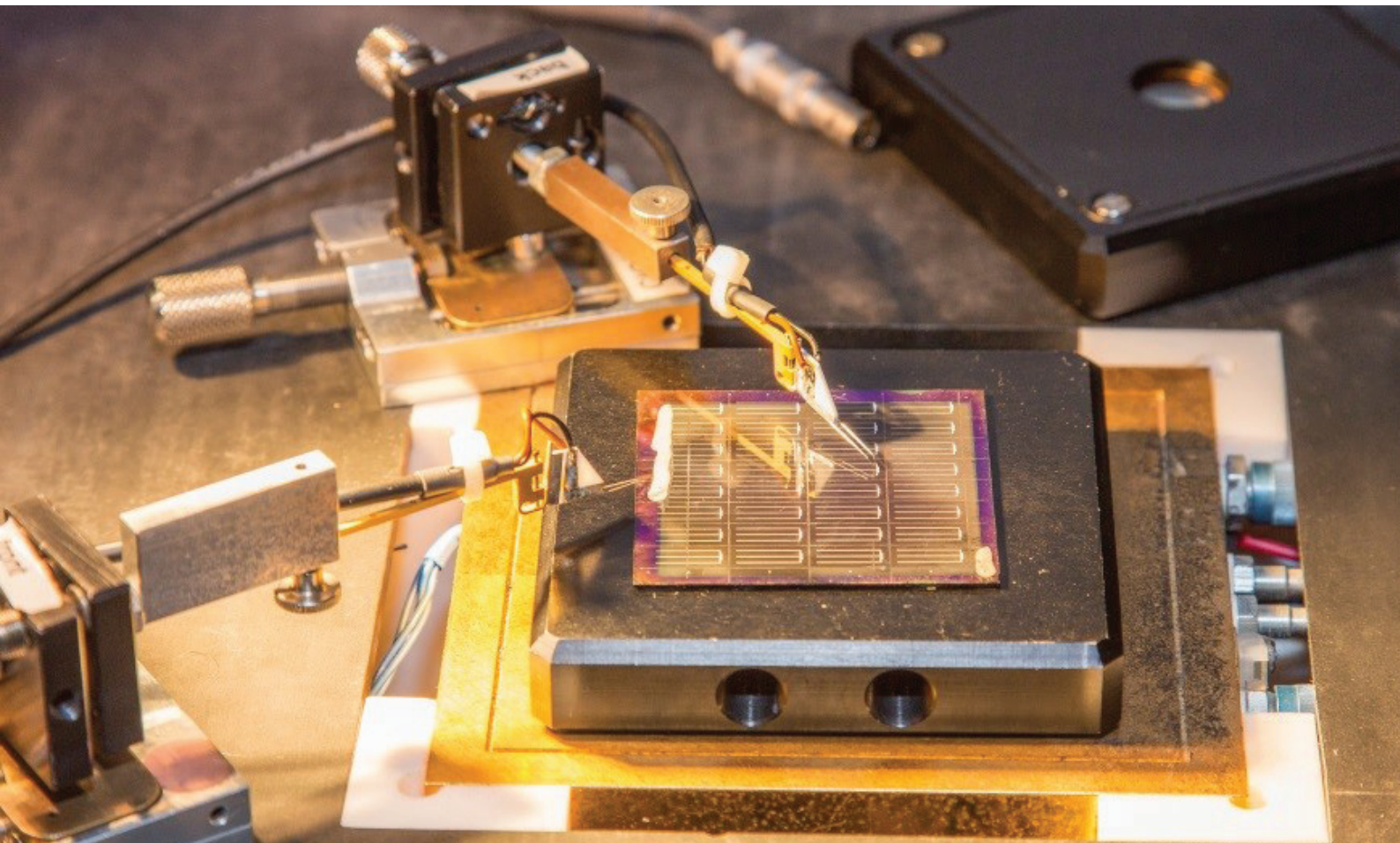


Überblicksbericht 2014

Forschungsprogramm Photovoltaik



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Messaufbau für CIGS Dünnschicht-Solarzellen an der Empa Dübendorf (© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)

BFE Forschungsprogramm Photovoltaik

Überblicksbericht 2014

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

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

Einleitung

Die Photovoltaik hat in den letzten Jahren sowohl technologisch wie industriell und marktbezogen enorme Fortschritte gemacht und wird heute weitverbreitet als eine der wichtigsten künftigen Energietechnologien angesehen. Nebst den anhaltenden technologischen Entwicklungen ist die Photovoltaik aufgrund ihrer Marktentwicklung vielerorts systemrelevant geworden. Diese Situation führt zu neuen Herausforderungen sowohl technischer wie ökonomischer Art.

Forschung und Entwicklung bleiben in dieser intensiven Phase von zentraler Bedeutung und sind für die anhaltende Innovation und Marktführerschaft entscheidend. So hat die Dynamik auch an der technologischen Front weiter zugenommen und neue Erfolgsmeldungen treffen in verschiedensten Gebieten immer rascher aufeinander.

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 Systemübergreifende 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 2014 publizierte zweite Photovoltaik-Roadmap der Internationalen Energie Agentur IEA [1] spricht bis 2050 von einem möglichen Beitrag von rund 16 % zur weltweiten Stromversorgung, deutlich mehr als die 10 % in ihrer ersten Ausgabe von 2010 [2].

In den letzten 30 Jahren hat sich eine starke Schweizer Position in verschiedenen Gebieten der Photovoltaikforschung herausgebildet: Im Vordergrund standen lange fast ausschliesslich die Entwicklungen von verschiedenen Dünnschicht-Technologien. In den letzten Jahren verbreiterte sich die Forschung auf neue Konzepte mit kristallinen Solarzellen und neuen grundlegenden Konzepten. Es erfolgte dazu eine deutliche Steigerung der Aktivitäten und eine Stärkung der Forschungsinfrastruktur. 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 2014 rund 73 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 [3]:

- Weiterentwicklung von Dünnschichtszellensolarzellen (Effizienzsteigerungen und Kostenreduktion);
- Entwicklung von Hocheffizienzszellen (z. B. HIT-Zellen, Photonenmanagement);
- Materialoptionen für neue Solarzellenkonzepte (z. B. organische Solarzellen);
- Industrielle Fertigungsprozesse für verschiedene Dünnschichtszellensolarzellen (z. B. 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 Verbrauchs-

steuerung.

Das Programm ist dazu in folgende fünf Bereiche aufgeteilt (die in Klammern angegebene Klassifizierung bezieht sich auf die Liste der Projekte, Seite 15 ff.):

Solarzellen (1a-e)

Verschiedene materialspezifische Ansätze zu Dünnschichtszellensolarzellen stellten bisher den wichtigsten Schwerpunkt dar (Silizium, Verbindungshalbleiter, organische Materialien). Verstärkt werden Hocheffizienzszellen mit Heteroübergängen zwischen Dünnschicht- und kristallinem Silizium vorangetrieben. Organische und Polymersolarzellen, in den letzten Jahren vor allem auch die Forschung an Perowskitstrukturen, gewinnen als mögliche langfristige Technologieoptionen an Bedeutung. Ausserdem werden in der Grundlagenforschung fortgeschrittene Konzepte mit Photonen-Management erforscht, z.B. für Lumineszenzkonzentratoren.

Module und Gebäudeintegration (2a-e)

Neue Konzepte für die Photovoltaik Gebäudeintegration stehen hier im Vordergrund. Zum Einen geht es dabei

um eine grössere Vielfalt von Lösungen und neue gestalterische Möglichkeiten, insbesondere durch farbige Solarmodule. Zum Anderen wird die Integration in funktionale Gebäudeelemente (z.B. Isolation, Wasserdichtigkeit) verfolgt.

Elektrische Systemtechnik (3)

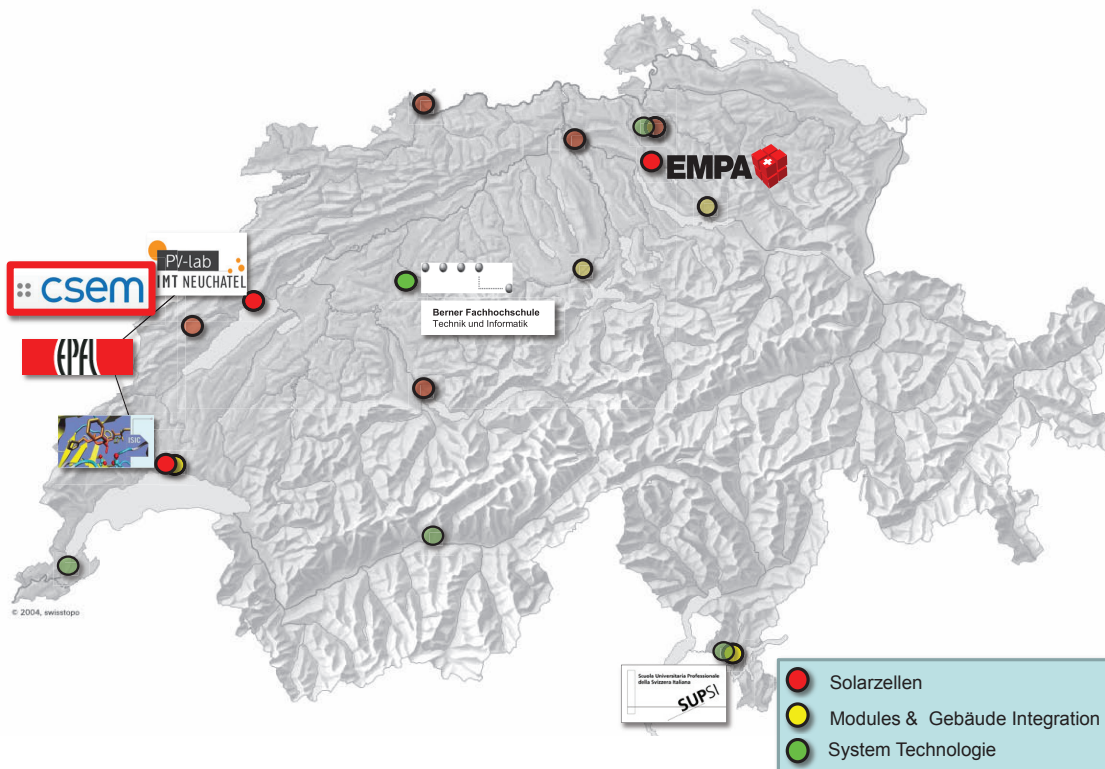
Bei der elektrischen Systemtechnik steht die Qualitätssicherung von Modulen und Wechselrichtern im Vordergrund, einschliesslich entsprechender Normen. Ein in Zukunft wichtiger werdendes Thema ist die Wechselwirkung mit dem elektrischen Netz und die Integration der Photovoltaik ins Netz.

Begleitende Themen (4)

Zum Einen geht es hier 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 einerseits projektbezogen auf allen Gebieten und andererseits im Rahmen des Implementing Agreements



Die Schweizer Photovoltaik Forschungslandschaft

Photovoltaic Power System Programme (PVPS) der Internationalen Energieagentur (IEA), der europäischen SOLAR-ERA.NET-Kooperation (ERA: European Research 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 2014

Gemessen an der Anzahl laufender Projekte mit öffentlicher Finanzierung und der gesamthaft gemeldeten Forschungsprojekte [4] 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 2014 beschränkt aber konstant geblieben. Die Mittel für Pilot- und Demonstrationsprojekte konnten hingegen deutlich erhöht werden und umfassen vermehrt auch pilotmässige industrielle Prozesse. 2013 ist mit Unterstützung des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) das Photovoltaikkompetenz-

trum am Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) operativ geworden. 2014 konnte dieses seine Tätigkeiten und Projekte weiter entfalten. Damit wird die industrienaher Forschung in Hinsicht auf die Umsetzung deutlich gestärkt.

Inhaltlich sind programmübergreifend drei wesentliche Trends zu erkennen: i) die verstärkte Fokussierung auf kurz- und mittelfristig relevante Fragestellungen der Industrie (anhaltende Kostensenkung und Effizienzsteigerung, neue Prozesse und Produkte), ii) die wachsende Bedeutung von systemrelevanten Fragestellungen (z.B. Gebäude- und Netzintegration, neue Lösungen) sowie iii) langfristige Optionen in der Material- und Grundlagenforschung.

Ein nicht unwesentliches Element auf der nationalen Ebene ist der inzwischen auf mindestens 300 MW Jahreskapazität geschätzte Markt (total installierte Leistung Ende 2014: 1060 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 (Figur 1) ist stark diversifiziert und gut verteilt, was ihrer wachsenden Bedeutung grundsätzlich entspricht. Die Herausforderung der Schweizer Photovoltaikforschung und -industrie für die kommenden Jahre liegt deshalb darin, international, sowohl technologisch wie produktbezogen, an vorderster Front mithalten zu können. Die Ausgangslage dazu ist grundsätzlich weiterhin 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 schwierigen Zeiten in Bezug auf die Innovationstätigkeit weiterhin stark präsent und thematisch breit aufgestellt. Mit den verschiedenen Massnahmen zur Stärkung von Forschung und Umsetzung entwickelt sich auch die Forschungsinfrastruktur weiter. 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.



Figur 2: Forschungsreaktor am CSEM Neuchâtel, (© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)



Figur 3: Vorstellung von neuen farbigen Solarmodulen des CSEM Neuchâtel, (Quelle CSEM.)

Forschungsinstitute und Stossrichtungen der Forschung

Die Schweizer Photovoltaikforschungskompetenzzentren zu einzelnen Schwerpunktthemen konnten in den letzten Jahren ihre Forschungsaktivitäten vertiefen, neue Themen aufgreifen, die Industriekooperationen stärken und allgemein die Forschungsinfrastruktur ausbauen.

PV-LAB, EPFL, und CSEM PV Technology Center, Neuchâtel

Das PV-Lab an der EPFL und das CSEM PV Technology Center sind eng miteinander verbunden; ersteres bearbeitet die mehr forschungsbezogenen Themen während letzteres sich mit industrienahen Fragestellungen befasst. Thematisch stand über rund 25 Jahre die Silizium Dünnschichttechnologie im Vordergrund und das Labor gehört zu den weltweit führenden Gruppen auf diesem Gebiet. In den letzten Jahren hat sich der Schwerpunkt der Aktivitäten auf Silizium-Heteroübergänge und hoch effiziente Silizium-Solarzellen verschoben, welche gegenüber den reinen Silizium Dünnschicht-Solarzellen deutlich an Bedeutung gewinnen. Dennoch ist die Erfahrung aus dem Gebiet der Dünnschicht-Solarzellen bzw. der entsprechenden, grossflächigen Depositionsverfahren hier wichtig und erfolgsentscheidend (Figur 2). Eine Reihe von Forschungsprojekten mit Unterstützung des BFE, des Schweizerischen Nationalfonds, der KTI, der Europäischen Kommission, des SBFI

sowie direkten Industriemandaten befasst sich mit den neusten Entwicklungen betreffend Materialeigenschaften, Fenster- und Zwischenschichten, Kontaktierung, strukturellen Aspekten zur Lichtführung in der Solarzelle oder Fragen zur Verpackung der Solarmodule. Die besten Laborwirkungsgrade von Silizium Hetero Junction Solarzellen liegen hier mittlerweile zwischen 22 und 23 %.

PV Lab und CSEM PV Technology Center entwickeln zudem nebst diesen neuen Solarzellentechnologien auch neue Konzepte für die Photovoltaik Gebäudeintegration. Dabei konnte das CSEM 2014 neue Verfahren zur Farbgebung von Solarmodulen vorstellen, welche selbst weisse Solarmodule ermöglichen und dabei die Ertragseinkommen in Grenzen halten (Figur 3).

Institute of chemical sciences and engineering (ISIC), EPFL, Lausanne

Am ISIC an der EPFL ist die langjährige Forschung im Bereich der Farbstoff-Solarzellen angesiedelt (Figuren 5 und 6). Diese hat in den letzten Jahren vor allem mit den neuen Entwicklungen rund um die Perowskitstrukturen weltweit Schlagzeilen gemacht. Keine andere Solarzellentechnologie hat in so kurzer Zeit so massive Fortschritte beim Wirkungsgrad erzielt wie diejenige der Perowskite. Inzwischen wurde an der EPFL ein Laborwirkungsgrad von 21 %

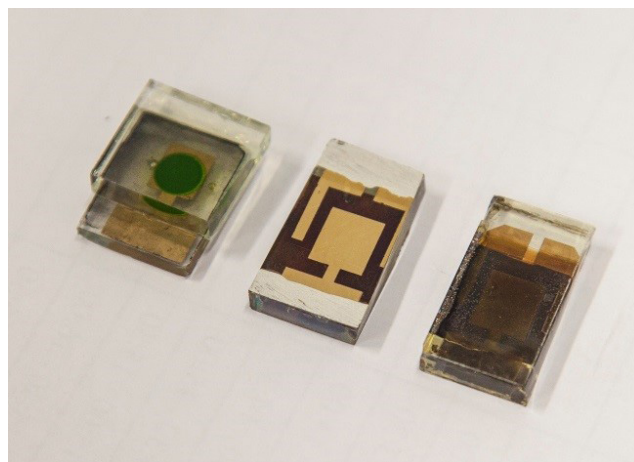
erreicht. Auf dem Weg zur Umsetzung dieser Konzepte stellen sich insbesondere Fragen der eingesetzten Materialien sowie der Stabilität der Solarzellen. Aktuelle Forschungsprojekte laufen hier vor allem mit Unterstützung der Europäischen Kommission.

Empa, Dübendorf

An der Empa in Dübendorf haben sich in den letzten Jahren zwei Stossrichtungen zu Dünnschicht-Solarzellen prominent weiter entwickelt. Zum Einen sind dies die Solarzellen auf der Grundlage der II-VI Verbindungshalbleiter CIGS und CdTe. Hier ist die Dünnschicht PV Gruppe an der Empa bei CIGS-Solarzellen besonders erfolgreich. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf CIGS-Solarzellen auf flexiblen Substraten (Titelbild), wo verschiedene Weltrekorde im Wirkungsgrad erzielt wurden, zuletzt ein Wert von 20,4 %. Parallel dazu wird das Verfahren in Bezug auf die Fläche hochskaliert und zusammen mit dem Unternehmen Flisom industriell umgesetzt. Entsprechende Forschungs- sowie P+D-Projekte werden vom BFE, der KTI und der Europäischen Kommission unterstützt. Zum anderen betreibt die Empa auch eine namhafte Entwicklung auf dem Gebiet der organischen Solarzellen und ist dabei für das grosse EU-Projekt TREASURES verantwortlich.



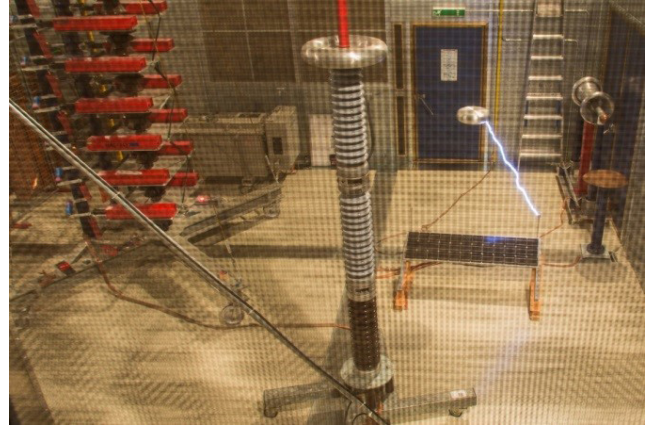
Figur 4: Laborarbeiten am ISIC der EPF Lausanne
(© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)



Figur 5: Farbstoff-Solarzellen vom ISIC der EPF Lausanne
(© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)



Figur 6: Teststand für Solarmodule am ISAAC der SUPSI in Lugano (© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)



Figur 7: Hochspannungslabor an der BFH in Burgdorf (© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)

Weitere Forschungsstellen

Das CSEM in Muttenz befasst sich ebenfalls mit der organischen Photovoltaik und führt dazu das grosse EU-Netzwerkprojekt Sunflower an. Mehr grundlagenorientierte Solarzellenforschung findet an den Universitäten Basel und Fribourg sowie an der ETH Zürich und an der Empa in Thun statt. Dabei geht es um grundlegende Aspekte der Licht Materie Wechselwirkung, neue Solarzellenkonzepte und Lumineszenzkonzentratoren.

Fachhochschulen

Die Qualitätssicherung hat seit vielen Jahren ihren festen Stellenwert in der Photovoltaik Forschungslandschaft. Lange Tradition in der Photovoltaik hat die Scuola universitaria professio-

nale della Svizzera italiana (**SUPSI**) in Lugano, wo man sich vor allem mit der Qualität und dem Verhalten von Solarmodulen und der Photovoltaik Gebäudeintegration befasst. Dazu betreibt das Istituto Sostenibilità Applicata all'Ambiente Costruito (ISAAC) eine umfangreiche Laborinfrastruktur mit Prüfständen drinnen und draussen (Figur 6). Das **SPF** an der Hochschule Rapperswil ergänzt diese Kompetenzen um Messungen bezüglich Schneelast sowie zu Eigenschaften von PVT-Hybridkollektoren. Eine lange Tradition hat auch das PV Labor an der **BFH** in Burgdorf, wo Wechselrichter und Systemtechnik im Vordergrund stehen (Figur 7). Hier steht eine leistungsfähige Infrastruktur zur Ausmessung von Wechselrichtern und PV-Anlagen. An der ZHAW in Winterthur wird ein Schwerpunkt Photovoltaik aufgebaut,

welcher sich zum Einen mit der Systemtechnik, zum Anderen mit Konzepten für den Modulaufbau befasst. Ergänzt wird diese Tätigkeit durch das IUNR an der **ZHAW** in Wädenswil, welche sich mit anlagentechnischen und umweltbezogenen Fragestellungen befasst. An der **HSLU** steht die Schnittstelle zum Gebäude und der Architektur im Vordergrund. Punktuelle Photovoltaik Forschungsaktivitäten verzeichnen ausserdem die HEIG-VD in Yverdon, die HEIV in Sion und das NTB in Buchs.

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Der Bereich der P+D-Projekte konnte in den letzten Jahren gestärkt werden und es finden vermehrt anwendungsorientierte Projekte statt. Diese umfassen zum Einen den pilotmässigen Auf-

bau von neuen industriellen Prozessen, z.B. für die Silizium Hetero Junction Solarzellen von Meyer Burger Research (Swiss Inno HJT Projekt, Figur 8 und 9) oder für CIGS Dünnschichtsolarmodulen.

Zum Anderen werden neue Lösungen und Produkte im Pilotmassstab gebaut und analysiert (Figur 10). Damit soll auch die Photovoltaik Gebäudeintegration vorangetrieben werden (Figur 11).



Figur 8: Swiss Inno HJT Pilotlinie von Meyer Burger Research in Hauterive (Quelle: Swiss Inno HJT)



Figur 9: Meyer Burger CEO Peter Pauli mit Bundesrätin Doris Leuthard an der Einweihung der Swiss Inno HJT Pilotlinie (Quelle: CSEM/Meyer Burger/Daniel Hager Photography)

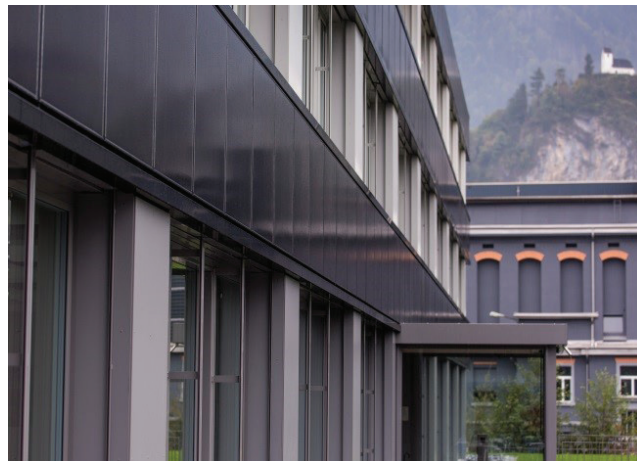
Nationale Zusammenarbeit

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 Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität (CEEM) sowie neuerdings im Rahmen der Swiss Competence Centres for Energy Research (SCCERs). 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.

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.



Figur 10: PVT Hybridkollektoren auf der Lintharena in Näfels (Quelle: ZHAW Wädenswil)



Figur 11: Photovoltaik Fassadenintegration bei Flumroc in Flums (© 2014 Daniel Forster / NET Ltd.)

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 2014 waren es 19 Projekte im 7. Rahmenforschungsprogramm der EU bzw. 4 Grundlagenprojekte 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).

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 2013 [5] ausgearbeitet. Auf dieser Grundlage wurde die 19. Ausgabe des jährlichen internationalen Berichtes (Trends Report) über die Marktentwicklung der Photovoltaik in den IEA-Ländern erstellt [6]. Im Rahmen der interdepartementalen (SECO, DEZA, BFE) REPIC Plattform zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit [7] leistet das Beratungsunternehmen Entec den Schweizer Beitrag zum IA PVPS Task 9 über die Photovoltaikentwicklungszusammenarbeit. 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 abgeglichene Informationen zu diesem bedeutenden Thema aufgearbeitet und publiziert werden. TNC und das ISAAC vertreten 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. 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 wurde 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. 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 [8], 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 [9]. Das neue EU-Projekt SOLAR-ERA.NET [10] hat im Berichtsjahr eine zweite gemeinsame Ausschreibung (Joint Call) durchgeführt. Es umfasst nebst 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 (Programmleitung Photovoltaik) koordiniert. Die Schweiz ist zudem im Steuerungsausschuss der Europäischen Photovoltaik-Technologie-Plattform vertreten [11].

Referenzen

[1] IEA Technology Roadmap Solar photovoltaic energy, OECD/IEA (2014).

[2] IEA Technology Roadmap Solar photovoltaic energy, OECD/IEA (2010).

[3] Konzept der Energieforschung des Bundes 2013 bis 2016, CORE/BFE (2012).

[4] Energieforschungsstatistik 2012, BFE (2014).

[5] National Survey Report of PV Power Applications in Switzerland 2013, BFE (2014).

[6] Trends in Photovoltaic Applications, Survey Report of selected IEA countries between 1992 and 2013, IEA-PVPS T1-25 (2014) (www.iea-pvps.org).

[7] Interdepartementale Plattform zur Förderung der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz in der internationalen Zusammenarbeit, REPIC (www.repic.ch).

[8] IEA SHC Task 46 Solar Resource Assessment and Forecasting (<http://task46.iea-shc.org/>).

[9] IEC TC 82 Solar photovoltaic energy systems (www.iec.ch).

[10] ERA-NET on Solar Electricity for the Implementation of the Solar Europe Industry Initiative (www.solar-era.net).

[11] European Photovoltaic Technology Platform (www.eupvplatform.org).

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- ACCELERATED DEVELOPMENT AND PROTOTYPING OF NANO-TECHNOLOGY-BASED HIGH-EFFICIENCY THIN-FILM SILICON SOLAR MODULES (FAST TRACK)** R+D 3.1.2*

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: EU
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period: 2012-2015

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%.
- CHEETAH - COST-REDUCTION THROUGH MATERIAL OPTIMISATION AND HIGHER ENERGY OUTPUT OF SOLAR PHOTOVOLTAIC MODULES** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: EU
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period: 2014-2017

Abstract: Developing new concepts and technologies for wafer-based crystalline silicon PV, thin-film PV and organic PV, resulting in (strongly) reduced cost of materials and increased module performance. Also fostering long-term European cooperation in the PV R&D sector. Accelerating the implementation of innovative technologies in the PV industry, by a strong involvement of EPIA and KIC InnoEnergy in the program.
- CIGS MULTI-STAGE INLINE DEMONSTRATION** P+D 3.1.2

Lead: EMPA Dübendorf	Funding: BFE
Contact: Ayodhya N. Tiwari ayodhya.tiwari@empa.ch	Period: 2012-2014

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.
- COMBINING MACROSCOPIC AND MICROSCOPIC CHARACTERIZATION OF RECOMBINATION LOSSES IN HIGH EFFICIENCY CIGS SOLAR CELLS** R+D 3.1.2

Lead: EMPA Dübendorf	Funding: SNF
Contact: Ayodhya N. Tiwari ayodhya.tiwari@empa.ch	Period: 2014-2017

Abstract: Recently our group at Empa reported a 20.4% conversion efficiency world record for thin film solar cells based on Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) light absorbing layers. This efficiency of flexible solar cell on polymer film surpasses the efficiency of solar cells on glass and matches to the long back established benchmark efficiency of polycrystalline Si wafer based solar cells.
- CONNECT-PV - LEITFÄHIGE TRANSPARENTE ELEKTRODEN: EIN KOMPETENZCLUSTER FÜR HOCH EFFIZIENTE DÜNNFILM-SOLARZELLEN** R+D 3.1.2

Lead: ZHAW - ICP	Funding: BFE
Contact: Beat Ruhstaller ruhb@zhaw.ch	Period: 2014-2017

Abstract: Development of highly conductive and transparent contact layers to be used in flexible thin film photovoltaics. These layers are a central requirement for the realization of low production cost, flexible solar modules. The layer deposition must be compatible with low-temperature and large-area techniques.
- CONTROL OF TRAVELING EM WAVES IN LARGE AREA (VHF) PECVD REACTORS FOR THE PRODUCTION OF COMPETITIVE SOLAR PANELS** R+D 3.1.2

Lead: NTB Fachhochschule Buchs	Funding: KTI
Contact: Christoph Würsch christoph.wuersch@ntb.ch	Period: 2013-2014

Abstract: This project evaluates alternative concepts for the Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition of silicon films deposited over large areas substrates and sustained at very high frequencies. The scientific challenge consists in avoiding the large non-uniformities of the electrical field uniformity generated by standing wave effects. Several concepts will be numerically tested and the most promising will be validated by an experimental setup.
- DEVELOPMENT AND SCALE-UP OF NANOSTRUCTURED BASED MATERIALS AND PROCESSES FOR LOW COST HIGH EFFICIENCY CHALCOGENIDE BASED PHOTOVOLTAICS (SCALENANO)** R+D 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC	Funding: EU
Contact: Alessandro Virtuani alessandro.virtuani@supsi.ch	Period: 2012-2015

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.

- **DEVELOPMENT OF THIN HIGH-EFFICIENCY LARGE-AREA INTERDIGITATED BACK CONTACT SILICON HETEROJUNCTION SOLAR CELLS FOR MASS PRODUCTION (HET-IBC)** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: KTI
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	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.
- **DIAMOND: DISCOVERY AND INSIGHT WITH ADVANCED MODELS OF NANOSCALE DIMENSIONS** R+D 3.1.2

Lead: ETH Zürich	Funding: ERC
Contact: Joost VandeVondele joost.vandevondele@mat.ethz.ch	Period: 2011-2016

Abstract: 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.
- **ENTWICKLUNG VON KRISTALLINEN SILIZIUM-SOLARZELLEN UND -MODULEN MIT HÖHEREM WIRKUNGSGRAD UND BESSERER ENERGIEAUSBEUTE (NODHID)** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: Axpo Naturstrom
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period: 2011-2015

Abstract: Entwicklung von kristallinen Silizium-Solarzellen und -modulen mit höherem Wirkungsgrad und besserer Energieausbeute
- **FEASIBILITY STUDY FOR THE ATMOSPHERIC PLASMA JET DEPOSITION OF TRANSPARENT CONDUCTIVE OXIDE FOR THIN-FILM SOLAR CELL APPLICATIONS (JETCO)** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: KTI
Contact: Nicolas Wyrsch nicolas.wyrsch@unine.ch	Period: 2012-2014

Abstract: To 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 10-3 Ohm cm) and offer the possibility to achieve surface texturation for light scattering in the solar devices.
- **FLEXIBLE PHOTOVOLTAIC CELLS OPTIMIZED FOR HIGH CONVERSION EFFICIENCY FROM INDOOR TO OUTDOOR ILLUMINATION CONDITIONS, USED IN NEW WRISTWATCH PRODUCTS** R+D 3.1.2

Lead: EMPA Dübendorf	Funding: KTI
Contact: Ayodhya N. Tiwari ayodhya.tiwari@empa.ch	Period: 2013-2015

Abstract: Developing flexible CIGS photovoltaic cells optimized for high conversion efficiency from low (indoor) to high (outdoor) illumination intensity, tailored for new generations of innovative wristwatch products. Includes the development of CIGS PV dials for classic wristwatches & a second generation for solar wristwatches integrating highly flexible CIGS PV cells in the bracelet with conversion efficiencies above 8% under low illumination intensity.
- **GLOBAL SOLAR SPECTRUM HARVESTING THROUGH HIGHLY EFFICIENT PHOTOVOLTAIC AND THERMOELECTRIC INTEGRATED CELLS - GLOBASOL** R+D 3.1.2

Lead: EPFL ISIC-LPI	Funding: EU
Contact: Michael Graetzel michael.graetzel@epfl.ch	Period: 2013-2016

Abstract: GLOBASOL will develop new concepts, materials and devices for advanced light harvesting and light management for a panchromatic collection of the solar energy and an unprecedented power conversion efficiency. This will be accomplished by integrating in a single device three light-to-electricity converters, exploiting different regions of the solar spectrum based on sensitized mesoscopic solar cells, photonic crystals, thermoelectric cells.
- **HIGH EFFICIENCY REAR CONTACT SOLAR CELLS AND ULTRA POWERFUL MODULES - HERCULES** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: EU
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period: 2013-2016

Abstract: To develop innovative n-type monocrystalline c-Si device structures based on back-contact solar cells with alternative junction formation, as well as related structures including hybrid concepts (homo-heterojunction). These concepts are the most promising technologies to reach ultra-high efficiencies with industrially relevant processes.

- **HIGH EFFICIENCY TRIPLE JUNCTION THIN FILM SILICON SOLAR CELLS IMPLEMENTING AMORPHOUS SILICON GERMANIUM ALLOY (TRIGGER)** R+D 3.1.2

Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding: KTI
Contact: Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period: 2012-2015

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.
- **HIGH RATE DEPOSITION OF MICROCRYSTALLINE SILICON FOR SOLAR CELL APPLICATIONS BY MEANS OF A RESONANT NETWORK RF ANTENNA** R+D 3.1.2

Lead: EPFL - CRPP	Funding: KTI
Contact: Minh Quang Tran minhquang.tran@epfl.ch	Period: 2013-2015

Abstract: Change from capacitively coupled plasma reactor to inductively coupled devices might reduce the cost and increase the efficiency of thin film solar cells. In the project a plasma box reactor equipped with a resonant network RF antenna will be constructed and PV related material will be aimed for. Additional equipment of the plasma reactor with a biasing electrode will allow the ion bombardment of the substrate to optimize the material properties.
- **LIGHT-IN, LIGHT-OUT: CHEMISTRY FOR SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES (LILO)** R+D 3.1.2

Lead: Uni Basel, Institut für Anorganische Chemie	Funding: ERC
Contact: Edwin Charles Constable 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.
- **LUMINESCENT SOLAR CONCENTRATORS - GEWINNUNG ELEKTRISCHER ENERGIE AUS TÖNUNGEN FÜR FENSTERSCHEIBEN UND FASSADENELEMENTE** R+D 3.1.2

Lead: Optical Additives GmbH	Funding: BFE
Contact: Kunzmann Andreas 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.
- **MESOLIGHT - MESOSCOPIC JUNCTIONS FOR LIGHT ENERGY HARVESTING AND CONVERSION** R+D 3.1.2

Lead: EPFL	Funding: ERC
Contact: Michael Graetzel 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.
- **MIRROR: DEVELOPMENT OF A NEW PECVD REACTOR FOR EFFICIENT PRODUCTION OF HIGH-QUALITY SILICON HETEROJUNCTION SOLAR CELLS** R+D 3.1.2

Lead: CSEM	Funding: KTI
Contact: Matthieu Despeisse matthieu.despeisse@csem.ch	Period: 2014-2015

Abstract: Feasibility demonstration of a new type of PECVD system, specifically dedicated but not restricted to the production of high-efficiency silicon heterojunction solar cells: the MIRROR reactor. Its design allowing ultra-homogeneous both sides coatings of wafers without breaking the vacuum, the fastidious handling of the substrates would be simplified, leading to higher production throughput and yield, reduced costs, to improved device performance.
- **NEUENTWICKELTE FESTKÖRPER SOLARZELLEN AUF SEFAR PRÄZISIONSGEWEBEN** R+D 3.1.2

Lead: EPFL ISIC-LPI	Funding: KTI
Contact: Michael Graetzel michael.graetzel@epfl.ch	Period: 2014-2015

Abstract: EPFL and Sefar AG have developed a novel metal wire precision fabric electrode for the use in cheaper dye sensitized solar cell modules, leading to high efficiencies of over 6%. Those modules employed a liquid electrolyte which is lacking robustness important for the expected long lifetimes of these devices. The aim is to carry our technology over to more robust solid state dye sensitized solar cell modules in the extension of this project.

- **NOVAZOLAR** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | EMPA Dübendorf | Funding: | BFE |
| Contact: | Ayodhya N. Tiwari
ayodhya.tiwari@empa.ch | Period: | 2014-2016 |
- Abstract: To develop an innovative, low-cost process of in-situ monitored aqueous solution deposition of the ZnO-based buffer-window combination for high-efficiency CIGS solar cells. The novelty is to use a single deposition technique – CBD – for depositing the Cd-free window-buffer combination that should ultimately replace the present CdS buffer by CBD followed by the sputtered i-ZnO/Al:ZnO window. A solar efficiency of > 20% is targeted.
- **NOVEL ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOLUTION PROCESSES NANOMATERIALS FOR PANCHROMATIC SOLAR CELLS** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | EPFL ISIC-LPI | Funding: | EU |
| Contact: | Michael Graetzel
michael.graetzel@epfl.ch | Period: | 2013-2015 |
- Abstract: 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 µm across its absorption spectrum. In addition the deposition of the nanostructured platform will employ processing below 200°C, compatible with plastic, flexible substrates and cost-effective roll-to-roll manufacturing.
- **PERFORMANCE STABILITY OF FLEXIBLE CIGS SOLAR MODULES** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | EMPA Dübendorf | Funding: | KTI |
| Contact: | Ayodhya N. Tiwari
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.
- **ROLL-TO-ROLL MANUFACTURING OF HIGH EFFICIENCY AND LOW COST FLEXIBLE CIGS SOLAR MODULES (R2R-CIGS)** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|---|----------|-----------|
| Lead: | EMPA Dübendorf | Funding: | EU |
| Contact: | Ayodhya N. Tiwari
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.
- **SUSTAINABLE NOVEL FLEXIBLE ORGANIC WATTS EFFICIENTLY RELIABLE** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | CSEM Muttentz | Funding: | EU |
| Contact: | Giovanni Nisato
giovanni.nisato@csem.ch | Period: | 2011-2015 |
- Abstract: Organic PV provide a key opportunity for the EU to further establish its innovation base in alternative energies offering the benefits of flexibility, low weight, and freedom of design. OPV operates under low light conditions and is shadow tolerant. These advantages and the ease of handling in subsequent product-integration processes will enable the development of consumer and portable electronics and building-integrated photovoltaic products.
- **SYSTEMS FOR ULTRA-HIGH PERFORMANCE PHOTOVOLTAIC ENERGY HARVESTING (SYNERGY)** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | EPFL STI IMT-NE PV-LAB | Funding: | BFE |
| Contact: | Christophe Ballif
christophe.ballif@epfl.ch | Period: | 2014-2017 |
- Abstract: This project aims to realize PV energy harvesting systems based on tandem solar cells with efficiencies beyond those achievable with state-of-the-art industrial single-junction cells by combining the unique technological components – record cells absorbing various parts of the solar spectrum – recently realized by Swiss research institutes.
- **TACOS - DEVELOPMENT AND INTEGRATION OF ALTERNATIVE TRANSPARENT CONDUCTIVE OXIDES FOR SILICON HETEROJUNCTION SOLAR CELLS** R+D 3.1.2
- | | | | |
|----------|--|----------|-----------|
| Lead: | CSEM | Funding: | KTI |
| Contact: | Sylvain Nicolay
sylvain.nicolay@csem.ch | Period: | 2014-2016 |
- Abstract: To further reduce the production cost (€/Wp) and the cost of electricity (€/kWh) of silicon heterojunction solar cells and modules. Advanced transparent conductive electrodes will be developed to allow for decreased raw material costs and for increased cell efficiency. Low cost electrodes, intelligent electrical contacts based on electronic band engineering and solutions to decrease damage formation during electrode deposition will be developed.

- **THIN LAYERS FOR HIGH-EFFICIENCY SILICON SOLAR CELLS THROUGH IDEAL COUPLING OF INDIVIDUAL COMPONENTS** R+D 3.1.2

Lead:	EPFL STI IMT-NE PV-LAB	Funding:	BFE
Contact:	Christophe Ballif christophe.ballif@epfl.ch	Period:	2012-2014

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.
- **TRAINING FOR SUSTAINABLE LOW COST PV TECHNOLOGIES: DEVELOPMENT OF KESTERITE BASED EFFICIENT SOLAR CELLS** R+D 3.1.2

Lead:	EMPA	Funding:	EU
Contact:	Yaroslav Romanyuk Yaroslav.Romanyuk@empa.ch	Period:	2012-2016

Abstract: Creation of an ITN network for the structured interdisciplinary training of researchers in advanced thin film photovoltaic technologies. Proposing 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. The project will focus on the development of kesterite based solar cells.
- **TRANSPARENT ELECTRODES FOR LARGE AREA, LARGE SCALE PRODUCTION OF ORGANIC OPTOELECTRONIC DEVICES** R+D 3.1.2

Lead:	EMPA Dübendorf	Funding:	EU
Contact:	Frank Nüesch 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.
- **UPCON - ULTRA-PURE NANOWIRE HETEROSTRUCTURES AND ENERGY CONVERSION** R+D 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.
- **CONSTRUCT PV - CONSTRUCTING BUILDINGS WITH CUSTOMIZABLE SIZE PV MODULES INTEGRATED IN THE OPAQUE PART OF THE BUILDING SKIN** R+D 3.1.2

Lead:	SUPSI ISAAC	Funding:	EU
Contact:	Francesco Frontini francesco.frontini@supsi.ch	Period:	2013-2017

Abstract: The final goal of Construct-PV is to obtain BIPV modules that are targeting the expected performances described in SEII with respect to the module efficiency range and applicable to at least 80% of the buildings in a urban environment.
- **DEMONSTRATION AT INDUSTRIAL SCALE OF THE FLEXIBLE MANUFACTURING OF SMART MULTIFUNCTIONAL PHOTOVOLTAIC BUILDING ELEMENTS - SMART-FLEX** R+D 3.1.2

Lead:	SUPSI ISAAC	Funding:	EU
Contact:	Francesco Frontini francesco.frontini@supsi.ch	Period:	2013-2016

Abstract: To demonstrate the multi-functional glass/glass PV building element as plug & play AC device for safe and easy installation into building electricity system. Demonstration of such device will cover both levels: (i) demonstration of flexibility and adaptability of manufacturing the customised design PV building elements, allowing harmonious integration in buildings and (ii) demonstration of such BIPV products in the building envelope.
- **ENTWICKLUNG VON TOOLS ZUR ERTRAGSOPTIMIERUNG VON GROSSEN PHOTOVOLTAIKANLAGEN MIT KOMPLEXER GEOMETRIE** R+D 3.1.2

Lead:	ZHAW Life Sciences and Facility Management	Funding:	KTI
Contact:	Jürg Rohrer rohu@zhaw.ch	Period:	2014-2018

Abstract: Entwicklung von Tools zur Winterstrom-Optimierung von grossen PV-Anlagen, bei denen die PV-Module stark unterschiedliche Ausrichtungen und insbesondere steile Anstellwinkel aufweisen. Die Optimierung berücksichtigt neben Albedo-Effekten auch die direkte Reflexion von z.B. Seen oder Schnee, den Anteil Morgen-/Abend- bzw. Winterstrom, Sichtbarkeit der Anlage, Blendwirkung, usw.

- **HUB OF APPLICATION LABORATORIES FOR EQUIPMENT ASSESSMENT IN LASER BASED MANUFACTURING - APPOLO** R+D 3.1.2
- Lead: EMPA Dübendorf Funding: EU
- Contact: Ayodhya N. Tiwari ayodhya.tiwari@empa.ch Period: 2013-2017
- Abstract: The objective of the project is to establish and coordinate connections between end-users, which have demand on laser technologies for (micro) fabrication; knowledge accumulated in the application laboratories of research institutes and universities and the laser equipment manufacturers. To facilitate faster validation of the process feasibility and adaptation of the equipment for manufacturing, as well as assessment of the production processes.
- **INTEGRIERTE MESSPLATTFORM FÜR OLED UND SOLARZELLEN R&D** R+D 3.1.2
- Lead: ZHAW - ICP Funding: KTI
- Contact: Kurt Pernstich kurt.pernstich@zhaw.ch Period: 2014-2015
- Abstract: To extend the Paios measurement system to be able to elucidate the physics of solar cells at cryogenic temperatures and also at elevated temperatures for life-time studies. To integrate the simulation software and the measurement hardware into a turn-key solution so that the various measurements performed with Paios can be simulated with Setfos at the press of a button.
- **NEUARTIGES LEICHTBAU PHOTOVOLTAIK SYSTEM, DAS DIE DOPPELNUTZUNG VON FLÄCHEN IM URBANEN BEREICH FÜR DIE ERZEUGUNG VON ERNEUERBARER ENERGIE ERMÖGLICHT** R+D 3.1.2
- Lead: ZHAW IEFÉ Funding: KTI
- Contact: Franz Baumgartner franz.baumgartner@zhaw.ch Period: 2013-2014
- Abstract: Entwicklung eines Leichtbau-Solkraftwerks mit einerseits neuartigen Meteo Algorithmen zur Sicherstellung der Robustheit und Minimierung der Ertragsverluste und andererseits Machbarkeitsabklärungen (einschliesslich Konzeptstudie) für ein Leichtbau-Tragwerk unter Verwendung von Faserverbundkunststoff Hybrid-Bauelementen.
- **NOVEL PRODUCTION EQUIPMENT FOR NOVEL PHOTOVOLTAIC MODULE DESIGNS USING NEW ENCAPSULANTS** R+D 3.1.2
- Lead: EPFL STI IMT-NE PV-LAB Funding: KTI
- Contact: Christophe Ballif 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.
- **OPTIMIZATION OF THIN FILM MODULE TESTING AND PV MODULE ENERGY RATING AT SUPSI** R+D 3.1.2
- Lead: SUPSI ISAAC Funding: BFE
- Contact: Gabi Friesen 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.
- **PRODUKTENTWICKLUNG PV/T SOLARKOLLEKTOR MIT INSTALLATIONSSYSTEM** R+D 3.1.2
- Lead: Hochschule für Technik Rapperswil HSR Funding: KTI
- Contact: Matthias Rommel matthias.rommel@solarenergy.ch Period: 2011-2014
- Abstract: The project goal is to develop a low-temperature unglazed PV/T collector and a specially tailored installation system. The starting points for the development are standard Meyer Burger PV modules for the collector and available market components for the installation system. This product should be optimized for use in low-temperature building technology.
- **PRODUKTENTWICKLUNG SOLAR DEVICE** R+D 3.1.2
- Lead: NTB Funding: KTI
- Contact: Martin Gutsche 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.

- PV FASSADEN - ENTWICKLUNG UND PRÜFUNG VON VORGEHÄNGTEN HINTERLÜFTETEN FASSADEN AUS PV MODULEN UND PERFORIERTEM METALL** R+D 3.1.2

Lead: HTA Luzern	Funding: KTI
Contact: Stephen Wittkopf stephen.wittkopf@hslu.ch	Period: 2013-2015

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. Ziel ist es, PV-FM zu entwickeln, die einen architektonischen Mehrwert bieten und so die Akzeptanzbarrieren bei der Verwendung im öffentlichen Raum überwinden.
- SMARTWIRE - DEVELOPMENT OF MULTI-WIRE MODULE DESIGN TECHNOLOGY AND PRODUCTION EQUIPMENT** R+D 3.1.2

Lead: CSEM	Funding: KTI
Contact: Matthieu Despeisse matthieu.despeisse@csem.ch	Period: 2013-2015

Abstract: The 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 state-of-the-art as well as for high efficiency c-Si cell technologies.
- SUNLITE - COLORED SOLAR TILES BASED ON COMPOSITE STRUCTURES FOR COST-EFFECTIVE BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS** R+D 3.1.2

Lead: EPFL - IMX - LTC, Lausanne	Funding: KTI
Contact: Jan-Anders Manson jan-anders.manson@epfl.ch	Period: 2014-2016

Abstract: The objective of SUNLITE is to develop novel colored solar tiles for cost-effective building integrated photovoltaics with reduced payback time. The new tiles (size 0.6 m x 0.4 m) will be based on high efficiency silicon cells, a new polymer composite backing and an interferential colored front encapsulation glass. A pilot series of colored solar tiles will be produced and installed on a roof demonstrator for 1 year monitoring.
- TOOLS FOR ENHANCED PHOTOVOLTAIC SYSTEM PERFORMANCE** R+D 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC	Funding: EU
Contact: Domenico Chianese domenico.chianese@supsi.ch	Period: 2012-2015

Abstract: 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.
- CARACTÉRISATION DES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES À COLORANT DE L'ENTREPRISE G2E** P+D 3.1.2

Lead: HEIG-VD	Funding: BFE
Contact: Jean-François Affolter jean-francois.affolter@heig-vd.ch	Period: 2012-2014

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.
- PHOTOVOLTAÏK IM VERBUND MIT DÄMMSTOFF FOAMGLAS** P+D 3.1.2

Lead: Basler & Hofmann AG	Funding: BFE
Contact: Langenskiöld Eric eric.langenskiold@baslerhofmann.ch	Period: 2010-2013

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.
- POTENTIALEVALUATION DER KOMBINATION SOLARTHERMIE UND WÄRMEPUMPE** P+D 3.1.2

Lead: Hochschule für Technik Rapperswil HSR	Funding: BFE
Contact: Matthias Rommel matthias.rommel@solarenergy.ch	Period: 2014-2019

Abstract: Ein Heizungssystem (Wärmepumpe, Erdsondenfeld und PV/T-Niedertemperatursolaranlage) wird mit einem Mess- und Monitoringsystem ausgestattet und ausgemessen. Im Projekt werden die Daten ausgewertet, die Systemintegration der PV/T-Anlage in der Gebäudetechnik optimiert, Langzeiterfahrungen zur solarthermischen Regeneration von Erdsondenfeldern gesammelt und die bestehende Gesamtanlage regelungstechnisch optimal abgestimmt.

- | | | | |
|-----------|---|----------|-----------|
| ● | PVT-SOLARKRAFTWERK LINTHARENA-SGU: STROM UND WÄRME VOM DACH | P+D | 3.1.2 |
| Lead: | ZHAW Life Sciences and Facility Management | Funding: | BFE |
| Contact: | Jürg Rohrer rohu@zhaw.ch | Period: | 2014-2019 |
| Abstract: | Auf dem Dach der Lintharena-sgu (Sportzentrum mit Hallen- und Freibad, Mehrfachturnhalle, Kletterwand, Restaurant, Hotel, Sauna, Fitness, usw.) wird eine PVT- und eine PV-Anlage installiert. Der PVT-Teil der Anlage erzeugt neben Strom auch Wärme. Diese Wärme wird zum Vorheizen des Grundwassers der Wärmepumpen genutzt. Durch diese Kombination erzielen die Solarmodule einen höheren Stromertrag und die Wärmepumpen benötigen weniger Strom. | | |
- | | | | |
|-----------|--|----------|-----------|
| ● | SMARTGRID EICH (SGE) - REGELUNG VON PV-ANLAGEN STATT NETZAUSBAU | P+D | 3.1.2 |
| Lead: | Basler & Hofmann AG | Funding: | BFE |
| Contact: | Christof Bucher christof.bucher@baslerhofmann.ch | Period: | 2014-2016 |
| Abstract: | In der Überbauung „Eich“ in Frenkendorf wurden rund 165 kWp PV-Anlagen gebaut. Das heutige Verteilnetz kann jedoch nur 75 kVA aufnehmen. Als Sofortmassnahme wurden die maximale Einspeiseleistung aller Photovoltaik-Anlagen statisch begrenzt. Dadurch resultiert ein jährlicher Energieertragsverlust von ca. 6%. In dem Projekt „SmartGrid Eich“ sollen die Photovoltaik-Anlagen dynamisch geregelt und der Ertragsverlust ohne Netzausbau reduziert werden. | | |
- | | | | |
|-----------|---|----------|-----------|
| ● | SOLARKRAFTWERKE ÜBER SCHWEIZER KLÄRINFRASTRUKTUR: REALISIERUNG PILOTANLAGE ZUR KLÄRBECKENÜBERSPANNUNG ARA CHUR | P+D | 3.1.2 |
| Lead: | IBC Energie Wasser Chur | Funding: | BFE |
| Contact: | Franco M. Thalmann franco.thalmann@ibchur.ch | Period: | 2014-2016 |
| Abstract: | Die konsequente Doppelnutzung von Klärbeckenflächen zur Solarstromproduktion bietet sich im Rahmen der Energieeffizienzoptimierung und der Erhöhung des Eigenstromproduktionsanteil auf ARA's an. Ein neues Anlagenkonzept zur Überspannung von Klärbecken soll im Rahmen dieses Projektes realisiert und dessen Integration in den ARA-Betrieb erprobt werden. | | |
- | | | | |
|-----------|--|----------|-----------|
| ● | SWISS INNO HJT: PILOT PRODUCTION AND DEMONSTRATION OF INNOVATIVE HIGHT PERFORMANCE SILICON HETERO-JUNCTION PV CELLS, MODULES AND SYSTEMS | P+D | 3.1.2 |
| Lead: | Meyer Burger Research AG | Funding: | BFE |
| Contact: | Benjamin Strahm benjamin.strahm@meyerburger.com | Period: | 2013-2017 |
| Abstract: | Eine innovative Produktionsanlage für verbesserte PV-Zellen basierend auf der/einer Silikon-Heterojunction-Technologie (HJT) wird installiert und demonstriert. Das Potenzial für den Einstieg in den internationalen Markt von hochleistungs-Silikon-Heterojunction-PV-Zellen, -Modulen und Systemen wird aufgezeigt. | | |
- | | | | |
|-----------|--|----------|-----------|
| ● | DEICING VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN | R+D | 3.1.2 |
| Lead: | NTB Fachhochschule Buchs | Funding: | KTI |
| Contact: | Roland Egli roland.egli@ntb.ch | Period: | 2013-2014 |
| Abstract: | 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. Zudem kann die Gefahr von Dachlawinen sowie die Zerstörung von PV-Anlagen und Gebäuden reduziert werden. | | |
- | | | | |
|-----------|--|----------|-----------|
| ● | HIGH CONCENTRATION PHOTOVOLTAIC THERMAL SYSTEM USING LOW-COST INNOVATIVE MATERIALS | R+D | 3.1.2 |
| Lead: | NTB Fachhochschule Buchs | Funding: | KTI |
| Contact: | Bernard André andre.bernard@ntb.ch | Period: | 2013-2016 |
| Abstract: | Developing 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. Such system will exploit novel materials in the field to attain a low-cost very large dish-like concentrator and a high performance receiver suited for mass-production. | | |
- | | | | |
|-----------|---|----------|-----------|
| ● | LANGZEIT-MESSUNG VON PV-ANLAGEN | R+D | 3.1.2 |
| Lead: | BFH Burgdorf | Funding: | Diverse |
| Contact: | Urs Muntwyler 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. | | |

● **MODULE INTEGRATED MULTI-MPP-TRACKER MICROINVERTER SYSTEM (MMPPT-MI)** R+D 3.1.2

Lead: Berner Fachhochschule HTI

Funding: KTI

Contact: Urs Muntwyler urs.muntwyler@bfh.ch

Period: 2013-2015

Abstract: A PV microinverter will be developed, optimized & tested. This microinverter uses a novel patented architecture in which each of the 3 substrings of a PV module is tracked & converted separately. This leads to a better performance of the inverter under conditions of partial shading. The inverter uses a new connector interface, it can be directly connected to the back of the module without a junction box, enabling a simple to install AC PV-module.

● **PRÜFSTAND FÜR MULTISTRING SOLARWECHSELRICHTER** R+D 3.1.2

Lead: BFH Burgdorf

Funding: BFE

Contact: Urs Muntwyler urs.muntwyler@bfh.ch

Period: 2013-2015

Abstract: The goal of this project is the development and 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 voltages of up 1'000V and maximum power of 11.52kW each. The thermal stability of the generated I/V characteristics shall be sufficiently high to allow measurements of the inverter's MPP tracking accuracy.

● **SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 1** R+D 3.1.2

Lead: Nova Energie GmbH

Funding: BFE

Contact: Pius Hüesser pius.huesser@novaenergie.ch

Period: 2014

Abstract: IEA PVPS Task 1 befasst sich mit Informationsaufgaben zum Stand der Photovoltaik in den Mitgliedländern 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 - 2014 ÖKOBILANZEN VON SOLARSTROM** R+D 3.1.2

Lead: Treeze GmbH

Funding: BFE

Contact: Rolf Frischknecht frischknecht@treeze.ch

Period: 2014

Abstract: IEA PVPS Task 12 befasst sich mit Umweltaspekten der Photovoltaik ausgehend von Analysen in den Mitgliedländern 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 3.1.2

Lead: TNC Consulting AG

Funding: IEA PVPS Pool

Contact: Thomas Nordmann nordmann@tnc.ch

Period: 2013-2014

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

● **SCHWEIZER BEITRAG IEA PVPS TASK 13 - 2013/2014 - PERFORMANCE AND RELIABILITY OF PV SYSTEMS** R+D 3.1.2

Lead: SUPSI ISAAC

Funding: IEA PVPS Pool

Contact: Roman Rudel roman.rudel@supsi.ch

Period: 2014-2015

Abstract: IEA PVPS Task 13 befasst sich mit Performance und Zuverlässigkeit von PV-Komponenten und PV-Anlagen in den Mitgliedländern 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 3.1.2

Lead: Planair

Funding: IEA PVPS Pool

Contact: Pierre Renaud 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 penetratin 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.

- **SMART ENERGIES: NEXT-GENERATION LEITSYSTEMKONZEPT MIT MOBILEN INFORMATIONSTECHNOLOGIEN ZUR EINBINDUNG DEZENTRALER ERZEUGER ERNEUERBARER ENERGIEN** R+D 3.1.2

Lead: HTA Luzern	Funding: KTI
Contact: René Meier rene.meier@hslu.ch	Period: 2014-2016

Abstract: Erforscht ein innovatives Gesamtkonzept für eine neue Generation von intelligenten Leitsystemen zur Einbindung dezentraler Erzeuger erneuerbarer Energien (PV & Wind) in unsere Energieverteilnetze. Die aus dem Zubau erneuerbarer Energien resultierende markant gestiegene Komplexität der Verteilnetze soll durch verbesserte Effizienz bei Arbeitsabläufen durch Einsatz von richtungsweisenden intelligenten Informationstechnologien vereinfacht werden.
- **AKKREDITIERUNG DES SOLARWECHSELRICHTER-TESTVERFAHREN FÜR FORSCHUNGSPLOTTFORM** P+D 3.1.2

Lead: Berner Fachhochschule HTI	Funding: BFE
Contact: Urs Muntwyler urs.muntwyler@bfh.ch	Period: 2014-2017

Abstract: Der PV-Wechselrichterprüfstand des PV LAB der BFH-TI wird ausgebaut und akkreditiert, um so in der Schweiz der erste und einzige Wechselrichterprüfstand dieser Art zu sein. Dadurch können auch in der Schweiz Dienstleistungen wie Wirkungsgrad und EMV Prüfungen angeboten und zudem mit Hilfe der Infrastruktur in Schulungen, Kurse usw. PV-Wissen übermitteln werden. So wird die PV-Branche mit einem Kompetenzzentrum für PV-Systemtechnik unterstützt.
- **PHOTOVOLTAÏQUE ET NEIGE: HORIZON DES SOLUTIONS POUR L'INSTALLATION SUR LES TOITS DANS LES RÉGIONS ENNEIGÉES** P+D 3.1.2

Lead: Planair SA	Funding: BFE
Contact: Lionel Perret 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.
- **NORMENARBEIT FÜR PV SYSTEME** WTT 3.1.2

Lead: Basler & Hofmann AG	Funding: BFE
Contact: Peter Toggweiler 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.

