Deposition auf Polyimid, Minimodule und die CIGS Abscheidung bei Temperaturen unter 450 °C. Im Berichtsjahr betrafen die Arbeiten insbesondere die Verwendung von Natrium im Depositionsprozess; dazu wurde eine spezielle Methode der *Post-Deposition* erfolgreich entwickelt und charakterisiert. Im EU-Projekt **NEBULES** [14] wird das Thema neuer Pufferschichten für CIGS Solarzellen weiter entwickelt. Hier konzentriert sich die ETHZ Gruppe auf die strukturelle und elektronische Charakterisierung der Solarzellen in Abhängigkeit von verschieden hergestellten CdS Pufferschichten. Im Berichtsjahr wurden die Grenzflächen dieser Schichten in Hinsicht auf Struktur und Zusammensetzung eingehend analysiert.

Figur 3: *Flexible CIGS Solar Zelle auf Polyimid Folie (Bildquelle ETHZ)*



Figur 4: *I-V Kennlinien von Farbstoffsolarzellen (Bildquelle EPFL)*

Farbstoffzellen

Die Entwicklung von farbstoffsensibilisierten, **nanokristallinen Solarzellen** [15] wurde am ISIC der EPFL fortgesetzt. Im Berichtsjahr wurde die Farbstoffsynthese in Hinsicht auf die optischen Eigenschaften und den möglichen Temperaturbereich vorangetrieben. Im EU-Projekt **NANOMAX** [16] sollten alternative Wege für die Farbstoff Solarzelle untersucht werden, insbesondere mittels neuen Photoelektroden Konzepten und Materialien, neuen Farbstoffen, verbesserten Transporteigenschaften und reduzierter Rekombination der Ladungsträger. Das Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Während für das in der Vergangenheit immer wieder erwähnte Thema der Stabilität (über 1000 h, 60°C) dieser Solarzellen ermutigende Resultate erarbeitet wurden, konnte der Wirkungsgrad noch nicht im erwünschten Ausmass (12 - 15%) erhöht werden. An der EPFL wurden dazu im Rahmen dieses Vorhabens unter einer AM 1.5 Referenzstrahlung Werte von 11% erreicht (Fig. 4).

Zusammen mit Greatcell Solar wird in einem KTI-Projekt aufgrund von Vorarbeiten innerhalb des *TOP NANO 21* Programms die **technische Hochskalierung** der Farbstoffzelle angestrebt [17]. Mittels Nanotechnologie wird TiO_2 als halbleitender Film auf transparenten leitenden Substraten hergestellt. Die Leerlaufspannung und die Betriebstemperatur der Solarzelle sollen erhöht werden. Ein früheres *TOP NANO 21* Projekt, welches sich mit **flexiblen Farbstoffzellen** [18] befasste, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Im Vordergrund standen dabei als Substrat rostfreie Stahlfolien, auf welchen Farbstoffzellen als feste Heteroübergänge realisiert wurden. Dabei wurden Wirkungsgrade um die 3% erreicht. Das neue EU-Projekt **MOLYCELL** [19] befasst sich mit flexiblen organischen Solarzellen, wobei sowohl vollständig organische wie hybride nanokristallin–organische Solarzellen untersucht werden. An der EPFL stehen letztere im Vordergrund, wobei dies auf der Grundlage von nanokristallinen Metalloxydfilmen auf Kunststoffsubstraten erfolgt. Die Solarzelle basiert auf einem festen Heteroübergang, dessen Lichtabsorption einerseits durch molekulare Farbstoffe, andererseits durch Polymere beeinflusst werden soll.

Das LTC an der EPFL entwickelt auf der Grundlage der Farbstoffzellen in einem neuen KTI-Projekt zusammen mit Konarka **photovoltaisch aktive Textilien** [20]. Von dieser Entwicklung werden neuartige Photovoltaik Anwendungen erwartet.

Antennen-Solarzellen

An der Universität Bern wurden die grundlegenden Arbeiten zu **Antennen-Solarzellen** [21] 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. Im Berichtsjahr wurden bezüglich der Funktionalität der Zeolith-Kristalle an ihren Enden und für die Herstellung dünner Zeolith-Kristalle Fortschritte erzielt.

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. Im Berichtsjahr wurde auf die Entwicklungen für die Integration von Dünnschicht Solarzellen und deren Bedingungen weiteres Gewicht gelegt.

Swiss Sustainable Systems (3S) untersuchte in einem BFE-Projekt die durch die Verwendung von geätztem **Antireflexglas** [22] mögliche Leistungssteigerung von kristallinen Solarmodulen. Um die möglichen Effekte zu quantifizieren, wurden die Gläser wahlweise vor wie nach der Lamination im Säurebad geätzt. Die Messungen an den mit diesem Glas hergestellten Solarmodulen zeigten in beiden Fällen eine systematische Leistungssteigerung von ca. 2%, was nicht ganz den Erwartungen von 3% entspricht. Zusätzliche Effekte sind bei flachen Einstrahlungswinkeln möglich. Das EU-Projekt

AFRODITE [23] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Dabei wurden unter Verwendung von rückkontaktierten, kristallinen Solarzellen neue ästhetisch ansprechende Lösungen für die PV Gebäudeintegration erfolgreich entwickelt und früher als erwartet kommerzialisiert [77]. Dadurch reduzierten sich auch die vorgesehenen Aufgaben von 3S. Im neuen EU-Projekt **BIPV-CIS** [24] sollen die Eigenschaften der Photovoltaik Gebäudeintegration mit Dünnschichtsolarzellen verbessert werden. Auf der Grundlage von CIS-Zellen werden Dach-, Überkopfglas- und Fassadenelemente entwickelt. Für 3S steht die Entwicklung des Dachelementes im Vordergrund.

Alcan Packaging beteiligte sich weiter am EU-Projekt **HIPROLOCO** [25], in welchem neue kostengünstigere Verfahren zur Einkapselung von Dünnschichtsolarzellen in Modulen entwickelt werden. Dieses Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen.

Telsonic beteiligt sich am EU-Projekt **CONSOL** [26], in welchem die elektrische Kontaktierung von CIGS Solarzellen optimiert werden soll. Als Technologien werden dazu elektrisch leitende Klebebänder und Ultraschall-Schweissen eingesetzt. Die wichtigen Messgrössen Adhäsion und Kontaktwiderstand werden in Funktion von Klimatests erfasst und für beide Technologien optimiert. Für Telsonic steht als Hersteller von entsprechenden Anlagen die Optimierung des Ultraschall-Schweissens im Vordergrund.

Der minimale Betrieb des Projektes **DEMOSITE** [27] an der EPFL wurde im Berichtsjahr durch das LESO abgeschlossen. Es zeigt nebeneinander zahlreiche Varianten der Photovoltaik-Gebäudeintegration auf Flachdächern, Schrägdächern und Fassaden. Die website http://www.demosite.ch erlaubt deren virtuellen Besuch und bietet zudem Weiterbildungsunterlagen für interessierte Architekten und andere Fachleute. Die weitere Verwendung dieser Demonstrationsanlagen ist seitens der EPFL noch nicht entschieden.

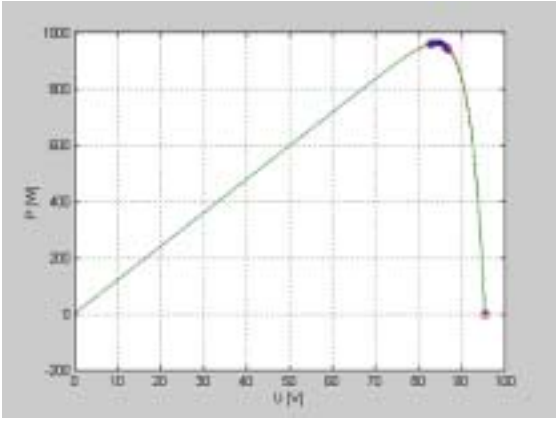
Verschiedene weitere neue Konzepte und Produkte zur Photovoltaik Gebäudeintegration wurden im Rahmen von P+D-Projekten erprobt (siehe Abschnitt *Pilot- und Demonstrationsprojekte*).

ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK

Das **Schwergewicht in der Systemtechnik** liegt 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 hat im Berichtsjahr seine Testmessungen an Solarmodulen in einem neuen Projekt **Centrale LEEE-TISO 2003-2006** [28] fortgesetzt. Das gemäss ISO 17025 für Messungen zertifizierte Labor mit dem Sonnen-Simulator der Klasse A wurde erneut einem jährlichen *Audit* unterzogen und konnte seine Präzision von ±1% bestätigen. Im Berichtsjahr wurden mehr als 2100 I-V Kennlinien (Blitztests) gemessen, davon 270 für Dritte. Es wurden Vergleichsmessungen mit anderen zertifizierten Labors in Europa (ESTI-JRC und ECN) durchgeführt und ein vom NREL koordinierter internationaler *Round Robin* Test von Solarmodulen fortgesetzt. Die Resultate dazu werden im Verlauf von 2005 erwartet. Weitere Untersuchungen betrafen den Temperaturkoeffizienten einzelner Solarmodule, die Messung bei unterschiedlicher Einstrahlungsintensität sowie die Messung von I-V Kennlinien im Fall von Solarzellen mit kapazitiven Eigenschaften. Für die Aussenmessungen der Solarmodule wird die Messelektronik neu konzipiert (Fig. 5). Entsprechend der Strategie des LEEE soll in Zukunft als neues Thema verstärkt auch die Photovoltaik Gebäudeintegration bearbeitet werden.

Figur 5: *TISO PV Modulteststand (Bildquelle LEEE TISO)*



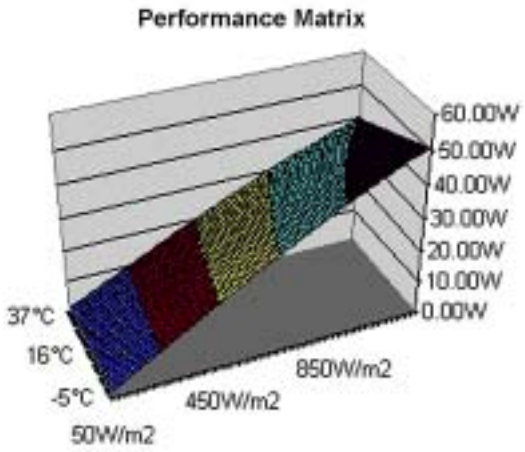
Figur 6: *Automatisierte Bestimmung des Wechselrichter Maximum Power Points MPP (Bildquelle HTI Burgdorf)*

Das LEEE-TISO ist ferner Partner im EU-Projekt **PV Enlargement** [29], welches ein europaweites Demonstrationsprojekt in 10 Ländern, 5 davon in Osteuropa, mit 32 Anlagen von insgesamt 1.14 MWp Leistung darstellt. Ende 2004 waren davon insgesamt 12 Anlagen mit 712 kWp in Betrieb. Dabei ist das LEEE-TISO für die wissenschaftliche Begleitung, insbesondere für Kalibrierungsaufgaben der verwendeten Messsysteme und Performance Messungen der verwendeten Solarmodule, zuständig. Seit Projektbeginn im Januar 2003 wurden dazu 97 Solarmodule verschiedener Technologien (c-Si, a-Si, CIS, CdTe) und Hersteller geprüft. Bei den kristallinen Zellen wiesen rund die Hälfte der 53 Module Abweichungen von der Nennleistung auf. Die grösste negative Abweichung betrug –9.4%; andererseits wies ein speziell für die Gebäudeintegration bestimmtes Modul eine positive Abweichung von +9.6% auf. Bei den Dünnschichtmodulen wurden unterschiedliche Verhalten festgestellt, die Toleranzen bei der Nennleistung aber im Allgemeinen eingehalten.

Am Photovoltaiklabor an der HTI Burgdorf wurde das Projekt **Photovoltaik-Systemtechnik PVSYTE** [30] fortgesetzt. Die Steuer- und Mess-Software für den Solargenerator-Simulator wurde in den Jahren 2003 und 2004 für halbautomatische Tests stark verbessert (Fig. 6). Zur Gewinnung von Testresultaten von neueren Wechselrichtern erfolgten 2004 ausgedehnte Tests an einigen neuen Geräten (Sunways NT4000, Fronius IG 30 und IG 40 sowie Sunny Mini Central 6000 von SMA). Dabei wurden auf nunmehr 23 Leistungsstufen alle U, I und P auf der DC- und AC-Seite, der DC-AC-Umwandlungswirkungsgrad η, der statische MPP-Tracking-Wirkungsgrad η_{MPPT}, die Oberschwingungsströme und der cos φ auf der entsprechenden Leistungsstufe gemessen. Im Laufe von 2004 wurde zudem die neue Grösse „totaler Wirkungsgrad η_{tot}" eingeführt, die eine noch bessere Charakterisierung des Verhaltens von Netzwechselrichtern ermöglicht. Einige der getesteten Wechselrichter weisen gegenüber früheren Geräten eine deutliche Steigerung des Umwandlungswirkungsgrades auf, der zudem oft deutlich von der verwendeten DC-Spannung abhängt. Um für zukünftige Tests zwei computersteuerbare Simulatoren zur Verfügung zu haben, wurde im Jahre 2004 auch die Steuerelektronik des kleinen Simulators (7,5 kW / 12 A) komplett überarbeitet und der Arbeitsspannungsbereich von 75 V bis 750 V auf 20 V bis 800 V erweitert. Im Rahmen dieses Projektes wurde auch das Langzeit-Monitoring der im vorangegangenen Projekt gemessenen Anlagen mit insgesamt 55 Wechselrichtern fortgesetzt.

Enecolo schloss im Berichtsjahr das Projekt **Energy Rating von Solarmodulen** [31] zusammen mit Partnern im In- und Ausland weitgehend ab. Als Basis dient die Performance-Matrix eines Solarmoduls (Fig. 7). Die Perfomance-Matrix wurde aus verschiedenen experimentellen Methoden ermittelt und in ihren Eigenschaften analysiert und verglichen. Dabei ist die hohe Qualität und breite Verteilung der Messdaten für eine aussagekräftige Performance-Matrix von Bedeutung. Während damit die für die Erstellung der Performance-Matrix notwendigen Erkenntnisse vorliegen, ist die Präzision der Aussagen in Hinsicht auf das Energierating der Solarmodule noch nicht zufriedenstellend und eindeutig.

Solaronix ist am EU-Projekt **EURO-PSB** [32] zur Entwicklung einer Polymer Solar Batterie beteiligt. Es handelt sich dabei um eine kleine, selbstaufladende Batterie für mobile Anwendungen (Fig. 8). Das Prinzip baut auf der Kombination einer neuartigen Polymer Solarzelle (organische Solarzelle) und einer wiederaufladbaren Lythium Polymerbatterie auf. Solaronix ist in diesem Projekt für die elektrische Verbindungstechnik zwischen Solarzelle und Batterie sowie den gesamten Verbund zuständig. Es wurden dazu im Berichtsjahr entsprechende Lösungen erarbeitetet und ein Niederspannungskonverter mit kombinierter Ladereglerfunktion entwickelt. Amorphe Siliziumsolarzellen erwiesen sich dabei als besonders geeignet.



Figur 7: *Performance Matrix eines Solarmoduls (Bildquelle Enecolo)*

Figur 8: *Beispiel einer Anwendung der Polymer Solar Batterie (Bildquelle Varta)*

ERGÄNZENDE PROJEKTE UND STUDIEN

Das LESO an der EPFL beteiligt sich am EU-Projekt **SUNtool** [33], welches ein allgemeines Modellierungswerkzeug zur Nachhaltigkeit im urbanen Kontext darstellt. Es soll typischerweise eine Gruppe von Gebäuden bis zu einem Stadtviertel (< 1 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. Die EPFL entwickelt dazu entsprechend stochastische Benutzungsmodelle und hat diese zum Teil bereits validiert. Die Gemeinden Lausanne und Morges nehmen dazu auch als Lieferant von Informationen und Daten teil.

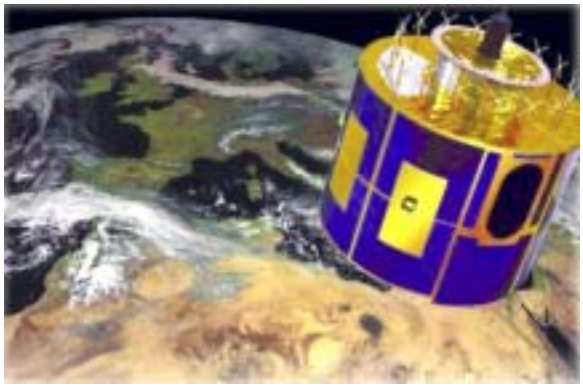
Enecolo ist am EU-Projekt **PVSAT2** beteiligt [34]. In diesem Projekt soll die satellitengestützte Performance Überwachung weiterentwickelt werden, indem einerseits präzisere Satellitendaten verwendet werden und andererseits die Produktionsdaten der PV Anlagen zentral erfasst werden. Insgesamt soll dadurch ein zuverlässiges und kosteneffizientes System zur Überwachung von kleinen Photovoltaik Anlagen entstehen, für welche eine Messdatenerfassung vor Ort zu aufwendig wäre. Im Berichtsjahr wurde vor allem die Strahlungsumrechnung verbessert und ein Entscheidungssystem entwickelt, welches allfällige Fehler beim Betrieb der Photovoltaik Anlagen detektieren kann. Enecolo ist auch am verwandten Projekt der esa **ENVISOLAR** [35] beteiligt. In diesem Vorhaben sollen die der esa zur Verfügung stehenden Daten aus der Erdbeobachtung marktorientiert (http://www.eomd.esa.int) verarbeitet werden, insbesondere in Hinsicht auf das Thema „Solarstrahlung für Energieanwendungen".

Das CUEPE an der Universität Genf beteiligt sich am EU-Projekt **Heliosat 3** [36] zur energiespezifischen Bestimmung der Solarstrahlung aus Meteosat-Daten. Heliosat3 nutzt u.a. die neuen Meteosat Second Generation (MSG) Satelliten und erarbeitet Solarstrahlungsdaten mit höherer Auflösung in zeitlicher, räumlicher und spektraler Hinsicht. Diese Daten können die Entscheidungsgrundlagen für Investitionen, Planung und Management im Solarenergiebereich verbessern. Als mögliche

Anwendungsbeispiele im PV-Bereich werden Standortoptimierung, Anlagen- und Netzmanagement genannt (s. auch ENVISOLAR). Es konnte gezeigt werden, dass ab einer Distanz von ca. 20-25 km zur nächsten Meteostation die aus den Satellitendaten errechnete Solarstrahlung präziser ist. Das Projekt wird anfangs 2005 mit einem Workshop abgeschlossen(Fig. 9).

Das LEEE-TISO und Solstis sind Partner im neuen EU-Projekt **PV-Catapult** [37]. Dieses Querschnittprojekt hat zum Ziel, in verschiedenen strategischen Bereichen der Photovoltaik, sowohl in Forschung, Umsetzung wie Markt, entsprechende Aktionen zur Marktbeschleunigung zu identifizieren und auszulösen. Unter anderem soll dazu eine SWOT-Analyse der europäischen Photovoltaik durchgeführt werden. Das LEEE-TISO bearbeitet in diesem Projekt Fragen der Performanzmessungen und –voraussage während sich Solstis an einer Roadmap für das Thema des PV-thermischen Hybridkollektors beteiligt.

Ein symbolträchtiges Projekt stellt das von Bertrand Piccard und verschiedenen Partnern getragene Vorhaben **Solarimpulse** [38] dar. Das Ziel dieses speziellen Projekts ist die ununterbrochene Weltumrundung mit einem photovoltaisch betriebenen Flugzeug (Fig. 10). Das Projekt ist eine grosse Herausforderung in Hinsicht auf Material und Design sowie insbesondere auf die Energieversorgung und das Energiemanagement unter extremen Bedingungen (z.B. UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Temperaturen, Frost, Alterung, mechanische Vibrationen). Die photovoltaische Energieversorgung des Flugzeugs und ein äusserst sparsamer Energieeinsatz müssen dabei genügend Energie für den momentanen Antrieb, die Heizung des Flugzeugs und die Speicherung in Hinsicht auf den Nachtflug bereitstellen. In diesem Projekt nimmt die EPFL die Rolle des wissenschaftlichen Beraters wahr und arbeitet dazu mit weiteren Stellen im In- und Ausland zusammen.



Figur 9: *Heliosat 3*
(Bildquelle Eumetsat)

Figur 10: *Photovoltaisch betriebenes Flugzeug*
(Bildquelle: Oxyde.ch – Saprisiti / ©EPFL Solar Impulse)

INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IEA, IEC, PV-GAP

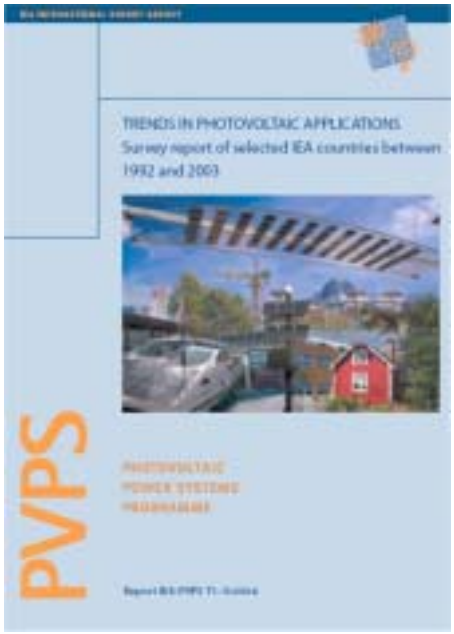
Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA (IEA PVPS) wurde im Berichtsjahr mit Kontinuität fortgesetzt, sowohl auf der Projektebene wie im *Executive Committee* (ExCo) [78]. Die Schweiz setzte im Berichtsjahr den Vorsitz dieses weltweiten Programms fort. Im Berichtsjahr wurde die Zusammenarbeit mit der Industrie verstärkt und die Europäische Photovoltaik Industrie Vereinigung EPIA konnte neu als Sponsormitglied gewonnen werden. Ausführliche Informationen zu den Aktivitäten und Resultaten von IEA PVPS sind auf der website http://www.iea-pvps.org zu finden.

Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1 von IEA PVPS, welcher allgemeine **Informationsaktivitäten** [39] zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 2003 [79] erstellt; auf dieser Grundlage wurde die 9. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes (Fig. 11) über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [80]. Dieser Bericht wurde im Berichtsjahr insbesondere auch für die aktuellen Analysen der Photovoltaik durch den Finanzsektor (Bank Sarasin, Credit Lyonais) verwendet [81, 82]. Im Berichtsjahr wurde anlässlich der 19. Europäischen Photovoltaik Konferenz in Paris unter Schweizer Führung ein

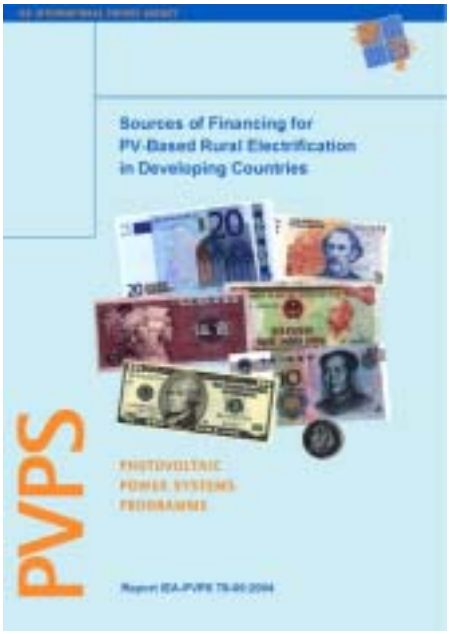
Workshop mit der Industrie organisiert. Der *IEA PVPS-Newsletter* [83] informiert regelmässig über die Arbeiten in und rund um das IEA-Programm.

In IEA PVPS Task 2 über **Betriebserfahrungen** [40] stellt TNC den Schweizer Beitrag. Im Berichtsjahr wurde dieses Projekt unter der Führung Deutschlands für eine weitere Arbeitsphase 2004-2007 verlängert und umfasst nun 11 teilnehmende Länder (inkl. Europäische Kommission, Polen ist neu permanenter Beobachter). Als wichtiges neues Thema figurieren wirtschaftliche Aspekte der Photovoltaik. Die PVPS-Datenbank *Performance Database* [84] wurde mit neuen Daten ergänzt und umfasst nun 414 Photovoltaik-Anlagen aus 21 Ländern mit insgesamt rund 15'000 Monats-Betriebsdaten und 12 MWp Anlagenleistung. Aus der Schweiz sind 64 Anlagen in der Datenbank enthalten. Im Jahr 2004 wurden zwei neue Berichte zu Performanz und Einstrahlungsdaten fertiggestellt [85, 86].

Dynatex beteiligt sich an den Arbeiten in IEA PVPS Task 3 über **Inselanlagen** [41]. Schwerpunkte der Aktivitäten dieses Projektes bilden die Qualitätsverbesserung und die Zuverlässigkeit von autonomen Photovoltaik-Anlagen sowie technische Fragen in hybriden Systemen und Batterien. Das Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Im Jahr 2004 wurden die letzten Berichte zur Auswahl von Bleibatterien sowie zu alternativen Speichersystemen publiziert [87-89].



Figur 11: *IEA PVPS International Survey Report*



Figur 12: *IEA PVPS Task 9 Bericht zur Finanzierung ländlicher Elektrifizierung mit Photovoltaik*

Im Rahmen der interdepartementalen Plattform (seco, DEZA, BUWAL, BFE) zur Förderung der erneuerbaren Energien in der internationalen Zusammenarbeit REPIC (http://www.repic.ch) leistet entec den Schweizer Beitrag zu IEA PVPS Task 9 über die **Photovoltaik-Entwicklungszusammenarbeit** [42]. Dieses Projekt trat im Berichtsjahr in eine neue Arbeitsphase 2004-2008. Die Schweiz ist in diesem Projekt für die Koordination der Arbeiten mit multilateralen und bilateralen Organisationen verantwortlich. Im Berichtsjahr wurde im Rahmen dieses Projektes ein Bericht zur Finanzierung ländlicher Elektrifizierung mit Photovoltaik publiziert [90] (Fig. 12).

Alpha Real vertritt die Schweiz im TC 82 der IEC und leitet die Arbeitsgruppe, welche internationale **Normenvorschläge** [67] für Photovoltaiksysteme vorbereitet und verabschiedet. Alpha Real beteiligt sich ausserdem an *PV-GAP* (PV Global Approval Program), einem weltweiten Programm zur Qualitätssicherung und Zertifizierung von Photovoltaik-Systemen.

Das EU-Projekt **PV-EC-NET** [43] ist ein Netzwerk von nationalen Photovoltaik Programmkoordinationsstellen, an welchem sich 14 Länder beteiligten (http://www.pv-ec.net). Das Projekt wurde 2004 mit einer Roadmap abgeschlossen. Das ergänzende EU-Projekt **PV-NAS-NET** [44] befasst sich mit der

Analyse der Situation der Photovoltaik in den neuen Mitgliedländern der EU und führt ähnliche Arbeiten wie das Projekt PV-EC-NET durch (http://www.pv-nas.net). Im Berichtsjahr wurde dazu ein Überblicksbericht publiziert, welcher Photovoltaik Forschungsaktivitäten und die Marktsituation in diesen Ländern darstellt. Durch diese Projekte entsteht eine ausgezeichnete Übersicht über die verschiedenen Ansätze und Aktivitäten, aber auch über Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten. 2004 begann das neue EU-Projekt **PV-ERA-NET** [45], welches Programmkoordinationsstellen und verantwortliche Ministerien aus 11 Ländern unter dem era-net Schema zusammenführt (http://www.pv-era.net). Im Verlauf dieses Projektes soll die Zusammenarbeit zwischen den Europäischen Photovoltaikprogrammen verstärkt und in ausgewählten Gebieten gemeinsame Aktivitäten ausgelöst werden.

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 bzw. dem neuen Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF, der KTI, dem BUWAL, der DEZA und dem seco sowie aus der Elektrizitätswirtschaft 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, PVGAP und den Europäischen Netzwerkprojekten wurde bereits oben beschrieben. Auf der Projektebene konnte die erfolgreiche Zusammenarbeit innerhalb der EU in bestehenden und neuen Projekten fortgesetzt werden: Im Jahr 2004 waren es 20 Projekte im 5. bzw. 6. Rahmenforschungsprogramm der EU. Ein weiteres Projekt fand mit der esa 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.

Eine neue, wichtige Entwicklung fand mit den Vorarbeiten in Hinsicht auf eine Europäische Photovoltaik Technologie Plattform statt. Technologie Plattformen sind ein neues Instrument der EU, mit welcher Forschung, Industrie und weitere Kreise in strategisch wichtigen Gebieten in einer gemeinsam getragenen Initiative eingebunden sind und stärker zusammenarbeiten sollen. Der Programmleiter Photovoltaik konnte in der Eigenschaft als Vorsitzender des IEA PVPS Programms an den Arbeiten des *Photovoltaic Technology Research Advisory Council* (PV-TRAC) teilnehmen. Dieser Beirat der Europäischen Kommission erarbeitete im Verlauf von 2004 einen Bericht mit einer Vision für die Photovoltaik im Jahr 2030 [91], welche im September 2004 vorgestellt wurde. Es wird erwartet, dass die Photovoltaik Technologie Plattform 2005 operativ wird und insbesondere in Hinsicht auf das 7. Rahmenforschungsprogramm der EU Wirkung entfalten kann.

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

Das Entlastungsprogramm 2003 des Bundes hatte auf das Photovoltaik P+D Programm einschneidende Auswirkungen. Stieg die Anzahl der aktiven Projekte im Jahr 2003 im Photovoltaik P+D Bereich leicht auf gut 45 Projekte an, wurden im Berichtsjahr insgesamt rund 35 Projekte begleitet. Anfang 2005 betrug die Zahl der aktiven Projekte noch 25. Aufgrund der aktuellen Budgetsituation im PV P+D Bereich ist die Unterstützung neuer Projekte vorderhand nicht mehr möglich.

Die P+D Aktivitäten verteilten sich im Berichtsjahr auf die Sektoren Pilotanlagen, Studien und Hilfsmittel, Messkampagnen und Komponentenentwicklung. Die pilotmässige Erprobung neuer Komponenten bei P+D Anlagen im Massstab 1:1 bildete auch dieses Jahr einen klaren Schwerpunkt. Thematisch hauptsächlich vertreten bleibt weiterhin die **Photovoltaik Gebäudeintegration**.

Aktuell befassen sich diverse PV P+D Projekte mit den Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten verschiedener Dünnschichtzellentechnologien. Bei mehreren Projekten wird die Eignung neuer Module dieses Typs für die Photovoltaik Gebäudeintegration untersucht. Die bisherigen Erfahrungen belegen die positiven Eigenschaften einiger PV Elemente mit Dünnschichtzellen für die direkte Integration in thermisch isolierte Dächer und Fassaden ohne Hinterlüftung der Module.

P+D PROJEKTE

Neue P+D Projekte

Im Berichtsjahr 2004 konnten im P+D Programm aufgrund des Entlastungsprogramms 03 des Bundes **keine neuen P+D Projekte** mehr begonnen werden. Damit wird es verschiedenen Schweizer Firmen zunehmend erschwert, Erfahrungen mit neuen Produkten im Ersteinsatz zu sammeln, oder neue Entwicklungen anzugehen, die zum Erhalt der internationalen Konkurrenzfähigkeit im Photovoltaikbereich beitragen. Während sich der PV Weltmarkt seit Jahren mit Wachstumsraten von jährlich 30 bis 40% entwickelt, stagniert der Schweizer Markt seit über 5 Jahren. Diversen Schweizer Firmen fehlen damit einerseits mindestens teilweise die Erfahrungen mit neuen Produkten, und andrerseits die Erfahrungen im Massengeschäft. Damit besteht für diverse in der Schweiz ansässige Firmen die Gefahr, gegenüber der ausländischen Konkurrenz ins Hintertreffen zu geraten. Ausgenommen sind dabei all jene Unternehmen, die sich frühzeitig in internationalen Wachstumsmärkten etablieren konnten.

Laufende P+D Projekte

Bei den laufenden Projekten konnten mit dem Bau der dachintegrierten 15 kWp Flachdachanlage CPT Solar mit amorphen Dünnschichtzellen in Trevano [49], Titelbild wertvolle Erfahrungen gesammelt werden. Der über den Erwartungen liegende Ertrag von 1070 kWh/kWp belegt die optimale Planung und Auslegung dieser Installation.

Mit dem Projekt PV DünnFilmTest [61] Fig. 13 wird nach der zweijährigen Messphase die gute Eignung einiger Dünnschichtmodule für die Gebäudeintegration in Kombination mit einer thermischen Isolation aufgezeigt. Im Schlussbericht werden die detaillierten Auswertungen nachzulesen sein.

Interessant sind auch die Resultate der 62 kWp Flachdachanlage mit PowerGuard Modulen [52] Fig. 14. Neben der einfachen Montage überzeugt diese Anlage auch mit einem guten optischen Erscheinungsbild und einem hohen Ertrag.

Figur 13: *PV DünnFilmTest*
(Bildquelle: NET)

Figur 14: *62 kWp Anlage mit PowerGuard Modulen*
(Bildquelle: Zagsolar)

Die laufenden Projekte umfassen (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) [46]

Anlagen

- 15.4 kWp Flachdachintegration CPT Solar (Pilotmässiger Einsatz einer neu entwickelten Kombination von amorphen Dünnschichtzellenmodulen mit einer dichten Kunststofffolie; Leitung: LEEE-TISO) [49] Titelbild

- 23.5 kWp PV Anlage Zollhof Kreuzlingen (Flachdach Demonstrationsanlage mit Grossanzeige an gut frequentierter Lage; Leitung: Böhni Energie und Umwelt) [50] Fig. 15

- 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: A. Reinhard) [75]

- 17.6 kWp Flachdachanlage mit Dünnschichtzellenmodulen ETHZ (Optisch diskrete Flachdachanlage mit amorphen Zellen; Leitung: BE Netz) [51]

- 62 kWp Flachdachanlage mit PowerGuard Solardachplatten (Multifunktionale PV Flachdachanlage mit gleichzeitiger thermischer Isolation des Dachs, wobei die thermischen Dämmelemente auch die Funktion der Modulhaltekonstruktion übernehmen; Leitung: Zagsolar) [52] Fig. 14

- 12 kWp Solight Pilotanlage (Pilotmässige Umsetzung von zwei verschiedenen Solight Varianten; Leitung: Energiebüro) [53]

- 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) [56]

- 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) [71]

- 27 kWp Anlage AluStand Hünenberg (Demonstrationsanlage mit Verwendung der Flachdachvariante des Modulhaltesystems AluTec (AluStand); Leitung: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [54] Fig. 16

- 25 kWp Gründachintegration Solgreen Kraftwerk 1, Zürich (Piloteinsatz einer neu entwickelten Modul Haltekonstruktion für den Gründachbereich; Leitung: Enecolo) [55] Fig. 17

- 3 kWp Anlage Ferme Amburnex (Inselanlage mit Hilfs-Dieselaggregat zur elektrischen Versorgung einer Alp, autonome Anlage; Leitung: Services Industriels Lausanne) [73]

- 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) [58]

Figur 15: *PV Anlage Zollhof Kreuzlingen (Bildquelle NET)*

Figur 16: *27 kWp Alustand Hünenberg (Bildquelle Urs Bühler Energy Systems)*

Messkampagnen

- Messkampagne Wittigkofen (Detaillierte Messungen und Auswertungen mit Visualisierung der Daten zur 80 kWp Fassade Wittigkofen; Leitung: Ingenieurbüro Hostettler) [60] Fig. 18
- 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) [62]

- PV DünnFilmTest Migros Zürich (18 Testanlagen mit PV Dünnschichtzellen-Modulen im direkten Vergleich, Gesamtleistung: 24.5 kWp; Leitung: Energiebüro) [61] Fig. 13

- Messkampagne 100 kWp Anlage A 13 (Leitung: TNC Consulting) [63]

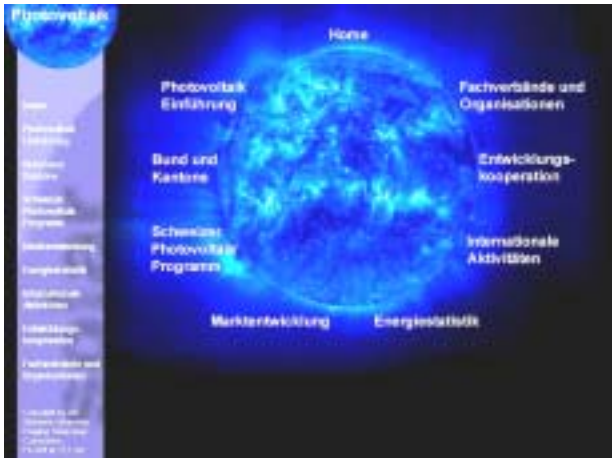
Figur 17: *Gründachanlage Solgreen Kraftwerk 1 Zürich (Bildquelle NET)*

Figur 18: *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) [64]
- 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) [65]
- *Solar Electri City Guide* - Schweizer Solarstromführer für die Gemeinden (Leitung: NET) [66]
- IEC Normenarbeit PV Systeme (Leitung: Alpha Real) [67]
- Internetportal Photovoltaik Schweiz http://www.photovoltaic.ch (Realisierung eines umfassenden Schweizer Internetauftritts mit umfangreichen Informationen zu nationalen und internationalen PV Aktivitäten; Leitung: NET) [A]
- Photovoltaikstatistik der Schweiz 2004 (Leitung: Ing. Büro Hostettler, Energiebüro, VSE) [B]
- Solarstrom vom EW (Leitung: Linder Kommunikation) [C]

Figur 19: *Ausschnitt Titelblatt neue NIN Norm (Bildquelle SEV)*



Figur 20: *Schweizer Photovoltaik Internetportal (http://www.photovoltaic.ch)*

Im Jahr 2004 abgeschlossene Projekte

Im Jahr 2004 wurden die folgenden P+D Projekte abgeschlossen (in chronologischer Reihenfolge):

Komponentenentwicklung

- Photovoltaik-Alpur-Dach (Photovoltaik Dach mit thermischer Isolation; Gebäudeintegration; Leitung: ZAGSOLAR) [47]

Anlagen

- 5.5 kWp Dachintegration mit dem Integrationsystem Freestyle® in Lutry (Vollflächige Photovoltaik Dachintegration mit Modulen mit amorphen Tripelzellen, Pilotanlage; Leitung: Solstis) [48] Fig. 21
- 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) [68] Fig. 22
- Photovoltaik Obelisk (Pilotmässige Realisierung von Informationssäulen mit modernem Design für den öffentlichen Raum mit integrierter PV Anlage zur Energieversorgung; Leitung: Enecolo) [72] Fig. 23
- 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) [57] Fig. 24
- 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) [70] Fig. 25
- 16 kWp Dachintegration Sunny Woods (Dachintegrierte PV Pilotanlage mit amorphen Tripelzellen in einem Mehrfamilien-Passivhaus; Leitung: Architekturbüro Kämpfen, Naef Energietechnik) [69]

Figur 21: *5.5 kWp Dachintegration Freestyle (Bildquelle Solstis)*

Figur 22: *15 kWp Dachintegration Weiermatt (Bildquelle NET)*

Figur 23: *PV Obelisk (Bildquelle NET)*

Figur 24: *PV Beschattungsanlage Würth Chur (Bildquelle NET)*

Figur 25: *70 kWp Flachdachanlage Palexpo (Bildquelle NET)*

Figur 26: *Autonome 3 kWp Dachintegration Soyhières (Bildquelle NET)*

Messkampagnen

- Messkampagne Soyhières (Detaillierte Messungen und Auswertungen zur autonomen 3 kWp PV Dachintegration in Soyhières; Leitung: SGI / Solstis) [59] Fig. 26
- 47 kWp Anlage IBM (Detaillierte Messkampagne zu schmutzabweisenden Oberflächenbeschichtungen von PV Modulen; Leitung: awtec, Zürich) [74]

6. Bewertung 2004 und Ausblick 2005

Der weltweite Photovoltaikmarkt boomt aufgrund grossangelegter Förderprogramme bzw. Einspeisevergütungen einzelner Länder weiterhin mit Wachstumsraten zwischen 30 und 40%. 2004 wurde in der Modulproduktion erstmals die 1000 MW Schwelle überschritten. Von diesem Wachstumsmarkt konnte die Schweizer Photovoltaik Industrie auch im Export profitieren; aufgrund von Umfragen wird das jährliche Photovoltaik Exportvolumen auf mindestens 50 Mio. CHF geschätzt. Demgegenüber stagniert der schweizerische Photovoltaik-Markt und konnte im Jahr 2004 den Vorjahreswert dank den Solarstrom- bzw. Ökostrombörsen leicht übertreffen. Die länderspezifischen Photovoltaik Marktdaten von IEA PVPS zeigen, dass die Schweiz relativ und gegenüber den Entwicklungen in den gegenwärtig grössten Märkten, insbesondere Deutschland, Japan und USA, weiter zurückfällt, und sich nun in absoluten Zahlen im Mittelfeld bewegt.

Die aufgrund des Entlastungsprogramms 2003 des Bundes beschlossenen Kürzungen sind inzwischen vorab für die Mittel für P+D-Vorhaben wirksam geworden und haben damit eine einschneidende Wirkung auf die Ausgestaltung und die Möglichkeiten im Programm Photovoltaik. Im Berichtsjahr 2004 konnten mit BFE-Mitteln keine neuen P+D Projekte unterstützt werden. 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. Dies trifft die Photovoltaik zu einem Zeitpunkt, in dem sich nach langem Aufbau eine verstärkte Umsetzung im Programm Photovoltaik abzeichnet. P+D Projekte sind ein wesentliches Bindeglied zwischen Forschung / Entwicklung und der Umsetzung der Resultate in industrielle Prozesse, Produkte und Anlagen.

Durch die breite Abstützung des Programms Photovoltaik konnte der Rückgang der zur Verfügung stehenden Mittel im Bereich der Forschung bisher in Grenzen gehalten werden. Dazu haben EU-Projekte mit Unterstützung des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft BBW (ab 2005 Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF) sowie seit 2004 auch durch die Europäische Kommission direkt beigetragen, ebenso die Kommission für Technologie und Innovation KTI (seit kurzem die Förderagentur für Innovation). 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.

An der ETHZ fand im März 2004 die gut besuchte 5. Nationale Photovoltaik Tagung statt. Die Schweizer Photovoltaik war auch an der 19. europäischen Photovoltaik Konferenz im Juni in Paris mit ihren Beiträgen gut vertreten [92]. Der Informationsaustausch bleibt in der Schweiz weiterhin ein wichtiges Thema. Die Photovoltaik website http://www.photovoltaic.ch beinhaltet alle wesentlichen Informationen sowie Berichte und dient damit als wichtiges Informationsinstrument, das laufend unterhalten wird. Dies ist ab 2005 besonders wichtig, da der frühere ENET-Publikationsdienst in seiner bisherigen Form nicht fortgeführt werden kann und in Zukunft nur noch mit reduziertem Umfang (http://www.energieforschung.ch) betrieben wird.

Am 12. April 2005 findet an der EMPA ein Fachseminar im Bereich der Solarzellenforschung statt. Als wichtigste nationale Veranstaltung findet im Jahr 2005 die 6. Nationale Photovoltaik Tagung in Genf statt (24./25. November 2005). Ausserdem finden die 20. Europäische Photovoltaik Konferenz in Barcelona (6.-10. Juni 2005, http://www.photovoltaic-conference.com), die Fachmesse Intersolar in Freiburg (23.-25. Juni 2005, http://www.intersolar.de) und das 20. Symposium für Photovoltaische Solarenergie in Staffelstein (9.-11. März 2005) statt.

7. Liste der F+E – Projekte

(JB) Jahresbericht 2004 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden
Einzelne Jahresberichte und Schlussberichte können von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden
Unter den aufgeführten Internet-Adressen können weiter Informationen heruntergeladen werden

[1] A. Shah, R. Tscharner, S. Faÿ, L. Feitknecht, V. Terrazzoni, E. Vallat, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel:* ***Thin film silicon modules: Contributions to low cost industrial production*** (JB, SB) / http://www.micromorph.unine.ch

[2] L. Feitknecht, A. Shah, (luc.feitknecht@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel:* ***High rate deposition of µc-Si:Hsilicon thin-film solar cell devices inindustrial KAI PE-CVD reactor*** (JB) / http://www.micromorph.unine.ch

[3] Ch. Hollenstein, A. A. Howling, B. Strahm, (christophe.hollenstein@epfl.ch), CRPP / EPFL, *Lausanne:* ***A new large area VHF reactor for high rate deposition of micro-crystalline silicon for solar cells*** (JB) / http://crppwww.epfl.ch/crpp_proc.htm

[4] F. Baumgartner, (Franz.Baumgartner@ntb.ch), NTB, *Buchs,:* ***Spectral photocurrent measurement system of thin film silicon solar cells and modules*** (JB) / http://www.ntb.ch/pv

[5] D. Fischer, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, Le Locle: ***Étude et amélioration de la fiabilité des cellules solaires sur substrats polymers*** (SB) / http://www.flexcell.ch

[6] A. Closset, D. Fischer, Y. Ziegler, (diego.fischer@flexcell.ch), VHF-TECHNOLOGIES, Le Locle: ***Ligne pilote de fabrication de cellules solaires*** (JB, SB) / http://www.flexcell.ch

[7] V. Terrazzoni, A. Shah, (Vanessa.terrazzoni@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel:* ***Optical nano-gratings and continuous processing for improved performance flexible solar cells*** (JB) / http://www.micromorph.unine.ch

[8] H. Keppner, O. Banakh, (herbert.keppner@he-arc.ch), Haute école Arc, *Le Locle:* ***Nano-Patterning*** (JB) / http://www.eiaj.ch

[9] S. Schneeberger, (sschneeberger@hct.ch), HCT SHAPING SYSTEMS, *Cheseaux*: ***RE-Si-CLE: Recycling of Silicon Rejects from PV Production Cycle*** / http://www.hct.ch

[10] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, *Villigen:* ***HEAT: Heizkessel für elektrisch-autarken Betrieb mittels thermophotovoltaischem Generator*** / http://www.psi.ch

[11] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, *Villigen:* ***FULLSPECTRUM: A new PV wave making more efficient use of the solar spectrum*** / http://www.psi.ch

[12] A.N. Tiwari, M, Kaelin, D. Rudmann, D. Bremaud, T. Kämpfer, H. Zogg, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, *Zürich*: ***FLEXCIM: Flexible CIGS solar cells and mini-modules*** (JB) / http://www.tfp.ethz.ch

[13] A.N. Tiwari, D. Rudmann, D. Bremaud, F. Kurdesau, T. Kämpfer, H. Zogg, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, *Zürich*: ***METAFLEX: Towards the roll-to-roll manufacturing of cost effective CIS modules-intermediate steps*** (JB) / http://www.tfp.ethz.ch

[14] D. Abou-Ras, A. Romeo, H. Zogg, A. N. Tiwari (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, *Zürich*: ***NEBULES: New buffer layers for efficient chalcopyrite solar cells*** (JB) / http://www.tfp.ethz.ch/

[15] M. Grätzel, A. McEvoy (michael.graetzel@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* ***Dye - sensitised Nanocrystalline Solar Cells*** (JB) / http://lpi.epfl.ch

[16] M. Grätzel, A. McEvoy (michael.graetzel@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* ***NANOMAX - dye-sensitised nanocrystalline solar cells having maximum performance*** (JB) / http://lpi.epfl.ch

[17] M. Grätzel, A. McEvoy (michael.graetzel@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* ***Voltage Enhancement of Dye Solar Cells at Elevated Operating Temperatures*** (JB) / http://lpi.epfl.ch

[18] M. Grätzel, R. Thampi, A. McEvoy (michael.graetzel@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* ***Nanocrystalline flexible photovoltaic cells based on sensitised heterojunctions*** (JB) / http://lpi.epfl.ch

[19] M. Grätzel, A. McEvoy, R. Thampi (michael.graetzel@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* ***MOLYCELL - Molecular Orientation, Low band-gap and new hYbrid device concepts for the improvement of flexible organic solar CELLs*** (JB) / http://lpi.epfl.ch

[20] J. A. Manson, (jan-anders.manson@epfl.ch), EPFL, *Lausanne:* **Photovoltaic Fibers and Textiles based on Nanotechnology** / http://dmxwww.epfl.ch/ltc/ltc_main.htm

[21] G. Calzaferri, (gion.calzaferri@iac.unibe.ch), UNI, *Bern:* ***Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie*** (JB) / http://www.dcb.unibe.ch/groups/calzaferri/

[22] T. Szacsvay, C. Schilter, (cs@3-s.ch), 3S, *Bern:* ***Photovoltaics Modules with Antireflex Glass*** (JB) / http://www.3-s.ch/

[23] T. Szacsvay, P. Hofer (sz@3-s.ch), 3S, *Bern:* ***AFRODITE: Advanced facade and roof elements key to large scale building integration of photovoltaic energy*** (JB) / http://www.3-s.ch/

[24] T. Szacsvay, (sz@3-s.ch), 3S, *Bern:* ***BIPV-CIS: Improved integration of PV into existing buildings by using thin firm modules for retrofit*** (JB) / http://www.3-s.ch/

[25] W. Lohwasser, (Wolfgang.Lohwasser@alcan.com), ALCAN PACKAGING SERVICES, *Neuhausen:* ***HIPROLOCO Hight productivity and low cost for the encapsulations of thin film solar*** / http://www.alcanpackaging.com/about/eng/about_rd.php

[26] R. Züst, (reinhard.zuest@telsonic.com), TELSONIC, *Bronschhofen:* ***CONSOL - Connection Technologies for Thin-Film Solar Cells*** (JB) / http://www.telsonic.com

[27] Ch. Roecker, (christian.roecker@epfl.ch), LESO / EPFL, *Lausanne*: ***Exploitation Demosite 2003-2004*** (JB) / http://www.demosite.ch

[28] D. Chianese, A. Bernasconi, N. Cereghetti, S. Rezzonico, E. Burà, A. Realini, G. Friesen, P. Pasinelli, N. Ballarini, (domenico.chianese@supsi.ch), LEEE, SUPSI, *Canobbio:* ***Centrale LEEE-TISO Periodo VII : 2003-2004*** (JB) / http://www.leee.supsi.ch

[29] G. Friesen, A. Realini (gabi.friesen@supsi.ch), LEEE, SUPSI, *Canobbio:* ***PV Enlargement*** (JB) / http://www.leee.supsi.ch

[30] H. Häberlin, L. Borgna, Ch. Geissbühler, M. Kämpfer, U. Zwahlen, (heinrich.haeberlin@hti.bfh.ch), HTI, *Burgdorf:* ***Photovoltaik-Systemtechnik 2003-2004 (PVSYTE)*** (JB) / http://www.pvtest.ch

[31] R. Kröni, S. Stettler (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***Energy Rating of Solar Modules*** (JB, SB) / http://www.solarstrom.ch

[32] A. Meyer, (andreas@solaronix.com), SOLARONIX, *Aubonne:* ***The European Polymer Solar Battery EURO-PSB*** (JB) / http://www.solaronix.com

[33] N. Morel , (nicolas.morel@epfl.ch), LESO-PB/EPFL, *Lausanne*: ***SUNtool A Sustainable Urban Neighborhood Modelling Tool*** (JB) / http://lesomail.epfl.ch

[34] S. Stettler, P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***PVSAT2 - Intelligent Performance Check of PV System Operation Based on Satellite Data*** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[35] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***ENVISOLAR*** / http://www.solarstrom.ch

[36] 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

[37] G. Friesen, (gabi.friesen@supsi.ch), LEEE, SUPSI, *Canobbio* / P. Affolter, (pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne*: ***PV Catapult*** (JB) / http://www.leee.supsi.ch / http://www.solstis.ch

[38] A. Borschberg, (andre.borschberg@solarimpulse.com): ***Solarimpulse*** /SOLAR IMPULSE, *Lausanne* / *http://www.solar-impulse.com*

[39] P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, *Aarau:* ***Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm, Task 1*** (JB) / http://www.novaenergie.ch/

[40] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, *Erlenbach:* ***IEA PVPS Programm, Task 2 (Schweizer Beitrag 2004)*** (JB) / http://www.tnc.ch

[41] M. Villoz, (mvilloz@dynatex.ch), DYNATEX, *Morges:* ***IEA PVPS Task 3 Use of photovoltaic systems in stand-alone and island applications*** (JB, SB) / http://www.dynatex.ch

[42] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen:* ***Swiss Interdepartmental Platform for Renewable Energy Promotion in International Co-operation (REPIC) including Swiss contribution to IEA PVPS Task 9*** (JB) / http://www.photovoltaic.ch http://www.netenergy.ch

[43] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen:* ***PV-EC-NET: Network for Co-ordination of European and National RTD Programmes on Photovoltaic Solar Energy*** (SB) / http://www.photovoltaic.ch http://www.netenergy.ch

[44] S. Nowak, (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.photovoltaic.ch http://www.netenergy.ch

[45] S. Nowak, M. Gutschner, S. Gnos (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen:* ***PV-ERA-NET: Networking and Integration of National and Regional PV Programmes*** (JB) / http://www.photovoltaic.ch http://www.netenergy.ch

8. Liste der P+D – Projekte

(JB) Jahresbericht 2004 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden
Einzelne Jahresberichte und Schlussberichte können von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden
Unter den aufgeführten Internet-Adressen können weiter Informationen heruntergeladen werden

[46] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens:* ***Photovoltaic- Facade Mounting System for Thin-Film-Modules*** (JB) / http://www.zagsolar.ch/

[47] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, *Kriens:* ***Photovoltaic-Alpur-Roof - New Roofing System for Photovoltaic Modules*** (JB, SB) / http://www.zagsolar.ch/

[48] P. Affolter, (pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne:* ***Toiture photovoltaïque Freestyle® de 5.5 kWp*** (JB, SB) / http://www.solstis.ch/

[49] D. Chianese, E. Burà, A. Bernasconi, (domenico.chianese@supsi.ch), LEEE-TISO, *Canobbio:* ***Flat roof integration CPT Solar*** (JB) / http://www.leee.supsi.ch

[50] Th. Böhni (boehni@euu.ch), BÖHNI ENERGIE UND UMWELT, *Frauenfeld:* ***23.5 kWp PV Anlage Zollhof Kreuzlingen*** (JB) / http://www.euu.ch

[51] B. Börlin, (boerlin@benetz.ch,), BE NETZ AG, *Luzern:* ***17.6 kWp Installation with Thin-Film-Elements on the Flat Roof at the CNB-Building of the ETHZ*** (JB) / www.benetz.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, R. Frei (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] J. Rasmussen, M. Maier (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***Solgreen Kraftwerk 1 Zürich*** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[56] U. Muntwyler, (muntwyler@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, *Zollikofen:* **A*utonome Stromversorgung mit Photovoltaik und Brennstoffzellen*** (JB)

[57] J. Rasmussen, K. Hürlimann, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***Monitoring of the CIS BIPV Plant Würth in Choire*** (JB, SB) / http://www.solarstrom.ch

[58] R. Kröni (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf:* ***RESURGENCE - Renewable Energy Systems for Urban Regeneration in Cities of Europe*** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[59] P. Affolter, (pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, *Lausanne:* ***Campagne de mesures de l'installation de 3 kWp à Soyhières (JU)*** (JB, SB) / http://www.solstis.ch/

[60] Th. Hostettler (Hostettler_Engineering@Compuserve.com), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, *Bern:* ***Messkampagne Wittigkofen*** (JB) /

[61] R. Frei, Ch. Meier, M. Haller (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, *Zürich:* ***PV-ThinFilmTest*** (JB) / http://www.energieburo.ch

[62] S. Rezzonico, E. Burà (sandro.rezzonico@supsi.ch), LEEE-TISO, *Canobbio:* ***Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III a Riazzino*** (JB) / http://www.leee.supsi.ch

[63] Th. Nordmann, (mail@tnc.ch), TNC CONSULTING, *Erlenbach:* ***100 kWp PV-Netzverbundanlage A13 Messkampagne, Periode 2004*** (JB) / http://www.tnc.ch

[64] J. Keller, (jost.keller@electrosuisse.ch), ELECTROSUISSE, *Fehraltorf:* ***Integration der neuen IEC Norm 60364-7-712 für Photovoltaik in die nationalen Installationsnormen NIN*** (JB, SB) / http://www.electrosuisse.ch/

[65] R. Locher, (rlocher@szff.ch), SCHWEIZERISCHE ZENTRALSTELLE FÜR FENSTER - + FASSADEN-BAU (SZFF), *Dietikon:* ***Gebäude-Integrierte-Solarstrom-Systeme GISS*** (JB) / http://www.szff.ch/

[66] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen:* ***Solar Electri City Guide -Schweizer Solarstromführer für die Gemeinden*** (JB) / http://www.netenergy.ch

[67] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, *Zürich:* ***IEC Normenarbeit für PV Systeme*** (JB) / http://www.iec.ch

[68] T. Szacsvay, (sz@3-s.ch), 3S, *Bern:* ***Roof Integrated PV-System Scout House Weiermatt, Köniz*** (SB) / http://www.3-s.ch/

[69] R. Naef, (naef@igjzh.com), NAEF ENERGIETECHNIK, *Zürich* / B. Kämpfen, (info@kaempfen.com), BÜRO FÜR ARCHITEKTUR KÄMPFEN, *Zürich:* ***Sunny Woods - Photovoltaik-Anlage in Blechdach integriert*** / http://www.kaempfen.com/

[70] L. Keller, (office@sses.ch), SOCIETE SUISSE POUR L'ENERGIE SOLAIRE SSES, *Bern:* ***Installation photovoltaïque à Palexpo*** (SB) / http://www.sses.ch/

[71] S. Leu (info@SunTechnics.ch), SUNTECHNICS FABRISOLAR, *Küsnacht:* ***PV St. Moritz - Corvigliabahn - Piz Nair*** /(http://www.suntechnics.ch/de/unternehmen_1ak.htm)

[72] 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*** *(SB)* / http://www.solarstrom.ch

[73] P. Favre, (pierre-pascal.favre@lausanne.ch), SERVICES INDUSTRIELS, *Lausanne:* ***Amburnex Solar Farm (3 kWp)*** / http://www.lausanne.ch/energie

[74] A. Schlegel, (andreas.schlegel@awtec.ch), AWTEC, *Zürich:* ***Beschichtung von PV-Modulen*** (SB) / http://www.awtec.ch

[75] A. Reinhard, ***Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und BHKW***

[A] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, *St. Ursen:* ***Swiss Photovoltaic Internet Portal - www.photovoltaic.ch*** (JB) / http://www.photovoltaik.ch, http://www.netenergy.ch

[B] T. Hostettler (hostettler_engineering@compuserve.com), ING. BÜRO HOSTETTLER, *Bern* / C. Meier *(*info@energieburo.ch),ENERGIEBÜRO*, Zürich / W. Blum,* VSE*, Aarau* : ***Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2004*** (AR)

[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

[76] ***Forschungskonzept Photovoltaik 2004 – 2007***, Bundesamt für Energie, 2005, http://www.photovoltaic.ch

[77] ***www.photovoltech.be***

[78] ***Annual Report 2004,*** IEA PVPS, 2004, http://www.iea-pvps.org/

[79] ***National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2003***, P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), Nova Energie, May 2004

[80] ***Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2003***, IEA PVPS Task 1 – 13: 2004, http://www.iea-pvps.org

[81] ***Solarenergie – ungetrübter Sonnenschein?***, M. Fawer-Wasser, (matthias.fawer@sarasin.ch), Sarasin, November 2004

[82] ***Sun screen - Investment opportunities in solar power,*** M. Rogol, (michael.rogol@clsa.com), CLSA, July 2004

[83] ***IEA PVPS Newsletter***, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23, (pius.huesser@novaenergie.ch)

[84] ***Performance Database***, IEA PVPS Task 2, Version 1:19, June 2004, http://www.task2.org

[85] **Country reports on PV system performance, December 2004**, IEA-PVPS T2-05:2004, http://www.task2.org

[86] **The Availability of Irradiation Data, April 2004**, IEA-PVPS T2-04:2004, http://www.task2.org

[87] ***Survey of national and international standards, guidelines & QA procedures for stand-alone PV systems, 2nd edition,*** IEA PVPS T3-07:2004, May 2004, http://www.iea-pvps.org

[88] ***Managing the Quality of Stand-Alone Photovoltaic Systems, Recommended Practices***, IEA PVPS T3-15:2003, January 2004, http://www.iea-pvps.org

[89] ***Managing the Quality of Stand-Alone Photovoltaic Systems, Case studies,*** IEA PVPS T3-15(2):2003, April 2004, http://www.iea-pvps.org

[90] ***Sources of financing for PV-based rural electrification in developing countries,*** IEA PVPS T9-08:2004, May 2004, http://www.iea-pvps.org

[91] ***A Vision for Photovoltaic Technology for 2030 an Beyond***, Photovoltaic Technology Research Advisory Council (PV-TRAC), September 2004

[92] ***Die 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Paris 07. - 11. 06. 2004 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.photovoltaic.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 - heisst neu Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF	http://www.sbf.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
HTI Burgdorf	Hochschule für Technik und Informatik HTI	www.hti.bfh.ch
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www-imt.unine.ch
ISIC	Institute of Chemical Sciences and Engineering	http://isic.epfl.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.leee.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL	http://lesomail.epfl.ch/
LTC	Laboratory of Polymer and Composite Technology EPFL	http://dmxwww.epfl.ch/ltc/ltc_main.htm
NIN	Nationalen Installationsnormen	http://www.electrosuisse.ch/
NTB	Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs	http://www.ntb.ch
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch

SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	http://www.seco-admin.ch
SBF	Staatssekretariat für Bildung und Forschung	http://www.sbf.admin.ch
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.leee.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
ECN	Energy research Centre of the Netherlands	http://www.ecn.nl
EESD	Energy, Environment and Sustainable Development	http://www.cordis.lu/eesd/
ESA	European Space Agency	http://www.esa.int
ESTI	European Solar Test Installation	http://ies.jrc.cec.eu.int/Renewable_Energies.85.0.html
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
NREL	National Renewable Energy Laboratory	http://www.nrel.gov/
PV GAP	PV Global Approval Programme	http://www.pvgap.org
UNDP	United Nations Development Programme	http://www.undp.org

Private Institutionen und Unternehmen

	Unaxis	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
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/