



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

April 2008

Programm Photovoltaik Ausgabe 2008

Überblicksbericht 2007

ausgearbeitet durch:
NET Nowak Energie & Technologie AG



Titelbild:

Nullenergie Verwaltungsgebäude Marché International, Kemptthal / ZH

44,6 kWp Photovoltaikanlage realisiert mit Dünnschicht-Solarzellen

(Bildquellen: Frontseite: SunTechnics Fabrisolar AG, Rückseite: Büro für Architektur Beat Kämpfen, Foto Willi Kracher)

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

im Auftrag des:

Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH - 3063 Ittigen Postadresse: CH- 3003 Bern

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

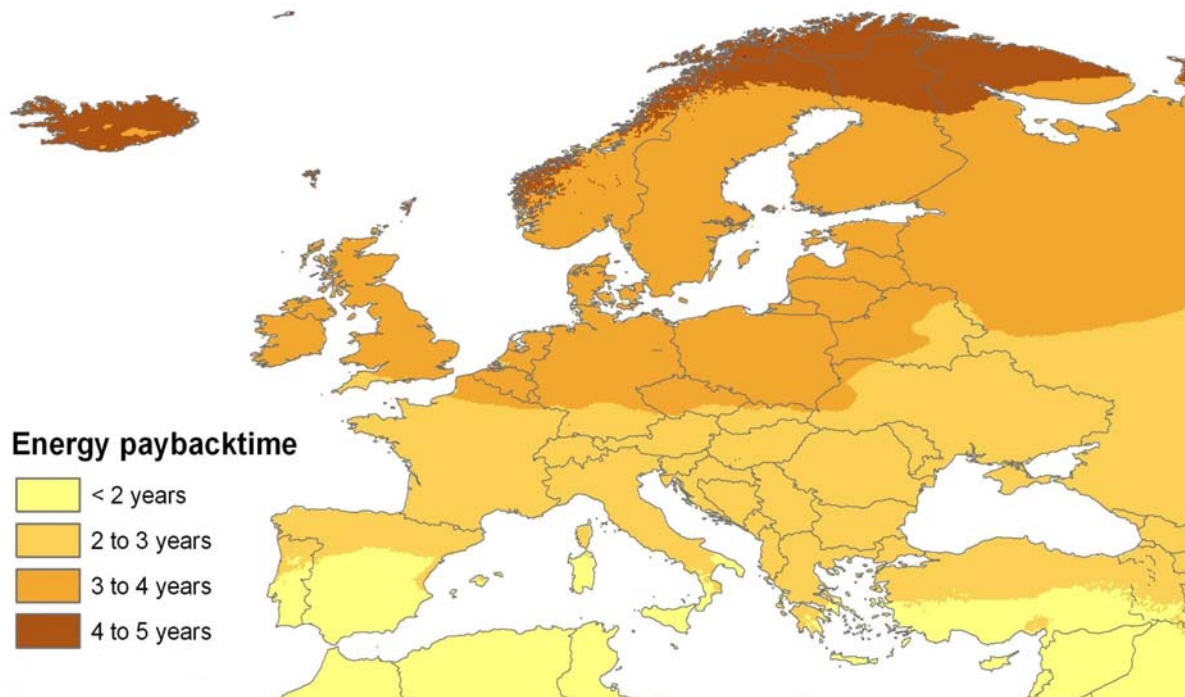


PROGRAMM PHOTOVOLTAIK

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2007

Stefan Nowak

stefan.nowak@netenergy.ch



Energierücklaufzeit der Photovoltaik – eine häufig wiederkehrende Frage:

Im Rahmen der Überarbeitung der Ecoinvent-Datenbank wurde die Energierücklaufzeit der Photovoltaik anhand von aktuellen industriellen Prozessen und Produkten ermittelt. Obige Darstellung zeigt die Energierücklaufzeit einer multikristallinen 3 kWp-Schrägdachanlage in Europa mit dem UCTE-Elektrizitätsmix als Referenz (Bildquelle: *ESU Services*).

Inhaltsverzeichnis

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele.....	4
2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2007	5
Zell-Technologie.....	5
Solarmodule und Gebäudeintegration	9
Elektrische Systemtechnik	9
Ergänzende Projekte und Studien	12
Internationale Zusammenarbeit IEA, IEC, EU.....	13
3. Nationale Zusammenarbeit.....	15
4. Internationale Zusammenarbeit	15
5. Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D)	16
Neue P+D Projekte	16
Laufende P+D Projekte	16
Im Jahr 2007 abgeschlossene P+D Projekte	17
6. Bewertung 2007 und Ausblick 2008	18
7. Liste der F+E-Projekte.....	19
8. Liste der P+D-Projekte	21
9. Referenzen	22
10. Für weitere Informationen	23
11. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks).....	23
12. Weiterführende Internetlinks.....	24

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Die Photovoltaik erfuhr im Jahr 2007 weltweit wie auch in der Schweiz einen weiteren Aufschwung. Davon war auch das Programm Photovoltaik massgeblich betroffen, indem immer mehr vor allem auch industrielle Akteure sich mit der Photovoltaik auseinandersetzen, Ideen und Konzepte formulieren und Projekte entwickeln. Durch die anfangs des Jahres durch das Parlament beschlossene Einführung der kostendeckenden Vergütung für Strom aus erneuerbaren Energien erhielten anwendungsorientierte Fragestellungen an zusätzlicher Bedeutung. Durch die breite Programmastützung im Bereich der Forschung konnte das bisherige Niveau gehalten werden. Das anhaltende Wachstum des internationalen Photovoltaik Marktes bildet eine wichtige Grundlage für den weiterhin erfolgenden, deutlichen Ausbau der Photovoltaik Industriebasis in der Schweiz.

Das Programm Photovoltaik verfolgt eine ausgeprägte Ausrichtung auf die industrielle Umsetzung und die internationale Wettbewerbsfähigkeit, sowohl für Produkte wie auch für die vorgelagerte Forschung. Laufende Aktivitäten in Forschung und Entwicklung sowie noch bestehende Projekte im Bereich von Pilot- und Demonstrationsanlagen umfassen im Berichtsjahr 2007 ca. 55 Projekte, wobei alle bekannten Projekte mit einer Förderung der öffentlichen Hand berücksichtigt sind.

Gestützt auf das Energieforschungskonzept der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE [61] verfolgt das Schweizer Photovoltaik Programm in der Periode 2004 – 2007 die folgenden wesentlichen Ziele [62]:

- Es soll eine weitere Kostenreduktion ($\neq$ Preise) des Energiesystems Photovoltaik erreicht werden (typische Werte 2007: Modul 2.5 CHF/Wp; System 5 CHF/Wp) und entsprechende Verbesserungen der einzelnen Komponenten in Bezug auf elektrische Eigenschaften (2007: Dünnschichtmodule mit $>12\%$ Wirkungsgrad), Herstellungskosten und industrielle Fertigung;
- Etablierung bzw. Konsolidierung der industriellen Basis für Produkte der Photovoltaik, einschliesslich Solarzellen und Module in ausgewählten Technologieansätzen;
- Hohe Integration und Standardisierung der Produkte und Systeme für Massenmärkte.

Dazu ist das Programm Photovoltaik in folgende Bereiche aufgeteilt:

SOLARZELLEN DER ZUKUNFT

Die Arbeiten zu **Dünnschicht Solarzellen** waren im Berichtsjahr wie bisher fokussiert auf die Schwerpunkte **Silizium** (amorph, mikrokristallin), Zellen auf der Basis von **Verbindungshalbleitern** (CIGS) sowie **Farbstoffzellen**. **Neue Konzepte** (Materialien und Prozesse), z.B. organische und Polymersolarzellen, für langfristige Technologieoptionen gewinnen in der Grundlagenforschung gesamthaft an Bedeutung und bewegen sich gleichzeitig vom Konzept zur Solarzelle. Die mit Nachdruck verfolgte Industrialisierung von Produktionsprozessen steht bei den Silizium Dünnschicht Solarzellen in einem fortgeschrittenen Stadium, bei den Verbindungshalbleitern ist ein industrielles Projekt im Aufbau. Im Jahr 2007 wurden erstmals in der Schweiz konkrete grössere Fertigungsanlagen mit Dünnschicht Solarzellen angekündigt. Solarzellen auf flexiblen Substraten gewinnen zudem weiterhin an Bedeutung.

MODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION

Die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum bildet weiterhin 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 und wird in entsprechenden Kompetenzzentren an Fachhochschulen bearbeitet. 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. Für **Insulanlagen** wächst die Bedeutung der Kombination mit anderen Energietechnologien in Hybridanlagen.

ERGÄNZENDE PROJEKTE UND STUDIEN

Die Arbeiten in diesem Bereich sollen die Grundlagen zu allgemeinen Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Marktaufbau der Photovoltaik liefern, insbesondere zu **Potenzial, Umweltaspekten und Energieplanung** sowie praxisorientierten **Hilfsmitteln** zur Anlagenplanung und –überwachung. Neuste Technologien des Internets, Computermodelle, Bildverarbeitung, geografische Informationssysteme bis hin zur Satellitenkommunikation gelangen dabei zum Einsatz. Für Anwendungen in **Entwicklungsländern** stehen dagegen nicht-technische Aspekte im Vordergrund. Dieser Bereich des Programms umfasst zudem die Vorhaben an den Schnittstellen zu anderen Energietechnologien.

INSTITUTIONELLE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Die internationale Zusammenarbeit bildet ein zentrales Standbein in allen Bereichen. Der Anschluss an die internationale Entwicklung sowie ein intensiver 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 in einigen der grossen EU-Projekte (*IP - Integrated Projects – Integrierte Projekte*) fortgesetzt werden. Von übergeordneter Bedeutung war im Berichtsjahr zudem die Schweizer Beteiligung an den Arbeiten in europäischen Netzwerken (**PV-ERA-NET** und **Europäische Photovoltaik Technologie Plattform**). Dabei ist die Publikation der *Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology* [63] der Europäische Photovoltaik Technologie Plattform besonders hervorzuheben.

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2007

ZELL-TECHNOLOGIE

Die **grosse Bandbreite der Schweizer Solarzellenforschung** konnte im Berichtsjahr 2007 dank der breiten Abstützung dieser Forschung mit Erfolg fortgesetzt werden. Die Beteiligung an EU-Projekten des 6. Rahmenforschungsprogramms sowie KTI-Projekte bildeten hier gewichtige Elemente. Die Schweiz ist mittlerweile an den meisten laufenden *Integrierten Projekten* der Europäischen Kommission im Bereich der Photovoltaik direkt oder indirekt beteiligt.

a) Dünnschicht Silizium

Die Entwicklungen im Bereich des Dünnschicht Siliziums finden an der Universität Neuchâtel (IMT), an der EPFL (CRPP), der Haute Ecole Arc ingénierie (Le Locle), dem NTB (Buchs) sowie bei den Unternehmen *oerlikon solar* (Trübbach und Neuchâtel) und *VHF-Technologies* (Yverdon) statt und stellen den wichtigsten Schwerpunkt des Photovoltaik Programms dar.

Das IMT an der Universität Neuchâtel schloss im Berichtsjahr die aktuelle Phase des Projektes zu **Silizium Dünnschicht Solarzellen** [1] ab. Die Ziele dieses BFE-Projektes bestanden darin, den Wirkungsgrad der Solarzellen auf verschiedenen Substraten weiter zu erhöhen (Ziel 14% für mikromorphe Solarzellen), die Prozessführung und Charakterisierung der Solarzellen weiter zu entwickeln und die notwendige Infrastruktur (Prozesse, Herstellung und Charakterisierung) zur Unterstützung der Industriepartner sicherzustellen. Dazu wurden verschiedene Depositionssysteme erneuert und automatisiert, die Systeme zur Charakterisierung der Solarzellen standardisiert und ein spezieller Akzent auf die Reproduzierbarkeit der einzelnen Fabrikationsschritte gelegt. Die Zusammenarbeit mit der Industrie erfolgte primär mit den Unternehmen *oerlikon solar* und *VHF-Technologies*, welche ihrerseits die am IMT entwickelten Prozesse in ihre Produkte implementieren. Folgende Resultate wurden im Berichtsjahr erreicht:

Aufbauend auf den Resultaten der Vorjahre für amorphe und mikrokristalline Einfach Solarzellen (*single junction*) auf Glassubstraten und der Entwicklung von Zwischenreflektor Schichten wurde eine weitere Erhöhung des Wirkungsgrads der mikromorphen Solarzelle angestrebt. Nachdem die Zwischenreflektor Schicht bisher auf ZnO aufgebaut war, wurde im Berichtsjahr dazu intensiv mit SiO_x Schichten gearbeitet. Mit diesem Material wurde im Berichtsjahr für mikromorphe Solarzellen vom 1.2 cm² Fläche ein Anfangswirkungsgrad von 12.6% erreicht. Auf Kunststoffsubstraten wurden sowohl amorphe wie mikrokristalline Solarzellen hoher Qualität hergestellt. Mikrokristalline Solarzellen auf PET (Polyethylenterephthalat) bzw. PEN (Polyethylennaphtalat) erreichten einen Wirkungsgrad von 8.6%. Das physikalische Verständnis der optoelektronischen Eigenschaften von ZnO, insbesondere der Einfluss der Korngrenzen des Materials auf die Mobilität der Ladungsträger, konnte verbessert werden. Ein neues, automatisiertes Doppelkammer-Depositionssystem konnte erfolgreich in Betrieb genommen werden (Fig. 1).

Ein neues KTI-Projekt **Flexible Photovoltaics – next generation high efficiency and low cost thin film silicon modules** [2] hat im Berichtsjahr zwischen dem IMT der Universität Neuchâtel und **VHF-Technologies** begonnen. In diesem Vorhaben wird angestrebt, die bisher bei **VHF-Technologies** in ihrer ersten Produktgeneration bei flexiblen Solarzellen realisierten Wirkungsgrade von ca. 4.5% signifikant zu erhöhen. Durch die Einführung eines rückseitigen, diffus streuenden Reflektors und einer amorphen Zellenstruktur in Tandemkonfiguration soll der Wirkungsgrad der industriellen Produkte auf 6% erhöht werden. Es wurden auf kleiner Fläche erste vielversprechende Ergebnisse mit einem Wirkungsgrad von 8.8% erreicht.

In einem neuen, durch den Axpo Naturstrom Fonds unterstützten Projekt **THIFIC – Thin film on crystalline silicon** [3] werden am IMT ultra hocheffiziente Solarzellen von 20-22% Wirkungsgrad angestrebt. Dabei kommt das bekannte Konzept einer Heteroverbindung (*hetero junction*) zwischen kristallinen Silizium Solarzellen und amorphen bzw. mikrokristallinen Solarzellen zur Anwendung (HIT-Zelle). Der Vorteil liegt in der Verwendung von Siliziumwafern deutlich geringerer Dicke bis gegen 100 µm und entsprechender Material- bzw. Energieeinsparung. In Vorarbeiten zu diesem Vorhaben wurde bereits ein Wirkungsgrad von 19% erreicht. Nun geht es darum, mit texturierten Wafern noch bessere Resultate zu erzielen.

Das IMT und **VHF-Technologies** arbeiten, zusammen mit weiteren Partnern aus der EU, im EU-Projekt **FLEXCELLENCE** [4] am Thema der flexiblen Solarzellen auf Kunststoff- und Metallsubstraten, wobei die Gesamtkoordination des Projektes durch das IMT erfolgt. Im Berichtsjahr konnten nanotexturierte Substrate auf Metall- und Plastikfolien hergestellt werden. Im Vorhaben werden drei unterschiedliche Ansätze zur *roll-to-roll* Beschichtung untersucht, namentlich Mikrowellen **PECVD** (*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*), **Hot Wire CVD** (*Chemical Vapor Deposition*) und **VHF PECVD**. Das IMT bzw. **VHF-Technologies** befassen sich mit dem letzten der drei genannten Verfahren. Am IMT wurde im Berichtsjahr mittels PECVD eine mikromorphe Tandemzelle auf Kunststoff mit einem Wirkungsgrad von 10.9% realisiert. Auf dieser Grundlage könnten bei einem Wirkungsgrad von 10% in der industriellen Fertigung tiefe Kosten von < 0.6 €/Wp erzielt werden.

Im Integrierten EU-Projekt **ATHLET** [5] befassen sich das IMT und **oerlikon solar** mit der Weiterentwicklung der Dünnschicht Silizium Solarzellen. Für mikromorphe Tandemzellen lautet das Ziel 10% stabiler Wirkungsgrad bei einer Fläche von 1 m² und 10 Å/s Depositionsrate bzw. Modulproduktionskosten von < 0.5 €/Wp. Dieses Projekt ergänzt das eingangs aufgeführte BFE Projekt am IMT. Im KAI-S Reaktor konnte im Berichtsjahr ein Anfangswirkungsgrad von 10.5% erzielt werden. **oerlikon solar** demonstrierte an der 22. europäischen Photovoltaik Konferenz in Mailand erste grossflächige (1.3 x 1.4 m²) mikromorphe Module mit einem Wirkungsgrad von 9.46%.



Figur 1: Automatisiertes Dünnschichtsilizium-Doppelkammer-Depositionssystem auf der Grundlage der KAI-M plasma box von oerlikon (Bildquelle: IMT)



Figur 2: MRC Sputteranlage zur Abscheidung der Front- und Rückkontakte in 30 x 30 cm² CIGS Dünnschicht Solarzellen (Bildquelle: ETHZ)

b) Kristallines Silizium

Im KTI-Projekt **SIWIS** [6] erarbeitet die EMPA Thun in Zusammenarbeit mit *Applied Materials Switzerland* (vormals *HCT Shaping Systems*) die Mechanismen, welche bei Drahtsägen von dünnen Silizium Waferscheiben zu Oberflächendefekten führen können, um daraus entsprechende Modelle zu entwickeln. Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Herstellung von Wafern unter 100 µm Dicke für die Produktion von kristallinen Siliziumsolarzellen. In Funktion der Sägeparameter konnte eine Korrelation zwischen der Oberflächenrauheit und der Bildung von Spalten bzw. der mechanischen Festigkeit festgestellt werden. Trotz Abschluss des Vorhabens als KTI-Projekt soll die Zusammenarbeit fortgesetzt werden.

In einer neuen KTI-Machbarkeitsstudie **SIRE** [7] untersucht die Fachhochschule Genf zusammen mit *Applied Materials Switzerland* die Möglichkeiten zum Recycling von Silizium aus Sägeabfällen. Es konnte gezeigt werden, dass das Silizium vom Siliziumkarbid getrennt werden kann.

Das von *Applied Materials Switzerland* verfolgte EU-Projekt **BITHINK** [8] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Die Waferdicke konnte dabei auf von 280 auf 90 µm reduziert werden. Dies führt zu einer Anzahl Wafer pro Meter festes Silizium von rund 3500 bzw. 1.45 m² Silizium Wafer pro kg Silizium. In einer bifacialen Solarzelle führt dies bei 13% Wirkungsgrad zu einem Siliziumverbrauch von 3.9 – 4.6 g/Wp. Kann der Wirkungsgrad auf 15% erhöht werden, so sind Werte unter 4 g/Wp möglich.

c) II-VI Verbindungen (CIGS)

Die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ hat über viele Jahre EU-Projekte zum Thema Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern (CIGS, CdTe) durchgeführt. Das auf das frühere Projekt **FLEXCIM** folgende BFE-Projekt **Large area flexible CIGS** [9] untersucht die Hochskalierung von CIGS Solarzellen auf grösseren flexiblen Substraten. Zum einen sollen dabei die notwendigen Vakuum Depositionsanlagen verbessert werden, andererseits der Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit der CIGS Solarzellen erhöht werden. Das Ziel lautet auf einen Wirkungsgrad von 12% auf Polyimid-substraten. Weiter sollen alternative Rückseitenkontakte entwickelt werden. Ein wichtiger Punkt bei der grossflächigen Deposition ist eine genügend homogene Verteilung der Schichteigenschaften (z.B. Schichtzusammensetzung, Schichtdicke) über die Fläche des Substrates. Auf einer Fläche von 30 x 30 cm² wurde in der Schichtzusammensetzung und der Schichtdicke eine Standardabweichung von 2 – 6% erzielt. Erste ganze Solarzellen auf derselben Fläche erzielten einen Wirkungsgrad von mehr als 8%, wobei die Reproduzierbarkeit noch verbessert werden muss (Fig. 2).

In einem neuen BFE-Projekt **Thin film CIGS solar cells with a novel low cost process** [10] entwickelt die Gruppe Dünnschichtphysik eine völlig neuartige Herstellung einer CIGS Solarzelle. Unter Verwendung einer Ionenaustausch Reaktion wird dabei Kupfer aus wässrigen, kupferhaltigen Lösungen in dünne Filme von Indiumselenid eingebaut. Letztere werden durch Ko-Evaporation hergestellt. Der Kupferanteil in der durch die Ionenaustausch Reaktion erzeugten *Precursor* Schicht ist dabei stark vom Substrat anhängig. Struktur und Zusammensetzung der so erzeugten Schichten wurden durch oberflächenanalytische Methoden bestimmt. Die auf dieser Grundlage hergestellten CIGS Solarzellen erreichten bisher einen Wirkungsgrad von 4.1%. Allerdings erweist sich der Molybdän Zellenrückkontakt in der Ionenaustausch Reaktion als instabil.

Das EU-Projekt **LARCIS** [11] befasst sich mit grossflächigen Prozessen zur industriellen Produktion von CIGS-Solarzellen. Dabei konzentriert sich die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ auf die Optimierung der Zellrückkontakte auf der Grundlage von Molybdän sowie alternativer Materialien, insbesondere TiN und ZrN bzw. deren Kombination mit Molybdän. Sowohl für Rückkontakte unter Verwendung von TiN wie für ZrN werden in Kombination mit Molybdän durchwegs höhere Werte der Zellspannung V_{oc} bzw. des Füllfaktors FF und damit höhere Wirkungsgrade erzielt als ohne Molybdän. Die besten Wirkungsgrade werden auf einer 10 nm dicken Molybdän Schicht unter Einsatz einer Natrium Behandlung erzielt und liegen bei 13.9% für ZrN bzw. 13.8% für TiN. Es wurden verschiedene Arten der Natrium Behandlung untersucht.

Im Integrierten EU-Projekt **ATHLET** [12] ist die Gruppe Dünnschichtphysik an zwei Arbeitspaketen zu CIGS-Solarzellen beteiligt. Im Vordergrund stehen einerseits ergänzende Entwicklungsarbeiten für flexible Solarzellen auf Polyimid; andererseits werden neue Verfahren für Pufferschichten auf der Grundlage von In₂S₃ und die Abscheidung der Solarzellen auf TCO Schichten vertieft untersucht. Weitere Arbeiten befassen sich mit der Hochskalierung auf grössere Flächen und die Entwicklung von Tandemsolarzellen. Die beste CIGS Solarzelle wurde mit einer 60 nm dicken In₂S₃ Pufferschicht erzielt und erreichte einen Wirkungsgrad von 14.1%.

In einem neuen, durch den Axpo Naturstrom Fonds unterstützten Projekt **Development of flexible CIGS solar modules with metal grids** [13] entwickelt die Start-up Firma **FLISOM** die Verschaltung der CIGS Solarzellen auf flexiblen Substraten durch Metallgitter. Es werden verschiedene Verfahren zur Verschaltung untersucht.

d) Farbstoff und organische Solarzellen

Die Entwicklung von farbstoffsensibilisierten, **nanokristallinen Solarzellen** [14] wurde am ISIC der EPFL fortgesetzt. Im Berichtsjahr standen die Farbstoffsynthese und die Langzeitstabilität der eingesetzten Elektrolyten bei höheren Temperaturen (ca. 80°C) im Vordergrund. Damit wird eine Lebensdauer der Farbstoffzellen von 10 bis 20 Jahren angestrebt. Mit Elektrolyten basierend auf ionischen Flüssigkeiten konnte das ISIC im Berichtsjahr nach bisher enttäuschenden Resultaten einen photovoltaischen Wirkungsgrad von 7.6% erreichen, was einen Rekord für lösungsmittelfreie Farbstoff Solarzellen darstellt. Mit einem neuen Ansatz unter Verwendung von eutektischen Mischungen von flüssigen Salzen als Redox Elektrolyt wurde ein Wirkungsgrad von 8.2% erreicht. Zudem wurden erste Tandemzellen in Kombination mit CIGS Solarzellen hergestellt, welche einen Wirkungsgrad von 15% erreichten.

Das neue durch die EMPA Dübendorf koordinierte CCEM-Projekt **ThinPV** [15, 16], welches auch durch *swisselectric research* unterstützt wird, führt die verschiedenen Akteure der Schweizer Dünnschicht Solarzellenforschung in einem Projekt zusammen. In einer Zusammenarbeit zwischen dem ISIC an der EPFL und der EMPA Dübendorf wurde ein neuer Farbstoff unter Verwendung unsymmetrischer Squaraine synthetisiert. Damit konnte trotz der engen spektralen Bandbreite dieses Farbstoffs eine hohe Ausbeute entsprechend einem photovoltaischen Wirkungsgrad von 4.5% erzielt werden. An der EMPA Dübendorf finden im Labor für funktionale Polymere auch grundlegende Arbeiten zu organischen Solarzellen statt. Im Vordergrund steht dabei die Nutzung von Cyanin Farbstoffen sowie die Nanostrukturierung des Übergangs zwischen Donor- und Akzeptor-Materialien. Im Berichtsjahr konnte gezeigt werden, dass die Dotierung des Cyanin Farbstoffs zu einer starken Erhöhung des Photostroms und damit des Wirkungsgrades führen kann. Mit der Dotierung in einer Kombination von Cyanin und C₆₀-Fullerenen hergestellten Solarzelle konnte der Wirkungsgrad von 0.14% auf 1.2% erhöht werden. Die EMPA Dübendorf führt weiter eine KTI-Machbarkeitsstudie zum Thema **Transparent and Flexible Solar Cell Electrodes made from Precision Fabric** [17] durch.

Solaronix beteiligt sich weiterhin am EU-Projekt **FULLSPECTRUM** [18], einem *Integrierten Projekt* im Bereich der Photovoltaik, welches unterschiedliche Ansätze zur besseren Nutzung des Strahlungsspektrums in einem Projekt zusammenführt (III-V *multijunctions*, Thermophotovoltaik, *intermediate band cells*, molekulare Konzepte); dabei werden Wirkungsgrade bis zu 40% angestrebt. **Solaronix** ist in diesem Projekt insbesondere mit unterstützenden Arbeiten im Modul zu neuen molekularen Konzepten beteiligt. Dabei geht es um die Rolle von Farbstoffsolarzellen in 2-Photon Prozessen bzw. in flachen Konzentratoren. **Solaronix** befasst sich hier mit den Messungen der Stromspannungskennlinie, der spektralen Empfindlichkeit und der Stabilität der flachen Konzentratoren.

Das neue EU-Projekt **OrgaPvNet** [19] ist ein Netzwerkprojekt, welches die europäischen Akteure auf dem Gebiet der organischen Solarzellen zusammenführt und die künftigen Strategien auf diesem Gebiet erarbeiten soll. **Solaronix** ist eines der 4 KMU's, welche an diesem insgesamt 22 Partner umfassenden Projekt beteiligt sind. Die Projektaktivitäten konzentrierten sich bisher auf verschiedene Workshops, in denen organische Solarzellen sowohl wissenschaftlich-technisch wie marktbezogen thematisiert wurden.

Das EU-Projekt **Napolyde** [20] steht für interdisziplinäre Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der nanostrukturierten Polymer Deposition in Hinsicht auf Anwendungen im Energiebereich und der *smart devices*. Es führt 23 verschiedene Partner aus sehr unterschiedlichen Fachgebieten und Anwendungsfeldern wie z.B. Mikroelektronik, Beschichtung oder Biomedizin zusammen und verfolgt sowohl kleine wie grossflächige Applikationen. In der Schweiz sind **Solaronix** und das **CSEM** an diesen Arbeiten beteiligt; die Photovoltaik ist ein explizit anvisiertes Anwendungsgebiet. Es wurden monolytisch verschaltete Farbstoffzellen Kleinmodule (10 x 10 cm²) mit 5.6% Wirkungsgrad hergestellt.

Das Institut für Solartechnik SPF an der HSR Rapperswil baut mit dem BFE-Projekt **PECNet** [21] ein Kompetenzzentrum für die solare Wasserspaltung mittels hybrider PV-PEC Zellen auf. Das Vorhaben ist technologisch primär in der Photoelektrochemie angesiedelt, hat aber auch einen möglichen Bezug zur Photovoltaik. In einem ersten Schritt wurden die verschiedenen Kompetenzen und das vorhandene Know-how zusammengeführt und entsprechende Publikationen erfasst. Zusammen mit dem Energy Centre wird am ISIC der EPFL das **PEChouse** als Koordinationsstelle aufgebaut.

SOLARMODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION

Gebäudeintegrierte Anlagen stellen nach wie vor das primär angestrebte Anwendungsgebiet der Photovoltaik in der Schweiz dar. Dabei muss aber präzisiert werden, was unter *gebäudeintegrierter* Anlage zu verstehen (angebaute Anlagen oder echte Integration) ist. Während in den letzten Jahren in Solar- bzw. Ökostrombörsen häufig die kostengünstigsten Lösungen für Flachdachanwendungen zum Einsatz gelangten, 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 konnte (siehe auch Abschnitt P+D), verlagert sich die Entwicklung vermehrt auf das Solarmodul selbst.

Swiss Solar Systems (3S) ist am EU-Projekt **BIPV-CIS** [22] beteiligt, welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. Ziel des Vorhabens war es, die Eigenschaften der Photovoltaik Gebäudeintegration mit Dünnschicht Solarzellen zu verbessern. Durch den rasch wachsenden Photovoltaik Markt wurden die Ziele des EU-Projektes nicht im erwünschten Ausmass erfüllt. Für die 3S geht es darum, die Integration von Photovoltaik in die Gebäudehülle zu fördern. Dazu sollten geeignete Produkte wie Photovoltaik Dachelemente und Photovoltaik Isoliergläser mit den notwendigen elektrischen Anschlüssen und Verkabelungen entwickelt werden. Im Rahmen des Projektes wurde auch eine Marktübersicht über gängige Photovoltaik Systeme erstellt, und eine Übersicht über für die Photovoltaik relevante europäische Baustands. 3S hat ein neues Dachelement für die Photovoltaik Gebäudeintegration entwickelt. Dieses basiert auf einem herkömmlichen Photovoltaik Laminat, aus dem in einem Schritt mittels Spritzguss ein fertiges Dachelement hergestellt wird. Das Konzept ist abgeschlossen, Konstruktionszeichnungen in fortgeschrittenem Stadium bestehen und die wichtigsten Zulieferer wurden evaluiert, was umfangreiche Materialprüfungen verlangte. Trotz Projektabschluss als EU-Projekt soll das Vorhaben in der Schweiz weiterverfolgt werden.

Vereinzelte neue Konzepte und Produkte zur Photovoltaik-Gebäudeintegration wurden im Rahmen von P+D-Projekten erprobt (siehe entsprechendes Kapitel).

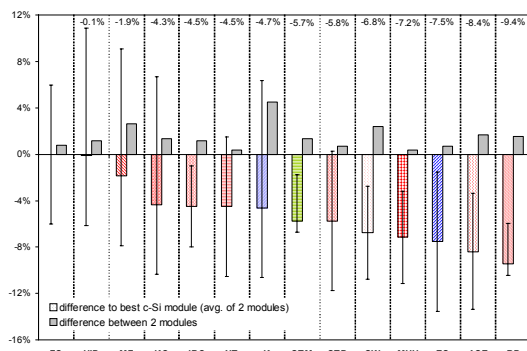
ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK

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 Sicherheit, Zuverlässigkeit und Energieertrag künftiger Anlagen wie auch für die Standardisierung der Produkte von grosser Bedeutung. Zusammen mit der fortschreitenden Kostenreduktion bei Komponenten und Systemen kann damit mittel- und langfristig die notwendige Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik in langlebigen Anlagen erreicht werden. Die Qualitätssicherung ist umso bedeutender, als auf dem Markt in letzter Zeit vermehrt qualitativ ungenügende Produkte aufgetaucht sind [64].

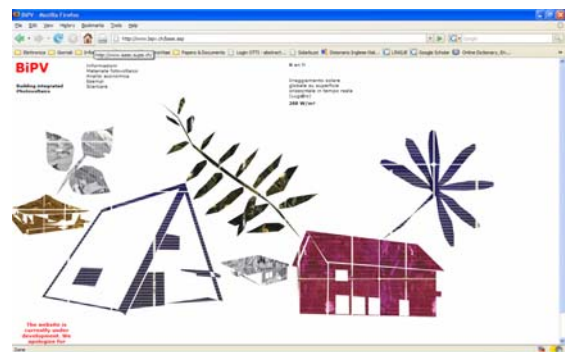
Das ISAAC an der SUPSI hat im Berichtsjahr das Projekt **Centrale LEEE-TISO 2003-2006** [23] abgeschlossen. Das gemäss ISO 17025 für Messungen zertifizierte Labor mit dem Sonnen-Simulator der Klasse A erhielt im April 2007 die erneute offizielle Akkreditierung. Die als Dienstleistungen für Dritte ausgeführten Messungen der Strom-Spannungs-Kennlinie von Solarmodulen konnten mit einer Anzahl von 342 ausgeführten Messungen deutlich zulegen. Zudem wurden für einzelne Produkte weitere Parameter wie Temperaturkoeffizienten oder das Verhalten bei unterschiedlicher Einstrahlung bestimmt.

Der 10. Testzyklus der Aussenmessungen wurde im Berichtsjahr an 14 kommerziellen Modulen abgeschlossen (8 mc-Si, 2 sc-Si, 1 HIT, 2 a-Si, 1 CdTe). Nach 15 Monaten Messzeit lag die stabilisierte Leistung aller Module im Mittel bei 3.7% unter der Nominalleistung, bzw. zwischen -0.7% und -8.2% und damit für alle Module innerhalb der Produktgarantien. Fast alle der über die letzten 5 Testzyklen gemessenen Module aus kristallinem Silizium zeigten in den ersten Betriebsstunden eine kleine Anfangsdegradation von im Mittel -1.1%. Die Unterschiede in der jährlichen Energieproduktion der 14 gemessenen Modultypen in [kWh/kWp] beträgt mit der Nominalleistung als Referenz 10%; nimmt man die real gemessene Leistung als Referenz, so liegen die Unterschiede tiefer (Fig. 3). Das ISAAC hat im Berichtsjahr die Arbeiten zur gebäudeintegrierten Photovoltaik fortgesetzt. Es wurde eine Produktdatenbank erstellt, welche über www.bipv.ch abrufbar ist. (Fig. 4)

Das ISAAC beteiligte sich im Berichtsjahr an den Arbeiten zum EU-Projekt **PERFORMANCE** [24]. Dieses, vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg koordinierte, 4-jährige *Integrierte Projekt* befasst sich mit allen pränormativen Arbeiten von Solarzellen bis hin zu Systemen und von Momentanmessungen bis zu Langzeitanalysen. Das ISAAC ist an den Untersuchungen zu Performanz und Energieproduktion von Photovoltaik Modulen sowie der Modellierung beteiligt. 6 europäische Testlaboratorien mit unterschiedlicher Infrastruktur führten im Berichtsjahr einen *Round Robin Test* an Modulen aus kristallinem Silizium durch. Die gemessenen Maximalleistungen zwischen den verschiedenen Laboratorien liegen alle innerhalb $\pm 2\%$. Weitere solche Tests sind vorgesehen, einerseits zur Verbesserung der Verfahren, andererseits bei unterschiedlichen Einstrahlungen. Ziel ist, dass alle Laboratorien innerhalb $\pm 1\%$ der Messwerte liegen. Die Messungen werden auch für Dünnschicht Solarmodule durchgeführt, was eine grössere Herausforderung an die Messverfahren stellt. Ein *Round Robin Test* zur Modellierung und Voraussage der Energieproduktion der Solarmodule zeigte Werte innerhalb $\pm 5\%$ für alle Technologien bzw. $\pm 3\%$ für kristalline Module.



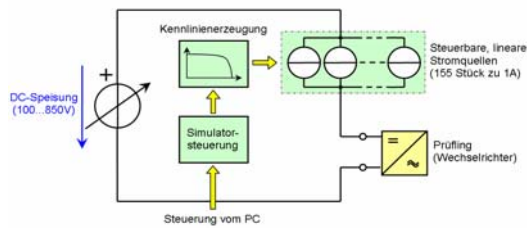
Figur 3: Unterschiede in der jährlichen Energieproduktion von 14 Solarmodulen in [kWh/kWp] (Bildquelle: ISAAC)



Figur 4: BIPV homepage www.bipv.ch (Bildquelle: ISAAC)

Wirkungsgrad und Jahresenergieproduktion von Photovoltaik Modulen sind auch Bestandteil eines Projektes am PSI [25], welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. Aufgrund der Messungen an verschiedenen kommerziellen Modulen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen wurde ein semi-empirisches Modell für den Wirkungsgrad parametrisiert. Das Modell wurde mit Modulen aus kristallinem Silizium validiert. Messungen an Dünnschicht Modulen wurden ebenfalls durchgeführt. Damit wurde das Verhalten des Wirkungsgrades der Module in Funktion von Einstrahlung, Temperatur und Luftmasse bestimmt. Es konnten Aussagen zum erwarteten Energieertrag unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen gewonnen werden.

Am Photovoltaiklabor an der FH Burgdorf wurde das Projekt **Photovoltaik-Systemtechnik PVSYSSTE** [26] fortgesetzt. Die teilweise seit 1992 ohne Unterbruch durchgeführten Langzeitmessungen an über 60 PV Anlagen wurden weitergeführt. Die zweite Ausbaustapen der Anlage "Stade de Suisse" (neu 1,35 MWp) wurde ins Messprogramm integriert. Die weitergeführte Ausfallstatistik der Wechselrichter zeigt im vergangenen Jahr wieder eine erfreulich tiefe Anzahl der registrierten Ausfälle. Zum Test von Solarwechselrichtern verfügt das Photovoltaiklabor der BFH-TI nebst einer Testanlage von 60 kWp auf dem Dach auch über zwei hochstabile, computergesteuerte Solargenerator-Simulatoren von 20 kW bzw. 25 kW Leistung, welche jederzeit eine beliebig einstellbare Solargeneratorkennlinie nachbilden können. Zum Test von grösseren Zentralwechselrichtern, die oftmals über eine Nennleistung von etwa 100 kW verfügen, reicht die vorhandene Testinfrastruktur aber nicht mehr aus. Um auch diese modernen Wechselrichter mit voller Leistung ausmessen zu können, wurde mit dem Bau eines neuen Solargenerator-Simulators mit einer Nennleistung von 100 kW begonnen (Fig. 5). Bisher wurden die Teilstromquellen (15 Quellen zu 10 A und eine Quelle zu 5 A) aufgebaut und ausgetestet (Fig. 6). In zunehmendem Mass führt auch das Photovoltaiklabor Messungen an Wechselrichtern als Dienstleistungen für Dritte aus.



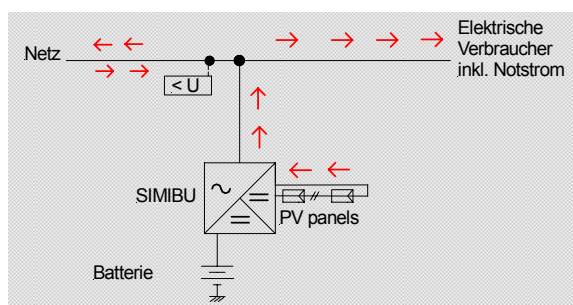
Figur 5: Blockschaltbild des 100kW Simulators
(Bildquelle: BFH-TI)



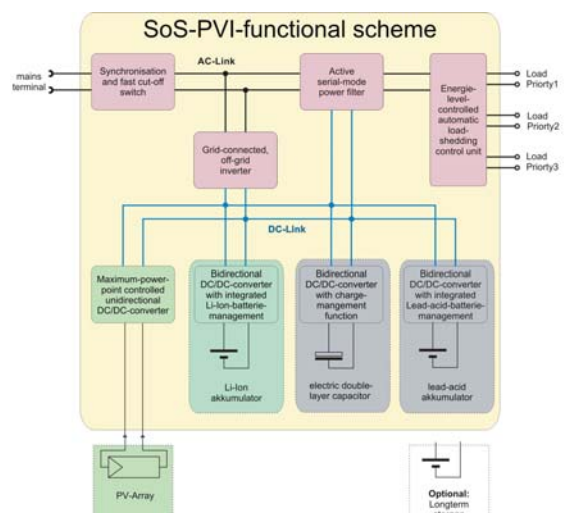
Figur 6: Montagezustand des 100kW Simulators
im Dezember 2007 (Bildquelle: BFH-TI)

Enecolo schloss das Projekt **SIMIBU** zur Machbarkeit eines Wechselrichters mit integriertem Backup im Berichtsjahr ab [27]. Das Ziel des Projektes war, die Kombination eines Wechselrichters mit einer unterbrechungslosen Stromversorgung (USV) zu untersuchen (Fig. 7). Solange das öffentliche Netz vorhanden ist, funktioniert der Wechselrichter als gewöhnlicher Solarwechselrichter und die USV-Anlage ist auf Standby. Erst bei einem allfälligen Netzausfall kommt die USV-Funktion zum Tragen. Der gleiche Wechselrichter versorgt dann die angeschlossenen Geräte mit Strom bis das öffentliche Netz wieder funktioniert. In Zusammenarbeit mit *Sputnik Engineering* konnte die technische Machbarkeit des Konzeptes mit vertretbarem Aufwand aufgezeigt werden. Mögliche Anwendungsgebiete sind Regionen mit häufigen Stromunterbrüchen, Entwicklungsländer ohne Netzanschluss aber mit der späteren Option eines Netzanschlusses sowie Regionen mit hoher Netzbelastung während der Tageszeit und entsprechend teuren Spitzenlastpreisen. Eine Pilotanlage soll nun die Funktionstüchtigkeit des Konzeptes aufzeigen.

Ein ähnliches Ziel verfolgt unabhängig davon das EU-Projekt **SOS-PVI** (*Security of Supply Photovoltaic Inverter*) [28], in welchem *Maxwell Technologies* als Schweizer Partner mitarbeitet. In diesem Vorhaben werden fünf Prototypen eines entsprechenden Wechselrichters erarbeitet. Nebst der technischen Lösung für den Wechselrichter, werden vor allem auch Fragen zur Lastkurve in bestimmten Netzen und die notwendigen Regelkreise untersucht. (Fig. 8)



Figur 7: Stromflüsse in einem netzgekoppelten System
mit Backup Funktion (Bildquelle: Enecolo)

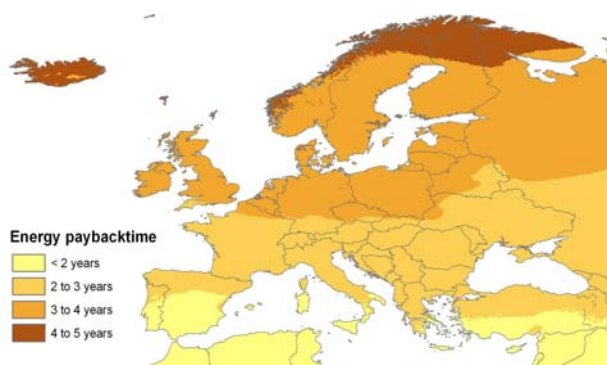


Figur 8: Architektur des SOS-PVI Projektes
(Bildquelle: Maxwell Technologies)

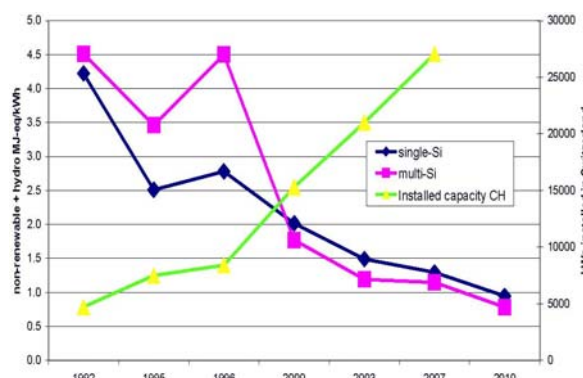
ERGÄNZENDE PROJEKTE UND STUDIEN

Enecolo hat im Berichtsjahr das Projekt **PV-BUK** [29] durchgeführt. Ziel dieses Projektes war es, die tatsächlichen Betriebs- und Unterhaltskosten (B&U Kosten) von Photovoltaik Anlagen zu eruieren, die zukünftige Entwicklung der B&U Kosten abzuschätzen und einen Massnahmenkatalog zur Senkung der B&U Kosten zu erarbeiten. Dazu wurden in der Literatur sowie durch Interviews und mit Hilfe von Fragebogen bei Experten und Anlagenbesitzern möglichst viele Informationen zu den B&U Kosten von PV-Anlagen in der Schweiz und in Deutschland gesammelt. Es zeigte sich, dass die Betriebskosten pro kWh Solarertrag mit zunehmender Anlagengrösse und zunehmendem spezifischem Ertrag sinken. Bei einer 10 kWp Anlage betragen die Betriebskosten ca. 10 Rp./kWh, bei einer 30 kWp-Anlage 8 Rp./kWh und bei einer 100 kWp Anlage noch 6 Rp./kWh. Der grösste Teil der B&U Kosten wird für Ersatzgeräte benötigt, insbesondere den Wechselrichter.

ESU-Services hat im Berichtsjahr das Projekt **Update Photovoltaik Ecoinvent Data V2.0** abgeschlossen [30]. Aufgrund von Lebenszyklusinventaren von Photovoltaikprodukten wurden neue Lebenszyklusanalysen (*Life Cycle Analysis – LCA*) für industriell aktuelle Photovoltaik Technologien erstellt. Damit wurde das Ziel verfolgt, in der *Ecoinvent* Datenbank [65] möglichst aktuelle Umweltanalysen der Photovoltaikindustrie zu publizieren. Neben der Aufdatierung von mono- und multikristallinen Solarmodulen wurden erstmals Daten für die Herstellung und den Betrieb von Dünnschichtmodulen (CIS und CdTe) erhoben. Eine anschauliche Darstellung der Energierücklaufzeit ist in Fig. 9 dargestellt. Mit dem Vorhaben konnte auch belegt werden, in welchem Ausmass der kumulierte Energieaufwand für die Photovoltaik in den letzten 15 Jahren reduziert werden konnte (Fig. 10). Das Projekt erfolgte in Zusammenarbeit mit der Europäischen Photovoltaik Industrievereinigung EPIA und ist zudem ein Beitrag eines neuen entsprechenden IEA-PVPS Projektes [31].



Figur 9: Energierücklaufzeit einer 3 kW multikristallinen Schrägdachanlage in Europa (Basis UCTE Mix)
(Bildquelle: ESU Services)



Figur 10: Kumulierter Energieaufwand für die Photovoltaik im Verlauf der Zeit
(Bildquelle: ESU Services)

Das Projekt **ENVISOLAR** [32] der Europäischen Weltraumagentur ESA, bei welchem *Enecolo* mitwirkte, wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Das Projekt hatte die vermehrte Nutzung satellitengestützter Solarstrahlungsdaten in der Solarindustrie zum Ziel. Mit den im Projekt entwickelten Dienstleistungen sollen Standortanalysen und -entscheide vereinfacht, das automatische Anlagenmonitoring unterstützt sowie Vorhersagen der Energieproduktion von Solaranlagen ermöglicht werden. Die Publikation zum Projekt gibt einen ausgezeichneten Überblick über die verschiedenen existierenden Verfahren [66]. In der Schweiz besteht ein enger Bezug zum online Photovoltaik Monitoring Dienst SPYCE [67], welchen *Enecolo* zusammen mit *Meteotest* betreibt.

Die Machbarkeitsstudie zur Bestimmung des Potenzials von **Quantum Dot Konzentratoren** [33] für die Photovoltaik wurde durch das LESO der EPFL abgeschlossen. Es wurde modellmässig und experimentell untersucht, ob mit dieser neuartigen Methode grossflächige (lateral wirkende) Konzentratoren auf Gläsern realisierbar sind und welche elektrische Leistung damit möglich ist. Als Technologie zur Herstellung der *Quantum Dot* Schichten wurde die Sol-Gel Methode eingesetzt. Erste Schätzungen lassen einen Systemwirkungsgrad von mehr als 6% erwarten.

In Hinsicht auf die immer wichtiger werdende Photovoltaik Gebäudeintegration hat *Zagsolar* zusammen mit dem BRENET-Netzwerk das **Konzept eines Kompetenzzentrums für gebäudeintegrierte Solaranlagen** (photovoltaisch und thermisch) [34] erarbeitet. Dabei steht die Qualitätssicherung und die Möglichkeiten zur Zertifizierung von Produkten im Vordergrund, begleitet von Massnahmen zur Information sowie Aus- und Weiterbildung.

Das PSI beteiligt sich im Rahmen des *Integrierten* EU-Projektes **FULLSPECTRUM** [35] an den internationalen Arbeiten zum Thema der Thermophotovoltaik (TPV). Gestützt auf frühere Projekte bearbeitet das PSI in diesem Projekt im Modul zur Thermophotovoltaik systemtechnische Aspekte in einem gasbetriebenen Testsystem. Der experimentelle Aufbau in einem Prototypen umfasst IR-Filter, Emittter, Zellenverschaltung und –kühlung sowie die entsprechende Messdatenerfassung. Seitens des PSI gelangen dazu Silizium Solarzellen zum Einsatz während bei anderen Instituten GaSb Solarzellen weiterentwickelt werden.

Das symbolträchtige Projekt **SOLARIMPULSE** [36] von Bertrand Piccard und verschiedenen Partnern wurde im Berichtsjahr fortgesetzt. Das Ziel dieses Projektes ist die Weltumrundung mit einem photovoltaisch betriebenen Flugzeug. Ein weiteres Projekt dieser visionären Art ist das Projekt **PlanetSolar** [37], welches von einer Westschweizer Gruppe um den Initianten Raphaël Domjan entwickelt wird. PlanetSolar soll ein solarbetriebenes Boot werden, welches die Erde auf dem Wasser umrunden wird. Beide Projekte stellen primär private Initiativen dar, wobei in konkreten Technologiefragen eine Zusammenarbeit mit Hochschulen erfolgt. So verfolgt **SOLARIMPULSE** zusammen mit der EPFL das KTI-Projekt **Ultralight Photovoltaic Structures** [38], in welchem neue ultraleichte Sandwichstrukturen mit Photovoltaik entwickelt werden.

Beide Projekte beinhalten einerseits grosse technische Herausforderungen, andererseits geniessen sie aufgrund ihres Kommunikationspotenzials ein grosses Interesse der Öffentlichkeit. Nicht zuletzt stehen die beiden Vorhaben in einer gewissen Konkurrenz zueinander. Entlang diesen Gedanken kann auch das Projekt **Solartaxi** [39] genannt werden, welches noch einen Schritt konkreter geworden ist, in dem eine Fahrt mit einem Solarfahrzeug rund um die Welt im Sommer 2007 in Luzern begonnen hat. Mittlerweile hat das Solartaxi bereits Australien erreicht.

INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IEA, IEC, EU

Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA (IEA PVPS) wurde im Berichtsjahr mit Kontinuität fortgesetzt, sowohl auf der Projektebene wie im *Executive Committee (ExCo)* [68]. Die Schweiz hält weiterhin den Vorsitz dieses weltweiten Programms inne. Für die Beteiligung an ausgewählten Projekten im Rahmen des IEA PVPS Programms konnte der 2005 geschaffene Schweizer IEA PVPS Pool fortgesetzt werden. Dieser Pool wird derzeit getragen durch das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz), die Kantone Basel Stadt und Genf, die *Gesellschaft Mont-Soleil*, sowie durch den Fachverband SWISSOLAR. Mit diesem Ansatz wird ein stärkerer Einbezug verschiedener Zielgruppen in die Arbeiten im Rahmen von IEA PVPS sichergestellt.

Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1 von IEA PVPS, welcher allgemeine **Informationsaktivitäten** [40] zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 2006 [69] ausgearbeitet; auf dieser Grundlage wurde die 12. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes („*Trends Report*“) über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [70]. Dieser Bericht stellt eine immer häufiger zitierte Referenz dar und wurde erneut für aktuelle Analysen der Photovoltaik durch den Finanzsektor verwendet [71]. Im Berichtsjahr wurden mehrere Workshops organisiert: An der 22. Europäischen Photovoltaik-Konferenz in Mailand fand ein Workshop zum Thema der Datenbeschaffung von Marktzahlen und deren Interpretation statt. Ein weiterer Workshop fand an der asiatischen Photovoltaik Konferenz Ende 2007 in Fukuoka statt [72]; er wurde durch die Schweiz und Japan organisiert. Der *IEA PVPS-Newsletter* [73] informiert regelmässig über die Arbeiten in und rund um das IEA PVPS Programm und wird an 250 Adressaten in der Schweiz verteilt. Im Berichtsjahr wurde die homepage von IEA PVPS [74] überarbeitet.

In IEA PVPS Task 2 über **Betriebserfahrungen** [41] stellt TNC den Schweizer Beitrag. Dieses Projekt wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Die PVPS-Datenbank *Performance Database*, welche auch online zugänglich [75] ist, umfasst 505 Photovoltaik Anlagen aus 22 Ländern mit insgesamt rund 1600 Betriebsjahren und 13.5 MWp Anlagenleistung. Aus der Schweiz sind 66 Anlagen mit einer totalen Leistung von 2 MWp in der Datenbank enthalten. Im Teilprojekt *Photovoltaic System Cost over Time* wurde eine breit abgestützte Informations- und Datenbasis für die Entwicklung der PV-Systempreise und Unterhaltskosten geschaffen. Zum Abschluss von IEA PVPS Task 2 wurden verschiedene Publikationen erarbeitet [76, 77, 78, 79]. Aufgrund der Bedeutung von Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit von Photovoltaik Anlagen für den wachsenden Markt besteht die Absicht, ein Folgeprojekt von Task 2 zu definieren.

Im Rahmen der interdepartementalen Plattform (SECO, DEZA, BAFU, BFE) zur Förderung der erneuerbaren Energien in der internationalen Zusammenarbeit *REPIC* [80] leistet *entec* den Schweizer Beitrag zu IEA PVPS Task 9 über die **Photovoltaik-Entwicklungszusammenarbeit** [42]. Die Schweiz ist in diesem Projekt für die Koordination der Arbeiten mit multilateralen und bilateralen Organisationen verantwortlich. Im Berichtsjahr wurden im Rahmen dieses Projektes Treffen in Deutschland, Frankreich und Belgien abgehalten. Task 9 setzt in seinen Arbeiten einen Schwerpunkt auf Energiedienstleistungen in verschiedenen Anwendungsfeldern und beschäftigt sich häufig mit Ansätzen, welche sich nicht allein auf die Photovoltaik begrenzen lassen. Im Berichtsjahr wurde besonders das Thema der Wasserversorgung vertieft; dazu organisierten die Schweiz und Deutschland einen Workshop in Thailand, welcher die bisherigen Erfahrungen aufarbeitete und offen diskutierte. Es wird allgemein eine bessere Vernetzung mit den wichtigen Aktivitäten zur Wasserversorgung angestrebt.

Planair vertritt die Schweiz in IEA PVPS Task 10 zur **Photovoltaik im urbanen Raum** [43]. Aus Schweizer Sicht stehen städteplanerische Fragen und solche des elektrischen Netzes im Vordergrund. Durch den Einbezug der Stadt Neuchâtel in den Schweizer Beitrag sollen die anstehenden Fragen konkret aus dieser Perspektive angegangen werden. Task 10 steht in engem Kontakt mit dem EU-Projekt **PV-Upscale** [81], welches ähnliche Ziele auf europäischer Ebene verfolgt. Es fanden in der Schweiz zwei transdisziplinäre Ateliers (je eines in Neuchâtel und eines in Zürich) zur Diskussion von städteplanerischen Fragestellungen rund um die Photovoltaik statt. Task 10 hat im Berichtsjahr verschiedene neue Berichte erarbeitet [82, 83, 84]. Besonders ist hier die systematische Analyse von Mehrwerten der Photovoltaik über die Energie hinaus zu erwähnen, welche erstmals differenzierte quantitative und länderspezifische Aussagen zu diesem Thema macht.

Sputnik vertritt die Schweiz in IEA PVPS Task 11 zu **hybriden Photovoltaik Systemen in Mininetzen** [44], einem Gebiet, das – wenn auch nicht so sehr in der Schweiz – global von immer grösserem Interesse wird und weitreichende technische Fragestellungen betreffend Systemdesign, Regelungsfragen und der Penetration von Photovoltaik in Mininetzen beinhaltet.

ESU Services vertritt die Schweiz im neu geschaffenen IEA PVPS Task 12 zu **Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsaspekten** [31] der Photovoltaik. Ziel des Projektes ist, industriell möglichst aktuelle, relevante und international abgegliche Informationen zu diesem bedeutenden Thema aufzuarbeiten und zu publizieren. Damit sollen die zum Teil noch widersprüchlichen bzw. quantitativ abweichenden Aussagen auf eine bessere Grundlage gestellt werden. Ausserdem befasst sich Task 12 auch mit den Methoden zur Rezyklierung von Photovoltaik Modulen.

Meteotest [45] und das CUEPE an der Universität Genf [46] erbringen zusammen den Schweizer Beitrag zum Task 36 **Solar Resource Knowledge Management** des IEA SHC Programms. Dieses Projekt sieht vor, die verschiedenen Methoden und Datengrundlagen von Solardaten global aufzuarbeiten und verfügbar zu machen. Task 36 ist organisatorisch Bestandteil des IEA SHC Programms, inhaltlich ist es jedoch für alle Solartechnologien relevant; dementsprechend erfolgt eine Zusammenarbeit mit den weiteren IEA Programmen zur Solarenergie (IEA PVPS und IEA PACES). Im Projekt wird die Qualität verschiedener Strahlungsmodelle und daraus abgeleiteter Produkte verglichen und optimiert. Im Berichtsjahr konzentrierten sich die Arbeiten auf die Strahlungsvorhersage und die Turbidität der Atmosphäre.

SWISSOLAR vertritt die Schweiz im TC 82 der IEC zu **Photovoltaik Normen** [47]. Die Normenarbeit im Bereich der Photovoltaischen Systeme ist in 6 Working Group's aufgeteilt (*Glossary, Modules, non-concentrating, Systems, PV energy storage systems, Balance-of-system components, Concentrator modules*). Normen sind in jeder Technik wesentlicher Bestandteil der Produktentwicklung, der Tests und der Qualitätsüberprüfung. Der sich rasch entwickelnden Photovoltaik Industrie fehlen noch eine ganze Reihe von wichtigen, international anerkannten Normen, wobei sich die Lücke dank dem wachsenden Interesse an Normen nun schnell zu schliessen beginnt. In der Photovoltaik konnte trotz der IEC nicht verhindert werden, dass viele nationale Normen entstanden. Diese wurden meist im Rahmen von nationalen Energieprogrammen initiiert und zum Teil auch finanziert. In den letzten Jahren ist das Interesse und der Wille gestiegen, dass nun diese nationalen Normen im Rahmen der internationalen IEC harmonisiert werden sollen. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Regeln, welche die Performance betreffen und solchen, welche die Sicherheit oder die Qualität der Komponenten und Anlagen bzw. der Benutzer betreffen. Fragen zur Sicherheit sind traditionell eher national ausgerichtet, und es ist auch anderen Normenkomitees mit bisher wenigen Ausnahmen nicht gelungen, im Bereich Sicherheit eine IEC Norm als verbindliche Norm auch national als Norm einzuführen. Eine Ausnahme dazu bildet nun seit einigen Jahren die EU, welche das Parallelvoting für IEC Normen für Cenelec Normen eingeführt hat. Zur Zeit sind auf IEC Ebene 28 Dokumente in Bearbeitung. In der Schweiz werden die Arbeiten durch das TK 82 begleitet [85].

Die Beteiligung am EU-Projekt **PV-ERA-NET** [48], welches Programmkoordinationsstellen und verantwortliche Ministerien aus 13 Ländern unter dem ERA-NET Schema [86] zusammenführt, wurde durch die Photovoltaik Programmleitung (BFE, *NET Nowak Energie & Technologie*) sichergestellt. Die Schweiz leitet in diesem Projekt das erste Arbeitspaket zum Informationsaustausch über Europäische Photovoltaik Programme. Im Berichtsjahr wurden, nebst dem kontinuierlichen Informationsaustausch und einer Projektdatenbank, die Modelle der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen nationalen Programme abgeschlossen. Eine erste gemeinsame Ausschreibung **POLYMOL** zum Thema von organischen und Polymer Solarzellen fand statt und verzeichnete insgesamt 9 Projektvorschläge. Die Schweiz ist an dieser Ausschreibung beteiligt. Die geförderten Projekte werden in der ersten Jahreshälfte von 2008 ausgewählt. Ein bedeutendes Thema bildete zudem die in der Europäischen Photovoltaik Technologie Plattform publizierte *Strategic Research Agenda* (SRA) [63], welche als wichtiges europäisches Referenzdokument betrachtet wird. Von Bedeutung ist dieses Dokument einerseits aufgrund seiner umfassenden Beschreibung der kurz-, mittel- und langfristigen Forschungsthemen in der Photovoltaik, der zeitlichen Entwicklung von Technologie und Wirtschaftlichkeit sowie in Bezug auf die Beziehungen zwischen privater und öffentlicher (nationaler und EU) Forschung.

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 deutlich intensiviert werden, sowohl in neuen Projekten mit der KTI wie auch in der Form von direkten Mandaten der Industrie an ausgewählte Forschungsinstitute. Angesichts des global wachsenden Photovoltaik Marktes konnte zudem ein zunehmendes Interesse von neuen Industrieunternehmen verzeichnet werden.

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 Staatssekretariat für Bildung und Forschung SBF, der KTI, dem BAFU, der DEZA und dem SECO sowie aus der Elektrizitätswirtschaft dem VSE, der *swisselectric* 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 den Europäischen Netzwerkprojekten wurde bereits beschrieben. Auf der Projektebene konnte die erfolgreiche Zusammenarbeit innerhalb der EU in bestehenden und neuen Projekten fortgesetzt werden. Im Jahr 2007 waren es 11 Projekte im 6. Rahmenforschungsprogramm der EU, wovon 3 dieser Projekte *Integrierte Projekte* (FULLSPECTRUM, PV-ATHLET, PERFORMANCE) sind. Ein weiteres Projekt fand mit der esa statt. Es findet ein regelmässiger Kontakt mit den Programmverantwortlichen in EU-Ländern statt, ebenso mit den zuständigen Einheiten bei der Europäischen Kommission.

Die Schweiz ist in der Europäischen Photovoltaik Technologie Plattform [87] sowohl im Steuerungsausschuss wie in einzelnen Arbeitsgruppen vertreten. Technologie Plattformen sind ein neues Instrument der EU Technologieförderung, welches für ausgewählte Technologien eine breitere Trägerschaft und eine gemeinsame Strategie der beteiligten Akteure ermöglichen soll, indem Forschungskreise, Industrie, der Finanzsektor und staatliche Stellen in einer gemeinsam getragenen Plattform eingebunden sind und die notwendigen F&E Anstrengungen sowie die Massnahmen zur Umsetzung koordiniert angehen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die starke Einbindung der Industrie, welche im Rahmen der Technologie-Plattformen eine tragende Rolle spielt. Im Berichtsjahr wurde die *Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology* (SRA) [63] publiziert. Im Rahmen des von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)* [88] wurden die Vorschläge des Photovoltaiksektors zu beschleunigenden Massnahmen in Hinsicht auf die EU 2020 Energieziele formuliert.

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

5. Pilot- und Demonstrationsprojekte (P+D)

Wie letztes Jahr konnten auch dieses Jahr wieder zwei neue BFE PV P+D Projekte begonnen werden. Seit 2003 wurden damit insgesamt 4 neue Projekte gestartet. Ein weiteres P+D Projekt wird durch den Axpo Naturstromfonds unterstützt. Wenig im Vergleich zur Zeit vor 2003, wo jährlich 10 und mehr Projekte ins P+D Programm aufgenommen wurden. Ein Teil dieser 'alten' Projekte setzt im aktuellen Photovoltaik Markt erfreulicherweise noch Jahre später Akzente. Das Photovoltaik P+D Programm ist inzwischen auf wenige Projekte geschrumpft, die sich überwiegend in der Abschlussphase befinden. Diese Entwicklung ist sehr zu bedauern, weil damit ein wesentliches Glied in der Umsetzung von Forschung und Entwicklung hin zu industriellen Produkten und Verfahren, und damit zum Markt stark geschwächt wird. Damit bleibt die Wirkung dieses Programms weiterhin eingeschränkt, und Schweizer Firmen haben es zunehmend schwerer, neue und innovative Produkte für den Photovoltaik Anwendungsbereich auf den Markt zu bringen.

Bei einem der zwei neuen BFE PV P+D Projekte wird auf der Basis des erfolgreich abgeschlossenen P+D Projekts 'Flachdachintegration CPT mit Dünnschichtzellenmodulen' [49] das Degradations- und Annealingverhalten von Modulen mit amorphen Zellen detaillierter untersucht. Das andere Projekt untersucht im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt SIMIBU [27] das Verhalten eines Backup-Wechselrichters (netzgekoppelter Wechselrichter mit unterbrechungsfreier Stromversorgung USV) im Praxistest.

Die noch verbleibenden Photovoltaik P+D Projekte behandeln schwerpunktmässig weiterhin die Thematik der **Photovoltaik Gebäudeintegration**.

NEUE P+D PROJEKTE

- Praxistest Backup Wechselrichter (Verhalten eines netzgekoppelten Wechselrichters mit unterbrechungsfreier Stromversorgung bei Stromausfall im Praxistest; Leitung: *Enecolo*) [50]
- Degradations- und Annealingverhalten von Modulen mit amorphen Zellen (Messungen und Analysen auf der Basis der Flachdachintegration CPT Solar; Leitung: *ISAAC*) [51]
- 2 kWp Flexcell® Experimentaldach mit flexiblen amorphen Solarzellen in einem Dachelement aus einer Thermoform; Leitung: *VHF-Technologies*) [52] (Fig. 11)

LAUFENDE P+D PROJEKTE

Bei den laufenden Projekten zeigt das Nullenergieschulhaus Ekkharthof Kreuzlingen (Minergiebau kombiniert mit Photovoltaik und Wärmepumpe) das Potenzial dieses Konzeptes auf. 2007 schliesst dieses Gebäude über das Jahr gesehen mit mehr Energieertrag und weniger Verbrauch als erwartet insgesamt als Energieproduzent ab. [53] (Fig. 12)

Die laufenden Projekte umfassen (in chronologischer Reihenfolge):

Anlagen

- Photovoltaikanlage Nullenergieschulhaus Ekkharthof Kreuzlingen (Einbindung einer PV Anlage ins Energiekonzept eines Nullenergieschulhauses; Leitung: *Böhni Energie und Umwelt*) [53] (Fig. 12)
- Dachanlage Turnhalle Wiesendangen mit amorphen Dünnschichtmodulen (Einsatz von BIOSOL XXL Dachelementen, bestehend aus UNI-Solar Dünnschichtmodulen kombiniert mit Solrif Rahmen; Leitung: *Enecolo*) [54] (Fig. 13)
- 12 kWp Solight Pilotanlage (Pilotmässige Umsetzung von zwei verschiedenen Solight Varianten; Leitung: *Energiebüro*) [55] (Fig. 14)

Messkampagnen

- Messkampagne Wittigkofen (Detaillierte Messungen und Auswertungen mit Visualisierung der Daten zur 80 kWp Fassade Wittigkofen; Leitung: *Ingenieurbüro Hostettler*) [56]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- Photovoltaikstatistik der Schweiz 2006 (Leitung: *Ingenieurbüro Hostettler*) [57]



Figur 11: 2 kWp Flexcell Experimentaldach
(Bildquelle: VHF Technologies)



Figur 12: Nullenergieschulhaus Ekkharthof Kreuzlingen
(Bildquelle: Böhni Energie und Umwelt)



Figur 13: Dachanlage Turnhalle Wiesendangen
(Bildquelle: Enecolo)



Figur 14: Solight Anlage in zwei Varianten
(Bildquelle: Energiebüro)

IM JAHR 2007 ABGESCHLOSSENE P+D PROJEKTE

Im Jahr 2007 wurden die folgenden P+D Projekte abgeschlossen (in chronologischer Reihenfolge):

Anlagen

- 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*) [58]
- 17.6 kWp Flachdachanlage mit Dünnschichtzellenmodulen ETHZ (Optisch diskrete Flachdachanlage mit amorphen Zellen; Leitung: *BE Netz*) [59]
- Neues PV Fassadensystem für Module mit Dünnschichtzellen (Entwicklung eines universellen Fassadensystems wahlweise mit oder ohne thermischer Isolation für Dünnschichtzellenmodule; Leitung: *Zagsolar / Wyss Aluhit*) [60]

6. Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Global war das Jahr 2007 für die Photovoltaik ein weiteres erfolgreiches Jahr. In einer durch hohes Wachstum gezeichneten Marktdynamik konnte die Photovoltaik Industrie ihren Ausbau fortsetzen. Der Engpass in der Verfügbarkeit von Rohsilizium für die kristallinen Siliziumzellen besteht weiterhin. Es finden jedoch weltweit Investitionen in neue Produktionskapazitäten von Solarsilizium statt, welche die angespannte Situation in den nächsten Jahren entschärfen sollten. Trotzdem hat sich die Trendumkehr zu niedrigeren Systempreisen im Jahr 2007 fortgesetzt. Parallel dazu besteht für Dünnschicht Solarzellen aufgrund dieser angespannten Situation ein interessantes „window of opportunity“ – sprich Chancen für diese Technologien. Es wurden 2007 zahlreiche neue Industrieprojekte mit einer Produktionskapazität von insgesamt ca. 3 GWp/Jahr angekündigt, wobei erste GWp Einheiten diskutiert werden. Als konkretes Beispiel dieser jüngsten Entwicklung konnte *oerlikon solar* im Berichtsjahr weitere grosse Bestellungen für Depositionsanlagen von Dünnschicht Solarzellen aus amorphem Silizium entgegennehmen.

Dank der politischen Diskussionen rund um das Stromversorgungsgesetz und der darin vorgesehenen Förderung der erneuerbaren Energien erhielt die Photovoltaik auch in der Schweiz weiterhin grosse Aufmerksamkeit. Mit den im Jahr 2007 verabschiedeten Beschlüssen des Parlamentes besteht nach vielen Jahren der Ernüchterung Aussicht auf eine Verbesserung des Photovoltaikmarktes, in dem ab 2009 die kostendeckende Vergütung eingeführt wird. Obwohl im quantitativen Ausmass eng begrenzt, sollte dies zu einer Belebung des Schweizer Photovoltaikmarktes führen, und damit auch die technologische Entwicklung stimulieren.

Vor diesem Hintergrund ist auch die Situation der Schweizer Photovoltaik zu beurteilen: Forschung und Technologie befanden sich bisher aufgrund einer breiten Abstützung auf einem auch international betrachtet hohen Niveau. Industrielle Umsetzung und internationale Ausrichtung werden durch die zahlreichen KTI- und EU-Projekte belegt. Andererseits bestehen durch die fehlenden P+D-Mittel und dem bisher stagnierenden Markt gewichtige Nachteile für die Umsetzung im eigenen Land. Trotz diesen erschwerten Bedingungen finden auch in der Schweiz wachsende industrielle Photovoltaik Aktivitäten statt. Gestützt auf Umfragen wird das Exportvolumen der Schweizer Photovoltaik für 2007 auf mindestens 500 Mio. CHF geschätzt. Zusammen mit dem Heimmarkt kann der Gesamtumsatz der Schweizer Photovoltaik mit mindestens 600 Mio. CHF beziffert werden.

Die Umsetzung der Schweizer Photovoltaik Forschung in industrielle Produkte ist damit vor allem auf dem Gebiet der Dünnschicht Solarzellen in den letzten Jahren eine Erfolgsgeschichte, welche in guter Übereinstimmung mit den langjährigen Programmzielen geschieht. Im Berichtsjahr wurden zwei konkrete Industrievorhaben angekündigt, welche erstmals auch die Produktion von Dünnschicht Solarzellen im industriellen Massstab in der Schweiz vorsehen: 25 MW durch *Flexcell* bzw. *VHF-Technologies* in Yverdon, 30 MW durch *Pramac* bei Locarno. Ebenfalls erfolgversprechend, aber etwas schwieriger, präsentiert sich die Situation bei der gebäudeintegrierten Photovoltaik, da dieser Markt sowohl national wie international noch nicht so stark ausgeprägt ist. Dies könnte sich aufgrund der neuen Rahmenbedingungen in der Schweiz und in vereinzelt anderen Ländern, z.B. Frankreich, in den nächsten Jahren ändern.

Die bisherigen Anstrengungen im Schweizer Photovoltaik Programm bilden die wissenschaftlich-technische Ausgangslage, um im rasch wachsenden Photovoltaik Markt mit Schweizer Innovationen und Produkten präsent zu sein. Die lange praktische Erfahrung mit dem Bau und Betrieb von zahlreichen Photovoltaik Anlagen führten zu wichtigen Erkenntnissen, welche die Zuverlässigkeit der Anlagen und eine hohe spezifische Energieproduktion zur Folge haben. Damit sind die technologischen Voraussetzungen gegeben, dass die Schweizer Photovoltaik mit ihrem wissenschaftlich-technischen Know-how und ihren Produkten auch im internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig und erfolgreich sein kann.

Das Programm Photovoltaik wird weiter bestrebt sein, durch die breite Abstützung eine kritische Grösse zu bewahren und eine bedeutende Marktwirkung zu erzielen. Dazu soll von allen möglichen Fördermechanismen Gebrauch gemacht werden und diese gleichzeitig optimal koordiniert und zielführend eingesetzt werden. Das neue Energieforschungskonzept der CORE 2008 – 2011 bildet die Grundlage für die Ausrichtung der Photovoltaik Forschung ab 2008 [89]. Das entsprechende Detail Forschungskonzept wird anfangs 2008 fertiggestellt und im Sommer der CORE zur Genehmigung vorgelegt. Darin sollen die jüngsten nationalen und internationalen Entwicklungen berücksichtigt werden, um die Prioritäten der nächsten Jahre festzulegen. Ein intensiver Austausch mit den Akteuren aus Forschung und Industrie soll diesen Prozess begleiten.

Der nationale Informations- und Erfahrungsaustausch bleibt in der Schweiz weiterhin ein wichtiges Thema. Im November 2007 fand in Luzern die sehr gut besuchte 7. Nationale Photovoltaik Tagung statt. Sie war insbesondere den neuen Schweizer Rahmenbedingungen für die Photovoltaik gewidmet, was auch das grosse Interesse an der Tagung erklärt. Die Photovoltaik Webseite <http://www.photovoltai.ch> beinhaltet alle wesentlichen Informationen sowie Berichte und dient damit als wichtiges Informationsinstrument, das laufend unterhalten wird. Die Schweizer Photovoltaik war an der 22. Europäischen Photovoltaik Konferenz im September in Mailand mit ihren Beiträgen gut vertreten [90].

7. Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2007 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer)

Einzelne Jahresberichte und Schlussberichte können von <http://www.photovoltai.ch> heruntergeladen werden. Unter den aufgeführten Internet-Adressen sind weitergehende Informationen vorhanden.

- [1] C. Ballif, J. Bailat, F.J. Haug, S. Fay, R. Tschanner, (ballif@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: Thin film silicon solar cells: advanced processing and characterization* (JB, SB Projekt 101'191) www.unine.ch/pv.
- [2] F.J. Haug, C. Ballif, (franz-josef.haug@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: Flexible photovoltaics: next generation high efficiency and low cost thin film silicon modules* (JB) www.unine.ch/pv.
- [3] S. Olibet, C. Ballif, (sara.olibet@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: High efficiency thin-film passivated silicon solar cells and modules - THIFIC: Thin film on crystalline Si* (JB) www.unine.ch/pv.
- [4] C. Ballif, F. J. Haug, V. Terrazzoni-Daudrix, (ballif@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: FLEXCELLENCE: Roll-to-roll technology for the production of high efficiency low cost thin film silicon photovoltaic modules* (JB) www.unine.ch/flex/
- [5] N. Wyrsh, C. Ballif, (Nicolas.wyrsh@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel, *Neuchâtel: ATHLET: Advanced Thin Film Technologies for Cost Effective Photovoltaics* (JB) <http://www.hmi.de/projects/athlet/> / www.unine.ch/pv.
- [6] A. Bidiville, K. Wasmer, P. M. Nasch, M. Van der Meer, C. Ballif, J. Michler, (kilian.wasmer@empa.ch), Empa, Thun: *SIWIS: Ultra Thin Silicon Wafer Cutting by Multi-Wire Sawing* (JB) <http://www.empathun.ch>.
- [7] A. Dimitrov, P. Hoffmann, P. Nasch, (anne.dimitrov@hesge.ch), EIG / EPFL, Genève: *SIRE: Silicon recycling from wafering waste to produce reusable photovoltaic feedstock* (JB).
- [8] P. Nasch, S. Schneeberger, (stefan.schneeberger@amat.com), APPLIED MATERIALS SWITZERLAND, Cheseaux-sur-Lausanne: *BITHINK: Bifacial thin industrial multi-crystalline silicon solar cells* (JB) <http://www.hct.ch> / <http://www.amat.com/>.
- [9] D. Brémaud, M. Kälin, A. N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, Zürich: *Large Area flexible CIGS: Flexible CIGS solar cells on large area polymer foils with in-line deposition methods and application of alternative back contacts* (JB) <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [10] A. N. Tiwari, M. Kälin, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, Zürich: *Thin Film CIGS Solar Cells with a Novel Low Cost Process* (JB) <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [11] D. Brémaud, A. N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, Zürich: *LARCIS: Large-Area CIS Based Thin-Film Solar Modules for Highly Productive Manufacturing* (JB) <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [12] D. Brémaud, R. Verma, S. Bücheler, S. Seyrling, A. N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), ETH, Zürich: *ATHLET: Advanced Thin-Film Technologies for Cost Effective Photovoltaics* (JB) <http://www.hmi.de/projects/athlet/> / <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [13] M. Kaelin, (marc.kaelin@flisom.ch), FLISOM, Zürich: *Development of flexible CIGS Solar Modules with metal Grids* (JB) <http://www.flisom.ch>.
- [14] M. Grätzel, A. Mc Evoy, (michael.gratzel@epfl.ch), EPFL, Lausanne: *Dye-sensitised Nanocrystalline Solar Cells* (JB) <http://isic.epfl.ch/>.
- [15] ²Y.-H. Yum, ¹P. Walter, ¹S. Huber, ¹D. Rentsch, ¹T. Geiger, ¹F. Nüesch, ¹F. De Angelis, ²M. Grätzel, ²M. K. Nazeeruddin, (frank.nueesch@empa.ch), ¹EMPA, Dübendorf, ²EPFL, Lausanne: *ThinPV - Efficient Far Red sensitization of Nanocrystalline TiO₂ films by an unsymmetrical squaraine dye* (JB) <http://www.empa.ch>
- [16] ¹B. Fan, ¹R. Hany, ¹F. Nüesch, ²J.-E. Moser, (frank.nueesch@empa.ch), ¹EMPA, Dübendorf, ²EPFL, Lausanne: *ThinPV - Doping of cyanine solar cells: enhancing charge transport* (JB) <http://www.empa.ch>
- [17] F. Nüesch, (frank.nueesch@empa.ch), EMPA, Dübendorf: *Transparent and Flexible Solar Cell Electrodes made from Precision Fabric* <http://www.empa.ch>
- [18] T. Meyer, A. Meyer, (toby@solaronix.com), SOLARONIX, Aubonne: *FULLSPECTRUM: A new PV wave making more efficient use of the solar spectrum* (JB) <http://www.fullspectrum-eu.org/> / www.solaronix.com
- [19] T. Meyer, (toby@solaronix.com), SOLARONIX, Aubonne: *ORGAPVNET: Coordination Action towards stable and low-cost organic solar cell technologies and their application* (JB) www.solaronix.com

- [20] T. Meyer, A. Meyer, (toby@solaronix.com), SOLARONIX, Aubonne: **NAPOLYDE: Nano structured polymer deposition processes for mass production of innovative systems for energy production & control and for smart devices** (JB) <http://www.napolyde.org> / <http://www.solaronix.com>.
- [21] M. Spirig, A. Luzzi, (info@solarenergy.ch), INSTITUT FÜR SOLARTECHNIK SPF, Rapperswil: **PECNet: Aufbau eines Schweizer Kompetenznetzwerks für die Solare Wasserspaltung mittels hybrider PV-PEC Zellen** (JB) <http://www.solarenergy.ch>.
- [22] T. Szacsavay, (sz@3-s.ch), 3S, Lyss: **BIPV-CIS- Improved integration of PV into existing buildings by using thin film modules for retrofit** (JB) <http://www.3-s.ch>.
- [23] D. Chianese, A. Bernasconi, N. Cereghetti, A. Realini, G. Friesen, E. Burà, I. Pola, K. Nagel, (domenico.chianese@supsi.ch), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **Centrale di test ISAAC-TISO: Qualità e resa energetica di moduli fotovoltaici** (JB) <http://www.isaac.supsi.ch>.
- [24] G. Friesen, (gabi.friesen@supsi.ch), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **PERFORMANCE - ISAAC Activities** (JB) <http://www.pv-performance.org> / www.isaac.supsi.ch.
- [25] ¹ W. Durisch, ¹ J.-C. Mayor, ² King Hang Lam, (wilhelm.durisch@psi.ch), ¹ PSI, Villigen, ² University of Hong Kong: **Wirkungsgrad und jährliche Stromproduktion von Photovoltaikmodulen** (JB, SB Projekt 101'431) <http://www.psi.ch>.
- [26] H. Häberlin, L. Borgna, D. Gfeller, M. Kämpfer, U. Zwahlen, (heinrich.haeblerlin@bfh.ch), BERNER FACHHOCHSCHULE, Burgdorf: **Photovoltaik Systemtechnik 2007-2010 (PVSYSTE 07-10)** (JB) <http://www.pvtest.ch>.
- [27] ¹ P. Toggweiler, ¹ S. Stettler, ² P. Felder, (info@enecolo.ch), ¹ ENECOLO, Mönchaltorf, ² SPUTNIK ENGINEERING, Biel: **Solar Inverter mit integriertem BackUp SIMIBU** (JB) <http://www.solarstrom.ch>.
- [28] P. Gaillard, (pgaillard@maxwell.com), MAXWELL TECHNOLOGIES, Rossens: **SOS-PVI: Security of Supply Photovoltaic Inverter** (JB) <http://www.maxwell.com>.
- [29] S. Stettler, P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **PV-BUK - Betriebs- und Unterhaltskosten von PV-Anlagen** (JB) <http://www.solarstrom.ch>.
- [30] N. Jungbluth, M. Tuchscheid, (jungbluth@esu-services.ch), ESU-SERVICES, Uster: **Update Photovoltaic in view of ecoinvent data v2.0** (JB, SB Projekt 101'805) <http://www.esu-services.ch>.
- [31] N. Jungbluth, (jungbluth@esu-services.ch), ESU-SERVICES, Uster: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Programm Task 12 - Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsaspekte** <http://www.esu-services.ch>.
- [32] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **ENVISOLAR - Environmental Information Services for Solar Energy Industries** (SB) <http://www.envisolar.com> / <http://www.solarstrom.ch>.
- [33] A. Schüler, A. Kostro, B. Huriet, (andreas.schueler@epfl.ch), EPFL - LESO-PB, Lausanne: **Evaluation du potentiel de concentrateurs à Quantum Dots pour la production d'électricité photovoltaïque** (JB, SB Projekt 101'806) <http://lesowww.epfl.ch>.
- [34] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, Kriens: **Center of competence for building integrated solar installations** (JB) <http://www.zagsolar.ch>.
- [35] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, Villigen: **FULLSPECTRUM: A new PV wave making more efficient use of the solar spectrum** <http://www.fullspectrum-eu.org/> / <http://www.psi.ch/>.
- [36] A. Borschberg, (andre.borschberg@solarimpulse.com), SOLAR IMPULSE, Lausanne: **Solarimpulse** <http://www.solar-impulse.com>.
- [37] R. Domjan, (info@planetsolar.org), PLANETSOLAR, Neuchâtel: **PlanetSolar** <http://www.planetsolar.org/>.
- [38] A. Borschberg, (andre.borschberg@solarimpulse.com), SOLAR IMPULSE, Lausanne: **Ultralight Photovoltaic Structures** <http://www.solar-impulse.com>.
- [39] L. Palmer, (solartaxi@gmail.com) **Solartaxi** <http://www.solartaxi.com>.
- [40] P. Hüsler, (pius.huessler@novaenergie.ch), NOVA ENERGIE, Aarau: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm - Task 1** (JB) www.iea-pvps.org / <http://www.novaenergie.ch/>.
- [41] Th. Nordmann, L. Clavadetscher, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **IEA PVPS Programm Task 2 Schweizer Beitrag 2007** (JB) <http://www.tnc.ch>.
- [42] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **REPIC: Renewable Energy Promotion in International Co-operation** (JB) <http://www.repic.ch>.
- [43] P. Renaud, P. Bonhôte, (pierre.renaud@planair.ch), Planair, La Sagne: **IEA PVPS Task 10 – Swiss contribution** (JB) <http://www.planair.ch>.
- [44] H. Barth, Sputnik, Biel: **IEA PVPS Task 11 : Hybride Photovoltaik Systemen in Mininetzen**
- [45] J. Remund, M. Rindlisbacher, D. Domeisen (remund@meteotest.ch), METEOTEST, Bern: **IEA SHC Task 36: Solar resource knowledge management** (JB) <http://www.meteotest.ch>.
- [46] P. Ineichen, (pierre.ineichen@cuepe.unige.ch), CUEPE, Genève: **Solar Resource Management, IEA Solar Heating & Cooling Programme, Task 36** <http://www.unige.ch/cuepe>.
- [47] M. Real, T. Hostettler, (alphareal@access.ch), SWISSOLAR, Zürich: **Normenarbeit für PV Systeme** (JB) <http://www.swissolar.ch>.
- [48] ¹ S. Nowak, ¹ M. Gutschner, ¹ S. Gnos, ² U. Wolfer, (stefan.nowak@netenergy.ch), ¹ NET, St. Ursen, ² BFE, Ittigen: **PV-ERA-NET: Networking and Integration of National and Regional Programmes in the Field of Photovoltaic (PV) Solar Energy Research and Technological Development (RTD) in the European Research Area (ERA)** (JB) <http://www.pv-era.net> / <http://www.netenergy.ch>.

8. Liste der P+D-Projekte

(JB) Jahresbericht 2007 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer)

Einzelne Jahresberichte und Schlussberichte können von <http://www.photovoltai.ch> heruntergeladen werden. Unter den aufgeführten Internet-Adressen sind weitergehende Informationen vorhanden.

- [49] D. Chianese, I. Pola, E. Burà, A. Bernasconi, (domenico.chianese@supsi.ch), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, *Canobbio: Flat roof integration CPT solar* (JB, SB Projekt 100'493) <http://www.isaac.supsi.ch>
- [50] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf: Praxistest Backup Wechselrichter* <http://www.solarstrom.ch>.
- [51] D. Chianese, (domenico.chianese@supsi.ch), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, *Canobbio: Degradations- und Annealingverhalten von Modulen mit amorphen Zellen* <http://www.isaac.supsi.ch>.
- [52] P. Goulpié, D. Fisher, (pascal.goulpie@flexcell.com), VHF-TECHNOLOGIES, Yverdon, *Toiture expérimentale 2kW Flexcell* (JB) <http://www.flexcell.ch>
- [53] Th. Böhni, J. Rümmele, (boehni@euu.ch), BÖHNI ENERGIE UND UMWELT, *Frauenfeld: Nullenergieschulhaus Heilpädagogisches Zentrum Ekkharthof Kreuzlingen* (JB) <http://www.euu.ch>.
- [54] S. Stettler, P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, *Mönchaltorf: Dachintegration mit amorphen Dünnschichtzellen Turnhalle Wiesendangen* (JB) <http://www.solarstrom.ch>.
- [55] Ch. Meier, R. Frei, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich: *Preparation and Realisation of the Test- and Pilot Installation SOLIGHT* (JB) <http://www.energieburo.ch>.
- [56] Th. Hostettler (Hostettler_Engineering@Compuserve.com), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, Bern: *Messkampagne Wittigkofen*
- [57] Th. Hostettler (Hostettler_Engineering@Compuserve.com), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, Bern: *Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2006* (JB)
- [58] U. Muntwyler, (muntwyler@solarcenter.ch), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, Zollikofen: *Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und Brennstoffzellen* <http://www.solarcenter.ch>.
- [59] P. Schudel, A. Kottmann, (info@benetz.ch), BE NETZ, Luzern: *17.6 kWp Installation with Thin-Film-Modules on the Flat Roof at the CNB-Building of the ETHZ* (JB, SB Projekt 100'176) <http://www.benetz.ch>.
- [60] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, Kriens: *Photovoltaic- Façade, Mounting System for Thin-Film-Modules* (JB) <http://www.zagsolar.ch>.

9. Referenzen

- [61] **Konzept der Energieforschung des Bundes 2004 bis 2007**, Eidgenössische Energieforschungskommission CORE, 2004, <http://www.energieforschung.ch>.
- [62] **Forschungskonzept Photovoltaik 2004 – 2007**, Bundesamt für Energie, 2005, <http://www.photovoltaic.ch>.
- [63] **Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology**, The European Photovoltaic Technology Platform, 2007, http://www.eupvplatform.org/fileadmin/Documents/PVPT_SRA_Complete_070604.pdf
- [64] **Qualitätsanforderungen an PV-Module**, Willi Vaaßen, TÜV Rheinland, 2008, Vortrag 12. Fachkongress Zukunftsenergien, NRW, <http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/FK2008-B3Vaassen.pdf>
- [65] **Ecoinvent** Datenbank, <http://www.ecoinvent.org>
- [66] <http://www.envisolar.com>, http://www.envisolar.com/factsheets/Envisolar_brochure.pdf
- [67] <http://www.spyce.ch>.
- [68] **Annual Report 2007**, IEA PVPS, 2008, <http://www.iea-pvps.org/>.
- [69] **National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2006**, P. Hüsler, (pius.huessler@novaenergie.ch), Nova Energie, Mai 2007.
- [70] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2006**, IEA PVPS Task 1–16:2007, <http://www.iea-pvps.org>.
- [71] **Nachhaltigkeitsstudie – Solarenergie 2007**, M. Fawer-Wasser, Sarasin, November 2007
- [72] **Workshop PVPS@PVSEC-17- Status of PV in the Asia-Pacific Region**, 6th December 2007, Fukuoka, Japan, <http://www.iea-pvps.org/>
- [73] **IEA PVPS Newsletter**, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23, (pius.huessler@novaenergie.ch).
- [74] <http://www.iea-pvps.org>
- [75] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, May 2007, download: <http://www.iea-pvps-task2.org>
- [76] **Cost and Performance Trends in Grid-connected Photovoltaic Systems and Case Studies**, Report IEA-PVPS Task 2-06:2007, December 2007, <http://www.iea-pvps-task2.org>.
- [77] **Long-Term Reliability of Photovoltaic Systems, Deutschland und Österreich**, Report IEA-PVPS Task 2, <http://www.iea-pvps-task2.org>.
- [78] **User Perceptions of Photovoltaic System Performance, Japan**, Report IEA-PVPS Task 2, <http://www.iea-pvps-task2.org>.
- [79] **Performance Prediction of Grid-connected Photovoltaic Systems Using Remote Sensing, Kanada und Frankreich**, Report IEA-PVPS Task 2, <http://www.iea-pvps-task2.org>.
- [80] <http://www.repic.ch>
- [81] <http://www.pvupscale.org>
- [82] **Country Specific Added Value Analysis of PV Systems**, IEA PVPS Task 10-02-2008, January 2008, <http://www.iea-pvps.org>
- [83] **Urban BIPV in the New Residential Construction Industry**, IEA PVPS Task 10-03-2008, January 2008, <http://www.iea-pvps.org>
- [84] **Examples of community-scale PV installation in urban area: PV community database**, IEA PVPS Task 10-04-2008, January 2008, <http://www.iea-pvps.org>
- [85] **Schweizer Nationalkomitee - Technische Fachkommission TK 82**, Kontakt: Electrosuisse, Sekretär des TK 82, Herrn Josef Schmucki (Josef.Schmucki@electrosuisse.ch, 044 956 11 74), Vorsitzenden des TK 82, Herrn Peter Toggweiler (Peter.Toggweiler@enecolo.ch, 044 994 90 01).
- [86] http://ec.europa.eu/research/fp6/index_en.cfm?p=9_eranet.
- [87] <http://www.eupvplatform.org>.
- [88] **European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)**, http://ec.europa.eu/energy/res/setplan/index_en.htm
- [89] **Konzept der Energieforschung des Bundes 2008 bis 2011**, Eidgenössische Energieforschungskommission CORE, 2007, <http://www.energieforschung.ch>.
- [90] **Die 22th European Photovoltaic Solar Energy Conference & Exhibition Mailand 03. - 07.09.2007 aus Schweizer Sicht**, zu beziehen bei der Programmleitung Photovoltaik, c/o 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

Nationale Institutionen

BAFU	Bundesamt für Umwelt	http://www.bafu.admin.ch
BFE	Bundesamt für Energie	http://www.bfe.admin.ch
BFH-TI	Berner Fachhochschule - Technik und Informatik	http://www.ti.bfh.ch
CCEM	Kompetenzzentrum Energie und Mobilität	http://www.ccem.ch
CORE	Eidgenössische Energieforschungskommission	http://www.bfe.admin.ch
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA	http://www.csem.ch
CUEPE	Université de Genève - Groupe Energie	http://www.unige.ch/cuepe
DACD SUPSI	Architecture Construction and Design Departement	http://www.dacd.supsi.ch
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	http://www.deza.admin.ch
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt	http://www.empa.ch
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	http://www.epfl.ch
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	http://www.ethz.ch
FH Burgdorf	Fachhochschule für Technik und Informatik Burgdorf	http://www.hti.bfh.ch
HSR	Hochschule für Technik Rapperswil	http://www.hsr.ch
IEC	International Electrotechnical Commission	http://www.iec.ch
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www2.unine.ch/imt
ISIC	Institute of Chemical Sciences and Engineering	http://isic.epfl.ch
KTI	Förderagentur für Innovation	http://www.kti-cti.ch
ISAAC	Institute for applied sustainability to the built environment	http://www.isaac.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment	http://leso.epfl.ch
NTB	Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs	http://www.ntb.ch
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch
SBF	Staatssekretariat für Bildung und Forschung	http://www.sbf.admin.ch
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	http://www.seco.admin.ch
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.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
ESA	European Space Agency	http://www.esa.int
GEF	Global Environment Facility	http://www.gefweb.org
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	http://www.gtz.de
IEA	International Energy Agency	http://www.iea.org
IEA SHC	IEA Solar Heating and Cooling	http://www.iea-shc.org
IEA PACES	IEA SolarPACES	http://www.solarpaces.org
IEA PVPS	IEA Photovoltaic Power Systems Programme	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
REEEP	Renewable energy & energy efficiency partnership	http://www.reeep.org
UNDP	United Nations Development Programme	http://www.undp.org
UNEP	United Nations Environment Programme	http://www.unep.org

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
BFS	Bundesamt für Statistik	http://www.bfs.admin.ch
IGE	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum	http://www.ige.ch
METAS	Bundesamt für Metrologie	http://www.metas.ch/
Swissolar	Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie	http://www.swissolar.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

