April 2003

Programm Photovoltaik Ausgabe 2003

Überblicksbericht 2002

ausgearbeitet durch:
NET Nowak Energie & Technologie AG

BFE
OFEN
UFE
SFOE

Titelbild:

283 kWp Photovoltaik Anlage Dock Midfield, Flughafen unique Zürich

(Bildquelle: unique / Ralph Bensberg)

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

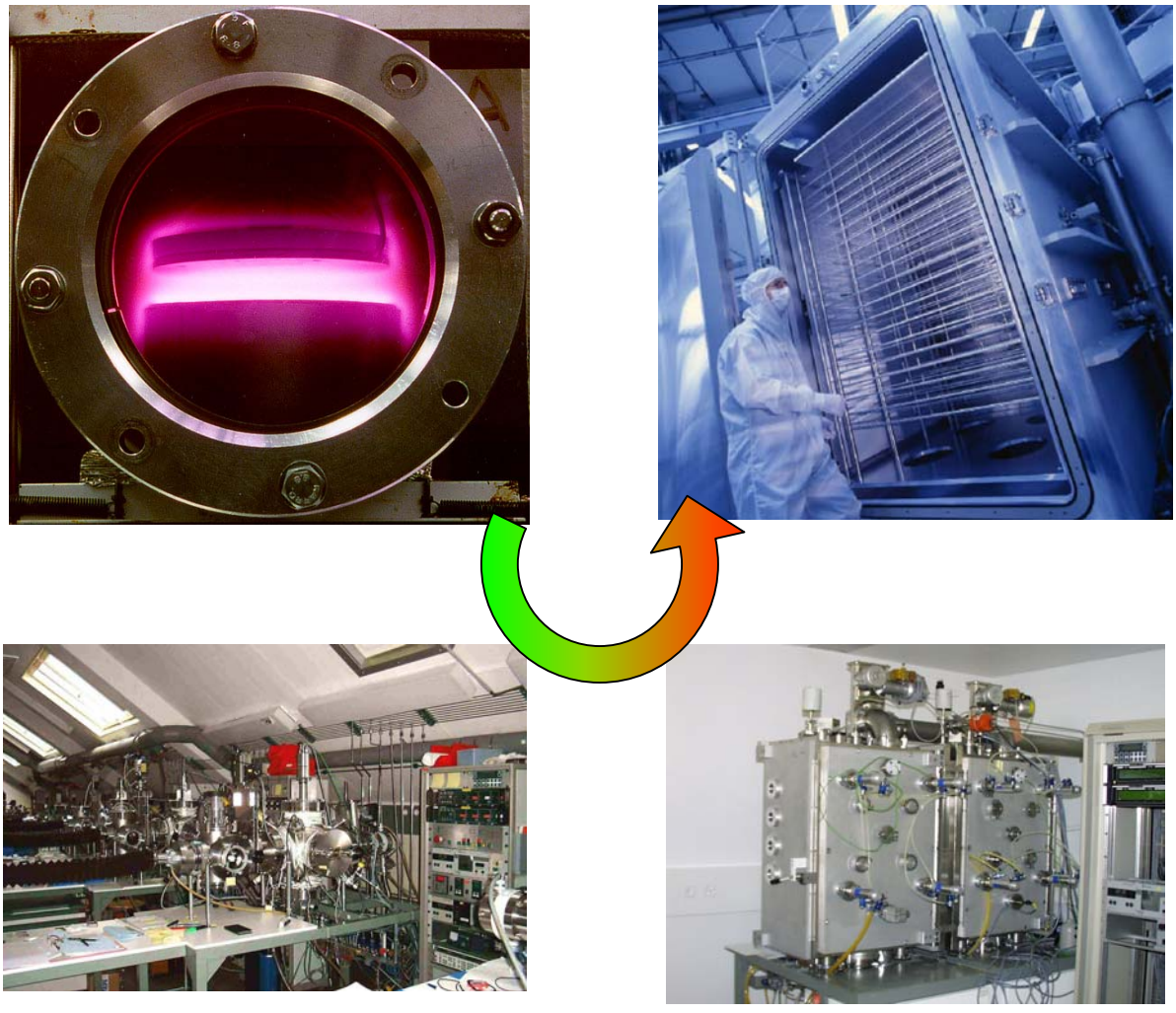
im Auftrag des:
Bundesamt für Energie BFE
Worblentalstrasse 32, CH - 3062 Ittigen Postadresse: CH - 3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax. 031 323 25 00 office@bfe.admin.ch www.energie-schweiz.ch

PHOTOVOLTAIK

Überblicksbericht Ausgabe 2003

zum Programm 2002

Stefan Nowak
stefan.nowak@netenergy.ch



Technologietransfer vom Labor zu industriellen Anlagen

Die am IMT (Universität NE) entwickelten Plasma Depositionsprozesse für Dünnschicht Solarzellen werden schrittweise auf den Industriemassstab übertragen.

(Bildquellen: IMT & Unaxis)

Inhaltsverzeichnis

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele 2002 4

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 5

Zell-Technologie 5

Solarmodule und Gebäudeintegration 7

Elektrische Systemtechnik 9

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 2002 14

6. Bewertung 2002 und Ausblick 2003 21

7. Liste der F+E - Projekte 22

8. Liste der P+D - Projekte 25

9. Referenzen 27

10. Für weitere Informationen 29

11. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks) 29

12. Weiterführende Internetlinks 31

1. Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele 2002

Das Programm Photovoltaik (PV) war im Jahr 2002 durch weitgehende Kontinuität in der Forschung und zunehmende marktorientierte Aktivitäten gekennzeichnet. Letztere nahmen in der Form von neuen Industrieprojekten konkrete Formen an. Nebst neuen Umsetzungsprojekten im Bereich der Dünnschicht Solarzellen, sind weitere neue Industrietätigkeiten zu verzeichnen. Damit erfolgt für die Photovoltaik Forschung und Entwicklung in der Schweiz der Aufbau einer wachsenden Industriebasis, welche neue Elemente der gesamten industriellen Wertschöpfungskette erschliessen kann. Das Programm verfolgte dabei weiterhin eine ausgeprägte internationale Ausrichtung. Laufende Aktivitäten in Forschung und Entwicklung sowie Pilot- und Demonstrationsanlagen umfassen im Berichtsjahr 2002 rund 85 Projekte, wobei alle bekannten Projekte mit einer Förderung der öffentlichen Hand berücksichtigt sind. Die Anzahl der Projekte und der Mitteleinsatz liegen in der Grössenordnung des Vorjahres.

Entsprechend dem von der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE genehmigten Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003 [81] ist das Programm Photovoltaik in folgende Bereiche gegliedert:

Solarzellen der Zukunft

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

Module und Gebäudeintegration

Für Solarmodule werden neue **Verfahren** zur Konfektionierung hinsichtlich Wirkungsgrad und Kostenreduktion entwickelt. Die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum bildet weiterhin den wichtigsten Schwerpunkt der angestrebten Anwendungen. Echte und ansprechende Integrationslösungen an Flachdach, Schrägdach und Fassaden stehen dabei im Vordergrund und werden mit einer industriellen Ausrichtung verfolgt. Während bis anhin häufig Lösungen für die Integration von kristallinen Solarmodulen im Vordergrund standen, wird aktuell vermehrt die Integration von Dünnschicht Solarzellen in Gebäudebauteile angestrebt.

Elektrische Systemtechnik

Die **Qualitätssicherung** von Photovoltaikmodulen, von Wechselrichtern und von gesamten Systemen bildet, zusammen mit **Langzeitbeobachtungen** an diesen Komponenten, ein Thema mit hoher Relevanz für die Praxis. Langjährige Messreihen bilden die Grundlage für statistische Informationen und Erfahrungen mit dem Betrieb von verschiedenen Anlagenkonzepten. Ein neuer Akzent wird auf die bessere Vorhersage des **Energieertrags** von Solarmodulen gelegt. Dieser ist auch Gegenstand der notwendigen **Standardisierung** von Produkten und Systemen und der dazugehörigen **Normen**. Für Inselanlagen sind zuverlässige und langlebige Speicher ebenfalls von Bedeutung.

Ergänzende Projekte und Studien

Im Vordergrund dieses Bereichs stehen Aktivitäten, welche die erfolgreiche Umsetzung von Projekten begünstigen und für 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 nichttechnische Aspekte von grösster Bedeutung. Die **Thermophotovoltaik** bildet ein Schnittstellenthema, welches in letzter Zeit vermehrtes Interesse geweckt und neue Entwicklungen hervorgebracht hat.

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. Es konnten durch die internationale Zusammenarbeit eine ganze Reihe von neuen und praxisrelevanten Resultaten erarbeitet werden. Damit ist in wissenschaftlich-technischer Hinsicht ein guter Anschluss der Schweizer Photovoltaik an die internationale Entwicklung gewährleistet.

2. Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Zell-Technologie

Die **grosse Bandbreite der Schweizer Solarzellenforschung** konnte im Berichtsjahr 2002 mit Unterstützung verschiedenster Institutionen fortgesetzt werden. Neue grundlegende Arbeiten finden im Programm *TOP NANO 21* des ETH-Rates ihre Fortsetzung. Andererseits finden auch mehr Industrie-Projekte mit Unterstützung der KTI statt. Die ausgeprägte Zusammenarbeit innerhalb von EU-Projekten belegt die internationale Konkurrenzfähigkeit der Schweizer Solarzellenforschung.

Dünnschicht Silizium

Im Berichtsjahr schloss das IMT an der Universität Neuchâtel eine wichtige Projektphase bei den **mikromorphen Solarzellen** [1] mit Schwerpunkt auf industriell relevanten Produktionsschritten und –prozessen ab. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Verbesserung der Eigenschaften transparenter Oxydschichten (TCO), die Möglichkeiten zur Optimierung der p-i-n und n-i-p Schichtabfolgen für das amorphe Silizium sowie die Herstellung von mikromorphen Mini-Modulen. Die Resultate in den einzelnen Arbeitsbereichen können wie folgt zusammengefasst werden: Für die Abscheidung von mikrokristallinem Silizium konnte die Abscheiderate auf 25Å/s erhöht werden. Andererseits konnte für einfache amorphe Zellen in der p-i-n Schichtabfolge der stabilisierte Wirkungsgrad auf 9.5% verbessert werden. Für p-i-n/p-i-n mikromorphe Zellen wurde ein stabilisierter Wirkungsgrad von 10.8% realisiert. Mikromorphe Tandemzellen mit einer TCO Zwischenschicht erreichten vergleichbare 10.7% Wirkungsgrad. Minimodule von 8x8 cm^2 erreichten einen Wirkungsgrad für amorphe p-i-n Zellen von 8.5% und für mikromorphe p-i-n/p-i-n Zellen von 9.8%. Die umgekehrte Schichtabfolge wurde für n-i-p amorph, n-i-p mikrokristallin und n-i-p/n-i-p mikromorph untersucht. Die Arbeiten an den mikromorphen Solarzellen wurden im Berichtsjahr auch im EU-Projekt **DOIT** [2] weitergeführt. Hier ist das Ziel ein mikromorphes Klein-Modul von 30x30 cm^2 mit einem stabilen Wirkungsgrad von 11%; die Hauptaufgabe des IMT besteht in diesem Zusammenhang in der Verwendung der VHF-Deposition für die grossflächige Abscheidung (Bild 1). Mittels VHF-Deposition bei 135 MHz wurde mikrokristallines Silizium bei 10Å/s abgeschieden. Mit diesem Material wurden im Berichtsjahr erste Zellen optimiert; als Zwischenziel wird hier ein Wirkungsgrad von 5% angestrebt.

Die Anstrengungen hinsichtlich der industriellen Umsetzung des am IMT erarbeiteten Know-hows wurde mit Unterstützung von ENET intensiv weiter verfolgt und mit einem beachtlichen Erfolg beschieden: Ende 2002 beschloss der Verwaltungsrat von Unaxis nach intensiven Verhandlungen erfreulicherweise eine grössere Zusammenarbeit mit dem IMT, mit dem Ziel, in der Herstellung von industriellen Produktionsanlagen für mikromorphe Solarzellen eine führende Position einzunehmen. Dazu wird die Einheit *Unaxis solar* gegründet und in Neuchâtel ein Industrielabor aufgebaut, welches den Technologietransfer realisieren soll. Eine erste industrielle Investitionsphase umfasst dabei 2 Jahre (Bild 2).

Das KTI-Projekt zwischen dem CRPP an der EPFL, dem IMT und Unaxis zu Arbeiten in Hinsicht auf eine **grossflächige, schnelle Beschichtungsanlage** [3] für Silizium-Dünnschichtsolarzellen wurde im Berichtsjahr fortgesetzt. Untersuchungen wurden mit der am CRPP vorhandenen Unaxis Plasma-Beschichtungsanlage durchgeführt, am IMT wurden mit einer ähnlichen Anlage entsprechende Solarzellen auf das Trägermaterial deponiert. Eine wichtige Frage betrifft die Bor-Kontamination in einem Einkammer System, für welche Lösungen erarbeitet werden konnten. Die Depositionsgeschwindigkeit bildete ebenfalls eine wichtigen Fragenkomplex: Solarzellen gemäss Projektspezifikationen konnten im

Berichtsjahr bisher bei 2 Å/s erzielt werden und dieser Wert soll weiter erhöht werden. Dieses KTI-Projekt ist ebenfalls ein wichtiges Element des oben aufgeführten Technologie Transfers zu Unaxis.

Bild 1: *Einkammer 30x30 cm² VHF Plasma Depositionsanlage am IMT*
(Projekt DOIT, Bildquelle IMT / Uni NE)

Bild 2: *Industrielle Plasma Depositionsanlage (Bildquelle Unaxis)*

Die Fachhochschule in Le Locle arbeitet zusammen mit VHF Technologies an einem Projekt für den effizienten Lichteinfang durch gezieltes **Aufrauhen von Polymer Substraten** [4]. Dies soll zu einer Erhöhung des Wirkungsgrades der amorphen Solarzellen führen. Es wird dabei reaktives Ionen Ätzen mittels SF_6/O_2 angewendet. In Abhängigkeit der Prozessparameter dieser Behandlung konnten verschiedene Rauhigkeiten erzielt werden, wobei die Homogenität noch verbessert werden muss.

In einem neuen *TOP NANO 21* Projekt wurde am IMT, in Zusammenarbeit mit VHF-Technologies, die Machbarkeit **optischer Nano Gitter** [5] für den Lichteinfang in nanokristallinen Siliziumzellen untersucht. Dabei wurden zufällig generierte Texturen sowie periodische Gitter eingesetzt. Die besten Resultate wurden mit zufälligen Strukturen erzielt, die eine Erhöhung des Kurzschlussstromes von nanokristallinen Silizium Solarzellen um 16% erlaubten.

Das Projekt am PSI zur Entwicklung von **Nieder-Bandgap-Zellen** für Anwendungen der Thermophotovoltaik [6] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Die Arbeiten bezüglich der photovoltaischen Zelle konzentrierten sich dabei auf das Wachstum von SiGe Quantum Well Strukturen und Ge Inseln auf Si Oberflächen, welche in einem UHV-CVD-Reaktor hergestellt wurden. Der Absorptionskoeffizient der SiGe Schichten wurde bestimmt.

Kristallines Silizium

Im neuen EU-Projekt **RE-SI-CLE** beteiligt sich HCT Shaping Systems [7] an der Erarbeitung von neuen Prozessen, welche eine Extraktion von Rohsilizium aus Siliziumabfällen der Verarbeitungskette für die Wiederverwendung im Produktionsprozess anstrebt. Damit soll auch ein Beitrag an die Rohstoffproblematik des kristallinen Siliziums geleistet werden.

II-VI Verbindungen (CIGS, CdTe)

Die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ hat über Jahre EU-Projekte zum Thema Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern (CIGS, CdTe) durchgeführt. Im aktuellen EU-Projekt, **PROCIS** [8], werden produktionsrelevante Aspekte für CIGS Zellen auf grösserer Fläche entwickelt: Die Möglichkeiten, den Wirkungsgrad dieser Zellen durch den kontrollierten Einbau von Natrium zu erhöhen, wurden detailliert untersucht und gelten damit als etabliert. Mittels unterschiedlicher Vakuumprozesse wurden CIGS Solarzellen mit CdS Pufferschichten hergestellt. Diese sind den Schichten aus ZnS und ZnSe bezüglich dem erreichbaren Wirkungsgrad überlegen.

Im Projekt **NANOCIS** [9] innerhalb des Programms *TOP NANO 21* werden gänzlich neue Herstellungsprozesse für CIGS Zellen auf der Grundlage von Nanopartikeln angestrebt. Die CIGS Absorberschicht wird durch eine selenhaltige Atmosphäre und unter Verwendung geeigneter *Precursor* Schichten gesintert. Es wird eine vollständige Konversion der *Precursor* in entsprechende CIGS Verbindungen beobachtet; erste Solarzellen dieser Art zeigen in einer Strom-Spannungskennlinie (I-V-Kennlinie) einen Wirkungsgrad von mindestens 4%.

Farbstoffzellen

Die Entwicklung von farbstoffsensibilisierten, **nanokristallinen Solarzellen** [10] wird am ICP der EPFL verfolgt. Im Berichtsjahr wurden die Arbeiten an festen Hetero-Übergängen fortgesetzt. Diese Arbeiten sind ebenfalls Bestandteil eines Projektes innerhalb des Programms *TOP NANO 21* [11]. Zusammen mit Greatcell Solar werden dabei **Innenraum-Anwendungen** der Farbstoffzelle entwickelt. In einem PSEL-Projekt werden die **Freiluftmessungen** [12] an farbstoffsensibilisierten Solarzellen fortgesetzt; diese sollen das Verhalten der Zellen unter realen Aussenbedingungen beschreiben. Von besonderem Interesse ist das Verhalten unter UV-Strahlung. Die Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Luftmasse konnte nachgewiesen werden. Im neuen EU-Projekt **NANOMAX** [13] sollen alternative Wege für die Herstellung der Farbstoff Solarzelle untersucht werden, insbesondere mittels neuer Photoelektroden Konzepte und Materialien, neuer Farbstoffe, verbesserter Transporteigenschaften und reduzierter Rekombination der Ladungsträger. Damit werden Wirkungsgrade von 12%, eine mögliche Erhöhung auf 15% und 9% auf einer Fläche von 100 cm^2 angestrebt. Der australische Lizenznehmer STI der Farbstoffzelle hat inzwischen eine erste gebäudeintegrierte Pilotanlage mit Farbstoffzellen vorgestellt [82].

Antennen-Solarzellen

An der Universität Bern wurden die grundlegenden Arbeiten zu **Antennen-Solarzellen** [14] 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.

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. Schweizer Unternehmen beteiligen sich hier an verschiedenen neuen EU-Projekten.

In einem neuen KTI-Projekt arbeiten VHF-Technologies und Alcan Technology & Management mit der Fachhochschule in Le Locle zusammen, um auf der Basis von *Alucobond®* ein **PV Komposit Modul** [15] für gebäudeintegrierte Anwendungen zu entwickeln. Ein Fabrikationsprozess für grossflächige Module und die notwendigen Technologien für die Laminierung konnten etabliert werden. Bisher wurde ein stabiler Wirkungsgrad von 3% erzielt und erste Prototypenmodule von 2m x 1m Fläche liegen für Testzwecke vor (Bild 3).

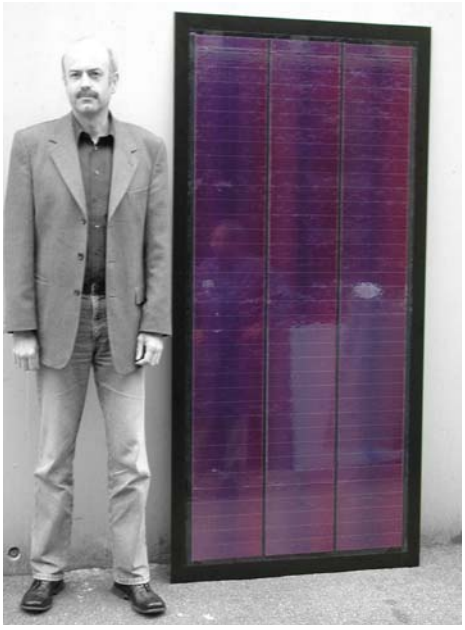


Bild 3: *Grossflächiges Demo PV-Fassadenelement auf Alucobond®-Basis (2000mm x 1000mm) (Bildquelle EIAJ)*

Bild 4: *Laminierstrasse für PV Module mit Einfuhrtisch, Laminator und Kühlpresse (Bildquelle 3S)*

Swiss Sustainable Systems arbeitet an verschiedenen EU-Projekten zur PV Gebäudeintegration mit. Im Projekt **HIPERB** [16] wird die Verwendung von CIGS Zellen in Photovoltaik Dach- und Fassadensystemen entwickelt. Im Berichtsjahr wurden Prototypen von CIS Modulen vorgestellt. Eine Kombination mit dem Produkt *Megaslate®* wird angestrebt (Bild 4). Im Projekt **AFRODITE** [17] sollen unter Verwendung von rückkontaktierten, kristallinen Solarzellen neue ästhetisch ansprechende Lösungen für die PV Gebäudeintegration entwickelt werden.

Kurth Glas & Spiegel beteiligt sich am EU-Projekt **ADVANTAGE** [18], in welchem es ebenfalls um die Rückkontaktierung von Solarzellen in Hinsicht auf die PV Gebäudeintegration geht.

Alcan Packaging beteiligt sich am EU-Projekt **HIPROLOCO** [19], in welchem neue kostengünstigere Verfahren zur Einkapselung von Solarzellen in Modulen entwickelt werden.

Das Projekt **DEMOSITE** [20] an der ETH Lausanne (LESO) wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es zeigt nebeneinander zahlreiche Varianten der Photovoltaik-Gebäudeintegration auf Flachdächern, Schrägdächern und Fassaden. Als internationales Projekt ist es in das ebenfalls abgeschlossene Projekt Task 7 des IEA PVPS Programms eingebettet. Aufgrund der Möglichkeiten zum praxisnahen Vergleich konnten im Verlauf des Projekts verschiedene Produkte verbessert oder Lösungen angeregt werden. Im Berichtsjahr konzentrierten sich die abschliessenden Arbeiten auf die Verbreitung der Informationen unter Anderem über Internet (www.demosite.ch)

Enecolo beteiligte sich am EU-Projekt **ENERBUILD** [21] (www.enerbuild.net), welches als thematisches Netzwerk bezüglich Energie im Gebäude die laufenden F&E-Aktivitäten erfassen und die Zusammenarbeit in diesem Gebiet verstärken soll. Dabei ist Enecolo für das Arbeitspaket *Photovoltaik in Gebäuden* verantwortlich. Im Berichtsjahr wurden zwei *Enerbuild newsletters* und Projektbeschreibungen erstellt sowie die Empfehlungen für künftige Strategien zu den 6 Hauptprioritäten erarbeitet. Für die Photovoltaik-Gebäudeintegration stehen sowohl die anhaltende Notwendigkeit weiterer

F+E-Arbeiten, die Normierung als Bau- und Gebäudeelemente, verstärktes Marketing und die zielgerichtete Ausbildung im Vordergrund der Empfehlungen.

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

Elektrische Systemtechnik

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

Das LEEE-TISO an der SUPSI setzte im Berichtsjahr das Projekt zu **Qualitätssicherung und Energieertrag von Photovoltaik Modulen** [22] fort. Der 8. Testzyklus an insgesamt 12 Solarmodulen wurde abgeschlossen und eine 9. Messserie an 14 weiteren Modultypen (3 sc-Si, 9 mc-Si, 2 a-Si) begonnen (Bild 5). Die Methode der sogenannten Leistungsmatrix P(G,Ta) konnte im Berichtsjahr verbessert werden und erweist sich als aussagekräftiges Instrument zur Charakterisierung von Solarmodulen, welches in Zukunft als Werkzeug für den Planer eingesetzt werden soll. Im Mai 2002 erreichte die 10 kWp Anlage am LEEE-TISO 20 Jahre dokumentierten Betrieb, was international die wohl längste Erfahrung mit einer netzgekoppelten PV Anlage darstellt. Das im Vorjahr gemäss ISO 17025 für Messungen zertifizierte Labor mit dem Sonnen-Simulator der Klasse A konnte weiterhin zuverlässig eingesetzt werden. Für externe Kunden wurden rund 100 I-V Kennlinien gemessen. Die Messungen an den 3 Photovoltaik Anlagen des TISO wurden fortgesetzt.

Das EU-Projekt **MTBF-PV** [23], welches das LEEE-TISO zusammen mit der Europäischen Prüfstelle ESTI in Ispra durchführt, wurde im Berichtsjahr an der 20 Jahre alten 10kWp Anlage fortgesetzt. Ausführliche Messungen zeigen eine durchschnittliche Leistungseinbusse von –0.2%/Jahr über 20 Jahre und damit eine hohe Zuverlässigkeit der Module. Detaillierte Untersuchungen erfolgten an einzelnen Zellen und Modulen mittels I-V Kennlinien, IR Analyse und beschleunigten Alterungsmessungen. Dadurch konnten die Effekte der Vergilbung, Delamination, hot spots und Oxydation der Kontakte quantifiziert werden. Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse kann ein Betrieb der Anlage über weitere 10-15 Jahre erwartet werden.

Bild 5: *TISO PV Modulsteststand (Bildquelle LEEE TISO)*

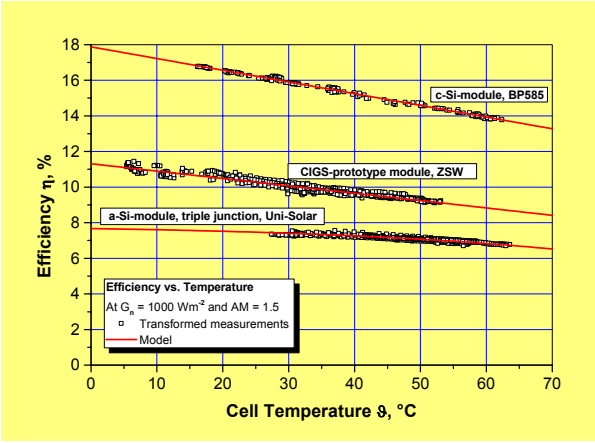


Bild 6: *Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Zellentemperatur für drei verschiedene Modultechnologien (Bildquelle PSI)*

Das PSI entwickelte aufgrund der Messungen an verschiedenen Solarmodulen eine **Methode zur Berechnung des Jahresenergieertrags** [24]. Dabei konnte das unterschiedliche Verhalten verschiedener Technologien (mc-Si, a-Si, CIS, CIGS) dokumentiert werden. Mit dem Modell kann der Einfluss von Temperatur, Einstrahlung und Luftmasse auf den Wirkungsgrad dargestellt werden (Bild 6).

Das Thema des **Energieertrags von Solarmodulen** [25] wurde im Berichtsjahr auch im Rahmen eines durch Enecolo organisierten nationalen Workshops behandelt. Dabei wurden verschiedene Mess- und Modellverfahren zu diesem Thema verglichen und der Handlungsbedarf für praxisrelevante Werkzeuge abgeleitet.

Am Photovoltaiklabor an der HTA Burgdorf wurde das Projekt über das **Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaik Anlagen** [26] mit Unterstützung der Gesellschaft Mont Soleil, der Localnet AG und Elektra Baselland sowie des BFE fortgesetzt. In diesem Projekt werden nun 42 Anlagen mit 55 Wechselrichtern messtechnisch erfasst. Die Wechselrichter Zuverlässigkeit konnte auch im Berichtsjahr entgegen den Erwartungen weiter erhöht werden. Zuverlässigkeit und Energieertrag der 560 kWp Anlage Mont Soleil konnten im Berichtsjahr ebenfalls gesteigert werden. Andererseits zeigten ausgewählte Anlagen zum Teil erhebliche Leistungseinbussen. Insgesamt wird über die beobachteten Anlagen ein langsamer Rückgang der Jahresenergieproduktion festgestellt.

Im EU-Projekt **INVESTIRE** [27] beteiligt sich Dynatex zusammen mit 19 weiteren Unternehmen und 15 Forschungslabors an der breiten Evaluation von Speichertechnologien für erneuerbare Energien und speziell Photovoltaik-Inselanlagen. Die insgesamt 9 Speichertechnologien umfassen die wichtigsten Batterietypen (Blei, Lithium, Nickel, Metall-Luft) sowie alternative Speicherverfahren (Supercaps, Elektrolyse/Wasserstoff/Brennstoffzelle, Schwungrad, komprimierte Luft, Redox Systeme). Die charakteristischen Parameter dieser Speichertechnologien konnten vergleichend zusammengestellt werden. Es zeigt sich aufgrund dieses Vergleichs, dass aus wirtschaftlicher Sicht ein Verdrängen des Bleiakkumulators in den Hauptanwendungen schwierig ist. Einzig die Methode mit komprimierter Luft stellt eine Alternative dar. Für besondere Anwendungen (z.B. portable Geräte, kurzfristige Speicherung oder hohe Energiemengen) sind jedoch andere Verfahren geeigneter.

Ergänzende Projekte und Studien

Meteotest beteiligt sich am EU-Projekt **SoDa** [28], welches weltweite Solardaten per Internet vermitteln soll (http://www.soda-is.com). Im Berichtsjahr wurde ein Prototyp des Internet-Services erstellt. SoDa ist nicht nur eine (vereinfachte) online-*METEONORM*, sondern sie besteht auch aus einer Verknüpfung der Datenmodelle und Datenbakken der *METEONORM* [83] und des Europäischen Strahlungsatlasses *ESRA* [84]. Es stehen im Prototypen auch einfache Modelle zur Simulation von Photovoltaik Anlagen zur Verfügung.

Das CUEPE an der Universität Genf beteiligt sich am EU-Projekt **Heliosat 3** [29] zur energiespezifischen Bestimmung der Solarstrahlung aus Meteosat-Daten. Der im Herbst 2002 neu eingesetzte Satellit MSG (Meteosat second generation http://www.esa.int/msg/) soll in diesem Projekt zum Einsatz gelangen. Die Daten dieses neuen Satelliten sollen präzisere Strahlungsdaten ermöglichen.

Die systemorientierten Arbeiten zur **Thermophotovoltaik** [6] wurden am PSI im Rahmen des neuen KTI Projektes **HEAT** [30] zusammen mit Hoval, Solaronix und der EMPA fortgesetzt. Im Vordergrund der Anwendungen steht der autonome Betrieb von Heizkesseln ohne Stromzufuhr. Im Berichtsjahr wurden Gewebe Emitter aus seltenen Erden hergestellt und optisch charakterisiert, passende Filterschichten auf der Grundlage von leitenden transparenten Oxyden untersucht und in einem TPV Demonstrationssystem unter Verwendung von kommerziellen Siliziumzellen getestet.

E4TECH beteiligte sich am EU-Projekt **Euro-Islas** [31], welches im Berichtsjahr abgeschlossen wurde. Das Projekt hatte zum Ziel, die Voraussetzungen zur Verwendung von erneuerbaren Energien spezifisch für Inselregionen Europas zu verbessern. Zu diesem Zweck wurden Fallstudien zu den Anwendungsmöglichkeiten, dem Potenzial und den möglichen Szenarien für den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien in Inselregionen durchgeführt.

Im EU-Projekt **MSG: Multi-user solar hybrid grids** [32] wurden an der Universität Zürich die sozialwissenschaftlichen Aspekte einer Solarstromversorgung in netzfernen Dörfern weiter verfolgt. Im Berichtsjahr wurde das Simulationsmodell zum sozialen Verhalten als Computer Software fertiggestellt. Es findet eine Wechselwirkung zwischen den physikalischen Daten (insbesondere Ladungszustand der Batterien) und dem sozialwissenschaftlichem Modell statt. Erste Resultate zeigen, dass das Simulationswerkzeug die Nutzung von Solarstromanlagen vor Ort reproduzieren kann.

Internationale Zusammenarbeit IEA, IEC, PV-GAP

Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA (IEA PVPS) wurde im Berichtsjahr mit Kontinuität fortgesetzt, sowohl auf der Projektebene wie im Executive Committee (ExCo). Die Schweiz setzte im Berichtsjahr den Vorsitz dieses weltweiten Programms fort. Im Verlauf von 2002 wurde die 2. Phase des IEA PVPS Programms erfolgreich abgeschlossen: Über die 5 Jahre 1998 – 2002 dieser 2. Phase konnten insgesamt rund 50 Publikationen, Bücher und Datenbanken, 10 PVPS Newsletter und die website www.iea-pvps.org publiziert sowie ca. 25 Veranstaltungen mit total ungefähr 1600 Teilnehmern durchgeführt werden. Dies belegt eine eindrückliche Bilanz dieses Programms zur internationalen Forschungszusammenarbeit [85]. Die Zusammenarbeit innerhalb IEA PVPS wird für weitere 5 Jahre fortgesetzt.

Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1 von IEA PVPS, welches allgemeine **Informationsaktivitäten** [33] zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 2001 [86] erstellt; auf dieser Grundlage wurde die 7. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [87]. Dieser Bericht ist inzwischen eine vielzitierte Referenz über die Entwicklungen und Trends im Photovoltaik-Markt der IEA-Länder. Der *IEA PVPS-Newsletter* [88] informiert regelmässig über die Arbeiten in und rund um das IEA-Programm. Die Expertengruppe führte eines ihrer Projektmeetings in Basel durch, was den vermehrten Austausch von Erfahrungen insbesondere mit Schweizer Akteuren ermöglichte. Aktuelle Arbeiten befassen sich mit der Wertschöpfungskette Photovoltaik.

In Task 2 über **Betriebserfahrungen** [34] stellt TNC den Schweizer Beitrag. Die PVPS-Datenbank *Performance Database* [89] wurde mit neuen Daten ergänzt und umfasst nun 316 Photovoltaik-Anlagen aus 12 Ländern mit insgesamt mehr als 10'000 Monats-Betriebsdaten und 10.8 MWp Anlagenleistung (Bild 7). Mit Hilfe der Datenbank werden einige spezifische Gebiete vertieft analysiert (Strahlungsdaten, Performance, Beschattungseffekte, Temperatureffekte und Zuverlässigkeit der Anlagen).

Dynatex beteiligt sich an den Arbeiten in Task 3 über **Inselanlagen** [35]. Schwerpunkte der Aktivitäten dieses Projektes bilden die Qualitätsverbesserung und die Zuverlässigkeit von autonomen Photovoltaik-Anlagen sowie technische Fragen in hybriden Systemen und Batterien. Im Jahr 2002 wurden die Berichte zum Testen und dem Betrieb von Batterien [90, 91] sowie zu Anwendungsgeräten in Inselanlagen fertiggestellt [92].

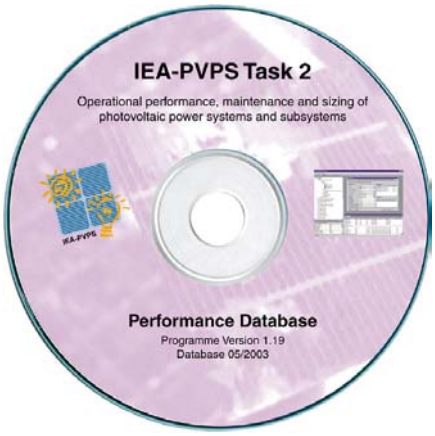


Bild 7: *IEA PVPS Task 2 Datenbank*

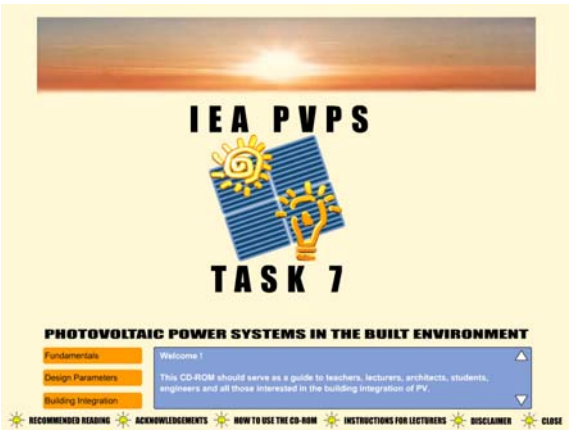


Bild 8: *Bildschirm der CD ROM von IEA PVPS Task 7 mit Ausbildungsmaterial für Architekten*

Das ewz stellte zusammen mit Enecolo den Schweizer Beitrag in Task 5 zu technischen Fragen der **Netzankoppelung** [36] von Photovoltaik-Anlagen. Dieses Projekt wurde 2002 mit einer umfangreichen Reihe von neuen Schlussdokumenten, insbesondere auch zu sicherheitstechnischen Aspekten, abgeschlossen [93-99]. Ein besonders wichtiges Resultat dieser Zusammenarbeit bilden die Untersuchungen zur Inselbildung von PV Anlagen in einem elektrischen Netz. Es konnte gezeigt werden, dass dieses unerwünschte Phänomen mit den gängigen Methoden unter allen Umständen eine sehr niedrige Eintretenswahrscheinlichkeit besitzt und damit kein wirkliches Problem darstellt. Task 5 konnte erfolgreich zeigen, wie durch die internationale Zusammenarbeit ein Konsens entstehen kann und auch für nationale Praktiken sinnvolle Lösungen erarbeitet werden können.

Task 7 zur **Integration der Photovoltaik in den bebauten Raum** [37] wurde von Enecolo betreut und ebenfalls mit einer reichen Auswahl von neuen Resultaten abgeschlossen [100-109]. Produkte und Anwendungen der Photovoltaik im bebauten Raum wurden in einer Datenbank zugänglich gemacht: www.pvdatabase.com. Task 7 kann für sich in Anspruch nehmen, das Thema der Photovoltaik Gebäudeintegration sehr umfassend um viele Aspekte, sowohl technische wie nicht-technische, bereichert zu haben. Eine CD ROM mit Ausbildungsmaterial soll die PV Gebäudeintegration den Architekten näher bringen (Bild 8). Nach dem Abschluss dieses Projektes diskutiert das IEA PVPS ExCo zur Zeit eine Fortsetzung der Thematik der Photovoltaik-Gebäudeintegration in einem neuen Task 10. Es wird erwartet, dass dieses Projekt im Verlauf von 2003 formalisiert werden kann.

Im Rahmen des Projektes *Drehscheibe Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit PV EZA* leistet Entec mit Unterstützung des Staatssekretariats für Wirtschaft (seco) den Schweizer Beitrag zu Task 9 über die **Photovoltaik-Entwicklungszusammenarbeit** [38]. Die Schweiz ist in diesem Projekt für die Koordination der Arbeiten mit multilateralen und bilateralen Organisationen verantwortlich. Ein erster Bericht zu verschiedenen Finanzierungsmechanismen für solar home systems in Entwicklungsländern [110] konnte termingerecht für das Herbsttreffen von Task 9 fertiggestellt werden. Dieses Treffen wurde in St. Gallen durchgeführt und diente als Anlass für einen 2. nationalen Workshop zum Thema Photovoltaik in der Entwicklungszusammenarbeit. Damit konnte der Erfahrungsaustausch zwischen Schweizer Akteuren und der internationalen Expertengruppe vertieft werden. Verschiedene weitere Berichte von Task 9 werden demnächst fertiggestellt. Die Arbeit in IEA PVPS Task 9 wird durch verschiedene andere Tätigkeiten der Drehscheibe PV EZA ergänzt mit dem Ziel, vermehrt Schweizer Know-how und Produkte in internationale Projekte einzubringen. Ebenso sollen die Instrumente der multilateralen Organisationen, insbesondere der *GEF* (Global Environmental Facility), vermehrt genutzt werden. Ein entsprechendes Pilotprojekt findet mit Unterstützung des BUWAL statt.

Alpha Real vertritt die Schweiz im TC 82 der IEC und leitet die Arbeitsgruppe, welche internationale **Normenvorschläge** [70] 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. Teilaspekte dieser Bestrebungen sowie die Ausbildung werden im EU-Altener-Projekt **Quality is the key of the market** [73] bearbeitet.

Ein neues EU-Projekt **PV-EC-NET** [39] bindet die nationalen PV-Programmkoordinationsstellen von 14 Ländern in ein Netzwerk (www.pv-ec.net) ein mit dem Ziel, den Informationsaustausch zu den PV Programmen zu vertiefen, die Programmerfahrungen zu vergleichen und die zum Teil fragmentierte europäische Forschung auch in diesem Bereich verstärkt zu koordinieren und damit kohärenter zu machen. Das Projekt ist als Initiative in Hinsicht auf den europäischen Forschungsraum zu verstehen.

3. Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde die vielfältige nationale Zusammenarbeit anlässlich von Projekten und Veranstaltungen weiter gepflegt. Die Zusammenarbeit mit privaten Unternehmen konnte intensiviert werden und das Interesse an der Photovoltaik hält auch bei einem gedämpften Schweizer Markt an. Ein grosser Erfolg war der nationalen Photovoltaiktagung in Lugano im Mai 2002 beschieden. Diese Tagung erzielte eine Rekordbeteiligung von ca. 200 Personen und war damit eine gute Gelegenheit, um die gemeinsamen Interessen der Photovoltaik in der Schweiz, den nationalen Austausch und die Zusammenarbeit zu fördern [111].

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

4. Internationale Zusammenarbeit

Die traditionsreiche internationale Zusammenarbeit wurde auch im Berichtsjahr fortgesetzt: Die institutionelle Zusammenarbeit innerhalb der IEA, der IEC und PVGAP wurde bereits oben beschrieben. Auf der Projektebene konnte die erfolgreiche Zusammenarbeit innerhalb der EU in bestehenden und neuen Projekten fortgesetzt werden: Im Jahr 2002 waren es 14 Projekte im Rahmen von *DG Research* und 5 Projekte im Rahmen der *DG Transport & Energy* der EU. Weitere Projekte finden in den Programmen *IST* und *Altener* der EU statt. Leider wurde die Ratifizierung der bilateralen Verträge mit der EU so lange verzögert, dass die erhoffte Besserstellung von Schweizer Partnern in EU-Projekten im 5. Rahmenforschungsprogramm nicht mehr wirksam wurde und für das 6. Rahmenforschungsprogramm neu ausgehandelt werden muss. Wie bisher erfolgte deshalb die Unterstützung dieser Projekte in der Schweiz durch das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft. Mit den verantwortlichen Stellen in Brüssel wird dennoch ein intensiver Austausch gepflegt. Mittlerweile ist die Schweiz auch wieder in den Gremien der verschiedenen Programme vertreten. Weitere Kontakte wurden mit internationalen Stellen mit Bedeutung für die Entwicklungszusammenarbeit gepflegt (Weltbank, GEF, IFC, UNDP, GTZ, KfW u.a.). Auch unter den gegenwärtigen Verhältnissen im Schweizer Markt ist die Schweizer Photovoltaik angesichts dieser zahlreichen Wechselwirkungen international sehr präsent.

5. Pilot- und Demonstrationsprojekte

Einleitung

Insgesamt waren im Jahr 2002 im Photovoltaik P+D Bereich wiederum rund 45 Projekte aktiv. Dazu befanden sich anfangs 2003 im PV P+D Programm wie gewohnt mehrere Projekte in der näheren Abklärung. Die P+D Aktivitäten verteilten sich auf die Sektoren Pilotanlagen, Studien und Hilfsmittel, Komponentenentwicklung und Messkampagnen. Die pilotmässige Erprobung neuer Komponenten bei P+D Anlagen im Massstab 1:1 blieb von grossem Interesse und bildet auch dieses Jahr einen klaren Schwerpunkt. Weiterhin stark vertreten ist die **Photovoltaik Gebäudeintegration**. Die andern Projekte verteilten sich auf die Bereiche PV Schallschutz, frei aufgestellte Anlagen, Messungen zu diversen Anlagen, Qualitätssicherung und PV Planungshilfsmittel.

Allgemein ein gutes Echo hatten dieses Jahr nach architektonischen Gesichtspunkten integrierte Installationen wie die Anlagen Dock Midfield Flughafen Zürich [58] (Titelbild), Sunny Woods Zürich [48] (Bild 9) oder Parking de l'étoile Genf [63] (Bild 10), die alle mit dem **Schweizer Solarpreis 2002** ausgezeichnet wurden. Das 6 Familienhaus Sunny Woods [48] konnte in der Kategorie 'Solares Bauen' sogar den Gewinn eines **Europäischen Solarpreises 2002** für sich verbuchen.

Bild 9: *Photovoltaik Dachintegration Sunny Woods (Bildquelle: Architekturbüro Beat Kämpfen)*

Bild 10: *Dachintegration Parking de l'étoile Genf (Bildquelle: Sunwatt Bio Energie SA)*

P+D Projekte 2002

Neue P+D Projekte

Im Jahr 2002 wurden im PV P+D Programm 10 neue Projekte begonnen. Der grösste Teil dieser Projekte befasst sich mit der Thematik Photovoltaik-Anlagen im bebauten Raum, wobei das PV Dach Freestyle® in Lutry [50] (Bild 11) einen hohen Integrationsgrad von Silizium Dünnschicht Solarzellen erreicht. Die zunehmende Anzahl von Projekten, die sich mit der PV Dünnschichttechnologie befassen, dürfte auf ein langsam steigendes Interesse des PV Gebäudeintegrationssektors an dieser Technologie hindeuten. Gespannt sein darf man in nächster Zeit sicher auf die Resultate der Messungen an 18 Testanlagen mit Dünnschichtzellen Modulen im Projekt 'DünnFilmTest' [68] (Bild 12) in Zürich.

Bild 11: *Montage der PV Dachintegration mit amorphen Tripelzellen 'Freestyle®' in Lutry, (Bildquelle: Solstis)*

Bild 12: *18 Testanlagen mit Dünnschichtzellen im direkten Vergleich (Bildquelle: NET AG)*

Bei den im Jahre 2002 neu angefangenen Projekten handelt es sich um:

Anlagen

- PV DünnFilmTest Migros Zürich (18 Testanlagen mit PV Modulen mit Dünnschichtzellen im direkten Vergleich; Leitung: Energiebüro) [68], Bild 12
- Photovoltaik Obelisk (pilotmässige Realisierung von architektonisch entworfenen Informationssäulen für den öffentlichen Raum mit integrierten autonomen PV Anlagen zur Energieversorgung; Leitung: Enecolo AG) [59]
- Photovoltaik Anlagen Corvigliabahn und Piz Nair St. Moritz (Realisierung einer 17,8 kWp Anlage entlang der Corvigliabahn und einer 13,5 kWp Fassadenintegration in die Bergstation, bzw. das Bergrestaurant des Piz Nair auf 3050 m ü. Meer; Leitung: SunTechnicsFabrisolar AG) [60]
- Dachintegration mit dem Integrationsystem Freestyle® Lutry (vollflächige Photovoltaik Dachintegration mit Modulen mit amorphen Tripelzellen, Neuentwicklung, Gebäudeintegration; Leitung: Solstis Sàrl) [50], Bild 11
- 70 kWp Dachanlage Palexpo Genf (netzgekoppelte Photovoltaik Dachanlage an gut frequentierter Lage, kombiniert mit 2 Ladestationen für Elektromobile; Leitung: SSES – Société Suisse pour l'Energie Solaire) [62]
- Photovoltaik Beschattungsanlage mit CIS Modulen (Piloteinsatz von multifunktionalen teiltransparenten Modulen mit CIS Zellen für die gleichzeitige Beschattung eines Atriums und die Stromproduktion, Leitung: Enecolo AG) [61]
- 27 kWp Anlage AluStand Hünenberg (Demonstrationsanlage mit Verwendung der Flachdachvariante des Modulhaltesystems AluTec (AluStand), Leitung: Urs Bühler Energy Systems and Engineering) [74]
- 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. Leitung Schweizer Teil: Enecolo AG) [64]

Komponentenentwicklung

- Photovoltaik-Alpur-Dach (Photovoltaik Dach mit thermischer Isolation; Gebäudeintegration; Leitung: ZAGSOLAR) [44]

Messkampagnen

- Monitoraggio dell'impianto PV da 100 kWp AET III (Detaillierte Messkampagne zur revidierten 100 kWp PV Anlage entlang der SBB Linie Bellinzona-Locarno; Leitung: TISO) [69]

Laufende P+D Projekte

Von den laufenden Projekten wurden wie schon im Jahr 2001 auch dieses Jahr wieder verschiedene Projekte mit Solarpreisen geehrt.

Mit dem Gewinn des Europäischen Solarpreis 2002 in der Kategorie 'Solares Bauen' und dem Gewinn des Schweizer Solarpreises 2002 in der Kategorie 'Bestintegrierte Anlagen' wurde das 6 Familienhaus Sunny Woods [48], Bild 9 gleich doppelt für das vorbildliche und integrale Gesamtkonzept im Architektur- und Energiebereich ausgezeichnet.

Die Photovoltaik Integration Dock Midfield, Flughafen Zürich, [58] Titelbild, wird als multifunktionale, umfassend ins Gebäude integrierte PV Beschattungsanlage höchsten architektonischen Ansprüchen gerecht, und wurde in der Kategorie 'Bestintegrierte Anlagen' ebenfalls mit dem Schweizer Solarpreis 2002 ausgezeichnet.

Als dritte Anlage der laufenden P+D Projekte konnte auch das PV Dach des Parking P+R de l'Etoile in Genf (Projekt Photocampa) [63], Bild 10, in der Kategorie 'beste Photovoltaik Anlagen' einen der begehrten Solarpreise 2002 für sich verbuchen.

Der Solar Katamaran Mobicat [56], Bild 13, ein Passagierschiff mit Platz für 150 Personen, kann auf eine erfolgreiche Saison 2002 zurückblicken. In den letzten zwei Jahren wurden mit diesem Schiff über 4'000 km zurückgelegt und um die 10'000 Passagiere befördert. Bis jetzt wurde das Schiff vor allem im Charterbetrieb eingesetzt und war dabei sehr begehrt. Für die Saison 2003 sind von der Bielersee-Schifffahrts-Gesellschaft BSG neu auch regelmässig Publikumsfahrten vorgesehen.

Die 10 kWp Solgreen Anlage in Chur kombinierte nicht nur Photovoltaik und Gründach vorbildlich, sie erreichte auch den ungewöhnlich hohen Ertrag von 1222 kWh/kWp. Anhand der Messungen ist davon auszugehen, dass die gelieferten Module im positiven Bereich der Leistungstoleranz liegen! [51], Bild 14.

Auch die 12,75 kWp PV Dachintegration, realisiert in der geschützten Dorfzone von Wettingen [49], Bild 15, kann auf ein erfolgreiches Betriebsjahr zurückblicken. Neben der vollflächigen Dachintegration weist diese Anlage mit kristallinen Zellen den hohen Energieertrag von 980 kWh/kWp aus.

Bezüglich guter Erträge erzielten verschiedene Anlagen mit Modulen mit Dünnschichtzellen überdurchschnittliche Resultate. Nicht unerwartet produzierte die 16,8 kWp Anlage mit CIS Modulen in St. Moritz [57], Bild 16, 1055 kWh/kWp. Überraschend wiesen im gleichen Zeitraum Module mit der gleichen CIS Technologie im Projekt Newtech [67], Bild 17, in Burgdorf einen Ertrag von 1091 kWh/kWp aus. Im Rahmen des gleichen Projekts erreichte auch die Anlage mit amorphen Silizium Tripelzellen den überdurchschnittlichen Wert von 1033 kWh/kWp.

Insgesamt weist eine hohe Anzahl der laufenden P+D Projekte bemerkenswerte Erfolge auf, die als nächster Schritt in möglichst grossem Umfang erfolgreich praxisrelevant umzusetzen sind.

Bild 13: *Solar Katamaran Mobicat*
(Bildquelle: NET AG)

Bild 14: *10 kWp Gründachanlage Solgreen Chur*
(Bildquelle: NET AG)

Bild 15: *12,75 kWp Dachintegration Wettingen*
(Bildquelle: NET AG)

Bild 16: *16,8 kWp Anlage mit CIS Zellen St. Moritz*
(Bildquelle: LEEE-TISO)

Die laufenden Projekte umfassen:

Anlagen

- Héliotrope, 3 x 2 kWp PV Anlagen Le Locle (direkter Vergleich identischer, aber unterschiedlich montierter (gebäudeintegriert, frei, nachgeführt) Anlagen; Leitung: EIAJ, Le Locle) [80]
- 10 kWp Anlage 'SolGreen' integriert in ein Gründach (neu entwickelte Unterkonstruktion für Gründächer, Flachdachintegration; Leitung: ars solaris hächler) [51], Bild 14
- 3 kWp Anlage Ferme Amburnex (mobile Inselanlage mit Hilfs-Dieselaggregat zur elektrischen Versorgung einer Alp, autonome Anlage; Leitung: Services Industriels Lausanne) [55], Bild 18
- 3 kWp PV-Eurodach amorph (Thermisch isoliertes PV Metallfalzdach mit amorphen Tripelzellen, Gebäudeintegration; Leitung: PAMAG Engineering) [45], Bild 19
- 75 kWp PV-Schallschutzanlage A1 Safenwil (Kombination einer Photovoltaik - Holzschallschutzwand, modular aufgebaut aus teilweise vormontierten Elementen; Leitung: Ekotech AG) [54], Bild 20

- 10 dachintegrierte PV Kleinsysteme (Integrierte PV Kleinanlage (240 Wp), meist in Kombination mit einer thermischen Anlage, Gebäudeintegration; Leitung: Ernst Schweizer Metallbau AG) [47]
- PV gestütztes, elektrisch angetriebenes Passagierschiff (Katamaran mit einer Kapazität für 150 Passagiere mit einer autonomen 20 kWp Anlage für die Versorgung des elektrischen Antriebs; Leitung: Minder Energy Consulting) [56], Bild 13
- 283 kWp Photovoltaik Anlagen Dock Midfield Flughafen Zürich, davon 55 kWp als PV Demonstrationsanlage (Multifunktionale Photovoltaik Gebäudeintegration mit Beschattungsfunktion und besonderen Anforderungen an die mechanische Stabilität der Module; Leitung: ARGE Zayetta) [58], Titelbild
- 16,8 kWp Photovoltaik Anlage St. Moritz mit CIS Modulen (Piloteinsatz von Modulen mit CIS Technologie in einer Anlage dieser Grösse, umfangreiche Messkampagne; Leitung Teil Anlage: Rätia Energie AG, Leitung Teil Messungen: SUPSI-DCT, LEEE-TISO) [57], Bild 16
- 16 kWp Dachintegration Sunny Woods (Dachintegrierte PV Pilotanlage mit amorphen Tripelzellen in einem Mehrfamilien - Passivhaus; Leitung: Architekturbüro Kämpfen, Naef Energietechnik) [48], Bild 9
- 25 kWp Gründachintegration Solgreen Kraftwerk 1, Zürich (Piloteinsatz einer neu entwickelten Modul Haltekonstruktion für den Gründachbereich; Leitung: Enecolo AG) [52], Bild 21
- Newtech, Vergleich dreier 1 kWp Anlagen (Direkter Vergleich von drei Anlagen mit verschiedenen Dünnschichtzellen - a-Si-Tandemzellen, a-Si-Tripelzellen, CIS Zellen; Leitung: HTA Burgdorf) [67], Bild 17
- 12,75 kWp PV Dachintegration Wettingen (Harmonische PV Dachintegration in der geschützten Dorfkernzone von Wettingen, wobei gleichzeitig eine möglichst kostengünstige Lösung mit Standardkomponenten angestrebt wurde; Leitung: Eigentümergemeinschaft P.P. Stöckli / H.-D. Koeppel und Energiebüro) [49], Bild 15
- Photocampa: Multifunktionale PV Beschattungsanlagen (Parking de l'étoile Bild 10, école de cirque, école de Lullier, Zürich Flughafen Dock Midfield; Leitung: Windwatt SA) [63],

Bild 17: *3x1 kWp Testanlagen Newtech Burgdorf (Bildquelle: NET AG)*

Bild 18: *Autonome Anlage Alp Amburnex (Unterstand); (Bildquelle: Service Industriels Lausanne)*

Bild 19: *3 kWp PV Eurodach amorph Flums*
(Bildquelle: NET AG)

Bild 20: *75 kWp Schallschutz Anlage A1 Safenwil*
(Bildquelle: BFE)

Bild 21: *Solgreen Kraftwerk 1 Zürich*
(Bildquelle: NET AG)

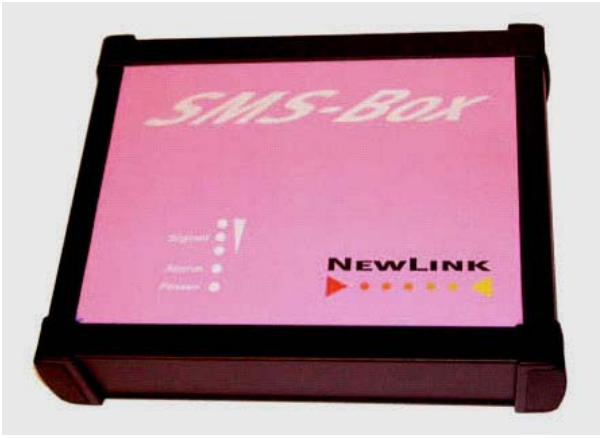


Bild 22: *SMS Box Newlink*
(Bildquelle: NewLink)

Komponentenentwicklung

- Kostengünstige Photovoltaik-Anlagenüberwachung (Entwicklung einer einfachen und kostengünstigen Überwachungseinheit für Solaranlagen mit kabelloser Datenübertragung; Leitung: NewLink Anderegg) [43], Bild 22

Messkampagnen

- Messkampagne 100 kWp Anlage A 13 (Leitung: TNC Consulting AG) [65]
- 47,5 kWp Anlage IBM (schmutzabweisende Oberflächenbeschichtung der Module, Flachdachanlage; Leitung: awtec AG, Zürich) [66], Bild 23

Bild 23: *Flachdachanlage IBM Zürich*
(Bildquelle: NET AG)

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- Normenarbeit PV Systeme (Leitung: Alpha Real) [70]
- Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen (Leitung: S. Kropf, ETH Zürich) [71]
- REMAC Renewable Energy Market Accelerator (Massnahmen zur Beschleunigung des Marktes im Bereich des erneuerbaren Stroms; Leitung Schweizer Beitrag: NET AG) [72]
- Quality is the Key of the PV Market - accreditation / certification (Erarbeiten von Qualitätssicherungsprogrammen für den PV Bereich, siehe auch Normenarbeit [70]; Leitung: Alpha Real) [73]
- PV Programm Elektro-Berufsschulhäuser 2002 (Leitung: TNC Consulting) [A]
- Photovoltaikstatistik der Schweiz 2001 (Leitung: Energiebüro) [B]
- Solarstrom vom EW (Leitung: Linder Kommunikation AG) [C]

Im Jahr 2002 wurden die folgenden P+D Projekte abgeschlossen:

Anlagen

- 260 kWp PV Anlage ausgerüstet mit LonWorks Feldbus-Wechselrichtern (pilotmässiger Einsatz von 68 PV Wechselrichter mit LON Knoten für den Datenaustausch und die Überwachung der Anlage; Leitung: Sputnik Engineering AG) [46]

- Drei 10 kWp Photovoltaik Schallschutzanlagen entlang der Autobahn (Kombination Photovoltaik - Schallschutz, 3 Prototyp-Anlagen; Leitung: TNC Consulting) [53]

- Miet Solarboot Zholar auf dem Zürichsee (6 -plätziger Elektrokatamaran mit einer integrierten autonomen 730 Wp Photovoltaik Anlage für die elektrische Energieversorgung des Antriebs; Leitung: SSES Regionalgruppe Zürich) [75]

- Héliotram, 800 kWp PV Anlagen Lausanne/Genf mit DC-Direkteinspeisung ins Tramnetz (Leitung: Sunwatt Bio Energie SA) [76]

Komponentenentwicklung

- Modulaufständerung SOLight (leichte Unterkonstruktion für Flachdachanlagen; Leitung: Energiebüro) [40]
- Optimierung System Solgreen (Systemoptimierung in Bezug auf Kosten, Montagefreundlichkeit und Material, Gebäudeintegration; Leitung: Enecolo AG) [41]
- Solardachschiefer Sunplicity (Entwicklung eines PV Dachschiefers unter Berücksichtigung von hoher Robustheit, Alterungsbeständigkeit, einfacher Montage und einfacher Verkabelung, Gebäudeintegration; Leitung: Alpha Real AG) [42]

Messkampagnen

- Visualisierung und Auswertung der PV Anlage auf dem Rothorn (Leitung: HTW Chur) [77]
- 1 Megawatt Solarkette der NOK (normierte Daten 1997 - 2001; Leitung: Axpo) [78]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

PV City Guide: internationale Schlusspublikation, eine dreisprachige nationale Publikation ist in Vorbereitung (Realisierungen von PV Anlagen im städtischen Raum; Leitung Schweizer Beitrag: NET AG) [79]

6. Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Der weltweite Photovoltaikmarkt boomt aufgrund grossangelegter Förderprogramme bzw. Einspeisevergütungen einzelner Länder mit Wachstumsraten zwischen 30 und 40%. Demgegenüber war der schweizerische Photovoltaik-Markt im Jahr 2002 nicht verwöhnt aber er konnte sich dank den Solarstrombörsen immerhin auf den Vorjahreswerten halten. Die länderspezifischen Photovoltaik Marktdaten von IEA PVPS zeigen, dass die Schweiz damit relativ und gegenüber den Entwicklungen in den gegenwärtig grössten Märkten, insbesondere Deutschland und Japan, zurückfällt, sich aber andererseits gegenüber vielen anderen Ländern durchaus sehen lassen kann.

Das weltweite Wachstum des Photovoltaik-Marktes führt auch in der Schweiz und trotz einem gedämpften Heimmarkt dazu, dass sich die Industrie zunehmend für die Photovoltaik interessiert. Die Photovoltaik wird als Zukunftsoption wahrgenommen, welche inskünftig interessante Wachstums- und Diversifikationsoptionen darstellen kann. Es ist deshalb ermutigend festzustellen, dass die Investitionen der Industrie in Forschung und Entwicklung der Photovoltaik – als Beispiel sei hier Unaxis aufgeführt – deutlich zunehmen. Diese Entwicklung belegt, dass das Rollenverständnis und die Aufgabenteilung zwischen der öffentlichen Hand und der Privatwirtschaft ihre Wirkung zeigen, indem aktuelle Forschungsresultate vermehrt in industrielle Aktivitäten und Produkte umgesetzt werden. Die Möglichkeiten für den Export von Dienstleistungen und Produkten sind angesichts des vorhandenen und anerkannten Know-hows weiter zu entwickeln.

Durch die breite Abstützung des Programms Photovoltaik konnte die Anzahl der Projekte und die eingesetzten Mittel der öffentlichen Hand trotz der angespannten Finanzlage gehalten werden. Dazu haben EU-Projekte mit Unterstützung des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft BBW ebenso beigetragen, wie die Kommission für Technologie und Innovation KTI. Die gute Vernetzung des Programms und seiner Akteure, sowohl national wie international, ist dabei eine wichtige Voraussetzung, welcher weiterhin grosse Beachtung geschenkt wird.

Eine ebenso wichtige Rolle spielt der anhaltende Informationsaustausch und das Erreichen von neuen Zielgruppen. Hierzu soll die Photovoltaik website www.photovoltaic.ch weiter ausgebaut werden. Als wichtige Veranstaltungen finden im Jahr 2003 das 18. Symposium für Photovoltaische Solarenergie in Staffelstein (12.-14. März 2003), die 3. Photovoltaik Weltkonferenz in Osaka (12.-16. Mai 2003), sowie die IEA PVPS Konferenz in Osaka (19.-20. Mai 2003) statt.

Die bisherigen Bestrebungen zur Umsetzung der Forschungsresultate werden auch im Jahr 2003 weitergeführt und es wird angestrebt, das Programm unter Mitwirkung aller Akteure zielgerichtet und koordiniert weiterzuführen. Von besonderer Bedeutung wird u.a. sein, wie sich die ersten Ausschreibungen im 6. Rahmenforschungsprogramm der EU auswirken werden.

7. Liste der F+E - Projekte

(JB) Jahresbericht 2002 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden
ENET: Bestellnummer des Berichts bei ENET
Einzelne Jahresberichte können von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden.
Schlussberichte können bei ENET bezogen und von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden.
Unter den aufgeführten Internet-Adressen können weiter Informationen heruntergeladen werden.

[1] A. Shah, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel: **IMT 2000 - 2002 Technologische Weiterentwicklung der mikromorphen Solarzellen** (JB, SB) / http://www-micromorph.unine.ch
ENET: 230049

[2] A. Shah, (arvind.shah@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel: **DOIT: Development of an optimized integrated thin film silicon solar module** (JB) / http://www-micromorph.unine.ch

[3] Ch. Hollenstein, (christophe.hollenstein@epfl.ch), EPFL, Lausanne: **Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells** (JB) / http://crppwww.epfl.ch/crpp_proc.htm

[4] D. Fischer, (info@vhf-technologies.com), VHF-Technologies, Le Locle: **Aufrauhen von Polymer Substraten (gezieltes Aufrauhen von Plastikfolien für ein effizientes Light-Trapping in amorphen Solarzellen)** (JB) / http://www.vhf-technologies.com

[5] J. Guillet, (Joelle.Guillet@unine.ch), IMT, UNI-Neuchâtel: **Optical nano gratings for nano crystalline silicon solar cell** (JB) / http://www-micromorph.unine.ch

[6] B. Bitnar, (Bernd.Bitnar@psi.ch), PSI-Villigen: **Thermophotovoltaik** (JB, SB) / http://www.psi.ch
ENET: 230048

[7] A. Müller, (amueller@hct.ch), HCT SHAPING SYSTEMS, Cheseaux-sur-Lausanne: **RE-Si-CLE Recycling of Silicon Rejects from PV Production Cycle** / http://www.hct.ch/

[8] A.N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, Zürich: **PROCIS: Production of large area CIS modules** (JB) / http://www.tfp.ethz.ch/

[9] A.N. Tiwari, (tiwari@phys.ethz.ch), IQE, ETH, Zürich: **NANOCIS: Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu (In,Ga) Se2 thin film solar cells - TOP NANO 21** (JB) / http://www.tfp.ethz.ch/

[10] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Dye sensitised nanocrystalline solar cells** (JB) / http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html

[11] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Highly efficient nanocrystalline solar cells for indoor applications - TOP NANO 21** (JB) / http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html

[12] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **Outdoor measurements of new technology solar cells** (JB) / http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html

[13] M. Grätzel (michael.graetzel@epfl.ch), ICP2 / EPFL, Lausanne: **NANOMAX - dye-sensitised nanocrystalline solar cells having maximum performance** (JB) / http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html

[14] G. Calzaferri, (gion.calzaferri@iac.unibe.ch), UNI, Bern: **Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie** (JB) / http://iacrs1.unibe.ch

[15] D. Fischer, (diego.fischer@vhf-technologies.com), VHF-Technologies, Le Locle: **Photoactive Composite Module** (JB) / http://www.vhf-technologies.com

[16] P. Hofer, (ho@3-s.ch), 3S, Bern: **HIPERB: High performance photovoltaics in buildings** (JB) / http://www.3-s.ch/

[17] P. Hofer, (ho@3-s.ch), 3S, Bern: **AFRODITE Advanced Façade and Roof Elements Key to Large Scale Building Integration of Photovoltaic Energy** (JB) / http://www.3-s.ch/

[18] M. Kurth, (info@kurth-glas.ch), KURTH GLAS & SPIEGEL, Zuchwil: **ADVANTAGE Advances next generation rear contact module technology for building** (JB) / http://www.kurth-glas.ch

[19] 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

[20] Ch. Roecker, (christian.roecker@epfl.ch), LESO / EPFL, Lausanne: **Demosite 2000 - 2002, Demosite (phase IV)** http://www.demosite.ch (JB, SB) / http://lesomail.epfl.ch/ , ENET: 230047

[21] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **EnerBuild: Energy in the built environment** http://www.enerbuild.net (JB) / http://www.solarstrom.ch

[22] D. Chianese, (domenico.chianese@dct.supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Qualità e resa energetica di moduli ed impianti PV TISO - periodo VI: 2000-2002** (JB) / http://www.leee.dct.supsi.ch

[23] D. Chianese, (domenico.chianese@dct.supsi.ch), LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Mean Time Before Failure of Photovoltaic modules (MTBF-PVm)** (JB) / http://www.leee.dct.supsi.ch

[24] W. Durisch, (wilhelm.durisch@psi.ch), PSI, Villigen: **PV-Pro-Test-Datenbank - Energieertrag; Output of PV-Modules** (JB) / http://www.psi.ch

[25] R. Kröni, (robert.kroeni@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Energy Rating of Solar Modules; Workshop March 22, 2002 in Zürich** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[26] H. Häberlin, (heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch), HTA, Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten PV Anlagen 2** (JB) / http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-indd.htm

[27] M. Villoz, (mvilloz@dynatex.ch), DYNATEX, Morges: **INVESTIRE Investigation on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies** (JB) /

[28] S. Kunz, (remund@meteotest.ch), METEOTEST, Bern: **SoDa: Integration and Exploitation of networked Solar Radiation Databases** http://www.soda-is.com (JB) / http://www.meteotest.ch

[29] 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/

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

[31] F. Foradini, (flavio.foradini@e4tech.com), E4TECH, Lausanne: **EURO-ISLAS: New and renewable energy sources for islands and remote regions** (SB) / http://www.e4tech.com/

[32] H.-J. Mosler, (mosler@sozpsy.unizh.ch), UNIVERSITÄT, Zürich: **MSG: Combined project on multi-user solar hybrid grids** (JB) / http://www.sozpsy.unizh.ch/sozpsy-gutscher.html

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

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

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

[36] D. Ruoss, (sergio.taiana@ewz.stzh.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **IEA PVPS Task 5: Grid Interconnection of Building- Integrated and other dispersed Photovoltaic Power Systems** (JB, SB) / http://www.solarstrom.ch , ENET: 220330

[37] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **IEA PVPS Task 7: Photovoltaic Power Systems in the Built Environment** (JB, SB) / http://www.solarstrom.ch , ENET: 220329

[38] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen / A. Arter (alex.arter@entec.ch), ENTEC, St.Gallen: **Swiss Platform PV Development Cooperation and Contribution to IEA PVPS Task 9** (JB) / http://www.photovoltaic.ch

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

8. Liste der P+D - Projekte

(JB) Jahresbericht 2002 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden
ENET: Bestellnummer des Berichts bei ENET
Einzelne Jahresberichte können von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden.
Schlussberichte können bei ENET bezogen und von www.photovoltaic.ch heruntergeladen werden.
Unter den aufgeführten Internet-Adressen können weiter Informationen heruntergeladen werden.

[40] Ch. Meier, (christian.meier@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich: **New Light-Weight Flat Roof Photovoltaic Module Mounting System** (JB, SB) / http://www.energieburo.ch
ENET: 220182

[41] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **SOLGREEN- PV Anlagen auf Gründächern** (JB, SB) / http://www.solarstrom.ch

[42] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, Zürich: **Solar roof shingle Sunplicity** (JB)

[43] E. Anderegg, (ean@newlink.ch), NEWLINK ANDEREGG, Füllinsdorf: **A Simple and Inexpensive Monitoring Unit for Solar Plants** (JB) / http://www.newlink.ch

[44] R. Durot, (r.durot@zagsolar.ch), ZAGSOLAR, Kriens: **Photovoltaic-Alpur-Roof** (JB) / http://www.zagsolar.ch

[45] H. Kessler, (hke.pamag@flumroc.ch), PAMAG, Flums: **3 kWp PV Eurodach amorph**, (JB) / http://www.flumroc.ch

[46] Ch. von Bergen, (sputnik@solarmax.com), SPUTNIK ENGINEERING, Nidau: **LonWorks as Field-bus for PV-Installations** (JB, SB) / http://www.solarmax.com

[47] A. Haller, (andreas.haller@schweizer-metallbau.ch), ERNST SCHWEIZER, Hedingen:
10 Roof Integrated PV Small Scale Systems (JB) / http://www.schweizer-metallbau.ch

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

[49] H.-D. Koeppel, (hans-dietmar.koeppel@skk.ch), EIGENTÜMERGEMEINSCHAFT P.P. STÖCKLI & H.-D. KOEPPEL, Wettingen: **12.75 kWp PV Dachintegration Dorfkernzone Wettingen** (JB)

[50] P. Affolter, (Pascal.affolter@solstis.ch), SOLSTIS, Lausanne: **Toiture photovoltaïque Freestyle de 5,5 kWp à Lutry** (JB) / http://www.solstis.ch

[51] R. Hächler, (ars_solaris@freesurf.ch), ARS SOLARIS HÄCHLER, Chur: **Pilot installation 10 kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (JB, SB)

[52] P. Toggweiler, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Solgreen Kraftwerk 1 Zürich** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[53] Th. Nordmann, (info@enecolo.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **Three pilot 10 kWp integrated PV sound barrier fields** (JB, SB) / http://www.tnc.ch , ENET: 220264

[54] R. Hottiger, (ig-solar@bluewin.ch), IG SOLAR SAFENWIL, Safenwil: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil** (JB) / http://www.ekotech.ch , http://www.alpha-a1.ch

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

[56] R. Minder, (rudolf.minder@bluewin.ch), MINDER ENERGY CONSULTING, Oberlunkhofen: **SolarCat - Solar - Electric Passenger Ship** (JB) / http://www.minder-energy.ch

[57] N. Cereghetti, (nerio.cereghetti@dct.supsi.ch), TISO, Canobbio / F. Stöckli, RÄTIA ENERGIE, Poschiavo: **Monitoring of the 16.8 kWp PV-plant with CIS modules in St. Moritz** (JB) / http://www.leee.dct.supsi.ch

[58] M. Hubuch, (m.hubbuch@hsw.ch), HOCHSCHULE WÄDENWIL / Th. Gautschi (thomas.gautschi@amstein-walthert.ch), ARGE ZAYETTA, Zürich: **PV Anlage Dock Midfield Zürich Flughafen** (JB)

[59] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf / W. Zemp, (info@zemp.tpz.ch), ZEMP+PARTNER DESIGN, Zürich: **PV Obelisk** (JB) / http://www.solarstrom.ch

[60] W. Maag, (info@SunTechnics.ch), SUNTECHNICS FABRISOLAR, Küsnacht: **PV St. Moritz: Corvigliabahn, Piz Nair** (JB) / http://www.suntechnics.de/ch/unternehmen_1ak.htm

[61] D. Ruoss, (info@enecolo.ch), ENECOLO, Mönchaltorf: **Monitoring of the CIS BIPV plant Würth in Choire** (JB) / http://www.solarstrom.ch

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

[63] A. Main, (parkingsolaire@windwatt.ch), WINDWATT, Genève /
M. Schneider (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, Chêne Bourg: **PHOTOCAMPA - PV grid connected system in parking and roof - parking P+R de l'Etoile, aéroport de Zurich, école de cirque, école de Lullier** (JB) / http://www.windwatt.ch

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

[65] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **100kWp PV- Netzverbundanlage A13 Messkampagne, Periode 2002** (JB) / http://www.tnc.ch

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

[67] Ch. Renken, (heinrich.haeberlin@hta-bu.bfh.ch), ADEV BURGDORF represented: BERNER FACHHOCHSCHULE HTA, Burgdorf: **Newtech, Vergleich 3 x 1 kWp Dünnschichtzellenanlagen** (JB) / http://www.pvtest.ch

[68] R. Frei, (info@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich: **PV-ThinFilmTest** (JB) / http://www.energieburo.ch

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

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

[71] S. Kropf, (kropf@hbt.arch.ethz.ch) ETH, Zürich: **Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen** (JB) / http://www.airflow.ethz.ch

[72] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **REMAC 2000 - Renewable energy market accelerator 2000** (JB), http://www.netenergy.ch

[73] M. Real, (alphareal@access.ch), ALPHA REAL, Zürich, **Quality ist the Key of the PV Market - accreditation / certification** (JB)

[74] U. Bühler (u.bue_cham@bluewin.ch), URS BÜHLER ENERGY SYSTEMS AND ENGINEERING, Cham: **27 kWp Anlage AluStand**

[75] R. Schmid, (roli.schmid@gmx.ch), SSES REGIONALGRUPPE, Zürich: **Zholar, Mietsolarboot auf dem Zürichsee** (SB) / www.sses.ch/zuerich/solarboot, ENET: 220215

[76] M. Schneider, (schneider-m@bluewin.ch), SUNWATT BIO ENERGIE, Chêne Bourg: **HELIOTRAM: 800 kWp PV power plants for direct injection in light train low voltage D.C. networks**

[77] M. Schalcher, (Max.Schalcher@fh-htwchur.ch), HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT HTW, Chur: **Visualisation and Analysis of the Data of the 4,1kWp PV-Power Plant Rothorn** (SB) / http://www.fh-htachur.ch, ENET: 220150

[78] S. Roth, (stefan.roth@axpo.ch), AXPO, Zürich: **NOK's 1-Megawatt Solar Chain, Normalized Data 1997 to 2001** (SB) / http://www.axpo.ch**,** ENET 220184

[79] S. Nowak, (stefan.nowak@netenergy.ch), NET, St. Ursen: **PV City Guide** (SB) / http://pvcityguide.energyprojects.net , ENET: 230046

[80] G. Jean-Richard, (jeanrichard@eicn.ch), EICN, Le Locle: **PV Anlage Héliotrope EICN** / http://www.eiaj.ch

[A] Th. Nordmann, (nordmann@tnc.ch), TNC CONSULTING, Erlenbach: **PV on vocational Colleges in Switzerland, Data acquisition campaign** (JB) / http://www.tnc.ch

[B] Ch. Meier, (christian.meier@energieburo.ch), ENERGIEBÜRO, Zürich, **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2001** (JB) / http://www.energieburo.ch

[C] E. Linder, (linder@linder-kom.ch), LINDER KOMMUNIKATION, Zürich, **Solar electricity from the utility** (JB) / http://www.linder-kom.ch **/** http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp

9. Referenzen

[81] **Forschungskonzept Photovoltaik 2000 – 2003**, Bundesamt für Energie, 2001, http://www.photovoltaic.ch

[82] **Sustainable Technologies International STI**, Queanbeyan NSW Australia, http://www.sta.com.au/

[83] **Meteonorm 4.1, Global Meteorological Database for Solar Energy and Applied Meteorology**, http://www.meteotest.ch

[84] **European Solar Radiation Atlas ESRA**, http://www.helioclim.org/esra/

[85] **Annual Report 2002,** IEA PVPS, 2002, http://www.iea-pvps.org/

[86] **National Survey Report on PV Power Applications in Switzerland 2001**, P. Hüsser, (pius.huesser@novaenergie.ch), Nova Energie, June 2002

[87] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2001**, IEA PVPS Task 1 – 11: 2002, http://www.iea-pvps.org

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

[89] **Performance Database**, IEA PVPS Task 2, Version 1.19, July 2001, http://www.task2.org

[90] **Testing of batteries used in Stand Alone PV Power Supply Systems**, IEA PVPS T3-11: 2002, October 2002, http://www.iea-pvps.org

[91] **Management of batteries used in Stand Alone PV Power supply systems**, IEA PVPS T3-10: 2002, December 2002, http://www.iea-pvps.org

[92] **Use of Appliances in Stand Alone PV Power supply systems**, IEA PVPS T3-9: 2002, September 2002, http://www.iea-pvps.org

[93] **Grid-connected PV power systems: survey of inverter and related protection equipments**, IEA-PVPS T5-05: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[94] **International guideline for the certification of photovoltaic system components and grid-connected systems**, IEA-PVPS T5-06: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[95] **Probability of islanding in utility networks due to grid connected photovoltaic power systems**, IEA-PVPS T5-07: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[96] **Risk analysis of islanding of photovoltaic power systems within low voltage distribution networks**, IEA-PVPS T5-08: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[97] **Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility-interaction power systems**, IEA-PVPS T5-09: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[98] **Impacts of power penetration from photovoltaic power systems in distribution networks**, IEA-PVPS T5-10: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[99] **Grid-connected photovoltaic power systems: power value and capacity value of PV systems**, IEA-PVPS T5-11: 2002, February 2002, http://www.iea-pvps.org

[100] **Potential for Building Integrated Photovoltaics**, IEA PVPS T7-04: 2001, http://www.iea-pvps.org

[101] **Guidelines for the Economic Evaluation of Building Integrated Photovoltaics**, IEA PVPS T7-05: 2002, http://www.iea-pvps.org

[102] **Market Deployment Strategies for Photovoltaics in the Built Environment**, IEA-PVPS T7-06: 2002, September 2002, http://www.iea-pvps.org

[103] **Innovative electrical concepts**, IEA-PVPS T7-07: 2001, http://www.iea-pvps.org

[104] **Reliability Study of Grid Photovoltaic Systems**, IEA-PVPS T7-08: 2002, March 2002, http://www.iea-pvps.org

[105] **L'integrazione architettonica del fotovoltaico esperienze compiute,** IEA PVPS Task 7, September 2002, Gangemi Editore

[106] **PV/Thermal Solar Energy Systems, Status of the Technology and Roadmap for future Development,** IEA-PVPS T7-10, http://www.iea-pvps.org

[107] **Executive Summary Report - Non-technical Barriers to the commercialisation of Photovoltaic Power in the Built Environment,** IEA-PVPS T7-10, http://www.iea-pvps.org

[108] **Education & training material for architects CD**, IEA PVPS Task 7, Novem (NL), zu beziehen bei ENET, www.energieforschung.ch , ENET: 220209

[109] **Designing with Solar Power - A source book for Building Integrated PV**, Task 7, The Images Publishing Goup, http://www.imagespublishinggroup.com

[110] **Financing Mechanisms for Solar Home Systems in Developing Countries**, IEA PVPS T9-01: 2002, September 2002, http://www.iea-pvps.org

[111] **Nationale Photovoltaiktagung 2002**, SUPSI, Lugano, Mai 2002, Unterlagen zu beziehen bei NET, Waldweg 8, CH - 1717 St. Ursen, info@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, Stephan Gnos,
NET Nowak Energie & Technologie AG, info@netenergy.ch

11. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks)

Allgemeine Begriffe

HES	Haute Ecole Spécialisée	
HTA	Hochschule für Technik und Architektur (Fachhochschule)	
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.admin.ch/bbt
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft	http://www.admin.ch/bbw
BFE	Bundesamt für Energie	http://www.admin.ch/bfe
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft	http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/
CORE	Eidgenössische Energieforschungskommission	http://www.energie-schweiz.ch/bfe/de/forschung/core/
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
CUEPE	Le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie	http://www.unige.ch/cuepe
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	http://www.deza.admin.ch
EIAJ	Ecole d'Ingénieurs de l'Arc jurassien	http://www.eiaj.ch
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt	http://www.empa.ch
ENET	Netzwerk für Informationen und Technologie-Transfer im Energiebereich	http://www.energieforschung.ch
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne	http://www.epfl.ch
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	http://www.ethz.ch
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich	http://www.ewz.ch
HTA Burgdorf	Fachhochschule Burgdorf	http://www.hta-bu.bfh.ch
HTW Chur	Hochschule für Technik und Wirtschaft	http://www.fh-htwchur.ch

ICP	Institut de Chimie Physique EPFL	http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	http://www-imt.unine.ch
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ	http://www.iqe.ethz.ch
KTI	Kommission für Technik und Innovation	http://www.admin.ch/bbt/d/index.htm
LEEE - TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticino Solare	http://www.leee.dct.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL	http://lesomail.epfl.ch/
PSI	Paul Scherer Institut	http://www.psi.ch
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	http://www.seco-admin.ch
SI Lausanne	Services Industriels Lausanne	http://www.lausanne.ch/energie
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.leee.dct.supsi.ch
VSE	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen	http://www.strom.ch

Internationale Organisationen

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

Private Institutionen und Unternehmen

NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke	http://www.nok.ch
	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
GWF	Gruppe Wissenschaft und Forschung	http://www.gwf-gsr.ch/
ETH-Rat	Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen	http://www.ethrat.ch
Top Nano	Technologie Orientiertes Programm Top Nano 21	http://www.ethrat.ch/topnano21/
BFS	Bundesamt für Statistik	http://www.statistik.admin.ch/
IGE	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum	http://www.ige.ch
	Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung metas	http://www.metas.ch/
	Swiss Academic 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.eren.doe.gov/pv/
ISES	International Solar Energy Society	http://www.ises.org
ESRA	European Solar Radiation Atlas	http://www.helioclim.net/esra/