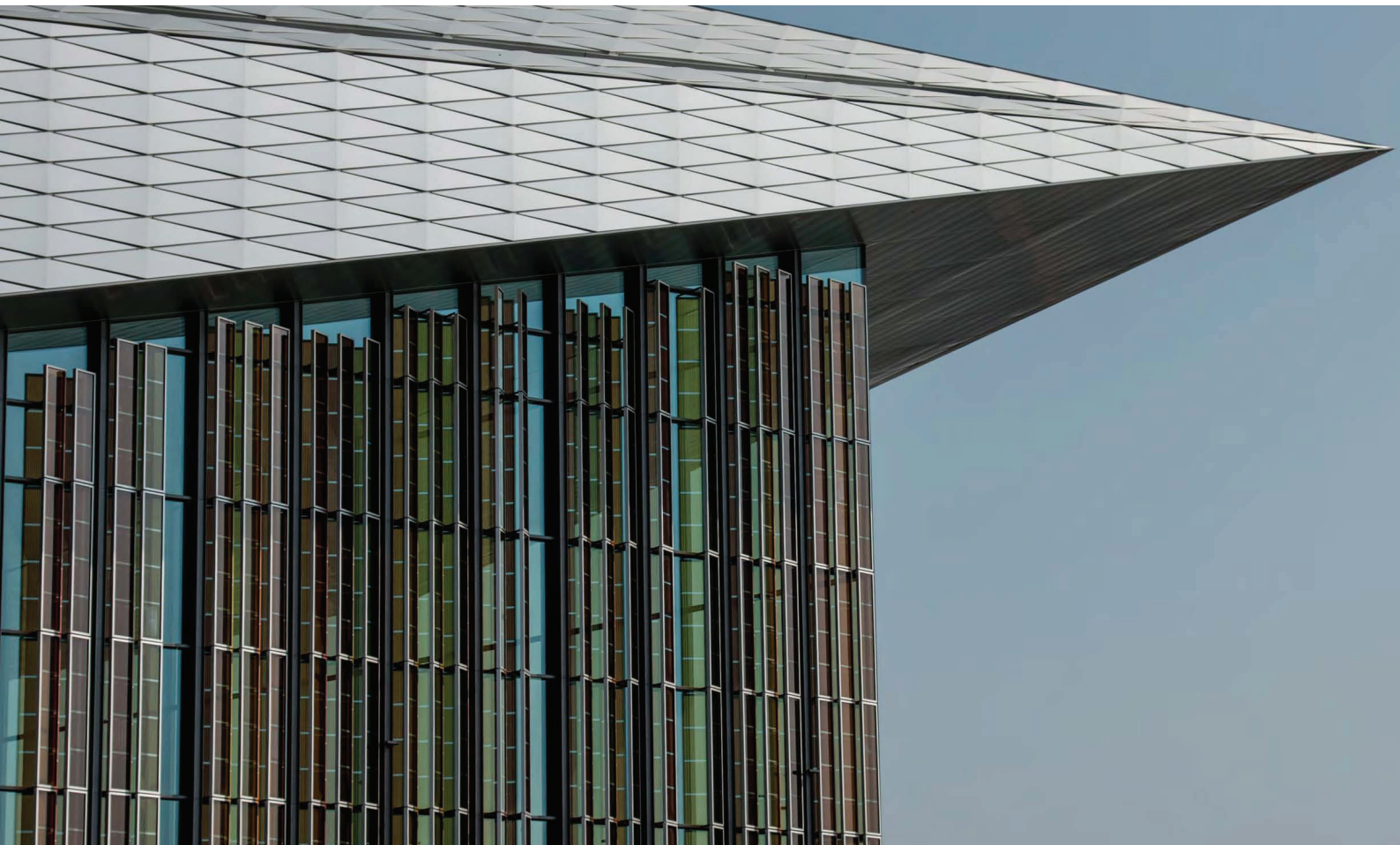


Überblicksbericht 2013

# Forschungsprogramm Photovoltaik



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Energie BFE**  
**Office fédéral de l'énergie OFEN**

**Titelbild:****Neuartige farbige Photovoltaik Fassade**

Am neuen SwissTech Convention Center an der EPFL in Lausanne wurde zum ersten Mal eine 300 m<sup>2</sup> grosse Fassade mit mehrfarbigen, transluziden Solarmodulen auf der Grundlage der farbstoffsensibilisierten «Graetzel»-Solarzellen realisiert. Die an der Westseite des Konferenzentrums angebrachten, vorgehängten Fassadenelemente sind bis zu 36 m hoch und bilden einen Sonnenschutz für den lichtdurchfluteten Vorraum des Gebäudes (Solaranlage – Planung und Bau: Solaronix SA; Architekt: Richter - Dahl Rocha & Associés, Bildquelle: © IEA PVPS / Daniel Forster)

**BFE Forschungsprogramm Photovoltaik**

Überblicksbericht 2013

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern

**Programmleiter BFE (Autor):**

Dr. Stefan Nowak, NET Nowak Energie & Technologie AG (stefan.nowak@netenergy.ch)

**Bereichsleiter BFE:**

Dr. Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer@bfe.admin.ch)

[www.bfe.admin.ch/forschungphotovoltaik](http://www.bfe.admin.ch/forschungphotovoltaik)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Einleitung

In den letzten Jahren haben sich Technologie und Industrie der Photovoltaik, ihre Wettbewerbsfähigkeit, die politischen Rahmenbedingungen und die Bedeutung der Photovoltaik für den Elektrizitätsmarkt deutlich verändert. Zum einen fand eine beispiellose Preisreduktion insbesondere der Photovoltaik-Module statt, welche die Wettbewerbsfähigkeit der Photovoltaik in wenigen Jahren in vielen Märkten und Anwendungen massiv verbessert hat. Ausschlaggebend dafür ist die rasch wachsende Industrie mit entsprechenden Skaleneffekten, aber auch eine erhebliche globale Überproduktion. Damit einhergehend erfolgt weltweit ein rasches Marktwachstum, welches weiter anhalten dürfte. Gleichzeitig ist aufgrund des steigenden Wettbewerbsdrucks eine ausgeprägte Konsolidierungsphase in der Photovoltaikindustrie eingetreten. Nationale wie internationale Energiedebatten befassen sich immer intensiver mit der Photovoltaik, sowohl mit der Frage was ihr künftiger Beitrag im Energiemix sein wird als auch mit den marktbezogenen Rahmenbedingungen, welche zunehmend den Elektrizitätsmarkt als Ganzes erfassen.

Vor diesem Hintergrund findet weiterhin eine intensive Forschung statt, welche sich die anhaltende Kostenreduktion des ganzen Photovoltaiksystems, die rasche Industrialisierung neuer Prozesse, Produkte und Anwendungen wie die Integration in das Energiesystem als Ganzes zum Ziel setzt. Beispiele von wichtigen Photovoltaik Forschungsinitiativen sind die «Innovationsallianz Photovoltaik» in Deutschland, die «Sunshot Initiative» in den USA, das neue

«AIST Fukushima Renewable Energy Institute» in Japan oder der «PV Implementation Plan 2013–2015» der Solar Europe Industry Initiative [1-4].

In der Forschung geht es um die anhaltende Weiterentwicklung der bestehenden Photovoltaiktechnologien sowie die Entwicklung neuer Materialoptionen und Konzepte. Nebst dem Kerngebiet der verschiedenen Solarzellen- und Modultechnologien beinhaltet die Photovoltaikforschung auch technologiespezifische Themen auf der Systemebene, z. B. der Gebäudeintegration, der elektrischen Systemtechnik oder der Umweltindikatoren und des Recyclings. Mit der derzeit anhaltenden Kostenreduktion bilden System-übergreifende Aspekte wie die Netzintegration, die Speicherung oder energetische Konzepte im Gebäude immer wichtigere Themen der Forschung. Neue Erkenntnisse und Resultate aus der Forschung werden möglichst rasch in die Industrie übergeführt.

Die Photovoltaik als wesentlicher Pfeiler einer nachhaltigen Stromversorgung hat in relevanten Szenarien inzwischen ihren festen Platz: Die im Jahr 2010 publizierte Photovoltaik-Roadmap der Internationalen Energie Agentur IEA [5] spricht bis 2050 von einem möglichen Beitrag von mehr als 10 % zur weltweiten Stromversorgung. Die kurzfristigen Marktprognosen der IEA zeigen ein noch dynamischeres Bild [6]. In aktuellen Schweizer Energieszenarien wird von der Photovoltaik bis 2050 ein Beitrag von mindestens 10 TWh Elektrizität als erwartet [7].

In den letzten bald 30 Jahren hat sich eine starke Schweizer Position in ver-

schiedenen Gebieten der Photovoltaikforschung herausgebildet: Im Vordergrund stehen die Entwicklungen von verschiedenen Dünnschicht-Technologien, welche schon immer den Schwerpunkt der Schweizer Photovoltaikforschung bildeten. Im Jahr 2013 erfolgte dazu eine deutliche Steigerung der Aktivitäten, eine Stärkung der Forschungsinfrastruktur und Erfolge in verschiedenen Forschungsgebieten. Ausgehend von Arbeiten an neuen Solarzellen-Konzepten, z. B. auf dem Gebiet der CIGS-Technologie, werden diese sukzessiv in die industrielle Umsetzung übergeführt. Heute findet neben der Forschung an Instituten und Hochschulen auch seitens der Industrie eine intensive Technologieentwicklung statt, welche mittlerweile zu einer entlang der ganzen Wertschöpfungskette der Photovoltaik bedeutenden Schweizer Industrie geführt hat. Laufende Aktivitäten in Forschung und Entwicklung sowie Projekte im Bereich von Pilot- und Demonstrationsanlagen umfassen im Berichtsjahr 2013 rund 75 Projekte, wobei alle der Programmleitung bekannten Projekte mit einer Förderung der öffentlichen Hand berücksichtigt sind. Nebst den durch das Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Projekten und den Schwerpunkten einzelner Hochschulen und Forschungsinstitute spielen Projekte mit Unterstützung der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) sowie zahlreiche EU-Projekte im Forschungsprogramm Photovoltaik eine tragende Rolle.

IEA Klassifikation: 3.1.2 Photovoltaics  
Schweizer Klassifikation: 2.1.2 Photovoltaik

## Programmschwerpunkte

Das Forschungsprogramm Photovoltaik des BFE verfolgt in der Periode 2013–2016 die folgenden Ziele [8]:

- Effizienzsteigerungen und Kostenreduktion von Dünnschicht-Solarzellen;
- Entwicklung von Hocheffizienzzellen (HIT-Zellen, Photonenmanagement);
- Materialoptionen für neue Solarzellenkonzepte (organische Solarzellen);
- Industrielle Fertigungsprozesse für verschiedene Dünnschichtsolarzellen (Silizium, CIGS);
- Neue multifunktionale Produkte für die Gebäudeintegration;
- Optimierung der Einbindung von Solardächern und -fassaden in die Gebäudetechnik;
- Netzintegration von hohen Anteilen von Photovoltaikstrom;
- Übergreifende Zusammenarbeit zur Optimierung der Energieerzeugung in Kombination mit andern Erneuerbaren, insbesondere bezüglich Speicheroptionen und Verbrauchssteuerung.

Das Programm ist dazu in folgende fünf Bereiche aufgeteilt (die angegebene Klassifizierung bezieht sich auf die Liste der Projekte, Seite 11 ff.):

### Solarzellen (1a-e)

Verschiedene materialspezifische Ansätze zu Dünnschichtsolarzellen stellen hier den wichtigsten Schwerpunkt dar (Silizium, Verbindungshalbleiter, organische Materialien). Verstärkt werden Hocheffizienz-Zellen mit Heteroübergängen zwischen Dünnschicht- und kristallinem Silizium vorangetrieben. Organische und Polymersolarzellen, neuerdings verstärkt durch Forschung an Perowskitstrukturen, gewinnen an Bedeutung. Ausserdem werden in der Grundlagenforschung fortgeschrittene Konzepte mit Photonen-Management erforscht, z. B. für Lumineszenz-Konzentratoren.

### Module und Gebäudeintegration (2a-e)

Diese Gebiet ist eng mit der Anwendung der Gebäudeintegration verbunden. Im Vordergrund stehen zum Einen Modultechnologien, welche mit den in der Schweiz entwickelten Solarzellen einhergehen. Zum Anderen wird die

Integration in funktionale Gebäudeelemente (z. B. Isolation, Wasserdichtigkeit) verstärkt verfolgt.

### Elektrische Systemtechnik (3)

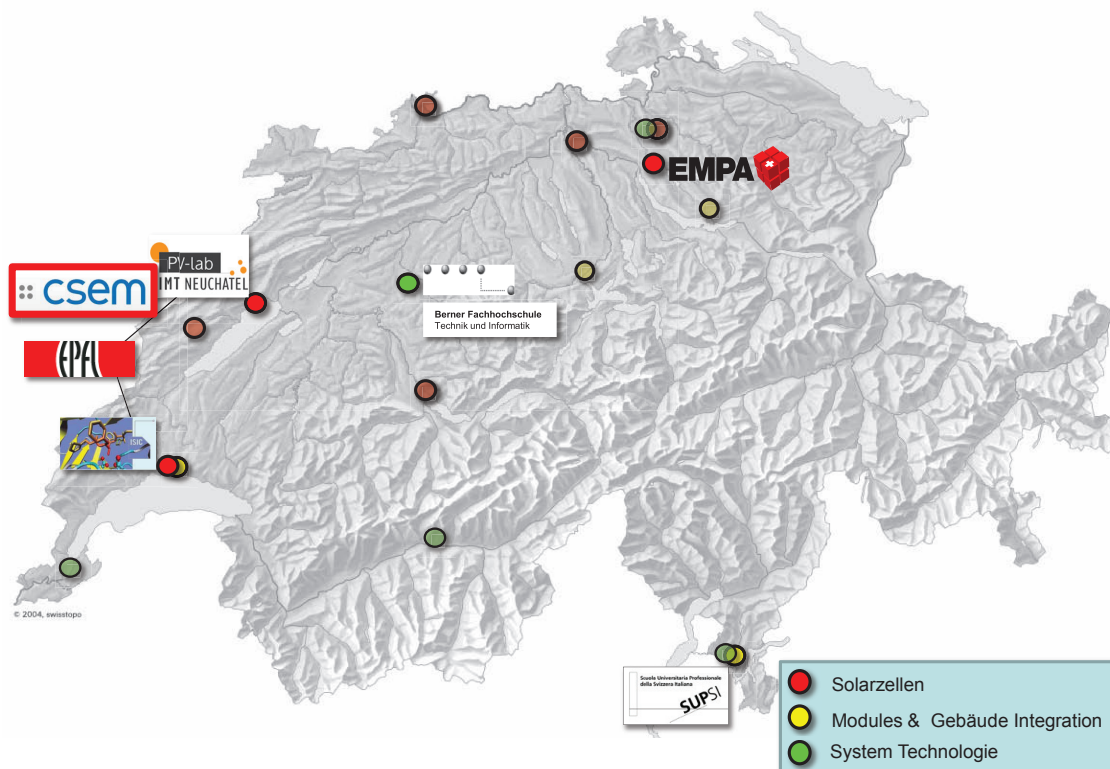
Im Vordergrund steht die Qualitätssicherung von Modulen und Wechselrichtern, einschliesslich entsprechender Normen. Ein in Zukunft wichtiger werdendes Thema ist die Wechselwirkung mit dem elektrischen Netz und die Integration der Photovoltaik ins Netz.

### Begleitende Themen (4)

Zum einen geht es um relevante technische und nicht technische Themen zur Marktentwicklung (z. B. Hilfsmittel, Monitoring, Umweltaspekte). Andererseits sind hier auch auf andere Energiethemen übergreifende Projekte (z. B. Gebäude, Mobilität, Speicherung) angesiedelt.

### Internationale Zusammenarbeit (5)

Diese erfolgt projektbezogen auf allen Gebieten und im Rahmen des Implementing Agreements Photovoltaic Power System Programme (PVPS) der Internationalen Energieagentur (IEA), der europäischen SOLAR-ERA.NET-Kooperation (ERA: European Research



Die Schweizer Photovoltaik Forschungslandschaft

Area), der Europäischen Photovoltaik-Technologieplattform, der Solar Europe Industry Initiative (SEII) im Rahmen des SET-Plans und der Normen festlegenden Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC).

### Rückblick und Bewertung 2013

Gemessen an der Anzahl laufender Projekte mit öffentlicher Finanzierung und der gesamthaft gemeldeten Forschungsprojekte [9] kann eine anhaltende Verstärkung der Forschungsaktivitäten beobachtet werden. Diese Erhöhung ist in erster Linie auf eine Zunahme von KTI- und EU-Projekten zurückzuführen. Die zur spezifischen Förderung der Photovoltaik verfügbaren Forschungsmittel des BFE sind im Jahr 2013 beschränkt aber konstant geblieben. Die Mittel für Pilot- und Demonstrationsprojekte konnten hingegen deutlich erhöht werden, wobei hier keine für die Photovoltaik spezifischen Mittel reserviert sind. Neu ist 2013 mit Unterstützung des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) das Photovoltaik-Kompetenzzentrum am Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) operativ geworden. Damit soll die industriennahe Forschung in Hinsicht auf die Umsetzung deutlich gestärkt werden.

Inhaltlich sind programmübergreifend drei wesentliche Trends zu erkennen: i) die verstärkte Fokussierung auf kurz- und mittelfristig relevante Fragestellungen der Industrie (anhaltende Kostensenkung und Effizienzsteigerung), ii) die wachsende Bedeutung von systemrelevanten Aspekten (z. B. Gebäude- und Netzintegration) sowie iii) langfristige Optionen in der Grundlagenforschung. Für die Photovoltaikindustrie hielt der ausgeprägte Wettbewerb und Kostendruck weiter an, aber es zeichnet sich gleichzeitig eine verstärkte Innovationsfähigkeit in Hinsicht auf neue Prozesse und Produkte ab.

Ein nicht unwesentliches Element auf der nationalen Ebene ist der inzwischen auf mindestens 300 MW Jahreskapazität geschätzte Markt (total installierte Leistung Ende 2013 rund 740 MW), welcher seitens der Marktakteure zu vermehrten Kooperationen mit Forschungsinstituten und Innovationen führt. Insgesamt ist damit trotz Konsolidierung in der Industrie eine wachsende Industrietätigkeit zu verzeichnen.

### Ausblick

Die Schweizer Photovoltaik Forschungslandkarte (siehe Bild links) ist stark diversifiziert und gut verteilt. Für

das Bestehen im internationalen Wettbewerb wichtig, dass die einzelnen Forschungsaktivitäten eine genügend grosse kritische Masse aufweisen und halten können.

Die Herausforderung der Schweizer Photovoltaikforschung und -industrie für die kommenden Jahre liegt deshalb darin, international, sowohl technologisch wie marktbezogen, mithalten zu können. Die Ausgangslage dazu ist grundsätzlich sehr gut: Die Schweiz hat in verschiedenen Forschungsgebieten weltweit weiterhin führende Forschungsaktivitäten und konnte diese in den letzten Jahren deutlich verstärken. Die Industrie ist trotz den derzeit schwierigen Zeiten in Bezug auf die Innovationstätigkeit weiterhin stark präsent und thematisch breit aufgestellt. Mit den verschiedenen Massnahmen zur Stärkung von Forschung und Umsetzung sollte sich auch die Forschungsinfrastruktur weiter entwickeln können. Zusammen mit dem kontinuierlich wachsenden Markt und der zunehmenden Wettbewerbsfähigkeit sind damit die Voraussetzungen für die weitere Entwicklung sowohl wissenschaftlich und technologisch wie industriell und marktbezogen anspruchsvoll aber aussichtsreich.

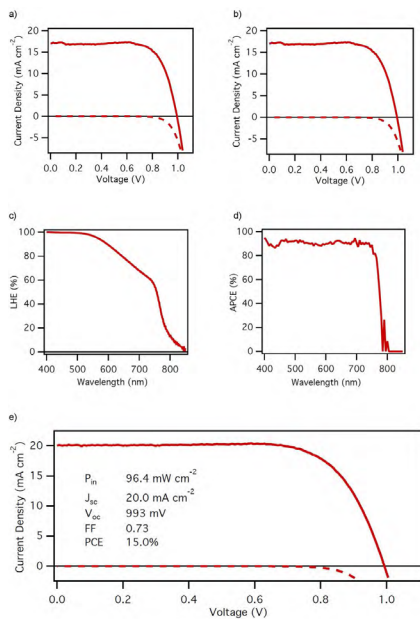
## Highlights aus Forschung und Entwicklung

Die Schweizer Photovoltaik Forschungszentren zu einzelnen Schwerpunktthemen konnten in den letzten Jahren ihre Forschungsaktivitäten vertiefen, neue Themen aufgreifen, die Industriekooperationen stärken und allgemein die Forschungsinfrastruktur ausbauen. Im Jahr 2013 sind dies insbesondere das Photovoltaik-Labor (PV-Lab) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) in Neuchâtel zusammen mit dem CSEM PV Center (Silizium-Dünnschicht-Solarzellen), das Institute of chemical sciences and engineering (ISIC) an der EPFL in Lausanne (Farbstoff-Solarzellen), die Empa in Dübendorf (Verbindungshalbleiter- und organische Solarzellen), die

Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) in Lugano (Solarmodule und Gebäudeintegration) und die Berner Fachhochschule Technik und Informatik (BFH TI) in Burgdorf (elektrische Systemtechnik). Daneben sind auch verstärkte Forschungsaktivitäten an weiteren Hochschulen, z. B. an den Universitäten Bern, Basel und Fribourg sowie an der Empa in Thun (Grundlagenforschung), den Fachhochschulen ZHAW in Winterthur und Wädenswil und der heig-vd in Yverdon (Systemtechnik, Simulation), dem Laboratoire d'énergie solaire (LESO) an der EPFL und der Hochschule HSLU in Luzern (Gebäudeintegration) oder der HSR in Rapperswil (insbesondere

PVT-Hybridkollektoren) und dem NTB in Buchs (Kleinanwendungen) zu verzeichnen.

Forschung und Entwicklung auf kristallinen Solarzellen ist in der Schweiz weitgehend Sache der Industrie. Ein Grossteil der öffentlichen Photovoltaikforschung befasst sich mit neuen Solarzellen auf der Grundlage von Dünnschicht-Technologien. Die wesentlichen Technologieansätze betreffen Dünnschicht-Silizium (zur Hauptsache am PV-Lab der EPFL) sowie Dünnschicht-Verbindungshalbleiter CIGS und CdTe (Empa). Die rasche Kostenreduktion bei den kristallinen Solarzellen zwingt die Vertreter der Dünnschicht-Technologien, ihre Konzepte kosten- und ef-



Figur 1: Charakterisierung von Perowskit-Solarzellen: a) I-V Kurven unter AM 1.5 G Spektrum (fest) bzw. im Dunkeln (gestrichen), b) IPCE (incident photon-to-current conversion efficiency) bzw. integrierter Photonenstrom, c) LHE (light harvesting efficiency), d) APCE (absorbed photon-to-current conversion efficiency), e) I-V Kurve der besten Zelle (Bildquelle EPFL [10], Copyright: Nature Publishing Group 2013).

fizienzmässig noch schneller weiter zu entwickeln. Dabei gewinnt auch das Konzept der hocheffizienten Solarzellen mit Heteroübergängen zwischen amorphen und kristallinen Zellen industriell rasch an Bedeutung. Fortgeschrittene Solarzellenforschung bedeutet aber immer mehr auch Materialforschung mit neusten Ansätzen, neuen Materialkombinationen und neuen Prozessen. Dabei spielen feinste Schichten und Strukturen im Nanometerbereich eine zunehmende Rolle. Im Jahr 2013 standen diesbezüglich vor allem die Forschungsarbeiten an Perowskit-Strukturen, namentlich am ISIC an der EPFL, im Rampenlicht.

Die Qualitätssicherung hat seit vielen Jahren ihren festen Stellenwert in der Photovoltaik Forschungslandschaft. Die Prüfung von Solarmodulen und deren Verhalten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen ist die Kernkompetenz des Istituto sostenibilità applicato all'ambiente costruito (ISAAC) an der

SUPSI. Komplementär dazu wird an der Berner Fachhochschule HTI in Burgdorf das Verhalten von Wechselrichtern und Systemen untersucht. Beide Institute betreiben Prüflabors, in welchen Solarmodule oder Wechselrichter gemäss gängigen Normen geprüft werden können.

## Dünnschichtsolarzellen – mit neuen Konzepten zu höchsten Wirkungsgraden

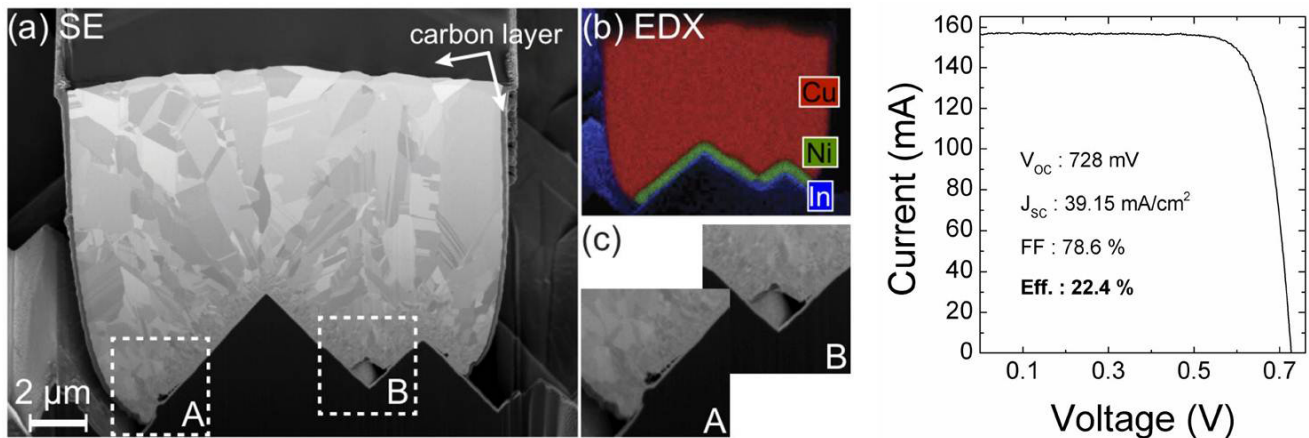
Besondere Beachtung fanden im Berichtsjahr die neusten Forschungsarbeiten des Teams um Prof. Michael Graetzel am ISIC an der EPFL in Lausanne, welcher seit vielen Jahren im Rahmen von nationalen und internationalen Projekten an vorderster Front an farbstoffsensibilisierten Dünnschichtsolarzellen (sogenannten «Graetzel-Zellen») forscht. Das neue «heisse» Thema sind lösungsmittelbasierte, metallorganische Perowskite (bleihaltige Perowskit-Kristalle), welche 2009 an der Universität Tokyo zum ersten Mal zur Sensibilisierung der Farbstoffsolarzellen eingesetzt wurden und damit in der internationalen Forschungsgemeinschaft grosses Interesse ausgelöst haben. In nur wenigen Jahren hat sich seither der Wirkungsgrad solcher Solarzellen von nur drei auf jetzt über 16 Prozent gesteigert, viel schneller als bei allen anderen Solarzellen-Technologien. Die Forschungsgruppe an der EPFL konnte zeigen, dass das Leistungsvermögen der Perowskit-Solarzellen von der Regelmässigkeit der Perowskit-Kristalle abhängt. Die Forscher schlugen dazu einen sequentiellen Herstellungsprozess der Perowskit-Kristalle vor. In einem ersten Schritt wird die anorganische Bleiverbindung aus einer Lösung auf die nanoporöse Titandioxid-Schicht aufgebracht. Anschliessend wird der Film einer organischen Lösung ausgesetzt, welche zur Bildung der Perowskit-Kristalle führt. Die Umwandlung zur Perowskitstruktur erfolgt beim Kontakt der zwei Komponenten in den Poren der Titandioxid-Schicht und führt dabei zu einer viel besseren Morphologie der Perowskit-Kristalle. Auf diese Weise konnten die Forscher an der EPFL den Wirkungsgrad im Jahr 2013 auf bis zu 15 Prozent steigern (Fig.1) [10]. Prof. M. Graetzel wurde 2013 auch mit

dem bedeutenden Marcel Benoist Preis 2013 ausgezeichnet [11].

Die rasante Entwicklung des Wirkungsgrads dieses neuen Materials hat weltweit fieberhafte Forschungsarbeiten ausgelöst – treibende Kraft dafür ist die Hoffnung, hohe Wirkungsgrade mit günstigen Kosten zu verbinden, dem schlussendlichen Ziel jeder Solarzellenforschung. Ob und wann das vielversprechende Konzept diese Erwartungen in der Praxis erfüllen kann, welche Fragen sich dabei ergeben und welche Aufgaben gelöst werden müssen, bleibt weiter zu verfolgen. Dennoch zeigt dieses Beispiel eindrücklich, wie wichtig die anhaltende Forschung an neuen Konzepten ist und welches Potential in neuen Materialien und Prozessen immer noch steckt.

Das PV-Lab an der EPFL in Neuchâtel bearbeitet in einer Anzahl von eng verwandten Projekten aktuelle Fragestellungen zur weiteren Entwicklung von Silizium-Dünnschichtsolarzellen auf verschiedenen Substraten. Das aktuelle vom BFE unterstützte Projekt am PV-Lab ist in sechs komplementäre Aufgabenbereiche strukturiert: Einfluss der Plasmeeigenschaften auf die Siliziumschichten, neue Materialien und Schichten, Lichteinfang, Mehrfachübergänge, Zuverlässigkeit und Charakterisierung sowie allgemeine Infrastruktur. Im zweiten Projektjahr wurde das Verständnis der Materialeigenschaften von amorphem und mikrokristallinem Silizium mit verschiedenen Zwischenschichten vertieft. Auf der Zellenebene konnten wesentliche Fortschritte erzielt werden, namentlich ein Weltrekord für den Wirkungsgrad von mikrokristallinen Siliziumsolarzellen von 10,7 % sowie die sehr guten Werte von mikromorphen Siliziumsolarzellen von 12,3 % für Tandemzellen bzw. 13,0 % für Tripelzellen (Fig. 2).

Das Konzept von Hocheffizienz-Solarzellen mit einem Heteroübergang (*heterojunction technology HJT*) zwischen verschiedenen Schichten aus kristallinem und amorphem bzw. mikrokristallinem Silizium gewinnt unter dem aktuellen Kostendruck durch die marktübliche kristalline Technologie weiter an Bedeutung. Das PV-Lab erreichte hierzu bisher einen maximalen Wirkungsgrad 22,1 %. Wesentliche Industriekooperationen des PV-Lab er-



Figur 2: Als neue Kontaktelektroden von Silizium Heterjunction Solarzellen werden Ni/Cu Finger untersucht. Linker Bildteil: a) Sekundärelektronen SEM Bild eines Ni/Cu Fingers. b) EDX mapping von Kupfer, Nickel und Indium. c) Vergrösserte Sicht von zwei Defekten an der ITO/Ni Grenzschicht; rechter Bildteil: Strom-Spannungscharakteristik und Wirkungsgrad einer Silizium Heterjunction Solarzelle mit Kupfergitter, einem IO:H/ITO Front TCO Stack und einer  $\text{MgF}_2$  Antireflexschicht. (Bildquelle EPFL [12], Copyright: IEEE).

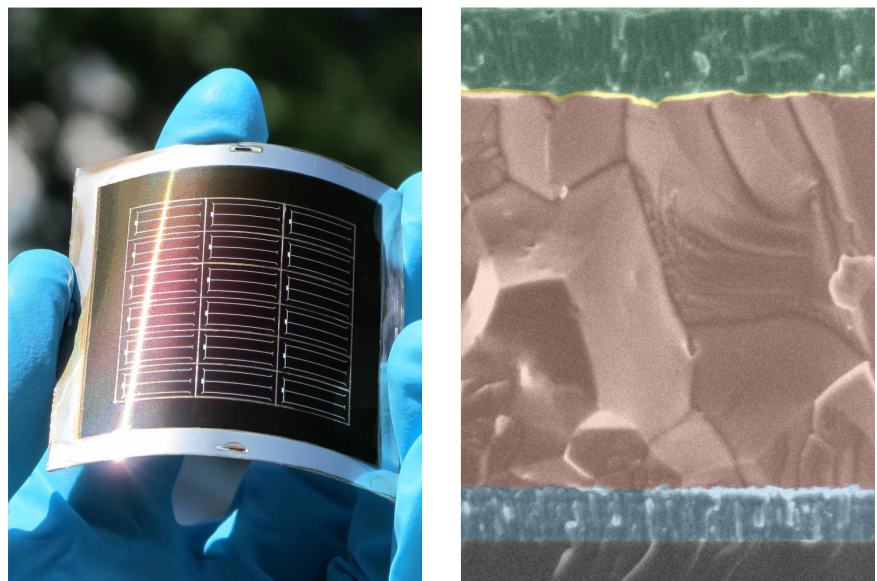
folgen hierzu mit Meyer Burger und Roth & Rau in der Schweiz sowie mit verschiedenen weiteren in- und ausländischen Unternehmen.

Die derzeit wichtigsten Vertreter der Verbindungshalbleiter-Solarzellen sind CIGS und CdTe. Nachdem sich CdTe Solarzellen im Markt etabliert haben gewinnt auch die CIGS Technologie zunehmende Bedeutung. Nebst diesen Hauptvertretern der Verbindungshalbleiter-Solarzellen werden weltweit neue Materialvarianten erforscht, insbesondere in der Materialklasse der Kesteriten. Das Labor für Dünne Schichten und Photovoltaik an der Empa arbeitet dazu an unterschiedlichen Fragestellungen zu CIGS- und CdTe Solarzellen sowie Kesteriten ( $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}, \text{Se})_4$ ). Dabei interessieren auch bei diesen Technologien die Materialeigenschaften, Depositionsprozesse und -temperaturen (sowohl unter Vakuum, als auch bei Atmosphärendruck), die notwendigen Pufferschichten und die Substratwahl. Von besonderem Interesse sind flexible Solarzellen auf Kunststoffsubstraten. Hier erfolgt eine intensive Zusammenarbeit mit dem Empa-Spin-off-Unternehmen FLISOM.

Das Team an der Empa liegt mit seinen Resultaten weltweit weiterhin an der Spitze: Der Rekord-Wirkungsgrad einer CIGS Solarzelle auf Kunststoff von 20,4 % wurde vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg (Deutschland) verifiziert. Ein

vom BFE unterstütztes Projekt an der Empa in Zusammenarbeit mit FLISOM befasst sich mit dem Aufbau einer pilotmässigen Anlage zur mehrstufigen Abscheidung von CIGS Solarzellen auf Kunststofffolien in einem roll-to-roll Prozess. Damit soll die Übertragung der erzielten Forschungsergebnisse auf industriennahe Verhältnisse erreicht werden. Die Anlage konnte im Labor

weitgehend aufgebaut werden. Im Berichtsjahr konnte auch für CdTe Solarzellen auf flexiblen Substraten wichtige Fortschritte erarbeitet werden. Der dabei erreichte Wirkungsgrad beträgt 13,8 % in Superstrat-Konfiguration auf Polyimid und 11,5 % in Substrat-Konfiguration auf Metallfolien, in beiden Fällen ein neuer Weltrekord (Fig.3).



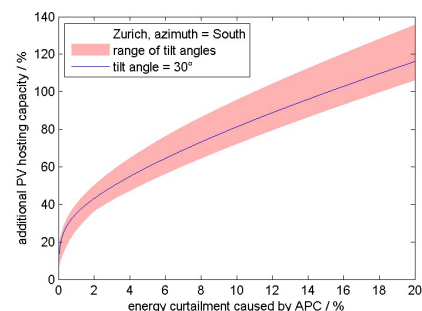
Figur 3: CdTe-Solarzellen auf einer flexiblen Metallfolie (links) und Elektronenmikroskop-Aufnahme (EM) des Zellaufbaus in der Substrat-Konfiguration (rechts) mit dem elektrischen Frontkontakt (oberste Schicht), der zentralen CdTe-Schicht und dem rückseitigen Kontakt aus Metall (unterste Schicht), deponiert auf einem Glasträger (Bildquelle Empa).

## Integration von hohen Photovoltaik Anteilen im elektrischen Netz

Im Zusammenhang mit dem teils massiven Ausbau der installierten Photovoltaik Kapazität in verschiedenen Ländern ist die Frage nach der Integration dieser Anlagen im elektrischen Netz von einer konzeptionellen und theoretischen Frage rasch zu einer praxisrelevanten Problematik geworden. Das seit 2010 im Rahmen der PV-ERA.NET Kooperation laufende BFE-Projekt *Distribution Grid Analysis and Simulation with Photovoltaics* (DIGASP) wurde im Berichtsjahr durch Basler & Hofmann erfolgreich abgeschlossen [13]. Das Projekt untersucht die Frage, wie viel Photovoltaik ein Verteilnetz erträgt, und legt damit den Fokus auf Niederspannungs-Verteilnetze (Netzebene 6 und 7) in sowohl städtischen wie auch ländlichen Wohngebieten der Schweiz.

Dazu wurde ein spezifisches Simulationsmodell zur Lastflussanalyse erstellt und für unterschiedliche Annahmen ausgewertet. So konnte beispielsweise

gezeigt werden, dass unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit von Lasten und PV-Einspeisung fast 50 % mehr Solarstrom ans Netz abgegeben werden kann als ohne diese. Je mehr Standorte (Haushalte) einbezogen werden, desto höher wird die Aufnahmekapazität des Solarstroms. Ein anderes wichtiges Resultat betrifft die Abregelung von Leistungsspitzen der PV-Anlage. Der Verzicht von 2 % der Energie ermöglicht im untersuchten Beispiel eine zusätzliche PV-Aufnahmekapazität von rund 40 % (Fig. 4). Weitere Resultate betreffen die Auswirkung der Ausrichtung der PV-Module mit vermehrter Orientierung nach Osten und Westen auf die Leistung und den Energieertrag. Es zeigt sich, dass diese viel diskutierte Massnahme die momentan abgegebene Leistung im Netz zwar reduziert, ebenso aber den Energieertrag, ausser bei sehr steilen Anstellwinkeln der PV-Module. Im Weiteren wurde der Einfluss von dezentralen Speichereinheiten untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass durch einen Speicher, welcher vier Stunden mal der nomi-



Figur 4: Einfluss der Wirkleistungsbegrenzung auf die bei der Netzeinspeisung von Photovoltaik-Anlagen mögliche Aufnahmekapazität, das Band gibt die Abhängigkeit vom Anstellwinkel der PV-Module wieder (Bildquelle Basler&Hofmann).

nalen Anlagenleistung entspricht, die Aufnahmekapazität des Verteilnetzes für PV-Anlagen um 200 % erhöht werden kann. Die Forschungsergebnisse fliessen auch in die Arbeiten des IEA PVPS Task 14 *High Penetration of PV Systems in Electricity Grids* ein.

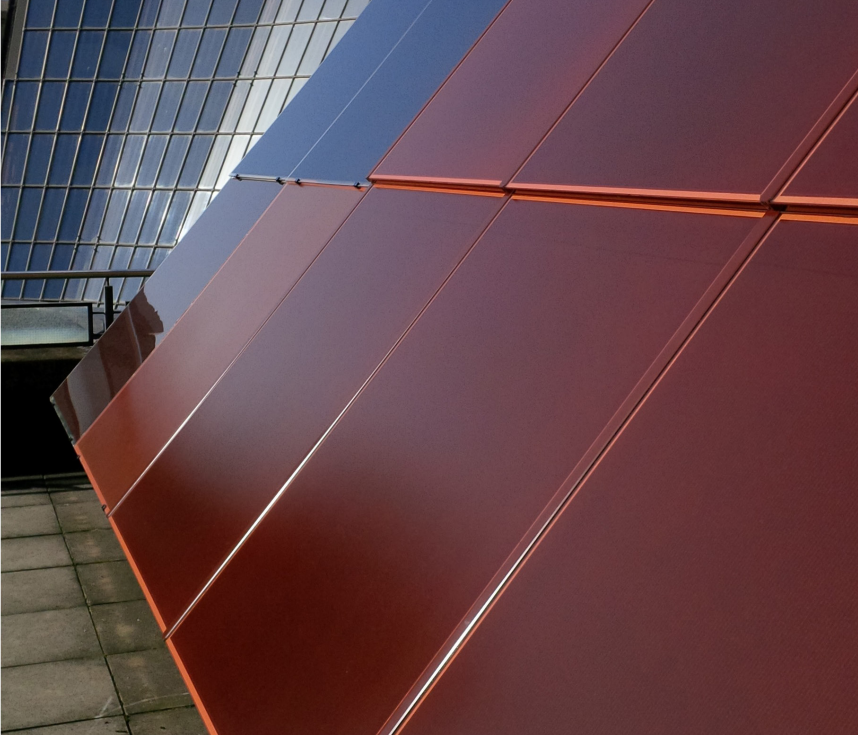
## Pilot- und Demonstrationsprojekte

### Photovoltaik Gebäudeintegration in vielen Farben

Das P+D-Projekt Archinsolar, welches verschiedene Partner und Förderorganisationen (BFE, swisselectric research, SIG, CCEM) vereint, wurde im Berichtsjahr durch das PV-Lab abgeschlossen. Es ging bei diesem Vorhaben in erster Linie darum, amorphe und mikromorphe Silizium-Dünnschichtsolarmodule mittels eines am LESO der EPFL in Lausanne entwickelten Interferenz-Verfahrens so zu gestalten, dass unterschiedli-

che Farben möglich werden. Damit soll eine neue und energetisch effizientere Art der Farbgebung (weniger Verluste) von Solarmodulen erzielt werden. Es wurden seit 2010 eine grössere Anzahl von verschiedenen farbigen und grossflächigen Demonstrationsmodulen sowie Dachziegel hergestellt (Fig.5). Dabei wurde der Verbundaufbau variiert und in Bezug auf Wirkungsgrad, Materialien, Funktionalität, Haftung, Dichtheit, Kosten sowie Umweltaspekte analysiert. Es zeigte sich anfänglich bei den Testmodulen, dass je nach Zu-

sammensetzung der Farbfilter bei mikromorphen Solarmodulen eine bis zu rund doppelt so grosse Wirkungsgradreduktion beobachtet wird wie bei den amorphen Modulen. Durch geeignete Wahl der Interferenzstruktur konnte dieser Effekt weitgehend behoben werden. Nebst den eigentlichen Demonstrationsmodulen in unterschiedlichen Farben wurden Konzepte für farbige Solarziegel mit Komposit-Strukturen entwickelt und getestet.



Figur 5: Erste Prototypen von farbigen Dünnschicht PV-Modulen aus dem Projekt Archinsolar (Bildquelle PV-Lab, EPFL).



Figur 6: Grosse, leistungsfähige Photovoltaikanlagen, z. B. auf Gebäuden, entsprechen dem aktuellen Stand der Technik und sind immer häufiger anzutreffen. Neue Photovoltaiktechnologien müssen sich an diesen erprobten Konzepten messen können, in Bezug auf Wirkungsgrade, Kosten, Langlebigkeit wie auch die Ästhetik (Aufdachanlage mit Asbestsanierung, 1.928 MWp, Breitenbach (SO), Planung und Realisierung sowie Bildquelle: SOLVATEC AG).

## Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde die vielfältige nationale Zusammenarbeit in verschiedenen Projekten weiter intensiviert. Die Schweizer Photovoltaik Kompetenzzentren arbeiten immer häufiger in gemeinsamen, häufig themenübergreifenden Projekten zusammen, z. B. in Projekten des CCEM. Damit hat sich der Austausch innerhalb der Schweizer Photovoltaik Forschungsgemeinschaft deutlich verstärkt. Die Zusammenarbeit mit Industrieunternehmen konnte ebenfalls ausgebaut werden, sowohl in neuen Projekten mit Unterstützung der KTI, als auch in der Form von direkten Mandaten der Industrie an ausgewählte Forschungsinstitute. Als wichtigstes neues Element ist das CSEM Photovoltaik Technologiezentrum zu erwähnen, welches anfangs 2013 seinen Betrieb auf-

genommen hat. Es soll die industrienaher Forschung mit allen wichtigen Schweizer Photovoltaik Kompetenzzentren nachhaltig stärken. Auf Programmebene wurde die Zusammenarbeit mit vielen Stellen des Bundes, der Kantone und der Elektrizitätswirtschaft weiter gepflegt. Mit dem Aktionsplan Koordinierte Energieforschung, der Nano-Tera Initiative und den neuen Schwerpunktprogrammen NFP 70 und 71 des Schweizerischen Nationalfonds, dem erwähnten CSEM Photovoltaik Technologiezentrum mit Unterstützung des SBFI und der Erhöhung der BFE-Mittel für P+D Projekte haben sich wesentliche Randbedingungen für die beschleunigte Entwicklung und Umsetzung der Forschung positiv entwickelt.

## Internationale Zusammenarbeit

Die institutionelle Zusammenarbeit innerhalb der IEA, der IEC und der europäischen Netzwerkprojekte wurde im Berichtsjahr kontinuierlich fortgesetzt. Auf der Projektebene konnte die Zusammenarbeit innerhalb der EU in bestehenden und neuen Projekten erfolgreich fortgesetzt werden. Im Jahr 2013 waren es 18 Projekte im 7. Rahmenforschungsprogramm der EU bzw. 4 Grundlagen-Projekte mit Unterstützung des European Research Council. Die Beteiligung am Photovoltaikprogramm der IEA (IEA PVPS) wurde im Berichtsjahr fortgesetzt, sowohl auf der Projektebene als auch im Executive Committee (ExCo) [14]. Im Berichtsjahr begann die 5. Phase dieses Programms mit einer neu definierten Strategie. Die Firma Nova Energie vertritt die Schweiz in Task 1 des Implementing Agreements (IA) PVPS der IEA, welcher allgemeine Informationsaktivitäten zur Aufgabe hat. Im Berichtsjahr wurde ein weiterer nationaler Bericht über die Photovoltaik in der Schweiz bis 2012 [15] ausgearbeitet. Auf dieser Grundlage wurde die 18. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes (Trends Report) über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [16]. Im Rahmen der interdepartementalen (SECO, DEZA, BAFU, BFE) REPIC Plattform zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit [17] leistet das Beratungsunternehmen Entec den Schweizer Beitrag zum IA PVPS Task 9 über die Photovoltaik-Entwicklungszusammenarbeit. Dieses Projekt befasst sich mit der nachhaltigen Verbreitung der Photovoltaik in Entwicklungsländern und thematisiert auch Aspekte der solaren Wasserversorgung. Treeze vertritt die Schweiz im IA PVPS Task 12 zu Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsaspekten der Photovoltaik. In diesem Projekt sollen industriell möglichst aktuelle, relevante und international abgeglichenen Informationen zu diesem bedeutenden Thema aufgearbeitet und publiziert werden. TNC vertritt

die Schweiz im IA PVPS Task 13 zu Performance und Zuverlässigkeit von Photovoltaikanlagen, welcher in der Schweiz durch den IEA PVPS Pool (aktuell getragen von ewz., Gesellschaft Mont Soleil und Swissolar) gefördert wird. Im Berichtsjahr hat TNC eine internationale Datenbank für Photovoltaik fertiggestellt [18], mit welcher weltweit Erfahrungen und Resultate aus vermessenen Photovoltaik Anlagen gesammelt und analysiert werden können. Im Projekt werden zudem Methoden zur Charakterisierung und normierten Messung von Photovoltaikmodulen entwickelt sowie entsprechende Erfahrungen, z. B. zu Fehlerverhalten von Modulen, ausgetauscht. In diese Aktivität ist auch das ISAAC SUPSI mit seinen relevanten Aktivitäten eingebunden. Eine Arbeitsgruppe unter Leitung von Planair vertritt die Schweiz im IA PVPS Task 14 zur hohen Penetration von PV-Anlagen in elektrischen Netzen. Auch dieser Schweizer Beitrag wird durch den IEA PVPS Pool unterstützt. Das Projekt gewinnt aufgrund des starken Wachstums der Photovoltaik in einzelnen Ländern bzw. Regionen rasch an Bedeutung und stösst damit auf grosses internationales Interesse. Erste Projektergebnisse betreffen hier Vorhersagemodelle und Fallstudien zu hoher Photovoltaik Netzpenetration [19]. Das Unternehmen Meteotest und die Groupe Energie an der Universität Genf erbringen zusammen den Schweizer Beitrag zum Task 46 Solar resource assessment and forecasting. Task 46 ist Bestandteil des IA Solare Wärme und Kälte (SHC) der IEA [20], inhaltlich ist es jedoch für alle Solartechnologien relevant. Dementsprechend erfolgt eine Zusammenarbeit mit den weiteren IA zur Solarenergie (IA PVPS und IA SolarPACES). In diesem Projekt werden die Auswirkungen von Strahlungsänderungen und Vorhersagen auf die solare Energieproduktion bei hoher Dichte von Solaranlagen sowie die Verfügbarmachung der entsprechenden Daten bearbeitet. Basler & Hofmann vertritt die Schweiz im Auftrag von Swissolar

im TC 82 der IEC zu Photovoltaik-Normen [21]. Das neue EU-Projekt SOLAR-ERA.NET [22] nahm im Berichtsjahr seine Aktivitäten voll auf. Es umfasst neben der Photovoltaik auch die konzentrierende solarthermische Energie und soll die Umsetzung der Solar Europe Industry Initiative unterstützen. Das Projekt führt rund 20 nationale und regionale Forschungs- und Innovationsprogramme zusammen und wird durch die Schweiz (Programmlei-

tung Photovoltaik) koordiniert. Im Berichtsjahr wurde eine erste gemeinsame Ausschreibung durchgeführt, welche auf grosses Interesse stiess. Die entsprechenden Projekte sollen im Verlauf von 2014 konkret beginnen. Die Schweiz ist zudem in der Europäischen Photovoltaik-Technologie-Plattform sowohl im Steuerungsausschuss, als auch in der Mirror Group vertreten [23].

## Referenzen

- [1] Innovationsallianz Photovoltaik ([www.innovationsallianz-photovoltaik.de](http://www.innovationsallianz-photovoltaik.de)).
- [2] SunShot Vision Study, US DOE (2012).
- [3] Fukushima Renewable Energy Institute, AIST (<http://www.fukushima.aist.go.jp/en/>).
- [4] PV Implementation Plan 2013 – 2015, Solar Europe Industry Initiative SEII/EPIA(2013).
- [5] IEA Technology Roadmap Solar photovoltaic energy, OECD/IEA (2010).
- [6] IEA Medium-Term Renewable Energy Market Report, OECD/IEA (2013).
- [7] Grundlagen für die Energiestrategie des Bundesrates, BFE (2011).
- [8] Konzept der Energieforschung des Bundes 2013 bis 2016, CORE/BFE (2012).
- [9] Energieforschungsstatistik 2010–2011, BFE (2013).
- [10] J. Burschka et al., Sequential deposition as a route to high-performance perovskite-sensitized solar cells, *Nature*, Vol. 499, 316 (2013).
- [11] <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=50064>. (besucht am 26.02.2014)
- [12] J. Geissbühler et al., Silicon heterojunction solar cells with copperplated grid electrodes: Status and comparison with silver thick-film techniques, *IEEE Journal of Photovoltaics*, in press
- [13] Ch. Bucher, Wie viel Solarstrom verträgt das Niederspannungsnetz? Resultate aus hochauflösenden Lastflusssimulationen, *VSE-Bulletin* 3, 37 (2014).
- [14] IEA Implementing Agreement for a co-operative programme on photovoltaic power systems, IEA PVPS ([www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)).
- [15] National Survey Report of PV Power Applications in Switzerland 2012, BFE (2013).
- [16] Trends in Photovoltaic Applications, Survey Report of selected IEA countries between 1992 and 2012, IEA-PVPS T1-23 (2013).
- [17] Interdepartementale Plattform zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit, REPIC ([www.repic.ch](http://www.repic.ch)).
- [18] IEA PVPS Task 13 IEA PVPS Task 13 Performance Database ([www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)).
- [19] Photovoltaic and Solar Forecasting: State of the Art, IEA PVPS T14&#8208;01 (2013).
- [20] IEA SHC Task 46 Solar Resource Assessment and Forecasting (<http://task46.iea-shc.org/>).
- [21] IEC TC 82 Solar photovoltaic energy systems ([www.iec.ch](http://www.iec.ch)).
- [22] ERA-NET on Solar Electricity for the Implementation of the Solar Europe Industry Initiative ([www.solar-era.net](http://www.solar-era.net)).
- [23] European Photovoltaic Technology Platform ([www.eupvplatform.org](http://www.eupvplatform.org)).

## Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(\* IEA-Klassifikation)

- THIN LAYERS FOR HIGH-EFFICIENCY SILICON SOLAR CELLS THROUGH IDEAL COUPLING OF INDIVIDUAL COMPONENTS**

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB

Contact: Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch

Abstract: The project focuses on the increase in efficiency of thin film silicon devices, and also contributes to developments that can be implemented for high efficiency crystalline heterojunction solar cells. The final objective is to bring new findings to the research field that provides new routes for increased module efficiencies for similar costs, without impacting the reliability.

R+D (1a) 3.1.2\*

Funding: BFE

Period: 2012–2014
- DEMONSTRATION OF HIGH PERFORMANCE PROCESSES AND EQUIPMENTS FOR THIN FILM SILICON PHOTOVOLTAIC MODULES PRODUCED WITH LOWER ENVIRONMENTAL IMPACT (PEPPER)**

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB

Contact: Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch

Abstract: The FP7 EU PEPPER project aims at achieving high efficiency (11%) micromorph (amorphous/microcrystalline silicon tandem) modules at low cost ( $\text{CoO} \leq 0.5 \text{ €/Wp}$ ) while reducing the environmental impact of fabrication processes.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: EU

Period: 2010–2013
- ACCELERATED DEVELOPMENT AND PROTOTYPING OF NANO-TECHNOLOGY-BASED HIGH-EFFICIENCY THIN-FILM SILICON SOLAR MODULES (FAST TRACK)**

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB

Contact: Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch

Abstract: The main project goals are the development of innovative photovoltaic cell processes and their up-scaling to the level of pilot lines. These goals should be reached in terms of stable device efficiency higher than 14% and a prototype module with stable efficiency higher than 12%.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: EU

Period: 2012–2015
- INTERFACE TEXTURING FOR LIGHT TRAPPING IN SOLAR CELLS**

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB

Contact: Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch

Abstract: The project is devoted to a fundamental understanding of the light trapping process in solar cells.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: SNF

Period: 2009–2013
- HIGH RATE DEPOSITION OF MICROCRYSTALLINE SILICON FOR SOLAR CELL APPLICATIONS BY MEANS OF A RESONANT NETWORK RF ANTENNA**

Lead: EPFL - CRPP

Contact: Tran Minh Quang minhquang.tran@epfl.ch

Abstract: To change from the traditional capacitively coupled plasma reactor to inductively coupled devices might reduce the cost and increase the efficiency of thin film solar cells. In the present project a plasma box reactor equipped with a resonant network RF antenna will be constructed and, as main topic, PV related material will be aimed for under these conditions. The project will lead to a concept and design of a novel PECVD production reactor.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: KTI

Period: 2013–2015
- HIGH EFFICIENCY TRIPLE JUNCTION THIN FILM SILICON SOLAR CELLS IMPLEMENTING AMORPHOUS SILICON GERMANIUM ALLOY (TRIGGER)**

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB

Contact: Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch

Abstract: Advanced triple junction solar cell will be developed to further enhance the conversion efficiency of thin film silicon solar cells. High quality silicon germanium alloys will be synthesized on textured substrates, and implemented in the triple junction solar cells. Record devices will be developed on state-of-the-art substrates as well as on advanced electrodes.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: KTI

Period: 2012–2015
- NOVEL REFLECTIVE LAYER ALLOWING A CONTROL OF THE QUALITY OF THE MICROCRYSTALLINE SOLAR CELL IN THIN FILM MICROMORPH DEVICES**

Lead: HE-ARC

Contact: Keppner Herbert herbert.keppner@he-arc.ch

Abstract: The project aims to create an innovative smoothening reflective layer SRL that will be inserted between the top and bottom cell of a Micromorph tandem device deposited on as-grown thick highly textured LPCVD ZnO layer.

R+D (1a) 3.1.2

Funding: KTI

Period: 2011–2013

- **HISOCCEL: IMPROVEMENT OF FRONT CONTACTS MORPHOLOGY FOR ENHANCEMENT OF EFFICIENCY IN THIN FILM SILICON SOLAR CELLS** R+D (1a) 3.1.2

Lead:	CSEM	Funding:	KTI
Contact:	Dadras Massoud <a href="mailto:massoud.dadras@csem.ch">massoud.dadras@csem.ch</a>	Period:	2012–2013

Abstract: The aim of this project is to improve the front contacts of tandem microcrystalline & amorphous silicon solar cells to reach an efficiency of 13% by producing denser and nearly defect free silicon layers.
  
- **CONTROL OF TRAVELING EM WAVES IN LARGE AREA (VHF) PECVD REACTORS FOR THE PRODUCTION OF COMPETITIVE SOLAR PANELS** R+D (1a) 3.1.2

Lead:	NTB Fachhochschule Buchs	Funding:	KTI
Contact:	Würsch Christoph <a href="mailto:christoph.wuersch@ntb.ch">christoph.wuersch@ntb.ch</a>	Period:	2013–2014

Abstract: In order to increase market share and the economic viability of silicon thin film photovoltaic electricity, the production costs must be reduced and module efficiency improved. This project evaluates alternative concepts for the Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition of silicon films deposited over large areas substrates (>1.4 m<sup>2</sup>) and sustained at very high frequencies (40–200 MHz).
  
- **FEASIBILITY STUDY FOR THE ATMOSPHERIC PLASMA JET DEPOSITION OF TRANSPARENT CONDUCTIVE OXIDE FOR THIN-FILM SOLAR CELL APPLICATIONS (JETCO)** R+D (1a) 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	KTI
Contact:	Wyrsch Nicolas <a href="mailto:nicolas.wyrsch@unine.ch">nicolas.wyrsch@unine.ch</a>	Period:	2012–2014

Abstract: This project will investigate the possibility to use the atmospheric arc plasma jet technology developed by Swissnanocoat in order to deposit transparent conductive oxide films to be used as thin film silicon solar cells front electrodes. These films should be characterized by high transmission (above 85%), low resistivity (below 10<sup>-3</sup> Ohm cm) and offer the possibility to achieve surface texturation for light scattering in the solar devices.
  
- **ZWEIDIMENSIONALE NANOSTRUKTUREN FÜR SILIZIUM-SOLARZELLEN** R+D (1a) 3.1.2

Lead:	PSI Paul Scherrer Institut	Funding:	BFE
Contact:	Gobrecht Jens <a href="mailto:jens.gobrecht@psi.ch">jens.gobrecht@psi.ch</a>	Period:	2008–2012

Abstract: Optical gratings can be used to increase the light absorption in thin film solar cells. The main goal of the project is the development of efficient numerical methods to solve the Maxwell equations in order to calculate the optical properties of crossed gratings rigorously.
  
- **20 PERCENT EFFICIENCY ON LESS THAN 100 μM THICK INDUSTRIALLY FEASIBLE C-SI SOLAR CELLS (20PLuS)** R+D (1b) 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	EU
Contact:	Ballif Christophe <a href="mailto:christophe.ballif@epfl.ch">christophe.ballif@epfl.ch</a>	Period:	2010–2013

Abstract: The guiding principle of the 20PLuS project is to develop new and innovative process steps for wafer fabrication and solar cell and module manufacturing, taking into consideration the transfer of the processes to a pilot production line.
  
- **DEVELOPMENT OF THIN HIGH-EFFICIENCY LARGE-AREA INTERDIGITATED BACK CONTACT SILICON HETEROJUNCTION SOLAR CELLS FOR MASS PRODUCTION (HET-IBC)** R+D (1b) 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	KTI
Contact:	Ballif Christophe <a href="mailto:christophe.ballif@epfl.ch">christophe.ballif@epfl.ch</a>	Period:	2012–2014

Abstract: The HET-IBC project aims at the development of an industrial process for the manufacture of high efficiency large-area interdigitated back contact silicon heterojunction solar cells on thin Si wafers. This type of device is amongst the most promising ones for ultra-high conversion efficiencies, low production costs and easier assembly into solar modules.
  
- **ENTWICKLUNG VON KRISTALLINEN SILIZIUM-SOLARZELLEN UND -MODULEN MIT HÖHEREM WIRKUNGSGRAD UND BESSERER ENERGIEAUSBEUTE (NODHID)** R+D (1b) 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	Axpo Naturstrom
Contact:	Ballif Christophe <a href="mailto:christophe.ballif@epfl.ch">christophe.ballif@epfl.ch</a>	Period:	2011–2013

Abstract: Entwicklung von kristallinen Silizium-Solarzellen und -modulen mit höherem Wirkungsgrad und besserer Energieausbeute

### ● CIGS MULTI-STAGE INLINE DEMONSTRATION

P+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	BFE
Contact:	Tiwari Ayodhya N. ayodhya.tiwari@empa.ch	Period:	2011–2013
Abstract:	The goal of the project is to develop and demonstrate a CIGS deposition system where the innovative multi-stage co-evaporation process developed in the lab for small area substrates in static positions can be scaled up for coating on in-line moving large area substrates.		

### ● NOVA-CI(G)S - NON-VACUUM PROCESSES FOR DEPOSITION OF CI(G)S ACTIVE LAYER IN PV CELLS

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	EU
Contact:	Tiwari Ayodhya N. ayodhya.tiwari@empa.ch	Period:	2010–2013
Abstract:	NOVA-CI(G)S proposes alternative, non-vacuum deposition processes for thin film CI(G)S photovoltaic cells. The low capital intensive, high throughput, high material yield processes are expected to deliver large area uniformity and optimum composition of cells.		

### ● ROLL-TO-ROLL MANUFACTURING OF HIGH EFFICIENCY AND LOW COST FLEXIBLE CIGS SOLAR MODULES (R2R-CIGS)

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	EU
Contact:	Tiwari Ayodhya N. ayodhya.tiwari@empa.ch	Period:	2012–2015
Abstract:	The aim of R2R-CIGS is to develop efficient flexible solar modules by implementing innovative cost-effective processes such that production costs below 0.5€/Wp can be achieved in large volume factories with annual capacity of 500MWp in future.		

### ● FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC CELLS OPTIMIZED FOR HIGH CONVERSION EFFICIENCY FROM INDOOR TO OUTDOOR ILLUMINATION CONDITIONS, USED IN NEW WRISTWATCH PRODUCTS

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	KTI
Contact:	Tiwari Ayodhya N. ayodhya.tiwari@empa.ch	Period:	2013–2015
Abstract:	This project aims at developing flexible CIGS photovoltaic (PV) cells optimized for high conversion efficiency from low (indoor) to high (outdoor) illumination intensity. The project includes the development of CIGS PV dials for classic wristwatches, as well as a second generation for solar wristwatches integrating highly flexible CIGS PV cells in the bracelet with conversion efficiencies above 8 % under low illumination intensity.		

### ● PERFORMANCE STABILITY OF FLEXIBLE CIGS SOLAR MODULES

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	KTI
Contact:	Tiwari Ayodhya N. ayodhya.tiwari@empa.ch	Period:	2013–2015
Abstract:	Development of flexible CIGS solar modules for high performance and low cost are essential for diverse applications. Long term performance evaluation of encapsulated solar modules through accelerated tests and analyses of degradation and failure mechanisms on microscopic and macroscopic levels are necessary for proving improved long term performance stability and enabling market entry readiness.		

### ● ALL LASER SCRIBING OF CIGS PHOTOVOLTAIC PANELS ON RIGID SUBSTRATES

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	Berner Fachhochschule HTI	Funding:	KTI
Contact:	Romano Valerio valerio.romano@bfh.ch	Period:	2012–2013
Abstract:	In the whole manufacturing process the laser scribing step is one of the key processes to produce high efficient solar modules. With narrow scribing line widths and high precision processing tools the non effective zone on solar panels (dead zone) can be reduced to a minimum. Within this project an industrial scribing machine will be developed for an all laser scribing process for CIGS.		

### ● TRAINING FOR SUSTAINABLE LOW COST PV TECHNOLOGIES: DEVELOPMENT OF KESTERITE BASED EFFICIENT SOLAR CELLS

R+D (1c) 3.1.2

Lead:	EMPA	Funding:	EU
Contact:	Romanyuk Yaroslav Yaroslav.Romanyuk@empa.ch	Period:	2012–2016
Abstract:	The project proposes the development of new technologies compatible with the cost, efficiency, sustainability and mass production requirements that are needed to become a reliable and future alternative to conventional non renewable energy sources. With this objective in mind, the project will focus on the development of kesterite based solar cells.		

- DEVELOPMENT AND SCALE-UP OF NANOSTRUCTURED BASED MATERIALS AND PROCESSES FOR LOW COST HIGH EFFICIENCY CHALCOGENIDE BASED PHOTOVOLTAICS (SCALENANO)**

Lead: SUPSI ISAAC

Contact: Virtuani Alessandro      alessandro.virtuani@supsi.ch

Abstract: This project will exploit the potential of chalcogenide based thin film photovoltaic technologies for the development and scale-up of new processes based on nano-structured materials for the production of high efficiency and low cost photovoltaic devices and modules compatible with mass production requirements.

R+D (1c)    3.1.2

Funding: EU

Period: 2012–2015
  
- DURSOL - EXPLORING AND IMPROVING DURABILITY OF THIN FILM SOLAR CELLS**

Lead: EMPA

Contact: Nüesch Frank      frank.nuesch@empa.ch

Abstract: The project's objectives are focused towards the understanding of fundamental degradation phenomena in thin film solar cells and enhancement of lifetime.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: diverse

Period: 2011–2013
  
- DYE SENSITISED NANOCRYSTALLINE SOLAR CELLS**

Lead: EPFL ISIC-LPI

Contact: Graetzel Michael      michael.graetzel@epfl.ch

Abstract: Key activities concerning dye sensitised nanocrystalline solar cells at EPFL.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: diverse

Period: 2000-
  
- ESCORT - EFFICIENT SOLAR CELLS BASED ON ORGANIC AND HYBRID TECHNOLOGY**

Lead: EPFL ISIC-LPI

Contact: Graetzel Michael      michael.graetzel@epfl.ch

Abstract: The project's objectives are to exploit the joint leadership of the top European and Indian academic and industrial Institutions to foster the wide-spread uptake of Dye-Sensitized Solar Cells technology, by improving over the current state of the art by innovative materials and processes.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: EU

Period: 2010–2013
  
- MOLESOL - ALL-CARBON PLATFORMS FOR HIGHLY EFFICIENT MOLECULAR WIRE-COUPLED DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS**

Lead: EPFL ISIC-LPI

Contact: Graetzel Michael      michael.graetzel@epfl.ch

Abstract: The proposed project comes with a visionary approach, aiming at development of highly efficient molecular-wire charge transfer platform to be used in a novel generation thin film dye-sensitized solar cells fabricated via organic chemistry routes. The proposed technology combines the assembled dye monolayer's, linked with organic molecular wires to semiconducting thin film deposited on optically transparent substrates.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: EU

Period: 2010–2013
  
- SANS - SENSITIZER ACTIVATED NANOSTRUCTURED SOLAR CELLS**

Lead: EPFL ISIC-LPI

Contact: Graetzel Michael      michael.graetzel@epfl.ch

Abstract: Plastic electronics and solution-processable inorganic semiconductors can revolutionise the photovoltaic industry due to their relatively easy and low cost processability (low embodied energy). The project aims at achieving significant progress in the materials for this type of solar cells.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: EU

Period: 2011–2013
  
- FARBSTOFF-SOLARZELLEN AUF SEFAR PRÄZISIONSGEWEBEN**

Lead: EPFL ISIC-LPI

Contact: Graetzel Michael      michael.graetzel@epfl.ch

Abstract: The project aims to enhance market readiness of dye sensitized solar cells (DSC) by developing electrodes based on transparent and conductive precision fabrics.

R+D (1d)    3.1.2

Funding: KTI

Period: 2012–2014

- **NOVEL ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOLUTION PROCESSES NANOMATERIALS FOR PANCHROMATIC SOLAR CELLS** R+D (1d) 3.1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | EPFL ISIC-LPI                             | Funding: | EU        |
| Contact: | Graetzel Michael michael.graetzel@epfl.ch | Period:  | 2013–2015 |
- Abstract: In this project a disruptive approach is proposed for dye-sensitized solar cells (DSSC); to replace titania with a novel electron accepting nanoporous semiconductor with a bandgap suitable for optimized solar harnessing and a very high absorption coefficient to allow total light absorption within 2  $\mu\text{m}$  across its absorption spectrum.
- **ORDERED INORGANIC-ORGANIC HYBRIDS USING IONIC LIQUIDS FOR EMERGING APPLICATIONS (ORION)** R+D (1d) 3.1.2
- |          |                                     |          |           |
|----------|-------------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | Solaronix SA                        | Funding: | EU        |
| Contact: | Meyer Toby toby.meyer@solaronix.com | Period:  | 2009–2013 |
- Abstract: The ORION project puts together a multidisciplinary consortium of leading European universities, research institutes and industries with the overall goal of developing new knowledge on the fabrication of inorganic-organic hybrid materials using ionic liquids.
- **FIRST PRINCIPLES SIMULATIONS OF THE ELECTRON DYNAMICS IN DYE SENSITIZED SOLAR CELLS** R+D (1d) 3.1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | ETH Zürich  | Funding: | SNF       |
| Contact: | VandeVondele Joost joost.vandevondele@mat.ethz.ch | Period:  | 2011–2016 |
- Abstract: The research focus is on the development of new methods to enable ab initio molecular dynamics simulations of complex systems with modern density functional theory. New methods, implemented for massively parallel computers, are applied to a wide range of systems such as radicals in clusters and the condensed phase, surface physics, and interfacial systems such as dye sensitized solar cells.
- **MESOLIGHT - MESOSCOPIC JUNCTIONS FOR LIGHT ENERGY HARVESTING AND CONVERSION** R+D (1d) 3.1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | EPFL                                      | Funding: | ERC       |
| Contact: | Graetzel Michael michael.graetzel@epfl.ch | Period:  | 2010–2015 |
- Abstract: Research will focus on the generation of electric power by mesoscopic solar cells. The target is to increase the photovoltaic conversion efficiency from currently 11 to over 15 percent rendering these new solar cells very attractive for applications in large areas of photovoltaic electricity production.
- **UPCON - ULTRA-PURE NANOWIRE HETEROSTRUCTURES AND ENERGY CONVERSION** R+D (1d) 3.1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | EPFL  | Funding: | ERC       |
| Contact: | Anna Foncuberta i Morral anna.foncuberta-morral@epfl.ch | Period:  | 2010–2014 |
- Abstract: This project is devoted to the synthesis of ultra pure semiconductor nanowire heterostructures for energy conversion applications in the photovoltaic domain.
- **TRANSPARENT ELECTRODES FOR LARGE AREA, LARGE SCALE PRODUCTION OF ORGANIC OPTOELECTRONIC DEVICES** R+D (1d) 3.1.2
- |          |                                   |          |           |
|----------|-----------------------------------|----------|-----------|
| Lead:    | EMPA Dübendorf                    | Funding: | EU        |
| Contact: | Nüesch Frank frank.nuesch@empa.ch | Period:  | 2011–2015 |
- Abstract: TREASURES will demonstrate the production of large area organic electronics using high throughput manufacturing technologies based on roll-to-roll (R2R) wet deposition processes.
- **SUSTAINABLE NOVEL FLEXIBLE ORGANIC WATTS EFFICIENTLY RELIABLE** R+D (1d) 3.1.2
- |          |   |          |           |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead:    | CSEM Muttenz                            | Funding: | EU        |
| Contact: | Nisato Giovanni giovanni.nisato@csem.ch | Period:  | 2011–2015 |
- Abstract: The project addresses the current challenges of organic photovoltaics (OPV) which reside in the combination to increase efficiencies to 8-10% (module level), increase expected lifetime up to 20 years and decrease production costs to 0.7 Eur/Wp, while taking into account the environmental impact and footprint.

## DEVELOPMENT OF LUMINESCENT SOLAR CONCENTRATORS

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	ZHAW IEFE	Funding:	diverse
Contact:	Brühwiler Dominik dominik.bruehwiler@zhaw.ch	Period:	2011–2015
Abstract:	Das hier untersuchte Konzept von Lumineszenzkonzentratoren baut auf der Grundlage der Förster Resonance Energy Transfer (FRET) Frequenzverschiebung auf. Hierzu werden geeignete Materialien mit den gewünschten Eigenschaften entwickelt.		

## LUMINESCENT SOLAR CONCENTRATORS - GEWINNUNG ELEKTRISCHER ENERGIE AUS TÖNUNGEN FÜR FENSTERSCHEIBEN UND FASSADENELEMENTE

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	Optical Additives GmbH	Funding:	BFE
Contact:	Andreas Kunzmann andreas.kunzmann@optical-additives.com	Period:	2013–2015
Abstract:	Mit dem Projekt soll das Konzept des Lumineszenzkonzentrators für die Bedingungen in Aussenanwendungen, insbesondere in Fenstern und Fassaden, weiter entwickelt werden. Dabei stehen lichtstabile Farbstoff-Zeolithen im Vordergrund, welche eine angemessene Langzeitstabilität erreichen.		

## OPTIMIZED METHODS FOR INCREASED PERFORMANCE PHOTOVOLTAIC CELLS BY NANOPARTICLES INTEGRATION (OPTINOGEN)

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	EIA-FR	Funding:	Sciex
Contact:	Niederhaeuser Elena Lavinia Elena-Lavinia.Niederhaeuser@hefr.ch	Period:	2011–2013
Abstract:	The project targets the optimization and the development of new improved methods for enhancing of the overall performance and stability of nanocomposite solar cells (NSC) by introducing new physical principles.		

## NANOSPEC - NANOMATERIALS FOR HARVESTING SUB-BAND-GAP PHOTONS VIA UPCONVERSION TO INCREASE SOLAR CELL EFFICIENCIES

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	Universität Bern, Dep. Chemie & Biologie	Funding:	EU
Contact:	Krämer Karl karl.kraemer@iac.unibe.ch	Period:	2010–2013
Abstract:	Fundamental loss mechanisms limit the maximum achievable efficiency: around 20% of the incident power is lost, because photons with energies below the band-gap are transmitted. Upconversion of two low energy photons into one usable photon reduces these losses. In this project we will realize upconversion with the help of nanostructures and nanotechnology-based materials and show a significant improvement in solar cell efficiency.		

## DIAMOND: DISCOVERY AND INSIGHT WITH ADVANCED MODELS OF NANOSCALE DIMENSIONS

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	ETH Zürich	Funding:	ERC
Contact:	VandeVondele Joost joost.vandevondele@mat.ethz.ch	Period:	2011–2016
Abstract:	In this project, it is proposed to advance the current state of the art in atomistic modeling of complex systems. The goals are providing and establishing new tools that will allow for the description of large multi-component/multi-phase systems at experimental temperature and pressure with predictive power and controlled error.		

## LIGHT-IN, LIGHT-OUT: CHEMISTRY FOR SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES (LILO)

R+D (1e) 3.1.2

Lead:	Uni Basel, Institut für Anorganische Chemie	Funding:	ERC
Contact:	Constable Edwin Charles Edwin.Constable@unibas.ch	Period:	2011–2016
Abstract:	The project is concerned with a coordinated approach to the development of novel chemical strategies for light harvesting by photovoltaic cells and light generation using light emitting electrochemical cells.		

## NOVEL PRODUCTION EQUIPMENT FOR NOVEL PHOTOVOLTAIC MODULE DESIGNS USING NEW ENCAPSULANTS

R+D (2a) 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	KTI
Contact:	Ballif Christophe christophe.ballif@epfl.ch	Period:	2012–2014
Abstract:	The main target of this project is the development and the market launch of novel laminating lines optimized for the production of PV modules based on novel module designs using new encapsulants.		

### ● SMARTWIRE - DEVELOPMENT OF MULTI-WIRE MODULE DESIGN TECHNOLOGY AND PRODUCTION EQUIPMENT

R+D (2a) 3.1.2

Lead: CSEM

Funding: KTI

Contact: Despeisse Matthieu

matthieu.despeisse@csem.ch

Period: 2013–2015

Abstract: The SmartWire project goals are the development of a new generation of crystalline silicon (c-Si) solar cells interconnection technology, the design of an associated module technology and the prototyping of dedicated high-end production equipment, which can allow for modules with increased efficiency (> 5 % relative gain) and reduced manufacturing cost (> 10 % relative reduction) for high efficiency c-Si cell technologies.

### ● UNIQUE AND INNOVATIVE SOLUTION OF THIN SILICON FILMS MODULES BUILDING INTEGRATION (ARCHINSOLAR)

P+D (2a) 3.1.2

Lead: CSEM

Funding: BFE

Contact: Perret-Aebi Laure-Emmanuelle

laure-emmanuelle.perret@csem.ch

Period: 2010–2013

Abstract: This project aims to develop and test a new generation of photovoltaic building elements based on thin film silicon technology (single amorphous and tandem amorph/microcrystalline cells).

### ● CONSTRUCT PV - CONSTRUCTING BUILDINGS WITH CUSTOMIZABLE SIZE PV MODULES INTEGRATED IN THE OPAQUE PART OF THE BUILDING SKIN

R+D (2a) 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC

Funding: EU

Contact: Frontini Francesco

francesco.frontini@supsi.ch

Period: 2013–2017

Abstract: Construct-PV will develop and demonstrate customizable, efficient, and low cost BIPV for opaque surfaces of buildings. Opaque surfaces are selected because they represent massive wide-area spaces of untapped harvesting potential across Europe. To develop highly efficient systems, most promising PV technologies have been selected, i.e. back contact cells fabricated with MWT technology.

### ● LOW-COST PV BITUMINOUS-MODIFIED ROOFING MEMBRANE WITH FULL INTEGRATION OF HIGH EFFICIENCY FLEXIBLE THIN-FILM SILICON PV MODULES (PV-GUM)

R+D (2a) 3.1.2

Lead: nolax AG

Funding: EU

Contact: David Koch

david.koch@nolax.com

Period: 2010–2013

Abstract: The PV-GUM project aims at developing new manufacturing technologies and equipments which will produce a low cost highly efficient flexible BIPV solar cell on a bituminous roofing membrane.

### ● PRODUKTENTWICKLUNG SOLAR DEVICE

R+D (2a) 3.1.2

Lead: NTB

Funding: KTI

Contact: Gutsche Martin

martin.gutsche@ntb.ch

Period: 2010–2012

Abstract: In diesem Projekt wird die Technologie der hocheffizienten textilen Photovoltaik bis zur Produktionsreife weiterentwickelt. Diese Produktentwicklung wird die Markteinführung von textiler Photovoltaik beschleunigen.

### ● OPTIMIZATION OF THIN FILM MODULE TESTING AND PV MODULE ENERGY RATING AT SUPSI

R+D (2c) 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC

Funding: BFE

Contact: Friesen Gabi

gabi.friesen@supsi.ch

Period: 2011–2014

Abstract: This project aims to improve the measurement accuracy for thin film technologies through the definition of new test procedures and the up-grade of the test equipment.

### ● TOOLS FOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC SYSTEM PERFORMANCE

R+D (2c) 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC

Funding: EU

Contact: Chianese Domenico

domenico.chianese@supsi.ch

Period: 2012–2015

Abstract: For a continued decrease of levelised costs of energy from photovoltaics (PV), the prices of PV system components have to be further decreased while performance, functionality, reliability and lifetime on the component and system level need to be increased. The Performance Plus project focuses on the PV system rather than on the component level. The main idea of the project is to optimise the system as a whole rather than the separate components.

- ENTWICKLUNG EINES TESTPRÜFSTANDES ZUR ÜBERPRÜFUNG DES EINFLUSSES VON WIND- UND SCHNEELASTEN AUF SOLARTHERMISCHE ODER PHOTOVOLTAISCHE ANLAGENSYSTEME**

Lead: **HSR**

Contact: **Bohren Andreas** [andreas.bohren@solarenergy.ch](mailto:andreas.bohren@solarenergy.ch)

Abstract: Die in den letzten Jahren gemachten Erfahrungen mit Sonnenenergiesystemen auf Schrägdächern haben gezeigt, dass die in den Normen beschriebenen Wind- und Schneelasten nur bedingt auf solche Anlagen anwendbar sind. Um die Widerstandsfähigkeit solcher Anlagen beurteilen zu können, ist ein Teststand zur unabhängigen Aufbringung von Flächenlasten und Parallellasten (Hangabtrieb von Schneelasten) nötig.

R+D (2c) 3.1.2

Funding: <b>KTI</b>	
Period: <b>2012–2013</b>	
- CARACTÉRISATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES À COLORANT DE L'ENTREPRISE G2E**

Lead: **HEIG-VD**

Contact: **Affolter Jean-François** [jean-francois.affolter@heig-vd.ch](mailto:jean-francois.affolter@heig-vd.ch)

Abstract: A solar simulator for measuring the performance of solar panels based on dye sensitised solar cells is going to be realized. The panels will be installed in real conditions and monitored over a complete year, in order to characterize and have the necessary perspective on this new technology and product.

P+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>BFE</b>	
Period: <b>2012–2014</b>	
- PHOTOVOLTAÏK IM VERBUND MIT DÄMMSTOFF FOAMGLAS**

Lead: **Basler & Hofmann AG**

Contact: **Eric Langenskiöld** [eric.langenskiold@baslerhofmann.ch](mailto:eric.langenskiold@baslerhofmann.ch)

Abstract: The scope of this project is the development and realisation of building integrated photovoltaic (BIPV) including the feature of thermal insulation. A pilot plant with modules combined of photovoltaic modules and Foamglas insulation shall be build.

P+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>BFE</b>	
Period: <b>2010–2013</b>	
- SOLAR BRICK: INNOVATIVE PHOTOVOLTAIC AND THERMAL INSULATING BUILDING MATERIALS**

Lead: **SUPSI ISAAC**

Contact: **Rudel Roman** [roman.rudel@supsi.ch](mailto:roman.rudel@supsi.ch)

Abstract: The goal of this project is to develop a photovoltaic and thermal insulating building material and in parallel to plan and construct a prototype installation including said material.

R+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>KTI</b>	
Period: <b>2011–2013</b>	
- NEUARTIGES LEICHTBAU PHOTOVOLTAÏK SYSTEM, DAS DIE DOPPELNUTZUNG VON FLÄCHEN IM URBANEN BEREICH FÜR DIE ERZEUGUNG VON ERNEUERBARER ENERGIE ERMÖGLICHT**

Lead: **ZHAW IEFE**

Contact: **Baumgartner Franz** [franz.baumgartner@zhaw.ch](mailto:franz.baumgartner@zhaw.ch)

Abstract: Entwicklung eines Leichtbau-Solkraftwerks mit einerseits neuartigen Meteo Algorithmen zur Sicherstellung der Robustheit und Minimierung der Ertragsverluste und andererseits Machbarkeitsabklärungen (einschliesslich Konzeptsstudie) für ein Leichtbau-Tragwerk unter Verwendung von Faserverbundkunststoff Hybrid-Bauelementen.

R+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>KTI</b>	
Period: <b>2013–2014</b>	
- PRODUKTENTWICKLUNG PV/T SOLARKOLLEKTOR MIT INSTALLATIONSSYSTEM**

Lead: **Hochschule für Technik Rapperswil HSR**

Contact: **Rommel Matthias** [matthias.rommel@solarenergy.ch](mailto:matthias.rommel@solarenergy.ch)

Abstract: Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines ungedeckten Niedertemperatur PV/T-Kollektors und eines dazu optimierten Installationssystems. Ausgangspunkt für die Entwicklung sind Standard PV-Module on 3S für den Kollektor sowie auf dem Markt erhältliche Komponenten für das Installationssystem.

R+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>KTI</b>	
Period: <b>2011–2014</b>	
- PV FASSADEN - ENTWICKLUNG UND PRÜFUNG VON VORGEHÄNGTEN HINTERLÜFTETEN FASSADEN AUS PV MODULEN UND PERFORIERTEM METALL**

Lead: **HTA Luzern**

Contact: **Wittkopf Stephen** [stephen.wittkopf@hslu.ch](mailto:stephen.wittkopf@hslu.ch)

Abstract: Im Rahmen dieses Projekts werden neuartige hinterlüftete Photovoltaik Fassaden Module (PV-FM) entworfen, hergestellt und getestet. Sie bestehen aus einer Kombination von PV-Modulen und Lochblechen zur Verwendung in Fassaden und Steildächern. Dabei werden architektonische, energetische und konstruktive Aspekte berücksichtigt, die einzeln und im Zusammenspiel untereinander optimiert werden.

R+D (2d) 3.1.2

Funding: <b>KTI</b>	
Period: <b>2013–2015</b>	

## ● LANGZEIT-MESSUNG VON PV-ANLAGEN

R+D (3) 3.1.2

Lead:	BFH Burgdorf	Funding:	Diverse
Contact:	Muntwyler Urs urs.muntwyler@bfh.ch	Period:	2012–2016
Abstract:	Das PV Labor führt Langzeit-Messungen an unterschiedlichen PV-Anlagen durch und dokumentiert damit das längerfristige Verhalten dieser Anlagen.		

## ● PRÜFSTAND FÜR MULTISTRING SOLARWECHSELRICHTER

R+D (3) 3.1.2

Lead:	BFH Burgdorf	Funding:	BFE
Contact:	Muntwyler Urs urs.muntwyler@bfh.ch	Period:	2013–2015
Abstract:	The goal of this project is the development and the construction of a low EMI test bench for research and testing of multistring PV inverters. The test bench shall be able to simulate three independent sub arrays with open circuit voltage of up to 1'000V and maximum power of 11.52kW each. The thermal stability of the generated IV characteristics shall be sufficiently high to allow measurements of the inverter's MPP tracking accuracy.		

## ● PHOTOVOLTAÏQUE ET NEIGE: HORIZON DES SOLUTIONS POUR L'INSTALLATION SUR LES TOITS DANS LES RÉGIONS ENNEIGÉES

P+D (3) 3.1.2

Lead:	Planair SA	Funding:	BFE
Contact:	Perret Lionel lionel.perret@planair.ch	Period:	2011–2014
Abstract:	Seven different photovoltaic fields and three snow clearing solutions were implemented. Measures on different parameters such as production and consumption of each field will occur during the winters of 2012, 2013 and 2014. The evaluation of the measures will enable to determine snow impact and compare different photovoltaic technologies and snow clearing solutions.		

## ● DISTRIBUTION GRID ANALYSIS AND SIMULATION WITH PHOTOVOLTAICS (DIGASP)

R+D (3) 3.1.2

Lead:	Basler & Hofmann AG	Funding:	BFE
Contact:	Bucher Christof christof.bucher@baslerhofmann.ch	Period:	2010–2013
Abstract:	Simulation Approach to Investigate the Impact of Distributed Power Generation with Photovoltaics on a Power Grid. The project addresses the important topic of grid integration of variable production from photovoltaics.		

## ● DIGITALER LICHTBOGENDETEKTOR FÜR PV-WECHSELRICHTER

R+D (3) 3.1.2

Lead:	BFH Burgdorf	Funding:	KTI
Contact:	Muntwyler Urs urs.muntwyler@bfh.ch	Period:	2012
Abstract:	In diesem Projekt besteht die Innovation in der Entwicklung eines digitalen Lichtbogen-Detektionsalgorithmus und der Industrialisierung eines Lichtbogen-detektors für dessen Integration in einen Wechselrichter.		

## ● HIGH CONCENTRATION PHOTOVOLTAIC THERMAL SYSTEM USING LOW-COST INNOVATIVE MATERIALS

R+D (3) 3.1.2

Lead:	NTB Fachhochschule Buchs	Funding:	KTI
Contact:	André Bernard andre.bernard@ntb.ch	Period:	2013–2016
Abstract:	The present project aims at the development of a high efficiency cost-competitive High Concentration PhotoVoltaic Thermal (HCPVT) system able to convert 80% of the collected solar energy in useful electrical and thermal energy at a Levelized Cost of Energy (LCOE) between 0.07 and 0.1 \$/KWh when industrialised.		

## ● DEICING VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN

R+D (3) 3.1.2

Lead:	NTB Fachhochschule Buchs	Funding:	KTI
Contact:	Egli Roland roland.egli@ntb.ch	Period:	2013–2014
Abstract:	Die Firma Hassler ist Spezialist für Solarenergie im alpinen Raum. Wegen der erhöhten Strahlungsintensität ist Photovoltaik in den Alpen sehr attraktiv. Durch das Einschneien der Anlagen kann jedoch nicht das gesamte Potential ausgeschöpft werden. Mit der Entwicklung einer Lösung zur Schneeräumung von Photovoltaikanlagen kann der Jahresertrag wesentlich erhöht werden.		

### ● MOBILES PV MESSSYSTEM

P+D (3) 3.1.2

Lead:	ZHAW IEFE	Funding:	diverse
Contact:	Baumgartner Franz franz.baumgartner@zhaw.ch	Period:	0
Abstract:	Ein Messsystem für PV-Module ist auf einem Kleinbus montiert und erlaubt so Messungen von PV-Modulen an einem beliebigen Ort. Damit können langwierige Transporte von grösseren Mengen von zu testenden Modulen vermieden werden.		

### ● PV TESTANLAGE DIETIKON

P+D (3) 3.1.2

Lead:	ZHAW IEFE	Funding:	diverse
Contact:	Baumgartner Franz franz.baumgartner@zhaw.ch	Period:	0
Abstract:	Die Arbeiten an der PV Testanlage EKZ Dietikon wurden weitergeführt. Dabei wurde in diesem Jahr der Fokus auf die DC und AC Performance der Inverter, die Gewichtungsfaktoren des Euro-Wirkungsgrades, aber auch den Wirkungsgradverlaufes an klaren und bewölkten Tagen für die fünf unterschiedlichen PV Modultechnologien gelegt.		

### ● PV-CARPORTS PUBLIKUMSWIRKSAME PHOTOVOLTAIKANLAGE

P+D (3) 3.1.2

Lead:	ZHAW IEFE	Funding:	diverse
Contact:	Baumgartner Franz franz.baumgartner@zhaw.ch	Period:	2011–2012
Abstract:	Es wird die Nutzung von mit Photovoltaik überdachten Parkplätzen im Zusammenhang mit der Elektromobilität untersucht. Anhand von konkreten Fallstudien wird das Potenzial dieser Anwendung abgeschätzt.		

### ● POTENTIAL VON PHOTOVOLTAIK AN SCHALLSCHUTZWÄNDEN ENTLANG DER NATIONALSTRASSEN (ASTRA)

R+D (4) 3.1.2

Lead:	TNC Consulting AG	Funding:	ASTRA
Contact:	Nordmann Thomas nordmann@tnc.ch	Period:	2010–2013
Abstract:	Das Projekt prüft das Anwendungspotential der Kombination von Photovoltaik und Schallschutz ausgehend vom kurz- und mittelfristigen Realisierungsumfang bestehender und neuer Schallschutzvorhaben in der Schweiz entlang von Nationalstrassen.		

### ● MACHBARKEITSSTUDIE: MODULARES SOLARINSELKONZEPT „MONTAVENT LOTUS“ ZUR ERZEUGUNG VON SOLARSTROM BEI HÖHERER SPEZIFISCHER ENERGIEAUSBEUTE

R+D (4) 3.1.2

Lead:	NTB Fachhochschule Buchs	Funding:	KTI
Contact:	Stöck Max stoock@ntb.ch	Period:	2012–2013
Abstract:	Unter Einbezug von Standard PV-Systemkomponenten werden auf geeigneten Gewässern mit montavent LOTUS weltweit erste Solarinseln als grosse Solarkraftwerke realisiert. Die Solarinseln können dem Sonnenstand einfach nachgeführt werden. Die Anforderungen des Umwelt- und Landschaftsschutzes und des Wasserbaus werden geklärt und die technische Machbarkeit untersucht.		

### ● LITERATURRECHERCHE ZU DEN EMISSIONEN VON NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN

R+D (4) 3.1.2

Lead:	maxwave AG	Funding:	BAFU
Contact:	Georg Klaus 0	Period:	2013
Abstract:	Im Zusammenhang mit Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) wird vermehrt die Frage aufgeworfen, inwiefern PV-Anlagen eine Quelle von nichtionisierender Strahlung (NIS) darstellen und wie stark diese nichtionisierende Strahlung in Räume einwirkt, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten können.		

### ● SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 1

R+D (5) 3.1.2

Lead:	Nova Energie GmbH	Funding:	BFE
Contact:	Hüsler Pius pius.huessler@novaenergie.ch	Period:	2013
Abstract:	IEA PVPS Task 1 befasst sich mit Informationsaufgaben zum Stand der Photovoltaik in den Mitgliedsländern des IEA PVPS Programms. Dazu leistet dieses Projekt den Schweizer Beitrag, insbesondere zur Entwicklung von Industrie und Markt sowie des regulatorischen Kontextes.		

● **SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 12 - 2013 ÖKOBILANZEN VON SOLARSTROM**

R+D (5) 3.1.2

Lead: Treeze GmbH

Funding: BFE

Contact: Frischknecht Rolf

frischknecht@treeze.ch

Period: 2013

Abstract: IEA PVPS Task 12 befasst sich mit Umweltaspekten der Photovoltaik ausgehend von Analysen in den Mitgliedsländern des IEA PVPS Programms. Dazu leistet dieses Projekt den Schweizer Beitrag, insbesondere zur Lebenszyklusanalyse (LCA) von PV-Systemen.

● **SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 13**

R+D (5) 3.1.2

Lead: TNC Consulting AG

Funding: IEA PVPS Pool

Contact: Nordmann Thomas

nordmann@tnc.ch

Period: 2011–2013

Abstract: IEA PVPS Task 13 befasst sich mit Performance und Zuverlässigkeit von PV-Komponenten und PV-Anlagen in den Mitgliedsländern des IEA PVPS Programms. Mit diesem Projekt wird der Schweizer Beitrag zu diesem neuen internationalen Vorhaben vorbereitet.

● **SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 14 - HIGH PENETRATION OF PV SYSTEMS IN ELECTRICITY GRIDS (SWISS CONTRIBUTION)**

R+D (5) 3.1.2

Lead: Planair

Funding: IEA PVPS Pool

Contact: Renaud Pierre

pierre.renaud@planair.ch

Period: 2010–2014

Abstract: The main purpose of Task 14 is to analyze the role of grid connected PV as an important source in electric power systems on a high penetration level where additional efforts may be necessary to integrate the dispersed generation in an optimum manner. The aim of these efforts is to reduce the technical barriers to achieve high penetration levels of distributed renewable systems on the electric power system.

● **SOLAR RESOURCE ASSESSMENT AND FORECASTING, IEA SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME, TASK 46**

R+D (5) 3.1.2

Lead: Meteotest

Funding: BFE

Contact: Kunz Stefan

stefan.kunz@meteotest.ch

Period: 2011–2016

Abstract: In the framework of IEA Solar Heating and Cooling (SHC) Task 46, Meteotest investigates the possibilities and quality of global radiation forecast, the trend of recent global radiation data and distribution of atmospheric aerosols.

● **NORMENARBEIT FÜR PV SYSTEME**

WTT (5) 3.1.2

Lead: Basler &amp; Hofmann AG

Funding: BFE

Contact: Toggweiler Peter

peter.toggweiler@baslerhofmann.ch

Period: 2007–

Abstract: Normen sind ein wichtiges Instrument zur Qualitätssicherung sowie zum sicheren und zuverlässigen Betrieb von PV-Anlagen. Das Projekt umfasst den Schweizer Beitrag zu den entsprechenden Arbeiten im IEC Technischen Komitee 82.



