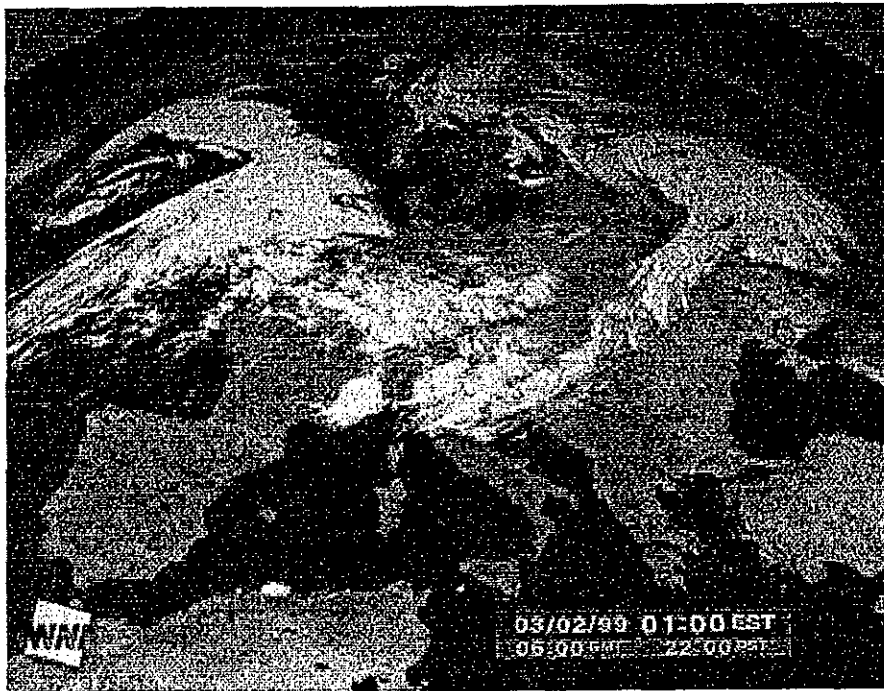


PHOTOVOLTAIK

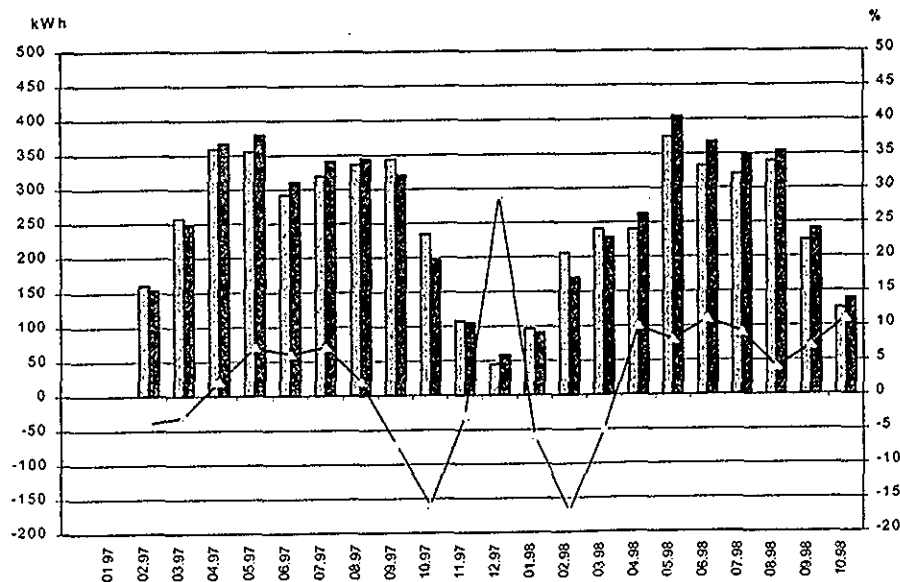
Überblicksbericht
zum Forschungsprogramm 1998

Stefan Nowak

stefan.nowak.net@bluewin.ch



Analysekunde B



Internationale Zusammenarbeit: Nutzung von Satellitendaten für die Photovoltaik

Die europäische Zusammenarbeit konnte im Berichtsjahr deutlich verstärkt werden. Zum Beispiel werden anhand von Satellitendaten Strahlungskarten berechnet und im Internet publiziert oder das Verhalten von PV-Anlagen simuliert (EU-Projekte SATELLIGHT und PV-SAT, Copyright WNI und Enecolo)

1. Programmübersicht und anvisierte Zielpunkte für 1998

Im Jahr 1998 sollten im Programm Photovoltaik die Anstrengungen zur Umsetzung der laufenden Arbeiten in industrielle Produkte und Anwendungen fortgesetzt werden. Hierzu wurde angestrebt, die Zusammenarbeit, sowohl mit der Industrie wie auch international, weiter zu verstärken. Im Vordergrund steht die Bearbeitung von konkreten prozess- und produktrelevanten Fragestellungen in der Konzeption von verbesserten (Kosten, Wirkungsgrad) Lösungen in allen Bereichen des Energiesystems Photovoltaik. Parallel dazu sollten die Entscheidungsgrundlagen für grössere Umsetzungsvorhaben erarbeitet werden. Als Hauptanwendung wird weiterhin die gebäudeintegrierte Photovoltaik betrachtet. Forschungs- und P+D-Projekte umfassen im Berichtsjahr 78 Projekte, wobei hier alle bekannten Projekte, unabhängig von ihrer Finanzierung, berücksichtigt sind.

Die 5 Programmbereiche umfassen:

Zellen: Dünnschicht-Zellen bilden den Schwerpunkt, wobei sich die Arbeiten auf Solarzellen mit dem Grundmaterial **Silizium** konzentrieren. Die Verbesserung der Leistungsmerkmale und die Voraussetzungen zur weiteren Umsetzung dieser Arbeiten bilden dabei die wichtigsten Ziele. Die Untersuchungen zu weiteren Formen von dünnem Silizium (Bandsilizium, dünnes kristallines Silizium) wurden verstärkt. Zudem konnten, im Rahmen von neuen internationalen Projekten, auch die Arbeiten zu anderen Materialtechnologien (insbesondere Verbindungshalbleiter, Farbstoffzellen) intensiviert werden, sodass in der Schweiz insgesamt eine ausserordentliche Material- und Technologievielfalt besteht, in welcher alle internationalen Stossrichtungen vertreten sind.

Module und Gebäudeintegration: Neue Produkte und Systeme für die **Integration der Photovoltaik** im bebauten Raum (Dächer, Fassaden, Lärmschutzeinrichtungen) bilden nach wie vor einen wichtigen Schwerpunkt. Dabei wird bei der Konzeption die Wahl der zum Einsatz gelangenden Zell-Technologien von immer grösserer Bedeutung, da diese das Systemdesign bei integrierten Lösungen entscheidend beeinflusst. Es findet eine stetige Erweiterung der verfügbaren Produkte statt, wobei sich die Industrie hier zunehmend engagiert.

Systemtechnik: Aufgrund der langen Tradition bestehen in der Schweiz ausgeprägte Anwendungserfahrungen, sowohl in der Infrastruktur zur Beurteilung von neu entwickelten Produkten und Anlagen, wie auch in der Verfügbarkeit von langjährigen Messreihen an bestehenden Anlagen. Dies erlaubt eine kontinuierliche Qualitätssicherung, welche gerade in der zur Zeit stattfindenden Wachstumsphase der Technologie von besonderer Bedeutung ist. Gleichzeitig werden damit die Grundlagen für notwendige Verbesserungen, die Standardisierung und die Sicherheit neuer Produkte erarbeitet.

Diverse Projekte und Studien: In diesen Bereich fallen Arbeiten zur längerfristigen Abschätzung wichtiger Indikatoren der Photovoltaik, insbesondere in bezug auf die Umwelt, die Potentiale sowie die Marktentwicklung. Neue kombinierte Nutzungsformen der Photovoltaik werden untersucht (z.B. Hybridtechnologien, Thermophotovoltaik) und fortgeschrittene Hilfsmittel (Planung, Erfolgskontrolle) erarbeitet.

Internationale Zusammenarbeit: Die internationale Zusammenarbeit bildet ein zentrales Standbein der Arbeiten und wird in allen Bereichen verfolgt. 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.

2. 1998 durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

ZELL-TECHNOLOGIE

Das Projekt **Mikromorphe Solarzellen** (Tandemzelle aus einer mikrokristallinen Topzelle und einer amorphen Bottomzelle) [1] am IMT wurde erfolgreich fortgesetzt, wobei im Berichtsjahr in erster Linie verschiedene Teilaspekte dieser interessanten Dünnschichtzelle verbessert werden konnten. Für Einfachzellen (p-i-n) aus mikrokristallinem Silizium konnte die Klemmenspannung V_{oc} auf 530 mV erhöht und ein Wirkungsgrad von 8.5% erreicht werden. Die Depositionsgeschwindigkeit, eine weitere Schlüsselgrösse des mikromorphen Konzepts, konnte für intrinsisches, mikrokristallines Silizium auf 25 Å/s erhöht werden. Ausserdem konnten transparente Oxidschichten (TCO) auf der Basis von ZnO erzeugt werden, womit auch für die Kontaktierung entsprechende Prozessschritte zur Verfügung stehen. Auf diesem TCO wurden erste amorphe Einfachzellen mit guten Eigenschaften ($V_{oc} = 880$ mV, FF = 72%) abgeschieden. Nebst diesen prozessrelevanten Resultaten wurden auch bei der Materialcharakterisierung Fortschritte erzielt; für die Praxis von besonderer Bedeutung ist dabei die Temperaturabhängigkeit der Zellenspannung von mikrokristallinem und mikromorphem Material; letztere ist erfreulicherweise ähnlich niedrig wie

diejenige von amorphem Silizium. Diese Resultate sowie der bisher erreichte Wirkungsgrad (10.7% früher bestätigt, 12% aktuell am IMT gemessen) lassen erwarten, dass das Ziel von 12% stabilem Wirkungsgrad für mikromorphe Zellen im letzten Projektjahr erreicht werden kann. Im ergänzenden EU-Projekt **NEST** [2] wurden für mikromorphe Zellen umgekehrte Schichtabfolgen (n-i-p-n-i-p) untersucht. Zudem ist hier das Verständnis und die Optimierung der Lichtstreuung durch strukturierte TCO-Schichten, welche den Lichteinfang verbessern und dadurch dünnere Schichten ermöglichen, ein Schwerpunkt. In einem weiteren Projekt wurde mit Unterstützung des PSEL die Abscheidung von **amorphen Zellen auf Kunststoff-Substraten** (Polyimid) [3] untersucht, wobei auch die Laserstrukturierung und Serieverschaltung von Zellen verfolgt wurden. Erste Minimodule (8x8 cm) erreichten einen auf die aktive Fläche bezogenen Wirkungsgrad von 7.3%. Die Laminierung und die Machbarkeit von Fassadenelementen wurden durch die Industriepartner untersucht. Ein Projekt zur Umsetzung der am IMT gewonnenen Resultate in Kleinanwendungen wurde im Wettbewerb Technologiestandort Schweiz prämiert und an der diesjährigen CEBIT in Hannover vorgestellt.

Am CRPP wurde in einem mit dem IMT verwandten Projekt die grossflächige Abscheidung von mikrokristallinem Silizium und die **Erhöhung der Depositionsraten** [4] weiterverfolgt. Durch die Reaktorfläche von 35 x 45 cm können wichtige, für die industrielle Praxis relevante Eigenschaften der VHF-Abscheidung untersucht werden. Dies betrifft sowohl die Anforderungen an den Hochfrequenzverstärker und die entsprechende HF-Anpassung wie auch die Gleichmässigkeit der Spannungs- und Gasverteilung über die gesamte Fläche. Zu diesem Zweck werden umfangreiche und teilweise neue Plasmadiagnostikmethoden erfolgreich eingesetzt.

Am PSI wurde die Übertragbarkeit der in früheren Projekten für dünne hocheffiziente Siliziumzellen gefundenen Prozessschritte auf **Bandsilizium** [5], einem weiteren Kandidaten für kostengünstigere Solarzellen, der Firma Evergreen Solar (USA) untersucht. Auf 200µm dicken polykristallinen Siliziumbändern wurde die Wasserstoff-Passivierung realisiert. Im anschliessenden Prozess konnte ein Wirkungsgrad von 14% erreicht werden. Durch Kombination mit dem Gettern von Verunreinigungen konnte bisher ein Wirkungsgrad von 14.6% erzielt werden. Im EU-Projekt **CRYSTAL** [6] werden die Arbeiten zu dünnen kristallinen Siliziumzellen verfolgt. Im Vordergrund stehen dazu am PSI die Modellierung der Gitterstruktur zur Verbesserung des Lichteinfangs, die Analyse von TCO-Schichten (ZnO) sowie die Abscheidung von polykristallinem Silizium auf Glas und Quarz. Dazu werden Molekularstrahlepitaxie (MBE) und Plasma enhanced vapour phase epitaxy (PEVPE) eingesetzt.

Solarzellen auf der Basis von Verbindungshalbleitern werden in den EU-Projekten LACTEL und WIDE GAP CPV an der ETHZ untersucht [7+8]. Im Projekt **LACTEL** stehen prozessrelevante Aspekte bei der Elektrodeposition von CdTe-Zellen im Vordergrund, insbesondere metallische Gitter durch Siebdruck, das Schichtwachstum durch CdCl₂-Behandlung und Zellen auf verschiedenen TCO-Materialien (ITO, FTO, ZnO). Auf ITO und FTO werden gute Resultate realisiert, während ZnO unbefriedigend ist. Im Projekt **WIDE GAP CPV** werden grundlegende Untersuchungen an CuGa_xSe_y-Schichten durchgeführt. Im Vordergrund stehen strukturelle und optoelektronische Eigenschaften, welche mittels geeigneter Oberflächentechniken charakterisiert werden. Zwei weitere EU-Projekte in diesem Themenkreis haben an der ETHZ gegen Ende des Berichtsjahres angefangen.

Farbstoffsensibilisierte, **nanokristalline Solarzellen** (Grätzel-Zellen) bilden eine weitere, vieldiskutierte Materialvariante, welche im Rahmen von zwei laufenden und einem neuen EU-Projekt verfolgt werden. Im Projekt an der EPFL [9] geht es dabei um **grundlegende Arbeiten** zur Weiterentwicklung dieses Konzeptes, insbesondere den Einsatz von festen Elektrolyten und neuen Farbstoffen. Bei Leclanché dagegen stehen im EU-Projekt **Indoor dye PV** [10] neue Anwendungen für den Innenraum im Vordergrund, wobei hier auch der Ersatz von Batterien erwogen wird. Der grundlegenden Frage nach der **Langzeit-Stabilität** dieser Zelle wird in einem neuen Projekt bei Solaronix nachgegangen.

Mit dem Ziel einer **künstlichen Photosynthese** [11] wurden an der Universität Bern im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms "Nanowissenschaften" grundlegende photoelektrochemische Arbeiten zur Nachbildung natürlicher Prozesse gemacht, indem Zeolith-Minizylinder mit durchgehendem Röhrensystem mit einer Kette aneinandergereihter Farbmoleküle gefüllt werden konnten. Der dadurch ermöglichte Lichttransport geht sehr schnell von sich und lässt sich grundsätzlich für eine neuartige Solarzelle nutzen.

Insgesamt wurde die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Solarzellen im Berichtsjahr stark intensiviert. Durch die Einbindung von Industriepartnern in diese Projekte stehen anwendungs- und industriebezogene Fragestellungen vermehrt im Vordergrund. Gleichzeitig werden die Grundlagen für mögliche, längerfristige Optionen künftiger Zelltechnologien erarbeitet. Als Gemeinsamkeit wird in den verschiedenen Dünnschichttechnologien die Bedeutung von transparenten Oxidschichten (TCO) ebenso erkennbar wie der dadurch erzielbare Lichteinfang.

SOLARMODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION

Das Projekt ALUCOSOL® zur Entwicklung eines **Photovoltaik-Fassadensystems** [12] konnte bei Alusuisse Technology & Management (ATM), in Zusammenarbeit mit verschiedenen Schweizer Partnern, im Berichtsjahr abgeschlossen werden. Nachdem sich die Verfügbarkeit von geeignetem Halbzeug von amorphen Siliziumzellen als eigentliche Schwierigkeit erwies, wurde das Projektziel eines Prototypen zugunsten von vorgelagerten Prozessschritten fallengelassen. Untersucht wurden die Abscheidung von amorphen Zellen, von TCO sowie von metallischen Schichten auf Aluminium. Ein neuartiges Konzept zur Kontaktierung durch Stromdurchführungen mittels Laserbohrungen durch das Modul hindurch wurde erstmals realisiert und als grundsätzlich machbar befunden.

Neue Systeme für das **Flachdach** [13] wurden am LESO an der EPFL weiterentwickelt. Dabei konnten die Produkte Solbac® und Sofrel® mechanisch, geometrisch und bezgl. der Befestigung verbessert werden. Die Variante für Gründächer Solgreen® wurde für erste Anwendungen in P+D-Anlagen optimiert.

Am Projekt **DEMOSITE** [14] wurden ältere Photovoltaik-Integrationslösungen entfernt und durch neue, aktuellere Systeme ersetzt. Insgesamt können nun 20 verschiedene Lösungen für Flachdächer, Schrägdächer und Fassaden einander gegenübergestellt und verglichen werden. Dazu wurde die Information und die Kommunikation dieses im IEA PVPS Programm, Task 7, eingebetteten Projektes überarbeitet.

Weitere Projekte zur Photovoltaik-Gebäudeintegration wurden im Rahmen von P+D-Vorhaben realisiert (siehe unten).

SYSTEMTECHNIK

Am TISO an der SUPSI wird die **Prüfung von kommerziellen PV-Modulen** [15] unter realen Bedingungen fortgesetzt. Regelmässige Messungen inklusive standardisierte Messungen in Ispra werden zur Zeit an 11 Modulen durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass neuere Produkte z.T. grössere, bzw. vermehrt negative Abweichungen, d.h. > 10%, von ihren elektrischen Spezifikationen aufweisen als dies früher der Fall war. Es bestätigt sich zudem, dass auch für bestimmte Module aus Mono- und Polysilizium Degradationseffekte bezüglich Leistung und Energie auftreten. Die Gründe für diese Beobachtungen sind noch unklar; sie müssen aber im Auge behalten werden. Das TISO hat zudem eine ausführliche Datenbank [80] mit allen wichtigen Spezifikationen von PV-Modulen publiziert. Langzeiterfahrungen werden an den zwei hauseigenen PV-Anlagen (10 kWp m-Si, 4 kWp a-Si) gesammelt.

Ergänzende Messungen dieser Art werden an der Berner Fachhochschule in Saint-Imier unter Mitwirkung der Gesellschaft Mont-Soleil durchgeführt, wobei hier auch **Produkte im Prototypen-Stadium** untersucht werden [16]. Die Messungen betreffen in diesem Fall in erster Linie die produzierte Energie. Neu werden auch verschiedene Wechselrichter-Konfigurationen geprüft und mit den Erfahrungen aus dem 560 kWp Kraftwerk verglichen. Das Kraftwerk selbst produzierte im Jahr 1998 602'000 kWh und wies eine durchschnittliche Performanz (PR) von 78 % auf.

Ausführliche Untersuchungen zur **Energieproduktion von PV-Modulen** [17] werden auch am PSI durchgeführt. Mit der zur Verfügung stehenden experimentellen Einrichtung und den analytischen Methoden sind Aussagen über das Teillastverhalten möglich, was besonders für die Planung von Anlagen im Contracting-Verfahren und in Solarstrombörsen von Bedeutung sein kann. Quantitative Messungen werden auch an Prototypen von hybriden (PV-thermisch) Modulen durchgeführt.

Die **Prüfung von PV-Wechselrichtern** [18] wird an der Berner Fachhochschule in Burgdorf fortgesetzt. Neben den Netzverbund-Wechselrichtern besteht nun auch die Möglichkeit, Insel-Wechselrichter ausführlich zu prüfen, wobei die wichtigsten Parameter untersucht werden (HF-Emissionen, Wirkungsgrad der Umwandlung, Leistungsfaktor, Überlastverhalten, Oberschwingungen). Für EMV-Messungen wurde eine Einrichtung zur DC-seitigen Netznachbildung erstellt. Die Messungen an Netzverbund-Wechselrichtern werden durch weitere Parameter ergänzt (Selbstlauftest, Leerlauf-Abschaltung, Wirkungsgrad des MPT) und die Langzeit-Zuverlässigkeit weiterverfolgt. Mit der Unterstützung des PSEL werden auch **Langzeiterfahrungen mit PV-Anlagen** [19] gesammelt, indem die Betriebsdaten von 36 Anlagen verfolgt werden. Neben den Wechselrichtern werden hier auch die sichtbaren Veränderungen bei Modulen (Verschmutzung, Delamination) und der Verkabelung aufgezeichnet. Die 1 kWp-Anlage auf dem Jungfrauoch erzielte weiterhin gute Werte mit mehr als 1500 kWh/kWp.a und PR > 86%. In einem neuen EU-Projekt **PV-EMI** [20] werden elektromagnetische Störungen durch PV-Anlagen, ihre Testmethoden und Richtlinien untersucht mit dem Ziel, entsprechende europäische Standards auszuarbeiten. Spezielles Augenmerk gilt hier auch der Störfestigkeit gegen schnelle elektrische Transienten (z.B. Blitz-einschlag).

Ein weiteres EU-Projekt, SCMIC, zur Entwicklung eines **Einzellen-Wechselrichters** [21] wurde an der ETHZ in Zusammenarbeit mit Enecolo und Alussuisse weitgehend abgeschlossen. Es konnte eine neue Schaltung entwickelt werden, welche die kritische DC-DC-Konvertierung zweistufig realisiert und Umwandlungswirkungsgrade bis zu 97% erreicht.

Alpha Real verfolgte im Rahmen von verschiedenen EU-Projekten [22-24] systembezogene Fragestellungen zur **Zuverlässigkeit von Systemen und AC-Modulen** sowie zu einfachen Geräten zur **Überprüfung von PV-Anlagen**. Die **Zuverlässigkeit von Sicherheitsschaltungen** gegen Inselbildung wird in einem PSEL-Projekt [25] untersucht.

Insgesamt kann man zur Systemtechnik sagen, dass trotz des fortgeschrittenen Entwicklungsstandes der Photovoltaik weitere Verbesserungen bezüglich Zuverlässigkeit, Vereinfachung, Sicherheit und Standardisierung von Produkten und Systemen möglich und notwendig sind. Die ausgeprägte Anwendungserfahrung in der Schweiz wirkt sich hier sehr positiv aus, führt zu neuen erfolgversprechenden Lösungen und verstärkter internationaler Zusammenarbeit.

DIVERSE PROJEKTE UND STUDIEN

Die langfristige **Umweltverträglichkeit** [26] der Photovoltaik wurde von Alpha Real in einer dynamischen Betrachtung analysiert, wobei umfangreiche Energie- und Stoffflüsse modelliert wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die Photovoltaik eine aus dieser Sicht sinnvolle Investition von Energie und Rohstoffen darstellt, indem keine aussergewöhnlichen Stoffflüsse auftreten und das System seinen Energieaufwand um ein Vielfaches reproduziert.

Die kombinierte Nutzung von Photovoltaik mit anderen Energietechnologien gewinnt zunehmend an Interesse, insbesondere in Kombination mit der thermischen Solarenergie. Am LESO der EPFL wird, in Zusammenarbeit mit Enecolo und Schweizer, an einem neuen **Hybrid-Kollektor** [27] gearbeitet, welcher die thermischen Vorteile des amorphen Siliziums nutzen soll. Nachdem in einer ersten Phase mögliche Konzepte erarbeitet wurden, werden in der laufenden Phase spezifische Teilaspekte bearbeitet, welche sich als kritische Elemente erwiesen hatten. Es wird hierzu einerseits die Absorption des amorphen Siliziums bestimmt, andererseits die Stabilität dieses Materials bei Temperaturen über 100°C geprüft. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Absorption den kritischen Wert von 80% in den meisten Fällen erreicht und deutlich überschreitet.

Am PSI wird im Rahmen eines FOGA-Projektes an der Thermophotovoltaik (TPV) [39] gearbeitet. Dazu wurde ein kleiner, funktionsfähiger TPV-Generator von 1.4 kW thermischer Leistung entwickelt. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Entwicklung und Modellierung eines speziellen Emittormaterials basierend auf Keramikgeweben aus Oxiden verschiedener Seltenerdmetalle. Der Generator wurde mit käuflichen Siliziumzellen betrieben und ans Netz gekoppelt, wobei ein Umwandlungsgrad (thermisch zu DC) von 1.1% erreicht wurde. Der nächste Schritt wird in Zusammenarbeit mit HOVAL in einem Versuchsstand von 20 kW_{th} erarbeitet.

Das **Flächenpotential** [28] der Photovoltaik auf Gebäuden wurde durch NET im Rahmen von zwei unterschiedlichen Fallstudien, einer urbanen Umgebung (Stadt Zürich, EWZ) und einer ländlichen Region (Kanton Freiburg), anhand einer neu erarbeiteten Methodik sehr detailliert untersucht. Die Beschaffenheit der Gebäudesubstanz wird dabei ebenso berücksichtigt wie die solararchitektonische Eignung. Die Resultate werden differenziert nach dem möglichen Energieertrag einzelner Flächen, sowie nach verschiedenen wählbaren Klassifizierungen der Gebäude (Funktion, Dachform, Grösse, Alter, usw.).

TNC untersucht im Rahmen eines EU-Projektes das **Potential der Photovoltaik auf Lärmschutzwänden** [29] entlang von Strassen und Schienen in Europa.

In zwei weiteren EU-Projekten werden unter dem Einsatz von Satelliten-Fernerkundung neue Instrumente zur Solarenergienutzung entwickelt. Im Projekt **PVSAT** [30] untersucht Enecolo die Möglichkeit zur Bestimmung von lokalen Strahlungsdaten aus Satellitenbildern mit dem Ziel, zu erwartende Energieerträge aus PV-Anlagen zu simulieren. Im Projekt **SATELLIGHT** [31] wird an der Uni Genf an einem Strahlungsatlas auf Internet gearbeitet, welcher die zeitlichen Veränderungen von Strahlung, Beleuchtungsstärke und -richtung wiedergibt soll. Dieser Server soll am 1. April 1999 operationell sein.

INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IEA

Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA, PVPS, bildete auch im Berichtsjahr eine kontinuierliche Aktivität, sowohl auf der Projektebene der einzelnen Tasks, wie auch auf der Ebene des Executive Committee, wo die Schweiz massgeblich an der Programmleitung und -überwachung mitgestaltet. Das Programm wurde 1998 einer internen und einer externen Evaluation unterzogen, wobei vorwiegend posi-

tive Beurteilungen gemacht und einige Schwachpunkte identifiziert wurden.

Die **Informationsaktivitäten** [32] in Task 1 werden neu durch Nova Energie wahrgenommen. Im Berichtsjahr wurden Publikationen zu den Themen Einspeisetarife, Umweltaspekte, Forschungsstrategien und PV im Marktwettbewerb fertiggestellt und verteilt [81-84]. Ein nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 1997 wurde zuhanden von Task 1 erstellt [85].

Die Aufgaben von Task 2, welche sich mit **Betriebserfahrungen** [33] befasst, werden durch TNC sichergestellt. Die Datenbank enthält nun 263 Anlagen aus 8 Ländern. Erste vergleichende Analysen wurden sowohl für netzgekoppelte, wie für Inselanlagen, durchgeführt. Ein Monitoring-Handbuch wird demnächst fertiggestellt [86].

Atlantis vertritt die Schweiz in Task 3, welche sich mit **Inselanlagen** [34] befasst. Es wurden Publikationen zu den Themen "Lessons learned" mit "Showcase"-Projekten, Laderegler und Batterien vorbereitet [87-89]. Eine Dia-Sammlung von existierenden Inselanlagen in den Ländern der IEA auf CD-ROM befindet sich ebenfalls in Fertigstellung [90].

Enecolo arbeitet in Task 5, welche sich mit technischen Fragen der **Netzankoppelung** [35] befasst. Die Resultate aus dieser internationalen Zusammenarbeit finden ihre Verwendung bei einschlägigen Richtlinien sowie bei Herstellern von Wechselrichtern. Ab 1999 wird das EWZ die Schweiz im Task 5 vertreten.

Task 7 zum Thema der **Integration der Photovoltaik in den bebauten Raum** [36] wird von Enecolo betreut. Die Themenvielfalt dieses grossen Tasks umfasst alle wichtigen Elemente der PV-Integration (Architektonisches Design, System-Technologien, nicht-technische Hindernisse, Demonstration). Das Projekt DEMOSITE (siehe oben) an der EPFL ist ebenfalls in Task 7 eingebettet. Obwohl diese Task erst zwei Jahre alt ist, sind erste konkrete Resultate zu verzeichnen. So wurde eine Dia-Sammlung von realisierten Projekten zusammengestellt [91].

Minder Energy Consulting beteiligte sich an den Vorbereitungsarbeiten für ein neues IEA-PVPS-Projekt, Task 8, welches sich mit der **Machbarkeit von sehr grossen PV-Kraftwerken** [37] in Wüstengebieten befassen soll.

3. Nationale Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit auf nationaler Ebene hat mittlerweile eine ausgeprägte Tradition und umfasst die Hochschulen und Forschungsinstitute (ETH, Universitäten, Fachhochschulen, PSI), die Privatwirtschaft (Industrie, Ingenieurunternehmen) und die Elektrizitätswirtschaft. Aus diesen und weiteren Kreisen (Finanzwelt, Politik, Medien) kann ein zunehmendes Interesse an der Technologie festgestellt werden. Eine nationale Photovoltaik-Tagung, welche zusammen mit dem VSE, Swissolar und der Gesellschaft Mont-Soleil durchgeführt wurde, bot hierzu im Berichtsjahr eine Gelegenheit zum Informationsaustausch. Auf Programmebene besteht zu zahlreichen Amtsstellen des Bundes (z.B. BBW, BBT, AfB, BAWI, usw.) und der Kantone eine gute Zusammenarbeit, welche der Koordination innerhalb des Programms und der Projektförderung zu Gute kommt.

4. Internationale Zusammenarbeit

Auch die internationale Zusammenarbeit, welche im Programm Photovoltaik für alle Bereiche etabliert wurde, konnte im Berichtsjahr deutlich gesteigert werden. Die Schweizer Photovoltaik beteiligt sich mit Unterstützung durch das Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW) sehr erfolgreich an den internationalen Forschungsprogrammen der EU. Im Jahr 1998 waren es insgesamt 20 Photovoltaik-Projekte im Programm Joule-Thermie, davon 16 im Programm Joule (Forschung) und 4 im Programm Thermie (Demonstration). Dies entspricht 36% der Schweizer Beteiligungen im Programm Joule-Thermie (total 56 Projekte) bzw. 44% der verpflichteten Mittel innerhalb dieses Programms. Die Photovoltaik stellt damit innerhalb der Schweizer Beteiligungen an diesem Programm die grösste Energietechnologie-Sparte dar – ein eindrücklicher Beweis der hohen Qualität dieser Forschung. Neu hinzugekommen ist Ende 1998 eine erste direkte Schweizer Beteiligung aus dem Fachgebiet Photovoltaik im Programm Alternen (marktnahe Aktionen). Parallel zu den Projekten im Programm der EU wurde die Zusammenarbeit innerhalb des IEA-PVPS-Programms ebenfalls mit Erfolg weitergeführt (siehe oben).

5. P + D Projekte

Im Jahr 1998 wurden im P+D Programm 13 neue Projekte angefangen. Deutlicher Schwerpunkt bilden 8 Projekte im Umfeld der **PV-Integration** in Gebäude und Schallschutzeinrichtungen. Dabei halten sich die Entwicklungen von PV-Systemkomponenten für die Gebäudeintegration und die Realisierungen von PV P+D-Anlagen in etwa die Waage. Die restlichen neuen Projekte verteilen sich auf die Bereiche Studien/Hilfsmittel und Messkampagnen. Neu aufgegriffen wurde 1998 im Bereich der PV-Hilfsmittel die Qualitätssicherung beim Bau und Betrieb von PV-Anlagen. In Anbetracht der vergangenen und der erwarteten Wachstumsraten in der Photovoltaik wird der Sektor Qualitätssicherung mit der steigenden Anzahl von PV-Anlagen stetig an Bedeutung gewinnen.

Insgesamt waren im Berichtsjahr 39 Photovoltaik P+D Projekte aktiv. Im Vergleich zum vorderen Jahr bleiben die Schwerpunkte

- Erprobung neuer Systemkomponenten im Bereich der **PV-Integration** in Gebäude und Schallschutzeinrichtungen,
- Erfolgskontrolle bestehender P+D Anlagen durch detaillierte **Messkampagnen**,
- **Entwicklung** neuer Systemkomponenten für die PV-Integration

grundsätzlich bestehen. Einzig der Sektor Komponentenentwicklung ist im Verhältnis zu 1997 stärker vertreten. Zu erwähnen ist, dass bei vielen Projekten im Bereich der PV-Gebäudeintegration die Frage der Kosteneinsparungen ein wichtiges Thema darstellt, was in Hinblick auf die zukünftige Verbreitung der Photovoltaik von Bedeutung ist.

Bei den **1998 angefangenen P+D Projekten** handelt es sich um:

Anlagen

- 10 kWp Anlage 'SolGreen' integriert in ein Gründach (neu entwickelte Unterkonstruktion für Gründächer, Flachdachintegration; Leitung: ars solaris hächler) [50]
- 3,1 kWp Dachintegration mit Sunslates (autonome Anlage, Gebäudeintegration; Leitung: Atlantis Solar Systeme AG) [72]
- AC-Schallschutzanlage Amsterdam (Kombination Wechselstrom-Module und Schallschutz, Leitung Schweizer Beitrag: TNC Consulting) [53]
- 151 kleine, netzgekoppelte PV-Anlagen (Kleinanlagen mit Stringwechselrichtern, Gesamtleistung 200 kWp, davon 30 kWp in der Schweiz, Leitung Schweizer Beitrag : Phebus Suisse) [54]

Komponentenentwicklung

- Photovoltaik-Aussenisolationselemente (Gebäudeintegration, Leitung: ZAGSOLAR) [73]
- Modulaufständigung SOLight ('Flachdachintegration', Leitung: Energiebüro) [74]
- SOLRIF: Rahmen für Standardmodule zur Dachintegration (Dachintegration, Leitung: Enecolo) [75]
- Multifunktionale Gebäudehüllen - PV-hybrid Dach (Dachintegration, PV-Luftkollektor, Leitung: S. Kropf) [76]

Messkampagnen

- 1 Megawatt Solarkette der NOK (normierte Daten 1997 - 2001, Leitung NOK) [64]
- 180 kWp Anlagen UBS Suglio (Vergleich verschiedener Konzepte, Leitung: Enecolo AG) [65]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der Mikromorph-Zelle in grossflächige Module (Leitung: Zühlke Engineering AG) [70]
- GRS Garantierte Resultate bei PV-Systemen (EU - Altener Projekt, Qualitätssicherung, Leitung Schweizer Beitrag: Energiebüro) [77]
- PVSYST V3; ergonomie et fonctionnalité (Folgeprojekt von PVSYST 2.0, Leitung: EPFL) [71]

Bei den laufenden Projekten waren die Tätigkeiten, abhängig vom Projektstand, sehr vielfältig. Der ganze Bereich umfasste Detailplanungen, Bau- und Inbetriebnahmen von Anlagen, Installationen und Inbetriebnahmen von Mess-Systemen, Datenerfassungen und Auswertungen sowie das Erarbeiten von Studien oder Hilfsmitteln im PV-Bereich. Grundsätzlich sind alle Projekte auf gutem Weg, die vorgesehenen Projektziele zu erreichen. Auffallend ist jedoch, dass ein erheblicher Teil der laufenden Projekte teils massive Verzögerungen erlitten hat. Häufigster Grund für Verzögerungen im Jahr 1998 sind Probleme im Bereich der Messdatenerfassung. Als nächstes folgen Verzögerungen beim Baubewilligungsverfahren, teils hervorgerufen durch Einsprachen. Aufgrund der häufig aufgetretenen Verzögerungen bei der Messdatenerfassung stellt sich die Frage, inwieweit auf dem Gebiet Messungen/Analysen standardisierte Systeme eingesetzt werden können und ob damit eine Verbesserung der zur Zeit nur teilweise befriedigenden Situation erzielt werden kann.

Die **laufenden Projekte** umfassen im einzelnen:

Anlagen

- Hybride 7 kWp PV-Anlage Domdidier, (hybride Anlage Strom - Warmluft, Gebäudeintegration, Leitung: GEIMESA) [42]
- 6,4 kWp Anlage integriert ins Dach des Instituts de Microtechnique in Neuenburg, (PV-Elemente mit amorphen Zellen, Gebäudeintegration, Leitung: IMT) [44],
- 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) [46]
- 1 kWp Flachdachanlage mit SCIBEL Modulen, Ausführung Beton (Flachdachintegration mit neuen Photovoltaik-Elementen, horizontale Anlagenausrichtung; Leitung: Enecolo) [48]
- 11,8 kWp Anlage mit Wechselstrom-Modulen UBS Zürich (PV-Elemente mit integrierten Wechselrichtern, Hot-Spot Schutzschaltung, "Flachdach-Integration", Leitung: Alpha Real) [49]
- Drei 10 kWp Photovoltaik Schallschutzanlagen entlang der Autobahn, (Kombination Photovoltaik - Schallschutz, 3 Prototyp-Anlagen, Leitung: TNC Consulting) [51]
- Héliotram, 800 kWp PV-Anlagen Lausanne/Genf mit DC-Direkteinspeisung ins Tramnetz (Leitung: Sunwatt Bio Energie SA) [52]
- Héliotrope, 3 x 2 kWp PV-Anlagen Le Locle (direkter Vergleich identischer Anlagen (gebäudeintegriert, frei, nachgeführt), Leitung: EICN, Le Locle) [55]

Komponentenentwicklung

- 2 kWp Anlage mit Modulwechselrichtern, (Anlage mit neu entwickelten Wechselstrom PV-Modulen, Leitung: Ingenieurschule HTA Biel) [40]
- Entwicklung eines 3-phasigen Modulwechselrichters (Leitung: Alpha Real) [41]

Messkampagnen

- PV-Anlage CMZ Stadtmühle Zürich, Messungen (Leitung: TNC Consulting) [57]
- Visualisierung und Auswertung der PV-Anlage auf dem Rothorn, (Leitung: HTA Chur) [63]
- Messkampagne, Unterhalt und Betrieb der Anlage Mark I, Domat/Ems (Leitung: TNC Consulting) [60]
- Messkampagne, Unterhalt und Betrieb der Anlage Mark II, Riazzino, (Leitung: TNC Consulting) [59]
- Messkampagne PV-Anlage Mark III, Giebenach (Leitung: TNC Consulting) [61]

Studien - Hilfsmittel - diverse Projekte

- 450 kW Fassadenkraftwerk Wittigkofen, Bern, Leitung: Atlantis Energie Bern [66]
- OptiPV: Studie zum optimalen Systemaufbau von kostengünstigen PV-Anlagen (Leitung: Muntwyler AG) [67]
- Normenarbeit PV-Systeme (Leitung: Alpha Real) [69]

Im Berichtsjahr 1998 konnten folgende P+D-Projekte erfolgreich **abgeschlossen** werden:

- Hybride Dachintegration Erlach [43]
- 13,6 kWp Dachintegration Rigi Kulm [45]
- Installation photovoltaïque intégrée aux marquises de gare (Leitung: LESO - EPFL) [62]
- 9 kWp Flachdachanlage mit Solbac am LESO [78]
- Installation PV au Centre d'entretien de l'autoroute à Sierre [79]
- Messpaket PV-Anlage Schulhaus Adligenswil [56]
- Realisierung eines mobilen Mess-Systems [58]
- PV-Monitor, Messdaten zu diversen PV-Anlagen [68]

Im P+D Bereich befinden sich für das Jahr 1999 bereits wieder einige P+D Anlagen zur Erprobung von PV-Systemkomponenten für die Gebäudeintegration in Vorbereitung. Dazu sind weitere Projekte im Bereich Entwicklung geplant.

6. Transfer in die Praxis

Durch das zunehmende Interesse breiter Kreise sowie einer verstärkten Zusammenarbeit mit der Industrie konnte der Transfer in die Praxis kontinuierlich weiterverfolgt werden. Dabei sind die Fördermöglichkeiten des Bundes für Anlagen und die vielerorts eingeführten Solarstrombörsen eine wichtige Triebkraft, welche die Nachfrage günstig beeinflussen, auch wenn die erforderliche Kontinuität der Förderung und ein flächendeckendes Angebot an Solarstrom noch zu wünschen übriglassen. Insgesamt waren Ende 1998 in der Schweiz rund 12 MWp Photovoltaik installiert, zu rund 75% in netzgekoppelten Anlagen. Die langjährigen Erfahrungen und Messungen an Produkten und Systemen zeigen wichtige Tendenzen auf, welche für die weitere Entwicklung und die Qualitätssicherung von grosser Bedeutung sind, insbesondere angesichts eines weltweit anhaltenden Wachstums von 30 – 40% Modulumsatz pro Jahr. In Hinsicht auf eine Umsetzung, welche die gesamte Wertschöpfungskette der Photovoltaik inklusive Solarzellen umfasst, werden zur Zeit Entscheidungsgrundlagen für mögliche künftige Schritte erarbeitet.

7. Bewertung 1998 und Ausblick für 1999

Das Jahr 1998 kann, trotz weiterhin anhaltender Knappheit der verfügbaren Mittel, als positiv beurteilt werden. Dazu haben drei wesentliche Faktoren beigetragen: Die erfolgreiche Beteiligung an internationalen Programmen der EU, ein zunehmendes Interesse der Industrie und die durch Kombination von Förderung und Solarstrombörsen erfolgte Marktentwicklung. Angesichts der internationalen Marktentwicklung und der gewichtigen Förderprogramme einzelner Länder, insbesondere Holland und Deutschland, kommt der Verfügbarkeit genügender Mittel für die Entwicklung und Umsetzung in industrielle Produkte eine kurzfristig immer grössere Bedeutung zu. Nur so kann der über Jahre erreichte internationale Spitzenrang in Forschung, Entwicklung und Anwendung der Photovoltaik auch in Zukunft mit Erfolg gehalten werden. Dies ist nicht eine Aufgabe der öffentlichen Hand allein sondern vielmehr durch gemeinsamen Einsatz zusammen mit Industrie und Elektrizitätswirtschaft zu erreichen.

1998 fand in Wien die 2. PV-Weltkonferenz und zugleich 15. Europäische PV-Konferenz statt, welche ein weiteres Mal sämtliche Rekorde bisheriger Veranstaltungen zu brechen vermochte [92]. In der Schweiz fand eine nationale PV-Tagung statt, welche Gelegenheit zur Standortbestimmung und Informationsaustausch bot [93].

1999 wird es darum gehen, die Kontinuität weiter zu wahren und wo immer möglich neue, anwendungsbezogene Aktivitäten zu initiieren, eine den Erfordernissen des Technologiestandes angepasste Flexibilität der Projektförderung sicherzustellen und konkrete Schritte zur weiteren Umsetzung einzuleiten. Wie letztes Jahr, wird auch dieses Jahr im Herbst Gelegenheit bieten, Stand und Zukunftsaussichten der Photovoltaik anlässlich einer nationalen PV-Tagung zu diskutieren sowie Erfahrungen und Informationen auszutauschen. Im Herbst findet auch eine wichtige internationale Konferenz unter dem Schirm der IEA statt, welche die Chancen der Photovoltaik in einem wettbewerbsorientierten Markt auf hoher Ebene strategisch erörtern soll.

8. Liste der 1998 gelaufenen Forschungsprojekte

- [1] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **Mikromorphe Solarzellen**. (JB) / ENET 9719431, <http://www-micromorph.unine.ch>
- [2] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **NEST (New enhanced silicon thin-film solar cells)**. (JB) / ENET 9799901, <http://www-micromorph.unine.ch>
- [3] A. Shah, IMT, Université de Neuchâtel: **Amorphe Siliziumzellen auf Plastiksubstrat**. (JB), <http://www-micromorph.unine.ch>
- [4] Ch. Hollenstein, CRPP / EPF - Lausanne: **Erhöhung der Abscheideraten von mikrokristallinen und amorphen Siliziumdünnschichten für photovoltaische Anwendungen**. (JB) / ENET 9400051
- [5] M. Real, Alpha Real, Zürich, J. Gobrecht, PSI, Villigen: **Swiss high efficient cristalline solar cell project, using PSI process for sheet ribbon Si material**. (JB) / ENET 9823643
- [6] D. Grützmacher, PSI, Villigen: **CRYSTAL: Crystalline silicon thin film solar cells on low temperature substrates**. (JB), <http://www.psi.ch/LMN>
- [7] H. Zogg, IQE, ETH - Zürich: **LACTEL (Large Area cadmium telluride electrodeposition for thin-film solar cells)**. (JB) / ENET 9799903
- [8] H. Zogg, IQE, ETH - Zürich: **WIDE GAP CPV (Wide gap chalcopyrites for advanced P V devices)**. (JB) / ENET 9799902
- [9] M. Grätzel, ICP2 / EPF - Lausanne: **Cellules solaires basées sur des films semiconducteurs nanocristallins colorés**. (JB) / ENET 9401231, <http://dcwww.epfl.ch/icp/ICP-2/icp-2.html>
- [10] M. Wolf, LECLANCHE, Yverdon: **INDOOR DYE PV's**. (JB) / ENET 9799905, <http://www.leclanche.ch>
- [11] G. Calzaferri, Departement für Chemie und Biochemie, Uni-Bern: **Photochemical and photo-electrochemical transformation and storage of solar energy**. (JB) / ENET 9400111
- [12] M. Weng, ALUSUISSE - LONZA, Neuhausen: **ALUCOSOL - Entwicklung eines Fassaden-systems mit integrierten Solarzellenmodulen**. (JB/SB) / ENET 9554318
- [13] Ch. Roecker, LESO / EPF - Lausanne: **Photovoltaïque sur toits plats - une nouvelle approche**. (JB) / ENET 9554392, <http://lesomail.epfl.ch>
- [14] Ch. Roecker LESO / EPF - Lausanne: **DEMOSITE and DEMOSITE FLAT ROOFS - Phase III**. (JB) / ENET 9400261, <http://www.demosite.ch>
- [15] M. Camani, Dip. del Territorio, Bellinzona: **Tests di componenti e sistemi per progetti nel campo della tecnica fotovoltaica, TISO - periodo V**. (JB) / ENET 9400931, <http://leee.dct.supsi.ch>
- [16] C. Brielmann, EISI - Saint-Imier: **Programme de recherche sur des nouvelles technologies PV et sur la centrale de Mont-Soleil**. (JB) / ENET 9552187, <http://sms.eisi.ch>
- [17] W. Durisch, PSI, Villigen: **Charakterisierung von PV-Generatoren**. (JB)
- [18] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **Qualitätssicherung von PV-Anlagen**. (JB) / ENET 9702744, <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [19] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **Langzeitverhalten von netzgekoppelten PV-Anlagen**. (JB) / ENET 9619490, <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [20] H. Häberlin, HTL - Burgdorf: **PV-EMI (Development of standard test procedures for electromagnetic interference (EMI) tests and evaluations on PV components and plants**. (JB), <http://www.isburg.ch/Abteilungen/E/pvframe.html>
- [21] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **SCMIC (Single Cell Module Integrated Converter)**. (JB) / ENET 9599901, <http://www.solarstrom.ch>
- [22] R. Schmid, Alpha Real, Zürich: **Accelerated Reliability improvement AC-Modules**. (JB) / ENET 9799906
- [23] R. Schmid, Alpha Real, Zürich: **PV Checker: Research on low cost PV system checker devices for future application in the individual PV system monitoring**. (JB) / ENET 9699901

- [24] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Improving PV system reliability by a new concept including a nouvel arc detection unit.** (JB) / ENET 9401221
- [25] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Zuverlässigkeit von Sicherheitsschaltungen gegen Inselbildung.** (JB) / ENET 9721659
- [26] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Entwicklung und Validierung eines Modells zur Analyse und Prognose der langfristigen Umweltverträglichkeit verschiedener PV-Technologien.** (JB+SB) / ENET 9400381
- [27] D. Ruoss, LESO / EPF - Lausanne: **Capteur hybride d'une nouvelle génération.** (JB) / ENET 9656360
- [28] S.Nowak, NET Nowak Energie & Technologie, St. Ursen: **Abschätzung des PV-Flächenpotentials in der Stadt Zürich und im Kanton Freiburg.** (JB)
- [29] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **EU PVNB POT (Evaluation of the potential of PV noise barrier technology for the electric production and market share.** (JB)
- [30] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **PVSAT: Remote performance check for grid connected PV systems using satellite data.** (JB), <http://www.solarstrom.ch>
- [31] P. Ineichen, Groupe de Physique Appliquée, Université de Genève: **Satellight.** (JB) / ENET 9699902
- [32] P. Hüsler, Nova Energie GmbH, Aarau: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task I.** (JB) / ENET 9400991, <http://www.novaenergie.ch>
- [33] L. Calvadetscher, TNC Consulting, Männedorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task II.** (JB) / ENET 9714805
- [34] B. Bezençon, ATLANTIS ENERGIE, Bern: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task III.** (JB) / ENET 9722579, <http://www.atlantisenergy.com>
- [35] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task V.** (JB) / ENET 9720552, <http://www.solarstrom.ch>
- [36] P. Toggweiler, ENECOLO, Mönchaltorf: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task VII.** (JB) / ENET 9720552, <http://www.solarstrom.ch>
- [37] R. Minder, Minder Energy Consulting, Oberlunkhofen: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Task VIII.** (JB)
- [38] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Global Approval Programm - PV GAP.** (JB) / ENET 9723783
- [39] W. Durisch, PSI, Villigen: **Thermophotovoltaische Erzeugung von Strom in mit Erdgas betriebenen wärmegeführten Kleinblockheizkraftwerken.**

9. P+D Projekte

- [40] V. Crastan, HTL Biel: **Pilotanlage 2 kWp für modulintegrierte Wechselrichter.** (JB)
- [41] M. Real, Alpha Real, Zürich: **Dreiphasiger, modulintegrierter Solarwechselrichter,** Folgeprojekt des gleichnamigen Forschungsprojekts. (JB)
- [42] J. Audergon, GEIMESA, Fribourg: **Système hybride photovoltaïque et thermique de 7 kWp, Domdidier.** (JB)
- [43] J. Rickli, Solargenossenschaft Erlach; A. Eckmanns, B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **Hybride Dachintegration Erlach** (SB)
- [44] R. Tschärner, IMT, Université de Neuchâtel: **Amorphe PV-Anlage dachintegriert, IMT Neuenburg** (JB)
- [45] U. Bühler, G. Berner Solargenossenschaft Rigi, Cham: **PV-Anlage Hotel Rigi Kulm.** (JB+SB)
- [46] B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **PV-Dachintegration mit Modulwechselrichtern.**(JB), <http://www.atlantisenergy.com>
- [47] Ch. Roecker, J. Bonvin, EPF - Lausanne: **Nouveaux support doubles en Eternit pour panneaux photovoltaïques sur toit plat.** (JB+SB), <http://lesomail.epfl.ch>
- [48] P. Toggweiler, Enecolo, Mönchaltorf: **PV-Flachdachanlage mit SCIBEL Elementen.** (JB), <http://www.solarstrom.ch>

- [49] M. Real, Alpha Real, Zürich: **PV-Flachdachanlage mit AC-Modulen.** (JB)
- [50] R. Hächler, Ars Solaris Hächler, Chur: **PV-Flachdachanlage auf Gründach, Solgreen** (JB)
- [51] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **3 x 10 kWp PV-Schallschutzanlagen.** (JB)
- [52] M. Schneider, Sunwatt Bio Energie SA, Chêne Bourg: **Héliotram, 800 kWp PV-Anlagen mit DC-Direkteinspeisung ins Tramnetz.** (JB)
- [53] Th. Nordmann, TNC Consulting AG, Männedorf: **AC-Schallschutzanlage Amsterdam.** (JB)
- [54] R. Diamond, Phebus Suisse, Genève : **151 small grid connected PV-Stations for a total of 200 kWp.** (JB)
- [55] G. Jean-Richard, EICN, Le Locle: **PV-Anlage Héliotrope EICN.** (JB)
- [56] H. Meier, Gemeinde Adligenswil: **Messpaket PV-Anlage Schulhaus Gemeinde Adligenswil.** (JB)
- [57] Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **Messkampagne PV-Anlage CMZ Stadtmühle Zürich.** (JB)
- [58] A. Eckmanns, Atlantis Energie, Bern: Realisierung eines **Mobilen Mess-Systems.** (JB+SB), <http://www.atlantisenergy.com>
- [59] L. Clavadetscher, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage entlang dem SBB Trasse Bellinzona-Locarno.** (JB)
- [60] L. Clavadetscher, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage N 13, Messungen, Unterhalt, Betrieb.** (JB)
- [61] A. Frölich, Th. Bähler, Th. Nordmann, TNC Consulting, Männedorf: **100 kWp PV-Netzverbundanlage A2 Giebenach.** (JB)
- [62] Ch. Roecker, P. Affolter, LESO - EPF Lausanne: **Installations photovoltaïques intégrée aux marquises de gare.** (JB+SB)
- [63] M. Schalcher, Ingenieurschule HTL, Chur: **Visualisierung/Auswertung der Daten der 4.1 kWp Anlage auf dem Rothorn.** (JB)
- [64] S. Roth, NOK, Baden: **1-MW Solarkette der NOK, normierte Daten 1997 - 2001.** (JB), <http://www.nok.ch>
- [65] R. Kröni, D. Ruoss: Enecolo AG, Mönchaltorf: **180 kWp Anlage UBS Suglio, Messkampagne.** (JB), <http://www.solarstrom.ch>
- [66] B. Stucki, Atlantis Energie, Bern: **450 kW Fassadenkraftwerk Wittigkofen .** (JB+SB). <http://www.atlantisenergy.com>
- [67] U. Muntwyler, Muntwyler Energietechnik, Zollikofen: **OptiPV - optimaler Systemaufbau von kostengünstigen PV-Anlagen.** (JB)
- [68] S. Kunz. Meteotest, Bern: **PV-Monitor.** (JB)
- [69] M. Real, Alpha Real, Zürich, **Normenarbeit für PV-Systeme.** (JB)
- [70] R. P. Maisch, Zühlke Engineering, Schlieren: **Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der Mikromorph Zelle.** (JB, SB)
- [71] Ch. Roecker, LESO - EPF Lausanne: **PVSYST 3.0.** (JB), <http://lesomail.epfl.ch>
- [72] B. Bezençon, Atlantis Solar Systeme AG, Bern: **Autonome 3,1 kWp Dachintegration.** <http://www.atlantisenergy.com>
- [73] R. Durot, Zagsolar, Reussbühl: **Photovoltaik Aussenisolationselemente.**
- [74] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **Modulaufständigung SOLight.**
- [75] P. Toggweiler, Enecolo AG, Mönchaltorf: **SOLRIF; Rahmen für Standardmodule für Dachintegration.** <http://www.solarstrom.ch>
- [76] S. Kropf, Ebikon: **Multifunktionale Gebäudehüllen, PV-hybrid Dach.**
- [77] Ch. Meier, Energiebüro, Zürich: **GRS, garantierte Resultate bei PV-Systemen.**
- [78] Ch. Roecker, J. Bonvin, LESO - EPF Lausanne : **Installation-pilote PV sur toit plat à base de nouveaux supports en fibro-ciment.** (SB)
- [79] P.-J. Duc, M. Maurer, Ecole d'Ingénieurs du Valais, Sion : **Installation PV au centre d'entretien de l'autoroute N9 à Sierre.** (SB)

10. Referenzen (wenn nicht anders erwähnt, bei der Programmleitung zu beziehen)

- [80] DB TISO, LEEE, SUPSI, zu beziehen beim TISO-LEEE, SUPSI, 6952 Canobbio, Fax 091 942 88 65
- [81] Buy-back rates for grid-connected PV power systems, IEA PVPS Task I, 1997 2
- [82] Photovoltaic power systems in competitive electricity markets, IEA PVPS Task I, 1998 3
- [83] Environmental aspects of PV power systems, IEA PVPS Task I, 1998 4
- [84] Photovoltaic components and systems – Status of R&D in IEA countries 1985–1995, IEA PVPS Task I, 1998 5
- [85] Swiss national report on PV power applications, P. Hüsler, Nova Energie, 1998
- [86] Measuring and monitoring approaches, IEA PVPS Task II, 1998 2
- [87] Stand alone PV applications – Lessons learned, IEA PVPS Task III, 1998
- [88] Charge Controllers, IEA PVPS Task III, 1998
- [89] Batteries Guide, IEA PVPS Task III, 1998
- [90] Stand alone PV systems - Slide collection, IEA PVPS Task III, 1998
- [91] Bulding integrated PV systems - Slide collection, IEA PVPS Task VII, 1999
- [92] Die 2. PV-Weltkonferenz aus Schweizer Sicht, Ed. S. Nowak, BFE, 1998
- [93] Nationale PV-Tagung 1998, Unterlagen zu beziehen beim VSE, Gerbergasse 5, 8023 Zürich, Fax 01 221 04 42

12. 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

13. Verwendete Abkürzungen

Finanzierende Institutionen

AfB	Amt für Bundesbauten
FOGA	Forschungs-, Entwicklungs- und Förderfonds der schweizerischen Gasindustrie
P+D	Pilot- und Demonstrationsvorhaben
PSEL	Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft

Öffentliche Institutionen

ATAL	Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich
BAWI	Bundesamt für Aussenwirtschaft
BBT	Bundesamt für Berufsbildung und Technologie
BBW	Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EICN	Ecole d'Ingénieurs du Canton de Neuchâtel
EISI	Ecole d'Ingénieurs de Saint-Imier
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EWZ	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
ICP	Institut de Chimie Physique EPFL
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel
IQE	Institut für Quantenelektronik ETHZ
LESO	Laboratoire d'Energie Solaire EPFL
PSI	Paul Scherer Institut
SI Lausanne	Services Industriels Lausanne
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana

Organisationen

EU	Europäische Union
IEA	International Energy Agency
PVPS	Photovoltaic Power Systems Implementing Agreement (IEA)
GAP	Global Approval Programme

Private Institutionen und Unternehmen

EWE	Elektrowatt Engineering
NET	Nowak Energie & Technologie
NOK	Nordostschweizerische Kraftwerke