

Mai 2001

Programm Photovoltaik Ausgabe 2001

Überblicksbericht 2000

ausgearbeitet durch:
NET Nowak Energie & Technologie AG



Titelbild:

6 kWp Anlage PV Dächer Unterseen

Foto: NET AG

ausgearbeitet durch:

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 mail.net@bluewin.ch

im Auftrag des:

Bundesamt für Energie BFE

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

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

PHOTOVOLTAIK

Überblicksbericht Ausgabe 2001

zum Forschungsprogramm 2000

Stefan Nowak

stefan.nowak.net@bluewin.ch



Symbiose von Architektur und Photovoltaik in historischem Stadtkern

6 kWp Anlage mit halbtransparenten Modulen, Unterseen;

Projektleitung: Industrielle Betriebe Interlaken; Architekt: Mario Campi;

Planung Photovoltaik: Fabrisolar

Fotos: NET AG

Inhaltsverzeichnis

1. Programmübersicht und anvisierte Zielpunkte für 2000	3
2. 2000 durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse.....	4
Zell-Technologie	4
Solarmodule und Gebäudeintegration (siehe auch P+D).....	6
Systemtechnik.....	6
Diverse Projekte und Studien.....	8
Internationale Zusammenarbeit IEA, IEC, PV-GAP	8
3. Nationale Zusammenarbeit.....	9
4. Internationale Zusammenarbeit	10
5. P+D Projekte	10
Übersicht.....	10
P+D Projekte 2000.....	11
6. Transfer in die Praxis.....	15
7. Bewertung 2000 und Ausblick für 2001.....	15
8. Liste der Forschungsprojekte und Internetseiten	16
9. Liste der P+D Projekte und Internetseiten	18
10. Referenzen.....	20
11. Für weitere Informationen	20
12. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks).....	21
13. Weiterführende Internetlinks.....	22

1. Programmübersicht und anvisierte Zielpunkte für 2000

Das Jahr 2000 war für das Programm Photovoltaik (PV) durch Kontinuität anwendungsorientierter Projekte im nationalen Rahmen und eine anhaltende internationale Zusammenarbeit auf hohem Niveau gekennzeichnet. Die Zusammenarbeit mit der Industrie konnte dabei erneut intensiviert werden. Besonders hervorzuheben sind die fortschreitenden Arbeiten zur Umsetzung im Bereich der Dünnschicht-Solarzellen, welche in mehreren Projekten konkretere Formen annehmen. Trotz der allgemeinen Enttäuschung über den negativen Ausgang der eidgenössischen Abstimmungen vom 24. September 2000 war und bleibt das Interesse an der Photovoltaik aus den Sektoren Industrie und Finanzen ungebrochen. Laufende Forschungs- und P+D-Projekte umfassen im Berichtsjahr rund 80 Projekte, wobei alle bekannten Projekte, unabhängig von ihrer Finanzierung, berücksichtigt sind. Somit bewegt sich die Projektzahl bei weiter zunehmendem Mitteleinsatz in der Grössenordnung des Vorjahres.

Die 5 Programmbereiche umfassen folgende Themen und Zielsetzungen:

Zellen: Die Arbeiten zu Dünnschicht-Solarzellen wurden im Berichtsjahr weitergeführt mit den Schwerpunkten **Silizium** (amorph, mikrokristallin, Nieder-Bandgap), den Zellen auf der Grundlage von Verbindungshalbleitern (CIGS, CdTe) sowie den Farbstoffzellen. In allen Technologien nehmen die Bestrebungen zur Umsetzung zu und es wurden, zusammen mit der Industrie, neue, prozessorientierte Projekte in Angriff genommen. Die Option von Solarzellen „made in Switzerland“ gewinnt angesichts dieser Tendenzen immer klarere Konturen. Verschiedene Substrate sind für neue Anwendungen in Nischenmärkten vorgesehen.

Module und Gebäudeintegration: Die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum bildet weiterhin den Schwerpunkt der angestrebten Anwendungen. Verschiedene neuere Produkte konnten sich im Berichtsjahr im Markt festigen und kommen in zunehmendem Mass in den Export. Hohe Qualität, ansprechendes Design und kompetitive Preise sind Merkmale dieser Lösungen. Während für viele Anwendungen mittlerweile gute Integrationslösungen bestehen, erfährt die Kostenseite gegenwärtig weitere Verbesserungen. Neue Konzepte (z.B. PV Isoliergläser) finden weiterhin Einzug in die Praxis. Im Zusammenhang mit der sich abzeichnenden, zunehmenden Anwendung von Dünnschicht-Zellen werden in Zukunft weitere Schritte zur Integration in fortgeschrittene Systemlösungen, welche Modul- und Gebäudefunktion vereinen, notwendig.

Systemtechnik: Die **Qualitätssicherung und Standardisierung** bleiben Themen, welche angesichts der fortschreitenden Marktentwicklung der Photovoltaik weiter an Bedeutung gewinnen. Auf der Komponentenebene liegen breite Erfahrungen über längere Zeit vor, welche die Produkte hinsichtlich Ertrag und Zuverlässigkeit charakterisieren lassen. Neue Produkte können aus den Erfahrungen früherer Konzepte Nutzen ziehen. Korrekt geplant und professionell gebaut, können Photovoltaikanlagen über lange Zeit zuverlässig Energie produzieren. Einfache Konzepte zur Qualitätssicherung sind deshalb auch aus technischer Sicht wünschbar.

Diverse Projekte und Studien: Kombinierte Nutzungsformen der Photovoltaik (z.B. Hybridtechnologien, Thermophotovoltaik) entsprechen einem häufig geäusserten Wunsch. Dabei sind jedoch, nebst der technischen Machbarkeit, auch die Marktrelevanz und die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigen. In Zukunft sollen diese Kriterien deshalb noch besser quantifiziert werden. Fortgeschrittene **Hilfsmittel** (Einstrahlung, Horizonterfassung, Dimensionierung und Simulation) bilden anerkannte Werkzeuge, welche im nationalen und internationalen Markt weiter etabliert werden sollen.

Internationale Zusammenarbeit: Die internationale Zusammenarbeit bildet ein zentrales Standbein in allen Bereichen. Der Anschluss an die internationale Entwicklung sowie ein intensiver Informationsaustausch war auch im Berichtsjahr ein wichtiges Ziel, welches im Rahmen der internationalen Programme der **EU** sowie der **IEA** weiterverfolgt wurde. Relevanz der Projekte und bessere Kohärenz bilden Elemente, welche in Zukunft vermehrtes Gewicht erhalten. Als neues Thema wird die internationale Entwicklungszusammenarbeit stärker aufgegriffen.

2. 2000 durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Zell-Technologie

Im Berichtsjahr begann am IMT eine neue Projektphase zu den **Mikromorphen Solarzellen** [1] mit Schwerpunkt auf den industriell relevanten Produktionsschritten und –prozessen, wie sie in einer Machbarkeitsstudie zur industriellen Umsetzung [36] im Jahr 1999 identifiziert wurden. Dies bedeutet, dass nicht die Rekordwerte einzelner, losgelöster Parameter im Vordergrund stehen, sondern die industrielle Machbarkeit stets mitberücksichtigt wird. Das am IMT entwickelte Konzept findet international weiterhin grosse Beachtung als vielversprechende Option im Bereich des Dünnschicht-Siliziums. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Verbesserung der Eigenschaften transparenter Oxydschichten (TCO) auf der Basis von ZnO, die Möglichkeiten zur Optimierung der p-i-n und n-i-p Schichtabfolgen für das amorphe Silizium sowie die Herstellung von mikromorphen Mini-Modulen. Ein TCO mit guten optischen und elektrischen Eigenschaften konnte auf einer Fläche von bis zu 30 x 30 cm² hergestellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass auch mit einfachen p-i-n Strukturen (amorphes Si) in Kombination mit gutem TCO und optimiertem Zell-Design ein stabilisierter Wirkungsgrad von 9% möglich ist. Mit einem neuen Lasersystem können Mini-Module rascher strukturiert und monolithisch verschaltet werden, sodass das IMT nun über sämtliche für die Praxis relevanten Prozessschritte verfügt. Mikromorphe Mini-Module mit einer aktiven Fläche von 23.3 cm² konnten mit einem stabilisierten Wirkungsgrad von 9.1% hergestellt werden. Das Projekt **SOLANT** [2] mit Unterstützung der ESA wurde im Berichtsjahr verlängert: Ein neuer Prototyp einer Satellitenantenne mit integrierter Solarzelle wurde hergestellt (0.9 W bei 9.2 V unter Weltraum-Strahlungsbedingungen, aktive Fläche 150 cm²). Mit einem Polyimid-Substrat werden trotz geringem Wirkungsgrad Leistungsdaten von 433 W/kg erreicht. Protonenstrahl-Experimente zur Abklärung der Stabilität zeigen das unterschiedliche Verhalten von amorphen und mikromorphen Solarzellen.

In einem neuen KTI-Projekt arbeiten das CRPP an der EPFL und das IMT zusammen mit Unaxis (vormals Balzers) an einer **grossflächigen, schnellen Beschichtungsanlage** [3] für Silizium-Dünnschicht-Solarzellen. Grosse Substrate (typisch 1 m² und mehr) sollen unter Verwendung der in früheren Projekten am IMT und am CRPP erarbeiteten Erkenntnisse bei Frequenzen von 27.12 und 40.68 MHz beschichtet werden. Im Berichtsjahr standen die Gleichmässigkeit der Schichten und das Elektroden-Design im Vordergrund.

In einem neuen KTI-Start-up Projekt wird an der Fachhochschule Le Locle in Zusammenarbeit mit VHF-Technologies an der Entwicklung eines **kontinuierlichen (roll-to-roll) Fabrikationsprozesses** [4] von amorphen Solarzellen auf Kunststoffsubstraten gearbeitet. Mit einer in-situ Abscheidung sämtlicher Schichten auf einem 30 m langen, 30 cm breiten Polyimidsubstrat soll bei einem Wirkungsgrad von 3% eine Beschichtungskapazität von 2000 m²/Jahr erreicht werden. Im Berichtsjahr konnte der Reaktor (Bild 1) plangemäss in Betrieb genommen, und die Abscheidung der einzelnen Schichten in der erforderlichen Qualität realisiert werden. Als erste Produkte sind vorerst kleine elektronische Anwendungen vorgesehen.



Bild 1: Roll-to-roll Reaktor bei VHF-Technologies
Foto: VHF-Technologies

Am PSI wurde das Projekt zur Entwicklung von **Nieder-Bandgap-Zellen** [5] im Berichtsjahr fortgesetzt, wobei diese Zellen für die Anwendung in der Thermophotovoltaik vorgesehen sind. Dazu sind geeignete Kombinationen von Strahlungsquelle, Emitter, Filter und Photozelle notwendig. Es wurden spektral selektive Emittier auf der Basis von Oxyden seltener Erden (Yb, Er) bezüglich Emission charakterisiert. Selektive Filter sollen längerwellige Strahlung von der Photozelle abhalten und zum Emittier zurück reflektieren. Verschiedene Photozellen (Si, Ge) wurden unter AM 1.5 Strahlung sowie unter Emittierstrahlung beleuchtet und miteinander verglichen. Dabei treten deutliche Unterschiede auf, welche die unterschiedliche spektrale Empfindlichkeit dieser Zellen belegen.

In der Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ wurden verschiedene EU-Projekte zum Thema der Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern fortgesetzt: Das Projekt **LACTEL** [6] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es wurden die strukturellen und elektronischen Eigenschaften von CdTe-Schichten in Superstrat- bzw. Substratkonfiguration verglichen. Dabei erweist sich die Substratkonfiguration in Abhängigkeit des Zellrückkontaktes als komplexer. Das Projekt **CADBACK** [7] geht der Frage der Optimierung des Rückkontaktes weiter nach: Pufferschichten von Sb oder Sb_2Te_3 und Mo Metallschichten als Rückkontakt auf den CdTe-Zellen zeigten eine gute Stabilität des Wirkungsgrades (10-12%). Das Projekt **WIDE GAP CPV** [8] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Es wurden CIGS-Zellen in Superstratkonfiguration abgeschlossen; diese erreichten mit ca. 8% Wirkungsgrad gegenüber der Substratkonfiguration (15.8%) lediglich den halben Wirkungsgrad, was durch eine tiefe Ladungsträgerkonzentration erklärt wird. Durch die ZnO:Al-Schicht wird die für gute Schichten notwendige Na-Diffusion verhindert. Im Projekt **FLEXIS** [9] werden CIGS-Zellen auf flexiblen Substraten entwickelt. Im Jahr 1999 konnte auf Polyimid eine flexible Zelle kleiner Fläche mit 12.8% Wirkungsgrad abgeschlossen werden; in einem neuen Ansatz wird die Polymerschicht als Fenster nach der Solarzelle aufgebracht, wodurch höhere Prozesstemperaturen möglich werden. Bisher wurde mit diesem Konzept ein Wirkungsgrad von 8.5% erreicht; es wird erwartet, dass dieser Wert deutlich verbessert werden kann.

Farbstoffsensibilisierte, **nanokristalline Solarzellen** (Grätzel-Zellen) [10] bilden weiterhin ein Gebiet hohen Interessens: am ICP der EPFL wird an grundlegenden Aspekten wie der Sensibilisierung des Farbstoffes (spektrale Ausbeute) sowie der Verwendung eines festen Heteroübergangs zwischen der farbstoffsensibilisierten, porösen Oberfläche und einem festen Elektrolyten gearbeitet. Die Schwierigkeit besteht darin, den für den Ladungsaustausch zwischen diesen Materialien notwendigen intimen Kontakt sicherzustellen. In einem PSEL-Projekt werden **Frei-luftmessungen** [11] an farbstoffsensibilisierten Solarzellen vorbereitet, welche das Verhalten dieser Zellen unter realen Aussenbedingungen beschreiben sollen. Von besonderem Interesse ist das Verhalten unter UV-Strahlung. Zu diesem Zweck müssen die Zellen bzw. Kleinmodule hinreichend gut verpackt werden. Solaronix untersucht in einem EU-Projekt die **Langzeitstabilität** [12] von Farbstoffzellen. Im Berichtsjahr wurde dazu eine umfangreiche Messapparatur aufgebaut. Je nach Zusammensetzung des Elektrolyten konnten Einflüsse der UV-A-Strahlung beobachtet werden.

An der Universität Bern wurden die grundlegenden Arbeiten zu **Antennen Solarzellen** [13] 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. Als nächster Schritt soll die Ankoppelung der Antennen an einen geeigneten Halbleiter realisiert werden.

Die ganze Bandbreite der Schweizer Solarzellenforschung wurde im Berichtsjahr mit Unterstützung verschiedenster Institutionen fortgesetzt. Die Umsetzung in industrielle Produkte, sei es für Kleinanwendungen oder für Prozesse, nimmt zunehmend Form an, sodass Solarzellen der nächsten Generation „made in Switzerland“ keine Utopie mehr sind: In den nächsten Jahren bestehen berechnete Aussichten auf konkrete Produkte. Parallel dazu wird an den grundlegenden Konzepten der übernächsten Generation von Solarzellen gearbeitet.

Solarmodule und Gebäudeintegration (siehe auch P+D)

Im EU-Projekt **PV en face!** [14] am LESO der EPFL werden neue Lösungen zur Fassadenintegration erarbeitet. Praxisnah orientiert, sollen neue Befestigungssysteme entwickelt und getestet werden. In einem schrittweisen Vorgehen werden dazu Prototypen gebaut und geprüft. In der letzten Version konnten sowohl die mechanischen Anforderungen wie die Ästhetik zufriedenstellend gelöst werden. Als konkretes Ergebnis dazu soll im Frühling 2001 unter dem Titel SOLFACE ein neues Produkt kommerzialisiert werden.

Das Projekt **DEMOSITE** [15] zeigt nebeneinander zahlreiche Varianten der Photovoltaik Gebäudeintegration auf Flachdächern, Schrägdächern und Fassaden. Als internationales Projekt ist es in Task 7 von IEA PVPS eingebettet. Aufgrund der Möglichkeiten zum praxisnahen Vergleich konnten verschiedene Produkte bzw. Lösungen im Verlauf des Projektes angeregt oder verbessert werden. Im Berichtsjahr wurden drei neue Stände eingerichtet: SOLGREEN® (Bild 2), COLT und PIL-SIM. Das Projekt und detaillierte Informationen dazu können über Internet virtuell besucht und abgerufen werden (www.demosite.ch). Unter Verwendung des Internets soll auch die Weiterbildung mit einem Kurs zur Photovoltaik Gebäudeintegration vorangetrieben werden. Die Arbeiten bis und mit 1999 wurden in einem Schlussbericht zusammengefasst [37].



Bild 2: Gründach Photovoltaik Anlage mit Solgreen an der EPF Lausanne
Foto: LESO-EPFL

Im neuen EU-Projekt **HIPERB** [16] entwickelt Atlantis unter Verwendung von CIGS-Zellen eine neue Variante des Produktes SUNSLATES®. Das Projekt erlaubt, die konzeptionellen Änderungen durch die Verwendung von Dünnschicht-Solarzellen zu konkretisieren. Diese Entwicklung kann stellvertretend für eine Vielzahl neuer Produktlösungen der Photovoltaik Gebäudeintegration aufgeführt werden, welche durch den Einsatz von Dünnschicht-Solarzellen in den nächsten Jahren erwartet werden dürfen.

Weitere neue Konzepte und Produkte zur Photovoltaik-Gebäudeintegration wurden im Rahmen von P+D-Vorhaben erprobt (siehe unten).

Systemtechnik

Am LEEE-TISO an der SUPSI begann im Berichtsjahr eine weitere Projektphase zu **Qualitätssicherung und Energieertrag von Photovoltaik Modulen** [17]. In einem neuen Zyklus wurden unter Einsatz eines neuen Datenakquisitionssystems Messungen an 17 Modulen (7 sc-Si, 7 mc-Si, 2 a-Si und 1 CIS) in Angriff genommen (Bild 3). Erste Resultate zeigen bei einigen Produkten starke und kontinuierliche negative Abweichungen von der spezifizierten Leistung (>10%). Detaillierte Analysen wurden bei unterschiedlichen Einstrahlungen und Temperaturen durchgeführt. Ein Sonnen-Simulator der Klasse A wurde im Berichtsjahr in Betrieb genommen.

Damit sind fortan Messungen bei STC-Bedingungen auch für Dritte möglich. Eine Zertifizierung des Messlabors ist in Vorbereitung. Die Langzeitmessungen an drei hauseigenen Anlagen wurden im Berichtsjahr fortgesetzt. Ein neues EU-Projekt **MTBF-PV** [18] zusammen mit der Europäischen Prüfstelle in Ispra vertieft anhand der am TISO bestehenden, ältesten netzgekoppelten Photovoltaik Anlage Europas (10 kWp, 1982) die Langzeitanalysen. Es zeigte sich, dass eine grosse Mehrheit der Module eine Verfärbung der Einkapselungsmasse sowie Delaminationen aufweist. Trotzdem weisen die Module und die Anlage gute Produktionswerte auf. Es ist vorgesehen, sämtliche 273 Module einer ausführlichen Messung zu unterziehen, um statistisch belegbare Resultate zu erhalten.



Bild 3: Teststand für Modulprüfungen am LEEE-TISO
Foto: NET AG

Am PSI werden ebenfalls Messungen [38] unter **realen Betriebsbedingungen** durchgeführt; aufgrund der ausführlichen Analyse kann der Energieertrag von Photovoltaik Modulen unter Teillastverhalten parametrisiert werden. Es wurden auch Module mit neuen Technologien untersucht.

Am Photovoltaiklabor an der HTA Burgdorf wurde das Projekt **Qualitätssicherung von Photovoltaikanlagen** [19] abgeschlossen, wobei hier der Schwerpunkt auf den Wechselrichtern liegt. Um die Prüfmessungen flexibler durchführen zu können, wurde zum bisherigen 5 kW Solargenerator-Simulator ein neues Gerät mit bis zu 25 kW Leistung gebaut. Damit können auch grössere Wechselrichter rascher geprüft werden. Insgesamt wurden über die letzten 10 Jahre 27 netzgekoppelte Wechselrichter zwischen 100 W und 20 kW Eingangsleistung eingehend geprüft. Über diesen Zeitraum konnte infolge Markterfahrung und Produktverbesserungen eine deutliche Verringerung der Ausfallquote festgestellt werden. Mit Unterstützung der Gesellschaft Mont Soleil, den Elektrizitätswerken von Burgdorf (neu Localnet AG) und Elektra Baselland, sowie des BFE, konnte eine Fortsetzung der **Langzeitbeobachtungen** [20] an einem breiten Park von 38 Photovoltaik Anlagen sichergestellt werden. Neu wird im Messprogramm der HTA Burgdorf auch die Anlage auf dem Mont Soleil aufgenommen. Das EU-Projekt **PV-EMI** [21] wurde im Berichtsjahr abgeschlossen. Ausführliche Messungen der durch Blitzeinschlag induzierten Spannungen wurden in Abhängigkeit von Modulrahmen, Aluminiumrückfolie und Bypassdioden ausgeführt. Ebenso wurden DC-seitige HF-Emissionen analysiert und neue Impedanzwerte für die Netznachbildung vorgeschlagen.

Damit liegt das Schwergewicht in der Systemtechnik 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.

Diverse Projekte und Studien

Die Vorarbeiten zur kombinierten Nutzung von Photovoltaik und thermischer Solarenergie in einem **PV/T Hybridkollektor** [22] wurden am LESO der EPFL abgeschlossen. Die Anforderungen an die Strahlungsabsorption des amorphen Siliziums über das gesamte Spektrum (Wärmeerzeugung) und das Verhalten bei Stagnationstemperaturen bis 210 °C konnten an einzelnen Prüflingen und Materialkombinationen grundsätzlich nachgewiesen werden. Es zeigt sich, dass diese kombinierte Anwendung für eine optimale Lösung weitere Entwicklungsarbeiten benötigt, welche durch eine klare Marktausrichtung geleitet werden muss. Für den PV/T Hybridkollektor ist in erster Linie die thermische Anwendung die Leitgrösse, aus welcher sich ein Marktpotential ergibt.

TNC konnte die Arbeiten des EU-Projektes zum **Potential der Photovoltaik auf Lärmschutzwänden** [23] entlang von Strassen und Schienen in 6 Ländern Europas mit einem Schlussbericht abschliessen. Das technische Potential wird in der Studie zu 584 MWp entlang von Strassen und 217 MWp entlang der Eisenbahn ermittelt. Als kurzfristig realisierbar gelten in Deutschland, Holland und der Schweiz 140 MWp (Strassen) und 145 MWp (Eisenbahn).

Im EU-Projekt **PVSAT** [24] wird von Enecolo an der Fernüberwachung von Photovoltaik Anlagen unter Nutzung von Satellitenbildern gearbeitet. Im Berichtsjahr wurde eine Projektdatenbank mit 70 Projekten in Deutschland, Holland und der Schweiz erstellt und der Ertrag dieser Anlagen mit der PVSAT-Software überwacht. Es zeigt sich, dass in der Regel eine Vorhersage innerhalb $\pm 10\%$ des tatsächlichen Ertrags möglich ist. Das neue EU-Projekt **ENERBUILD** [25] wird als thematisches Netzwerk zwischen 57 Partnerinstitutionen die in Europa bezüglich Energie im Gebäude laufenden RTD-Aktivitäten erfassen und die Zusammenarbeit in diesem Gebiet verstärken. Es werden Informationen aus allen Technologien zum Thema Energie im Gebäude zusammengetragen und in Hinsicht auf künftige Schwerpunkte und die Marktentfaltung verarbeitet. Enecolo ist dabei für das Arbeitspaket *Photovoltaik in Gebäuden* verantwortlich.

Im EU-Projekt **PHOTO-VENT** [26] arbeitet Atlantis an einem mittels Photovoltaik betriebenen, intelligenten Ventilationssystem zur natürlichen Belüftung von Gebäuden.

ESU-Services hat in einer Literaturstudie zu **Umweltaspekten der Photovoltaik** [27] die aktuellsten Daten zu diesem Thema zusammengetragen und daraus Gebiete mit weiterem Handlungsbedarf identifiziert, besonders in Hinsicht auf die Energie- und Stoffflüsse einzelner Produktionsprozesse. Gegenüber einer Beurteilung im Jahr 1996 ist aber der Bedarf nichterneuerbarer energetischer Ressourcen für die betrachteten Beispiele deutlich zurückgegangen. Die Thematik der Ökobilanzierung der Photovoltaik ist auch im Zusammenhang mit den Labels für umweltgerechte Elektrizität zu sehen.

Im EU-Projekt **Multi-user solar hybrid grids** [28] werden an der Universität Zürich die sozialwissenschaftlichen Aspekte der Solarstromversorgung in netzfernen Dörfern untersucht. Im Vordergrund stehen die Auswirkungen einer solchen Energieversorgung auf die soziale Organisation der nutzenden Gruppe.

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. Berichte und Publikationen zu diesem Programm können von der entsprechenden Website (www.iea-pvps.org) abgerufen werden.

Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1, welcher allgemeine **Informationsaktivitäten** [29] zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 1999 [80] erstellt; auf dieser Grundlage wurde die 5. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [81]. Der IEA PVPS-Newsletter [82] informiert regelmässig über die Arbeiten im und rund um das IEA-Programm. Zum Thema der Wertbetrachtung der Photovoltaik wurde in Glasgow anlässlich der 16. Europäischen PV-Konferenz ein weiterer Workshop organisiert.

In Task 2 über **Betriebserfahrungen** [30] ist TNC der Schweizer Experte. Im Berichtsjahr wurde die internationale Datenbank vollständig überarbeitet und mit neuen Anlagen aktualisiert. Ausgewählte Anlagen mit längerer Betriebserfahrung sollen in Zukunft als Fallstudien analysiert werden. Die Resultate der Analysen bis 1999 wurden in einem umfassenden Schlussbericht [37] festgehalten.

Dynatex beteiligt sich an den Arbeiten in Task 3 über **Inselanlagen** [31]. Schwerpunkte der Aktivitäten dieses Projektes bilden die Qualitätsverbesserung und die Zuverlässigkeit von autonomen Photovoltaik Anlagen sowie technische Fragen in hybriden Systemen und Batterien [83, 84]. In der Schweiz wurde im Berichtsjahr ein Workshop durchgeführt, welcher sich mit Qualitätssicherungsfragen befasste.

Das EWZ stellt den Schweizer Beitrag in Task 5 zu technischen Fragen der **Netzankoppelung** [32] von Photovoltaik Anlagen. Eine Übersicht der nationalen Vorschriften zur Netzanbindung wurde im Berichtsjahr aktualisiert. Die Inselbildung von Photovoltaik Anlagen wird im Rahmen von umfangreichen Abklärungen weiter untersucht. Das Verhalten von elektrischen Netzen mit hoher Durchdringung von Photovoltaik Anlagen wird mit Computerprogrammen simuliert.

Task 7 zur **Integration der Photovoltaik in den bebauten Raum** [33] wird von Enecolo betreut. Eine Datenbank mit 450 gebäudeintegrierten Projekten kann unter www.task7.org eingesehen werden. Weitere Beiträge aus Sicht des Designs befassen sich mit Fallstudien, Beispielen und Hilfsinstrumenten. Dazu konnte aus der Schweiz die Software PVSYST 3.0 [75] beige-steuert werden. Der Subtask zu den technischen Aspekten wird durch die Schweiz koordiniert. Nicht-technische Aspekte werden ebenfalls bearbeitet und es wurde ein erster Bericht [85] darüber publiziert. Aus der Schweiz wird durch NET ein Beitrag zu Fragen des Potentials der Photovoltaik geleistet. Im Berichtsjahr fanden breite Informationsaktivitäten statt: die Solar Electric Buildings Conference, ein Design-Wettbewerb und aus der Schweiz das Projekt DEMOSITE an der EPFL (siehe oben). Mehrere Schweizer Projekte erhielten im Design-Wettbewerb Auszeichnungen.

Mit Unterstützung des Staatssekretariats für Wirtschaft (seco) leistet Entec den Schweizer Beitrag zu Task 9 über die **Photovoltaik Entwicklungszusammenarbeit** [34]. Die Arbeiten zur Formulierung von Empfehlungen in Hinsicht auf die Anwendung der Photovoltaik in Entwicklungsländern wurden konkretisiert und erste Entwürfe dazu ausgearbeitet. Die Schweiz ist in diesem Projekt für die Koordination der Arbeiten mit multilateralen und bilateralen Organisationen verantwortlich. Im nationalen Rahmen wird angestrebt, die Schweizer Photovoltaik vermehrt in dieses wichtige Gebiet einzubringen.

Alpha Real vertritt die Schweiz im TC 82 der IEC und leitet die entsprechende Arbeitsgruppe, welche internationale **Normenvorschläge** [74] für Photovoltaiksysteme vorbereitet und verabschiedet. Alpha Real beteiligt sich ausserdem an **PV-GAP (PV Global Approval Program)** [35], einem weltweiten Programm zur Qualitätssicherung und Zertifizierung von Photovoltaik Systemen. Im Berichtsjahr konnten Fortschritte erzielt werden in Bezug auf eine wachsende Akzeptanz von PV-GAP in der Industrie und in Finanzkreisen sowie für vereinfachte Prozeduren zur Erlangung der PV-GAP Labels (Mark / Seal). Erste Produkte konnten erfolgreich zertifiziert werden.

3. Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde die vielfältige nationale Zusammenarbeit anlässlich von Projekten und Veranstaltungen weiter gepflegt. In Zusammenarbeit mit der Industrie konnten neue Projekte in Angriff genommen werden. Erwähnenswert sind zudem themenspezifische Workshops und die Nationale Photovoltaik Tagung in Neuchâtel. Anlässlich dieser allgemein beliebten Tagung findet ein intensiver Erfahrungsaustausch statt, Diskussionen können vertieft und neue Ideen und Ansätze ausgetauscht werden. Damit besteht zwischen Forschung und Anwendung aber ebenso zwischen Fachkreisen, Elektrizitätswirtschaft und Behörden ein reger Austausch.

Auf Programmebene konnte die Zusammenarbeit mit vielen Stellen des Bundes, der Kantone und der Elektrizitätswirtschaft weiter ausgebaut werden. Besonders hervorzuheben sind dazu der stete Austausch mit dem BBW, der KTI, dem BUWAL, der DEZA und dem seco sowie dem VSE, dem PSEL und der Gesellschaft Mont Soleil. Insgesamt konnte dadurch die Projekt-tätigkeit im Programm Photovoltaik noch breiter abgestützt werden.

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 Zusammenarbeit innerhalb der EU mit vielen Projekten fortgesetzt werden: Im Jahr 2000 waren es 15 Projekte in der Forschung und 4 Projekte im Programm Energie der EU. Weitere Projekte finden in den Programmen Altener und mit der ESA statt. Mit der Annahme der bilateralen Verträge sollte sich die Stellung von Schweizer Partnern in EU-Projekten in Zukunft noch verbessern. Mit den verantwortlichen Stellen in Brüssel wird dazu ein regelmässiger Austausch gepflegt. Neue Kontakte wurden mit weiteren internationalen Stellen mit Bedeutung für die Entwicklungszusammenarbeit etabliert (Weltbank, GEF, IFC, UNDP, GTZ, KfW u.a.). Es kann insgesamt festgestellt werden, dass die Schweiz im internationalen Umfeld der Photovoltaik nach wie vor eine gute Position belegt.

5. P+D Projekte

Übersicht

Insgesamt waren im Jahr 2000 im Photovoltaik P+D Bereich 43 Projekte aktiv. Dazu befanden sich anfangs 2001 im PV P+D Programm des Bundesamts für Energie nochmals rund 10 Projekte in der näheren Abklärung. Die P+D Aktivitäten verteilten sich auf die Bereiche Pilotanlagen, Komponentenentwicklung, Messkampagnen und auf Studien und Hilfsmittel. Die pilotmässige Erprobung neuer Komponenten bei P+D Anlagen im Massstab 1:1 bildete einen klaren Schwerpunkt. Thematisch behandelten mehr als die Hälfte der Projekte den Bereich der **Photovoltaik Gebäudeintegration**. Die andern Projekte verteilten sich auf die Bereiche Wechselrichtertechnologie, Schallschutz, frei aufgestellte Anlagen, Messungen zu diversen Anlagen, Qualitätssicherung und PV Planungshilfsmittel.

Die insgesamt hohe Qualität der Schweizer P+D Projekte zeigt sich im wachsenden Markterfolg dieser Produkte im In- und Ausland. Regelmässig finden Schweizer P+D Projekte auch international Anerkennung, was für die Qualität dieser Projekte spricht. Beispiele dafür sind unter anderem:

- SOLRIF **SOLar Roof Integration Frame** [41] (Bild 4)
- LonWorks als Feldbus für PV-Anlagen [44] (Bild 5)
- Sonnensegel Münsingen [62]



Bild 4: Dachintegration mit SOLRIF
Foto: Enecolo AG



Bild 5: Wechselrichterprototyp mit LON Knoten, Foto: NET AG

P+D Projekte 2000

Neue P+D Projekte

Im Jahr 2000 wurden im PV P+D Programm 10 neue Projekte begonnen. Schwerpunkt blieb der Sektor Anlagen mit der Hälfte der neuen Projekte. Vom Standpunkt der Gebäudeintegration her interessant ist das thermisch isolierte Metallfalzdach kombiniert mit amorphen Trippelzellen [55] (Bild 6). Die gewonnenen Erfahrungen flossen direkt in die Weiterentwicklung dieses Konzepts ein. Die erste Realisierung einer Anlage der neuesten Generation ist für Sommer 2001 geplant. Nach den positiven Erfahrungen im Labor und nach einem Test mit 3 Wechselrichtern mit LonWorks als Kommunikationsplattform [44] (Phase 1, Bild 5) in einer Anlage, wurde am 19. Februar 2001 eine 250 kWp Anlage mit 68 Wechselrichtern dieses Typs (Phase 2) in Betrieb genommen. Erwähnenswert ist die Tatsache, dass bei der Schlusszusammenfassung des 15. PV Symposiums 2000 in Staffelstein der Wechselrichter mit LON Kommunikationsplattform als eines der Highlights der Ausstellung explizit erwähnt worden ist. Die Testfahrten eines Passagierschiffes für 200 Personen (Bild 7), das seine Antriebsenergie vom 20 kWp Photovoltaik Schiffsdach (autonome Anlage) bezieht, werden im Sommer 2001 beginnen [66].



Bild 6: PV Metallfalzdach thermisch isoliert
Foto: NET AG



Bild 7: Darstellung des Solarschiffs,
(© Dransfeld, dyne design engineering gmbh)

Bei den im Jahre 2000 angefangenen Projekten handelt es sich um:

Anlagen

- ◆ 3 kWp PV Eurodach amorph (Thermisch isoliertes PV Metallfalzdach mit amorphen Trippelzellen, Gebäudeintegration; Leitung: PAMAG Engineering) [55]
- ◆ 80 kWp PV Schallschutzanlage A1 Safenwil (Kombination einer Photovoltaik - Holzschallschutzwand, modular aufgebaut aus teilweise vormontierten Elementen; Leitung: Eko tech AG) [59]
- ◆ 10 dachintegrierte PV Kleinsysteme (Integrierte PV Kleinanlage (240 Wp) meist in Kombination mit einer thermischen Anlage, Gebäudeintegration; Leitung: Ernst Schweizer Metallbau AG) [56]
- ◆ PV gestütztes, elektrisch angetriebenes Passagierschiff (Katamaran mit einer Kapazität für 200 Passagiere mit einer autonomen 20 kWp Anlage für die Versorgung des elektrischen Antriebs; Leitung: Minder Energy Consulting) [66]
- ◆ 250 kWp PV Anlage ausgerüstet mit LonWorks (Phase 2) Feldbus-Wechselrichtern (pilotmässiger Einsatz von 68 PV Wechselrichter mit LON Knoten für den Datenaustausch und die Überwachung der Anlage; Leitung: Sputnik Engineering AG) [44]

Komponentenentwicklung

- ◆ Optimierung System Solgreen (Systemoptimierung in Bezug auf Kosten, Montagefreundlichkeit und Material, Gebäudeintegration; Leitung: Enecolo AG) [46]
- ◆ Solardachschiefer Sunplicity (Entwicklung eines PV Dachschiefers unter Berücksichtigung von hoher Robustheit, Alterungsbeständigkeit, einfacher Montage und einfacher Verkabelung, Gebäudeintegration; Leitung: Alpha Real AG) [47]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ HORIZsolar Phase II (Exakte digitale Erfassung und Verarbeitung des Horizonts für Sonnenenergie Anlagen, Umsetzung, PV-Hilfsmittel; Leitung: Energiebüro) [77]
- ◆ Machbarkeitsstudie Photovoltaik Anlage Stadion Wankdorf (Grundlagen für die Realisierung einer grossen PV Anlage mit Dünnschichttechnologie, Studie; Leitung: Ingenieurbüro Hostettler) [78]
- ◆ PV City Guide (Realisierungen von PV Anlagen im städtischen Raum; Leitung Schweizer Beitrag: NET AG) [79]

Laufende P+D Projekte

Von den laufenden P+D Projekten im Anlagenbereich sind aus architektonischer Sicht Anlagen mit transparenten, zum Teil als Isoliergläser ausgebildeten Modulen besonders hervorzuheben (Kantonsschule Stadelhofen [64] (Bild 8), PV Dächer Altstadt Unterseen [53] (Bild 9), Sheddachintegration Domdidier [48]). Gerade die Photovoltaik-Isoliergläser enthalten durch Nutzung der bestehenden Haltekonstruktionen und durch den Ersatz von konventionellen Isoliergläsern (ev. in Kombination mit Beschattungsvorrichtungen) ein erhebliches Kostenreduktionspotential, was neuere Anlagen dieser Art ohne P+D Unterstützung belegen. Im Bereich Unterkonstruktion besteht allgemein eine Nachfrage nach preiswerten Produkten, die nach Möglichkeit durch einfachste Montage der Module weitere Kosteneinsparungen mit sich bringen, wie das 32 kWp Schrägdach in Hünenberg zeigt [54].

Aus den übrigen Bereichen sind u.a. interessante Ergebnisse in Bezug auf die Ertragssteigerung von Modulen mit speziell beschichteten Gläsern [73] und die Umsetzung verbesserter Qualitätssicherungsmaßnahmen [76] zu erwarten.



Bild 8: Isolierglasmodul Kantonsschule Stadelhofen, Foto: NET AG



Bild 9: PV Dächer Altstadt Unterseen Foto: NET AG

Die laufenden Projekte umfassen:

Anlagen

- ◆ Hybride 7 kWp PV Anlage Domdidier, (hybride Anlage Strom - Warmluft, Gebäudeintegration; Leitung: GEIMESA) [48]
- ◆ 6.4 kWp Anlage integriert ins Dach des Instituts de Microtechnique in Neuenburg (PV Elemente mit amorphen Zellen, Gebäudeintegration; Leitung: IMT) [49]
- ◆ Drei 10 kWp Photovoltaik Schallschutzanlagen entlang der Autobahn (Kombination Photovoltaik - Schallschutz, 3 Prototyp-Anlagen; Leitung: TNC Consulting) [58]
- ◆ Héliotrope, 3 x 2 kWp PV Anlagen Le Locle (direkter Vergleich identischer, aber unterschiedlich montierter (gebäudeintegriert, frei, nachgeführt) Anlagen; Leitung: EICN, Le Locle) [61]
- ◆ 10 kWp Anlage 'SolGreen' integriert in ein Gründach (neu entwickelte Unterkonstruktion für Gründächer, Flachdachintegration; Leitung: ars solaris hächler) [57]
- ◆ 3,1 kWp Dachintegration mit Sunslates (autonome Anlage, Gebäudeintegration; Leitung: Atlantis Solar Systeme AG) [51]
- ◆ Héliotram, 800 kWp PV Anlagen Lausanne/Genf mit DC-Direkteinspeisung ins Tramnetz (Leitung: Sunwatt Bio Energie SA) [68]
- ◆ 151 kleine, netzgekoppelte PV Anlagen (Kleinanlagen mit Strangwechselrichtern, Gesamtleistung 200 kWp, davon 30 kWp in der Schweiz; Leitung Schweizer Beitrag: Phébus Suisse) [67]
- ◆ 3 kWp Anlage Ferme Amburnex (mobile Inselanlage mit Hilfs-Dieselaggregat zur elektrischen Versorgung einer Alp, autonome Anlage; Leitung: Services Industriels Lausanne) [63]
- ◆ 23.5 kWp PV Anlagen Kantonsschule Stadelhofen (PV Isolierglas- und Beschattungsanlagen, Gebäudeintegration; Leitung: TNC Consulting) [64]
- ◆ 6 kWp PV Dächer Altstadt Unterseen (PV Integration in Alstadthäuser, Gebäudeintegration; Leitung: Industrielle Betriebe Interlaken) [53]
- ◆ PV Anlage Strafanstalt Wauwilermoos (PV Demonstrationsanlage; Leitung: Kantonale Fachstelle für Energiefragen Luzern) [65]
- ◆ 32 kWp Anlage EG Hünenberg (PV Anlage mit neuer, kostengünstiger Unterkonstruktion für Standardmodule; Leitung: Urs Bühler Energy and Engineering) [54]

Komponentenentwicklung

- ◆ Modulaufständigung SOLight (leichte Unterkonstruktion für Flachdachanlagen; Leitung: Energiebüro) [43]

Messkampagnen

- ◆ Visualisierung und Auswertung der PV Anlage auf dem Rothorn; (Leitung: HTA Chur) [69]
- ◆ 1 Megawatt Solarkette der NOK (normierte Daten 1997 - 2001; Leitung Axpo) [70]
- ◆ Messkampagne Mark I (100 kWp Anlage A 13; Leitung: TNC Consulting AG) [72]
- ◆ 47.5 kWp Anlage IBM (schmutzabweidende Oberflächenbeschichtung der Module, Flachdachanlage; Leitung: Amstein & Walthert, Zürich) [73]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ Normenarbeit PV Systeme (Leitung: Alpha Real) [74]
- ◆ GRS Garantierte Resultate bei PV Systemen (EU Altener Projekt, Qualitätssicherung; Leitung Schweizer Beitrag: Energiebüro) [76]

Im Jahr 2000 abgeschlossene P+D Projekte

Bei den in diesem Jahr abgeschlossenen Projekten fiel das Projekt Sonnensegel Münsingen [62] besonders durch die hohe Medienpräsenz auf, was die Anstrengungen der Projektmitarbeiter in diesem Gebiet widerspiegelt. Hervorzuheben ist auch der neu entwickelte Dachintegrationsrahmen SOLRIF (Bild 4) für Standardmodule [41], der im In- und Ausland bis Ende 2000 bei dachintegrierten Anlagen mit einer Gesamtleistung von rund 250 kWp eingesetzt wurde. Abgeschlossen wurde auch die Überarbeitung der PV Software PVSYST 3.0 [75]. Dieses Auslegungs- und Simulationsprogramm wurde in der Ausgabe Photon 1-2000 als eines der leistungsfähigsten Programme dieser Art bezeichnet. Gut die Hälfte der im Jahr 2000 abgeschlossenen P+D Projekte haben die Marktumsetzung noch vor sich oder stehen ganz am Anfang davon. Die nächsten Jahre werden zeigen, welche Prototypen sich zu marktfähigen Produkten weiterentwickeln und sich im Markt etablieren können.

Die im Jahr 2000 abgeschlossenen P+D Projekte umfassen:

Anlagen

- ◆ 4.8 kWp Anlage mit SOLRIF Modulen (neu entwickelter Modulrahmen für die Dachintegration von Standardmodulen, Gebäudeintegration; Leitung: Enecolo AG) [52]
- ◆ 8 kWp Sonnensegel Münsingen (PV Anlage mit besonderer Erscheinungsform, Demonstrationsanlage; Leitung: Verein Sonnensegel Münsingen) [62]
- ◆ 16.3 kWp Anlage mit PV AC-Modulen integriert ins Dach eines Bauernhauses in Iffwil (PV Elemente mit integrierten Wechselrichtern, hybride Anlage Strom - Warmluft, Gebäudeintegration; Leitung: Atlantis Energie) [50]
- ◆ AC-Schallschutzanlage Amsterdam (Kombination Wechselstrom-Module und Schallschutz; Leitung Schweizer Beitrag: TNC Consulting) [60]

Komponentenentwicklung

- ◆ LonWorks als Feldbus für PV Anlagen Phase 1 (Entwicklung eines Wechselrichters mit LonWorks Inverter-Knoten, standardisierter Datentransfer bei PV Anlagen; Leitung: Sputnik Engineering AG) [44]
- ◆ SOLRIF: Rahmen für Standardmodule zur Dachintegration (Gebäudeintegration; Leitung: Enecolo) [41]
- ◆ SOLMAX (Schalenförmige Unterkonstruktion aus recyceltem Kunststoff für grosse PV Module im Bereich Flachdachanlagen; Leitung Solstis Sàrl) [45]
- ◆ Photovoltaik-Aussenisolationselemente für Dach und Fassade (Gebäudeintegration; Leitung: ZAGSOLAR) [42]
- ◆ 2 kWp Anlage mit Modulwechselrichtern, (Anlage mit neu entwickelten Wechselstrom PV Modulen; Leitung: Ingenieurschule HTA Biel) [40]

Messkampagnen

- ◆ 180 kWp Anlagen der UBS Suglio (Vergleich verschiedener Anlagekonzepte; Leitung: Enecolo AG) [71]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- ◆ HORIZsolar Phase I (Exakte digitale Erfassung und Verarbeitung des Horizonts für Sonnenenergie Anlagen, PV Hilfsmittel; Leitung: Energiebüro) [77]
- ◆ PVSYST V3; ergonomie et fonctionnalité (Folgeprojekt von PVSYST 2.0; Leitung: EPFL) [75]

6. Transfer in die Praxis

Der Transfer in die Praxis konnte auch im Berichtsjahr fortgesetzt werden; besonders hervorzuheben sind neue Projekte zur Umsetzung im Bereich der Dünnschicht-Solarzellen und der Farbstoffzellen. Hier konnte mit bestehenden und neu gegründeten Unternehmen eine Zusammenarbeit aufgebaut werden, welche einen Schritt weiter in Richtung des lang angestrebten Zieles Solarzellen „made in Switzerland“ führt. Weitere Industrieunternehmen sehen konkrete Schritte in diese Richtung vor.

Nebst diesen zellenorientierten Projekten findet eine kontinuierliche Umsetzung im Bereich der Komponenten für die Gebäudeintegration statt. Fortgeschrittene und zuverlässigere Wechselrichter werden zu immer günstigeren Preisen angeboten; dies belegt, dass die Umsetzung in diesem Bereich bereits weit fortgeschritten ist. Insgesamt können mit der breiten Programmabstützung, besonders aber mit neuen KTI-Projekten und der Erprobung in P+D-Projekten wichtige Beiträge zur Umsetzung geleistet werden.

Ende 2000 dürften in der Schweiz Photovoltaik Anlagen mit einer Leistung von insgesamt rund 15 MWp im Betrieb sein, wovon ca. $\frac{3}{4}$ netzgekoppelt sind. Der Anteil der Inselanlagen beträgt demnach ca. $\frac{1}{4}$ der installierten Leistung und umfasst schätzungsweise 30'000 kleine Inselanlagen. Die Gesamtleistung von 15 MWp ist zwar deutlich vom 50 MWp-Ziel von Energie 2000 entfernt, entspricht aber immer noch einer der weltweit höchsten installierten pro Kopf Leistungen. Ebenso kann eine kontinuierliche Kostenreduktion festgestellt werden.

7. Bewertung 2000 und Ausblick für 2001

Das Jahr 2000 stand zweifellos im Zeichen der eidgenössischen Abstimmungen vom 24. September 2000, geprägt von grossen Hoffnungen vor der Abstimmung und entsprechender Enttäuschung nach dem negativen Ausgang. Für die im vorliegenden Bericht diskutierte Forschung, Entwicklung und Demonstration hat der Ausgang dieser Abstimmungen keinen unmittelbaren Einfluss; an der Notwendigkeit einer anhaltenden Forschung und Entwicklung bestanden grundsätzlich von keiner Seite Zweifel. Die finanziellen Mittel sollten demzufolge in derselben Grössenordnung vorliegen oder zu mobilisieren sein wie bisher. Angesichts einer weiterhin angespannten Finanzlage ist eine breite Programmabstützung jedoch unabdingbar.

Aus technologischer Sicht wie auch aus der Perspektive der Umsetzung kann – wie die aufgeführten Beispiele belegen – das Jahr 2000 als Erfolg gewertet werden. Die Diskussionen und Medienberichte rund um die Abstimmungen sowie ein wachsendes Bewusstsein für das weltweite Marktwachstum der Photovoltaik hatten in vielen Kreisen eine erhöhte Beachtung zur Folge. Konkretes Interesse konnte aus Industrie und Finanzkreisen verzeichnet werden. Diese Feststellung gilt unabhängig vom Ausgang der Abstimmungen vom 24. September und belegt die internationale Dimension der Photovoltaik auch in der Schweiz.

Eine hohe Präsenz der Schweizer Photovoltaik erfolgte an der 16. Europäischen Photovoltaikkonferenz in Glasgow [86]. Die Nationale Photovoltaiktagung, welche im Berichtsjahr in Neuchâtel [87] stattfand, konnte ihrerseits die vielfältigen Aspekte rund um die Photovoltaik aus Schweizer Sicht belegen und wird als Treffpunkt allgemein sehr geschätzt.

Als Ausblick für 2001 kann aufgrund all dieser Feststellungen erwartet werden, dass die Schweizer Photovoltaik nicht stehen bleibt: Interessante Entwicklungen sind seitens der Industrie zu erwarten, die internationale Ausrichtung wird noch weiter ausgeprägt werden und der Markt dürfte aufgrund der weiteren Verbreitung der Solarstrombörsen im bisherigen Umfang bleiben. Die Entwicklung wird damit insgesamt nicht so schnell vor sich gehen wie erhofft aber sie geht zweifellos in die gewünschte Richtung. Der Informationsaustausch soll mit thematischen Workshops vertieft werden. Um dem zunehmenden Informationsbedürfnis gerecht zu werden, wird zudem eine der Photovoltaik gewidmete, umfassende Website www.photovoltai.ch aufgeschaltet.

8. Liste der Forschungsprojekte und Internetseiten

- [1] A. Shah, IMT, UNI - Neuchâtel: **Technologische Weiterentwicklung der mikromorphen Solarzellen.** (JB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] A. Shah, IMT, UNI - Neuchâtel: **Integration of Antennas with Solar Cells (SOLANT) Advanced Solar Antennas (ASOLANT).** (JB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] Ch. Hollenstein, CRPP / EPF - Lausanne: **Large area and high-throughput coating system (PECVD) for silicon thin-film solar cells.** (JB) <http://www.epfl.ch>
- [4] G. Frosio, H. Keppner, EICN - Le Locle / D. Fischer, P. Torres, A. Closset, VHF-Technologies - Le Locle: **Industrial fabrication process for the manufacturing of flexible solar cells on thin plastic film designed to supply autonomous electronic devices.** (JB) / <http://www.vhf-technologies.com>
- [5] J. Gobrecht, PSI - Villigen: **Entwicklung von low-bandgap photovoltaischen Zellen.** (JB) / <http://www.psi.ch/LMN>
- [6] H. Zogg, A. N. Tiwari, IQE / ETH - Zürich: **Large Area Cadmium Telluride Electro deposition For Thin Film Solar Cells (LACTEL).** (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch>
- [7] A. N. Tiwari, H. Zogg, IQE / ETH - Zürich: **The CdTe thin film solar cell-improved back contact (CADBACK).** (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch>
- [8] H. Zogg, A. N. Tiwari, IQE / ETH - Zürich: **Wide gap chalcopyrites for advanced photo voltaic devices (WIDE GAP CPV).** (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch>
- [9] A. N. Tiwari, H. Zogg, IQE / ETH - Zürich: **CIS thin film solar cells on flexible substrates (FLEXIS).** (JB) / <http://www.tfp.ethz.ch>
- [10] M. Grätzel, ICP2 / EPF - Lausanne: **Dye sensitised nanocrystalline solar cells.** (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [11] M. Grätzel, ICP2 / EPF - Lausanne: **Freiluftmessungen von Solarzellen neuer Technologie.** (JB) / <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [12] A. Meyer, Solaronix SA, Aubonne **Long Term Stability of Dye Solar Cells for Large Area Power Applications LOTS-DSC.** (JB) / <http://www.solaronix.ch>
- [13] G. Calzaferri, Departement für Chemie und Biochemie, UNI - Bern: **Photochemische, Photoelektrochemische und Photovoltaische Umwandlung und Speicherung von Sonnenenergie.** (JB) / <http://iacrs1.unibe.ch>
- [14] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **PV en face!** (JB) / <http://lesomail.epfl.ch/>
- [15] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **Demosite and Demostie Flat Roofs (part IV).** (JB) / <http://www.demosite.ch/page/index.html>
- [16] R. Neukomm, Atlantis Solar Systeme AG, Bern: **HIPERPB: High Performance Photo voltaics in Buildings.** (JB) / <http://www.atlantisenergy.ch>
- [17] G. Travaglini, LEEE, SUPSI - DCT, Canobbio: **Qualità e resa energetica di moduli ed impianti fotovoltaici TISO - periode VI: 2000-2002.** (JB) / <http://www.leeedct.supsi.ch>
- [18] G. Travaglini, SUPSI - Canobbio: **Mean Time Before Failure of Photovoltaic modules (MTBF-PV_m).** (JB) / <http://www.leeedct.supsi.ch>
- [19] H. Häberlin, HTA - Burgdorf: **Qualitätssicherung von Photovoltaikanlagen.** (JB, SB) / <http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-indd.htm>
- [20] H. Häberlin, HTA - Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten Photovoltaik anlagen 2.** (JB) / <http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-inde.htm>

- [21] H. Häberlin, HTA - Burgdorf: **PV - EMI : Development of standard test procedures for electro-magnetic interference (EMI) tests and evaluations on photovoltaic components and plants.** (JB) / <http://www.hta-bu.bfh.ch/e/pv/pv-inde.htm>
- [22] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **New Generation of Hybrid Solar PV/T Collectors.** (JB) / <http://lesomail.epfl.ch/>
- [23] Th. Nordmann, TNC Consulting, Erlenbach: **EU PVNB POT: Evaluation of the potential of pv noise barrier technology for the electric production and market share.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [24] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **PVSAT: Remote performance check for grid connected PV systems using satellite data.** (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [25] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **Thematic Network: Energy in the Built Environment (EnerBuild).** (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [26] A. Eckmanns, Atlantis Solar Systeme AG, Bern: **PHOTO-VENT: Development of PV-powered smart natural ventilation devices.** (JB) / <http://www.atlantisenenergy.ch>
- [27] R. Frischknecht, N. Jungbluth, ESU-Services, Uster: **Literaturstudie Ökobilanz Photovoltaikstrom und Update der Ökobilanz für das Jahr 2000.** (SB) / <http://www.esu-services.ch>
- [28] H. -J. Mosler, UNI - Zürich: **Combined Project on Multi-User Solar Hybrid Grids.** (JB) / <http://www.psych.unizh.ch/sozpsy>
- [29] P. Hüsler, Nova Energie GmbH, Aarau: **SWISS Contribution to the IEA Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems (PVPS), TASK 1.** (JB) / <http://www.novaenergie.ch>
- [30] A. Frölich, L. Clavadetscher, Th. Nordmann, TNC Consulting AG, Erlenbach: **IEA: Photovoltaic Power Systems (PVPS), TASK II.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [31] M. Villos, Dynatex SA, Morges: **IEA PVPS Task III: Use of photovoltaic systems in stand-alone and island applications.** (JB) / <http://www.task3.pvps.iea.org/>
- [32] S. Taiana, EWZ - Zürich: **IEA PVPS TASK V: Grid Interconnection of Building- Integrated and other dispersed Photovoltaic Power Systems.** (JB) / <http://www.ewz.ch>
- [33] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **IEA PVPS TASK VII: Photovoltaic Power Systems in the Built Environment.** (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [34] S. Nowak, NET AG, St. Ursen: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task IX.** (JB)
- [35] M. Real, Alpha Real AG, Zürich: **Global Approval Programm - PV GAP.** (JB) / <http://www.pvgap.org>
- [36] A. Shah, IMT, UNI - Neuchâtel: **Feasibility Study Micromorph Solar Cell.** (SB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [37] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **Demosite and Demosite Flat Roofs- Phase III.** (SB) / <http://lesomail.epfl.ch/>
- [38] W. Durisch, PSI, Villigen: **Characterisation of Photovoltaic Generators.** / <http://www.psi.ch/>

(JB) Jahresbericht 2000 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

9. Liste der P+D Projekte und Internetseiten

- [40] V. Crastan, HTA Biel: **Pilotanlage 2 kWp für modulintegrierte Wechselrichter.** (JB, SB)
- [41] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **SOLRIF (Solar Roof Integration Frame).** (JB, SB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [42] R. Durot, Zagsolar, Kriens: **PV-insulation-modules.** (JB, SB)
- [43] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **New Light-Weight Flat Roof Photovoltaic Module Mounting System.** (JB, SB) / <http://www.energieburo.ch>
- [44] Ch. von Bergen, Sputnik Engineering AG, Nidau: **LonWorks as Fieldbus for PV-Installations.** (JB, Zwischenbericht) / <http://www.solarmax.com>
- [45] J. Bonvin, Solstis Sàrl, Lausanne: **SOLMAX, flat roof mounting system made of recycling material.** (JB, SB) / <http://www.solstis.ch>
- [46] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf, **SOLGREEN- Optimierung des Systems Solgreen.** (JB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [47] M. Real, Alpha Real AG, Zürich: **Solardachschiefer Sunplicity.** (JB)
- [48] J. Audergon, GEIMESA, Fribourg: **Système hybride photovoltaïque et thermique de 7 kWp, Domdidier.** (JB) / <http://www.geimesa.ch>
- [49] R. Tschärner, IMT, Université de Neuchâtel: **Roof integrated amorphous silicon photovoltaic plant IMT Neuchâtel.** (JB) / <http://www-micromorph.unine.ch>
- [50] B. Stucki, Atlantis Energie AG, Bern: **PV-roof integration with module integrated inverters.** (JB, SB) / <http://atlantisenergy.ch>
- [51] B. Bezençon, Atlantis Solar Systeme AG, Bern: **3,1 kW_p stand-alone hybrid (PV-Diesel) installation in Soyhières (JU).** (JB) / <http://www.atlantisenergy.com>
- [52] P. Toggweiler, Enecolo AG; Mönchaltorf: **4.8 kWp P+D Anlage SOLRIF, Lindenmatt.** (JB, SB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [53] F. Bigler, Industrielle Betriebe Interlaken: **PV roofs in the old town of Unterseen.** (JB) / <http://www.ibi-interlaken.ch>
- [54] U. Bühler, Urs Bühler Energy Systems and Engineering, Cham: **Slopedroof- and façade – mounting-system AluTec / AluVer.** (JB)
- [55] H. Kessler, PAMAG AG, Flums: **3 kWp PV Eurodach amorph,** (JB) / <http://www.flumroc.ch>
- [56] A. Haller; Ernst Schweizer AG, Hedingen: **10 Roof Integrated PV Small Scale Systems,** (JB) / <http://www.schweizer-metallbau.ch>
- [57] R. Hächler, Ars Solaris Hächler, Chur: **Pilot installation 10kWp Flat Roof System "SOLGREEN"** (JB)
- [58] Th. Nordmann, TNC Consulting, Erlenbach: **Three pilot 10 kWp integrated PV sound barrier fields.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [59] R. Hottiger, IG Solar Safenwil: **PV / Noise Barrier Installation "Alpha A1" in Safenwil.** (JB) / <http://www.ekotech.ch>
- [60] Th. Nordmann, TNC Consulting AG, Erlenbach: **Large scale integration of AC PV modules into a noise barrier along a highway near Amsterdam.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [61] G. Jean-Richard, EICN, Le Locle: **PV Anlage Héliotrope EICN.** (JB) / <http://www.eicn.ch>
- [62] S. Kormann, Verein Sonnensegel, Münsingen: **SOLARSAIL Münsingen.** (JB, SB) / <http://www.solarsail.ch>
- [63] P. Favre, Services Industriels Lausanne: **Amburnex Solar Farm (3 kWp).** (JB) / <http://www.lausanne.ch/energie>

- [64] Th. Nordmann, TNC Consulting, Erlenbach: **27 kWp PV-Installation High School Zurich-Stadelhofen.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [65] R. Durot, ZAGSOLAR; Kriens: **PV-installation Wauwilermoos.** (JB, SB)
- [66] R. Minder, Minder Energy Consulting, Oberlunkhofen: **SolarCat - Solar-Electric powered Passenger Ship.** (JB) / <http://www.minder-energy.ch>
- [67] R. Diamond, Phébus Suisse, Genève **151 small grid connected PV stations for a total of 200 kWp, of which 30 kWp in Switzerland.** (JB) / <http://www.ecotourisme.ch>.
- [68] M. Schneider, Sunwatt Bio Energie SA, Chêne Bourg: **HELIOGRAM : 800 kWp PV power plants for direct injection in light train low voltage D.C. networks.** (JB) / <http://www.sunwatt.ch>
- [69] M. Schalcher, Ingenieurschule HTA, Chur: **Visualisation and Analysis of the Data of the 4,1kWp PV-Power Plant Rothorn.** (JB) / <http://www.fh-htachur.ch>
- [70] S. Roth, Axpo, Zürich: **NOK's 1-Megawatt Solar Chain, Normalized Data 1997 to 2001.** (JB) / <http://www.axpo.ch>
- [71] R. Kröni, Enecolo AG, Mönchaltorf: **Monitoring of the 180 kWp PV-Power Plant of UBS Suglio/Lugano.** (JB, SB) / <http://www.solarstrom.ch>
- [72] Th. Nordmann, TNC Consulting, Erlenbach: **Messkampagne Mark I.** (JB) / <http://www.tnc.ch>
- [73] A. Schlegel, awtec AG, Zürich: **Coating of PV-Modules.** (JB) / <http://www.awtec.ch>
- [74] M. Real, Alpha Real, Zürich, **Normenarbeit für PV Systeme.** (JB) / <http://www.iec.ch>
- [75] Ch. Roecker, LESO - EPF Lausanne: **PVSYST 3.0.** (JB, SB) / <http://www.pvsyst.com/>
- [76] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **Guarantee of Solar Results for Grid-Connected-Photovoltaic-Systems 'GRS-PV'.** (JB, SB) / <http://www.energieburo.ch>
- [77] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **HORIZsolar.** (JB; SB) / <http://www.energieburo.ch>
- [78] Th. Hostettler, Ingenieurbüro Hostettler, Bern: **Feasibility Study "PV installations with Thin-film Cells integrated into football stadiums".** (JB)
- [79] S. Nowak, NET AG, St. Ursen, **PV City Guide.** (JB) / <http://pvcityguide.energyprojects.net>
- [A] Th. Nordmann, TNC Consulting, Erlenbach: **PV on vocational Colleges in Switzerland, 7 Years Experience in Training and Education.** (JB) / <http://www.pv-berufsschule.ch>
- [B] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich, **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 1999.** (JB) / <http://www.energieburo.ch>
- [C] E. Linder, Linder Kommunikation AG, Zürich, **Solar electricity from the utility.** (JB) / <http://www.linder-kom.ch> / <http://www.strom.ch/deutsch/ch-strom/solarstrom-ew.asp>

(JB) Jahresbericht 2000 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden

10. Referenzen

- [80] Swiss national report on PV power applications 1999, P. Hüsler, Nova Energie, 2000
- [81] Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 1999, IEA PVPS Task I – 08: 2000
- [82] IEA PVPS Newsletter, zu beziehen bei Nova Energie, Schachenallee 29, 5000 Aarau, Fax 062 834 03 23
- [83] Lead-Acid Battery Guide for Stand-Alone Photovoltaic Systems, IEA Task III, Report IEA-PVPS 3 - 06: 1999
- [84] Survey of National and International Standards, Guidelines & QA Procedures for Stand-alone PV Systems, IEA PVPS T3 - 07: 2000
- [85] Literature survey and analysis of non-technical problems for the introduction of building integrated photovoltaic systems, IEA PVPS Task7-01: 1999
- [86] 16th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition in Glasgow – aus Schweizer Sicht, BFE, 2000
- [87] Nationale PV-Tagung 2000, Unterlagen zu beziehen beim VSE, Gerbergasse 5, 8023 Zürich, Fax 01 221 04 42

11. 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 26 494 00 30, FAX ++41 26 494 00 34, Email: stefan.nowak.net@bluewin.ch

Bearbeitung Jahresbericht: Stephan Gnos, Manuela Schmied,
NET Nowak Energie & Technologie AG, mail.net@bluewin.ch

12. Verwendete Abkürzungen (inkl. Internetlinks)

Allgemeine Begriffe

HES	Haute Ecole Spécialisée
HTA	Hochschule für Technik und Architektur (Fachhochschule)

Finanzierende Institutionen

FOGA	Forschungs-, Entwicklungs- und Förderfonds der schweizerischen Gasindustrie	
PSEL	Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft	http://www.psel.ch

Nationale Institutionen

ATAL	Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich	
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/
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	http://crppwww.epfl.ch
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	http://www.admin.ch/deza
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz	http://www.eawag.ch
EICN	Ecole d'Ingénieurs du Canton de Neuchâtel	http://www.eicn.ch
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt	http://www.empa.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
HTA Chur	Fachhochschule Chur	http://www.fh-htachur.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.ige.ethz.ch
KTI	Kommission für Technik und Innovation	http://www.admin.ch/bbt/d/index.htm
LEEE - TISO	Laboratorio di Energia, Ecologia ed Economia - Ticono Solare	http://leee.dct.supsi.ch
LESO	Laboratoire d'Énergie Solaire EPFL	http://www.lesomail.epfl.com
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/epsilon/default.htm
SUSPI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	http://www.suspi.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 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

ESU	Environmental consultancy for business and authorities	http://www.esu-services.ch
EWE	Elektrowatt Engineering	http://www.ewe.ch
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke	http://www.nok.ch

13. 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
SOFAS	Sonnenenergie Fachverband Schweiz	http://www.sofas.ch
PROMES	Association des professionnels romands de l'énergie solaire	http://www.promes.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