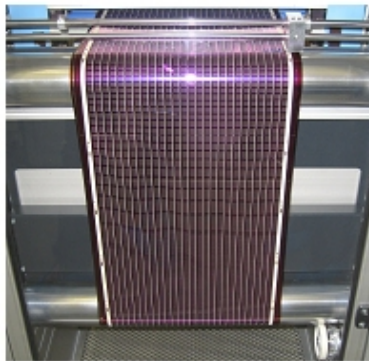




# ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM PHOTOVOLTAIK FÜR DIE JAHRE 2008 – 2011



## **Impressum**

Datum: September 2008

Autor: Stefan Nowak, NET Nowak Energie & Technologie AG, Waldweg 8, 1717 St. Ursen

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, CH-3003 Bern, Tel. 031 322 56 11, [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Bezugsort der Publikation: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) / [www.photovoltaiik.ch](http://www.photovoltaiik.ch)

Titelbilder:

oben links: Dünnschichtsolarzelle aus Silizium (Bildquelle: IMT)

oben Mitte: Produktion von flexiblen Silizium Solarzellen auf Kunststoff bei VHF-Technologies (Bildquelle: NET)

oben rechts: Oerlikon KAI 1200 Produktionsanlage zur Massenfertigung von Silizium Dünnschicht Solarmodulen (Bildquelle: oerlikon)

unten links: ISAAC TISO Modulteststand, SUPSI (Bildquelle: NET)

unten Mitte: Stringwechselrichter (Bildquelle: Sputnik Engineering)

unten rechts: Landwirtschaftsbetrieb Fam. Aeberhard, Barberêche / FR - 110 kW Photovoltaikanlage realisiert mit PV Indachsystem SOLRIF® (Bildquelle: NET)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Photovoltaik – Ausgangslage</b> .....	<b>5</b>
Definitionen .....	5
Stand der Technologie international .....	6
Stand der Technologie in der Schweiz.....	9
Weltweiter und Schweizer Markt.....	10
Potenziale in der Schweiz .....	12
Künftige Entwicklung der Photovoltaik .....	12
<b>3. Nationale Akteure</b> .....	<b>13</b>
<b>4. Internationale Zusammenarbeit</b> .....	<b>14</b>
<b>5. Technische und wirtschaftliche Zielsetzungen</b> .....	<b>14</b>
<b>6. Mitteleinsatz für die Photovoltaik-Forschung</b> .....	<b>15</b>
Öffentliche Hand.....	15
Privatwirtschaft .....	16
Mittelbedarf bis 2011 .....	16
<b>7. Forschungsschwerpunkte in den Jahren 2008 – 2011</b> .....	<b>17</b>
Solarzellen.....	17
Solarmodule und Gebäudeintegration .....	19
Elektrische Systemtechnik .....	21
Begleitende Themen .....	23
Institutionelle Internationale Zusammenarbeit .....	23
Pilot- und Demonstrationsprojekte .....	26
Mitteleinsatz .....	27
<b>8. Nationale Koordination</b> .....	<b>28</b>
Kompetenzzentren .....	28
Industrie.....	28
Thematische Schnittstellen .....	28
Koordination mit anderen Bundesstellen .....	29
Koordination mit Kantonen und Gemeinden .....	29
Private Forschungsorganisationen (Elektrizitätswirtschaft und Industrie) .....	29
<b>9. Operative Ausführung des Programms Photovoltaik</b> .....	<b>30</b>
Partnerschaft mit gemeinsamen Zielen.....	30
Rahmenbedingungen .....	30
Kriterien .....	30
Projekteingabe .....	31
Projektbeurteilung .....	32
Projektmanagement .....	32
Projektcontrolling .....	32

<b>10. Information und Kommunikation.....</b>	<b>33</b>
Berichte und Publikationen.....	33
Tagungen und Konferenzen.....	33
Internet .....	33
<b>11. Projektliste 2007 .....</b>	<b>34</b>
F+E Projekte.....	34
P+D Projekte .....	35
<b>12. Referenzen .....</b>	<b>37</b>
<b>13. Internetlinks .....</b>	<b>38</b>
<b>Anhang 1 – Stand der einzelnen Photovoltaik-Technologien .....</b>	<b>39</b>
<b>Anhang 2 – Auszug Energieforschungskonzept CORE 2008 – 2011.....</b>	<b>39</b>
<b>Anhang 2 – Auszug Energieforschungskonzept CORE 2008 – 2011.....</b>	<b>40</b>
<b>Anhang 3 – Netzgrafik.....</b>	<b>41</b>
<b>Anhang 4 – Internationale Programme und Netzwerke.....</b>	<b>45</b>

## Zusammenfassung

Das Programm Photovoltaik umfasst die Schweizer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, inklusive Pilot- und Demonstrationsprojekten, zur direkten Umwandlung von Sonnenenergie in Elektrizität. Das vorliegende Konzept für die Jahre 2008 - 2011 baut im wesentlichen auf die vorhergehenden Perioden auf und legt, aufgrund der bisherigen Erfahrungen, die Schwerpunkte und die Mittelzuteilung für diese Periode fest. Das Programm ist anwendungs- und industrieorientiert und soll in den verschiedenen Schwerpunktbereichen entsprechende Lösungen zur Kostenreduktion des Energiesystems Photovoltaik erarbeiten und die Voraussetzung zu deren weiteren Umsetzung schaffen. Die Anwendungsbereiche, welche im Vordergrund stehen, sind netzgekoppelte, gebäudeintegrierte Photovoltaiksysteme sowie neue Nischenanwendungen für Insel- und Hybridsysteme.

Die Schweiz hat auf dem Gebiet der Photovoltaik über viele Jahre umfassende und in verschiedenen technologischen Ansätzen weltweite führende Kompetenzen in Forschung, Technologie und Anwendung erarbeitet, welche mittlerweile die ganze Wertschöpfungskette dieses immer wichtiger werdenen Fachgebietes umfassen. Damit besteht zu Beginn der Programmphase 2008 – 2011 eine ausgezeichnete wissenschaftlich-technische Ausgangslage, um im rasch wachsenden globalen Photovoltaik Markt mit Schweizer Innovationen und Produkten präsent zu sein. Die Schweizer Photovoltaik Industrie wird 2008 einen Jahresumsatz von mehr als einer Milliarde Franken erreichen und stellt damit auch industrie- bzw. technologiepolitisch ein bedeutendes Gebiet mit hohem Wachstumspotenzial dar.

Das Programm Photovoltaik ist breit abgestützt und bezieht alle wichtigen Akteure seitens Forschung, Industrie und Technologieförderung in eine kontinuierliche und zielgerichtete Koordination mit ein. Damit ist es bisher gelungen, trotz knappen finanziellen Ressourcen auf ausgewählten Gebieten eine kritische Masse der Aktivitäten und eine Führungsposition zu erhalten. Diesen Stand zu wahren und in Zukunft noch auszubauen ist angesichts der wachsenden internationalen Bedeutung der Photovoltaik eine grosse Herausforderung, die entsprechende Massnahmen und Mitteleinsatz erfordern. Die mittel- und langfristige Bedeutung der Photovoltaik für eine nachhaltige Energiezukunft wird in verschiedenen aktuellen internationalen Energieszenarien betont und die Aufwendungen für Photovoltaik Forschung und Entwicklung entsprechend erhöht.

Das vorliegende Konzept für die Schweizer Photovoltaik F+E sowie P+D beschreibt einerseits die vorgesehenen Schwerpunkte im Bereich der engeren Photovoltaik Komponenten- und Systementwicklung und verbindet diese andererseits mit den aktuellen Entwicklungen in der vorgelagerten Zulieferindustrie sowie der nachgelagerten Systemtechnik. Damit verfolgt das Programm Photovoltaik zum Einen das Ziel einer international wettbewerbsfähigen, exportorientierten Industrie, zum Anderen aber auch die notwendige Integration der Photovoltaik in der künftigen Netzlandschaft. Industrieorientierung, internationale Zusammenarbeit und der Bezug zur Elektrizitätswirtschaft sind damit wichtige Eigenschaften des Programms Photovoltaik.

Technologisch setzt das Programm Photovoltaik den Schwerpunkt auf die Dünnschicht-Solarzellen, allen voran auf der Grundlage von Dünnschicht-Silizium. Weitere Themen sind CIGS Solarzellen sowie langfristig orientierte neue Entwicklungen der organischen Photovoltaik. In Bezug auf die Modultechnik steht die Verbindung der Dünnschicht-Solarzellen mit Produkten für die Gebäudeintegration im Vordergrund. Die elektrische Systemtechnik setzt den Akzent auf Konzepte von hybriden Anlagen mit einer wachsenden Bedeutung der Schnittstellen mit intelligenten elektrischen Netzen.

Um die notwendigen Mittel für die anstehenden Entwicklungen sicherzustellen, werden alle zur Verfügung stehenden Förderinstrumente gezielt eingesetzt. Nebst den Mitteln des Bundesamtes für Energie sind dies der Schweizerische Nationalfonds, die Förderagentur KTI, der ETH-Bereich, EU-Projekte, die Kantone sowie verschiedene Forschungsfonds der Elektrizitätswirtschaft.

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 - 2011 wird angesichts der starken Ausgangslage der Schweizer Photovoltaik Forschung, Umsetzung und Industrie und des grossen Potenzials der Photovoltaik Forschung weiterhin hohe Priorität eingeräumt. Es wird angestrebt, die Forschungsanstrengungen bis zum Jahr 2011 auf 12 Mio. Fr. pro Jahr anzuheben. Zusätzlich müssen die stark gesunkenen P+D-Mittel der öffentlichen Hand wieder auf 3 Mio. Fr. pro Jahr aufgebaut werden. Damit erhöhen sich die geplanten Gesamtmittel auf 15 Mio. Fr..

Das vorliegende Konzept wurde am 9. Juli 2008 der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE vorgestellt und von dieser in der vorliegenden Form zur Ausführung freigegeben.

## 1. Einleitung

Das jährliche weltweite Marktvolumen der Photovoltaik (installierte Leistung) wird für 2007 auf rund 2800 MW geschätzt. Für die nächsten Jahre wird ein jährliches Wachstum von rund 40% erwartet. Damit ist die energetische Bedeutung der Photovoltaik noch vergleichsweise beschränkt, das rasante Wachstum und die zunehmende industrielle Dimension dieser Technologie sind jedoch bereits beachtlich. Dementsprechend erfährt die Photovoltaik derzeit ein grosses Interesse aus Industrie- und Finanzkreisen.

In der Schweiz betrug das Photovoltaik Marktvolumen im Jahr 2007 6.5 MW und damit mehr als das Doppelte der langjährigen Werte von 2 – 3 MW/Jahr. Mit der Einführung der kostendeckenden Einspeisevergütung in der Schweiz ab 2009 wird ein jährliches Marktvolumen von weiterhin mindestens 5 MW erwartet.

Die technologische Lernkurve der Photovoltaik ist durch einen langjährigen Trend von 18 – 20% Kostenreduktion pro Verdoppelung des kumulierten Volumens gekennzeichnet. In den letzten Jahren bewirkte das rasche weltweite Marktwachstum einen Engpass in der Verfügbarkeit von Rohsilizium und damit vorübergehend weniger rasch sinkende Preise. Es wird allgemein erwartet, dass sich diese Situation in den nächsten 2 Jahren konsolidiert und die Kostenreduktion dann noch rascher voran getrieben werden kann. Es wird zudem damit gerechnet, dass in den nächsten 5 – 10 Jahren in weiten Teilen Europas die Preise der Netzparität erreicht werden.

Das Potenzial der Photovoltaik wird allgemein als beträchtlich erachtet - für mitteleuropäische Verhältnisse kann der Beitrag langfristig zwischen 20 und 30% des heutigen Elektrizitätsverbrauchs bestreiten, dies auch ohne neue und unverbaute Flächen zu beanspruchen.

Der Stand der Photovoltaik in der Schweiz aus Sicht der Technologie zeigt rückblickend, dass in den letzten Jahren sowohl in der Forschung wie in der Industrie beachtliche Fortschritte erzielt werden konnten:

- In verschiedenen Materialtechnologien für künftige Solarzellen (amorphes und mikrokristallines Dünnschichtsilizium, CIGS und CdTe, nanokristalline Farbstoffzellen) konnten weltweit beachtete Forschungsergebnisse erarbeitet und damit ein Spitzenrang in der internationalen Forschung und Entwicklung erzielt werden.
- Das Interesse der Industrie an der Photovoltaik hat in den vergangenen Jahren massiv zugenommen. Heute besteht in der Schweiz eine rasch wachsende Industrie, welche mittlerweile entlang der gesamten Photovoltaik Wertschöpfungskette tätig ist.
- Im Zulieferbereich für die Zell- und Modulfertigung konnten sich einige Schweizer Produkte im internationalen Markt an vorderster Front platzieren.
- Für Wechselrichter bestehen am Markt verschiedene international wettbewerbsfähige Schweizer Produkte mit unterschiedlicher Technologie.
- Die Gebäudeintegration der Photovoltaik konnte um eine Reihe von technisch und ästhetisch verbesserten Lösungen bei gleichzeitiger Kostensenkung, sowohl für Flach- wie für Schrägdächer, bereichert werden. Damit steht in diesem wichtigen Anwendungsgebiet eine deutlich verbesserte Produktpalette zur Verfügung.
- Das Know-how in den Bereichen Anlagenplanung, Simulation, Hilfsinstrumente und Überwachung konnte um praxistaugliche Lösungen und Produkte ergänzt werden.
- Neuere netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen erreichen auch im Mittelland eine spezifische Energieproduktion von rund 1000 kWh/kW.
- Die internationale Zusammenarbeit konnte in den letzten Jahren erfolgreich fortgesetzt werden. Es finden namhafte Beiträge zu Projekten verschiedener internationaler Organisationen (EU, IEA, IEC, EU PV Technology Platform) statt.

Insgesamt hat die Schweizer Photovoltaik in den vergangenen fünf Jahren weltweit bedeutende Forschungsergebnisse erarbeitet und eine markante industrielle Entwicklung mit namhaften Akteuren erfahren. Damit besteht eine ausgezeichnete wissenschaftlich-technische Ausgangslage, um im rasch wachsenden globalen Photovoltaik Markt mit Schweizer Innovationen und Produkten präsent zu sein. Die lange praktische Erfahrung mit dem Bau und Betrieb von zahlreichen Photovoltaik Anlagen führte zu wichtigen Erkenntnissen, welche die Zuverlässigkeit der Anlagen und eine hohe spezifische Energieproduktion zur Folge haben. Damit sind auch die technologischen Voraussetzungen gegeben, dass die Schweizer Photovoltaik mit ihrem wissenschaftlich-technischen Know-how und ihren Produkten auch im internationalen Wettbewerb konkurrenzfähig und erfolgreich sein kann.

## 2. Photovoltaik – Ausgangslage

### DEFINITIONEN

#### Komponenten und Themen

Die Photovoltaik wird in diesem Konzept als Energiesystem definiert, welches im engeren Sinn (d.h. als energieproduzierende Anlage) folgende Grundkomponenten umfasst:

- Solarzellen und Solarmodule
- Mechanische Komponenten und Systeme, z.B. für die Gebäudeintegration
- Elektrische Systemtechnik, z.B. Wechselrichter

Das vorliegende Konzept deckt zudem die dem Energiesystem Photovoltaik vorgelagerte Industrie (Photovoltaik spezifische Materialien, - Prozesse, - Produktionsanlagen) sowie entsprechende Messtechnik und Planungsinstrumente ab; diese werden häufig auch *Technology-Enabler* genannt.

Darüber hinaus werden im weiteren Sinn grundlegende Forschungsaspekte (z.B. neue physikalische und chemische Effekte) sowie relevante Gebiete der Materialforschung (z.B. neue Materialien und Schichten, Verfahren zur Kontaktierung oder Einbettung von Solarzellen) berücksichtigt.

Thematische Schnittstellen ergeben sich rund um das Gebäude, in Bezug auf die Wechselwirkung mit dem elektrischen Netz, der kombinierten Nutzung mit anderen Energieformen sowie in Kombination mit der Energiespeicherung.

#### Technische Definitionen

Die elektrische Leistung von Photovoltaik-Modulen wird gemessen in W (Watt). Dabei wird häufig der Begriff der Spitzenleistung bzw.  $W_p$  (*Watt peak*) verwendet. Diese Leistung entspricht der elektrischen Leistung eines Moduls bei wohldefinierten Standardbedingungen (*Standard Test Conditions* STC: Einstrahlung  $1000 \text{ W/m}^2$ , Modultemperatur  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , Strahlungsspektrum entsprechend Air Mass (AM) 1.5).

Typische Photovoltaikmodule haben elektrische Spitzenleistungen zwischen 50 W und 200 W, wobei sowohl kleinere wie grössere Leistungen möglich sind. Anlagengrößen werden häufig angegeben in kW und MW.

Weitere wichtige Kenngrößen von Photovoltaikzellen und –modulen sind die Leerlaufspannung  $U_{oc}$ , der Kurzschlussstrom  $I_{sc}$ , der Füllfaktor FF sowie der elektrische Wirkungsgrad.

#### Anwendungen

Das vorliegende Konzept erfasst die folgenden Hauptanwendungen der Photovoltaik:

- Zentrale netzgekoppelte Photovoltaikanlagen, auf Gebäuden oder freistehend; in der Regel  $> 100 \text{ kW}$ ;
- Dezentrale netzgekoppelte Photovoltaikanlagen, angebaut oder integriert in Gebäuden und Infrastrukturanlagen; in der Regel  $< 100 \text{ kW}$ ;
- Inselanlagen, für professionelle Anwendungen, domestische Anwendungen oder ländliche Elektrifizierung; in der Regel  $< 10 \text{ kW}$ ;
- Hybride Anlagen, netzgekoppelt oder als Insellösung, in Kombination mit anderen Energieformen.

Kleinanwendungen ( $< 100 \text{ W}$ ) der Photovoltaik bieten darüber hinaus die Möglichkeit des Markteintritts für neue Technologien und neue Energiedienstleistungen; spezielle Anwendungen erschliessen besondere Marktnischen (z.B. Weltraumanwendungen).

#### Zeithorizont

Es werden für den Zeithorizont in diesem Konzept folgende Definitionen gewählt:

- Kurzfristig:  $\leq 5$  Jahre
- Mittelfristig: 5 – 10 Jahre
- Langfristig:  $\geq 10$  Jahre

Die in der Literatur häufig verwendeten Begriffe der ersten, zweiten und dritten Photovoltaik Generation werden hier nicht angewendet, da die verschiedenen Solarzellen-Technologien über lange Zeit gleichzeitig am Markt verfügbar sein werden und den unterschiedlichen Anforderungen verschiedenen Anwendungen gerecht werden können.

## STAND DER TECHNOLOGIE INTERNATIONAL

### Solarzellen

Das Kernelement der Photovoltaik ist die **Solarzelle**, welche verschiedenste Materialvarianten, Technologien und Strukturen umfasst. Die wichtigsten Technologieklassen sind dabei gemäss Einteilung der *Strategic Research Agenda* [61] der Europäischen *PV Technology Platform*:

- die kristallinen Silizium-Solarzellen
- die Dünnschicht-Solarzellen (Silizium, II-VI Verbindungshalbleiter)
- neue Technologien (z.B. fortgeschrittene inorganische Solarzellen, organische Solarzellen, neue Hocheffizienz-Solarzellen)
- die Konzentration-Solarzellen (Silizium oder III-V Verbindungshalbleiter)

Die kristalline Silizium-Technologie ist heute die dominante und am meisten ausgereifte Solarzellen-Technologie. Sie basiert auf monokristallinen, multikristallinen und bandgezogenen oder *Edge Defined Film-fed Growth* (EFG) Zellen. Die Zelldimensionen liegen in der Regel zwischen 125x125 mm und 156x156 mm, die Zelldicke liegt zwischen 180 und 300 µm. Die Wirkungsgrade industriell hergestellter multikristalliner und monokristalliner Solarzellen erreichen aktuell 13 bis 21% (inkl. rückseitenkontaktierte Zellen). Wichtige Trends in dieser Technologie sind die weitere Reduktion der Zelldicke, die Erhöhung der Wirkungsgrade und der Zellengrösse. Gleichzeitig wird die Herstellung der Zellen immer effizienter und höher automatisiert. Die kristalline Siliziumtechnologie ist heute mit einem Marktanteil von über 90% noch bei weitem marktbeherrschend.

Photovoltaik Dünnschicht-Solarzellen werden mit einem Bruchteil des Materials produziert, das zur Herstellung von kristallinen Solarzellen benötigt wird. Die Fabrikation braucht weiter weniger Prozessschritte, weniger Energie und kann einen höheren Automatisierungsgrad erreichen. Die Zellenwirkungsgrade der heute auf dem Markt verfügbaren Dünnschichtzellen-Module liegen zwischen 4 und 12%. Verfügbar sind zurzeit Dünnschichtzellenmodule mit Zellen aus amorphem Silizium (a-Si bzw. a-SiGe), Cadmium Tellurid (CdTe), mikromorphem Silizium, Kupfer Indium Gallium Diselenid / Sulfid (CIGS), und CSG Silizium (Crystalline Silicon on Glass), wobei die amorphe - und die Cadmium Tellurid Technologie die grössten Produktionsmengen erreichten. Module mit Kupfer Indium Gallium Sulfid und CSG Siliziumzellen (Crystalline Silicon on Glass) sind dagegen zurzeit erst in kleinen Mengen im Handel. Module mit amorphen Silizium-Solarzellen sind die am längsten auf dem Markt vertretene Dünnschicht-Technologie, dürften aber anhand der Ankündigungen der Hersteller voraussichtlich schon kurz bis mittelfristig zum grossen Teil durch Module mit mikromorphen Zellen ersetzt werden. All diese Technologien haben ihr Potenzial die Kosten zu senken in industriellen Pilotproduktionen oder industriellen Massenproduktionen aufgezeigt. Keine dieser Technologien produziert zurzeit aber in vergleichbaren Grössen wie die kristalline Technologie. Damit weisen die Dünnschichtzellen gegenüber der kristallinen Technologie noch ein erhebliches Kostenreduktionspotenzial aus. Die Dünnschicht-Solarzellen weisen derzeit das grösste Wachstum in der Solarzellenproduktion aus. Ende 2007 waren für das Jahr 2010 insgesamt über 5000 MW/Jahr Produktionskapazität angekündigt, über 40% davon mit mikromorpher Zellentechnologie.

Eine vermehrte Aktivität verzeichnet in letzter Zeit die Verbindung von kristallinen Silizium-Solarzellen mit der Dünnschicht-Technologie: Die HIT (*Heterojunction with Intrinsic Thin Layer*-) Technologie kombiniert zur Erhöhung des Wirkungsgrads die monokristalline Siliziumtechnologie mit der amorphen Siliziumtechnologie. Wirkungsgrade von 20% und mehr sind damit grundsätzlich möglich. Zusätzlich wurden bei Modulen mit HIT Zellen tiefe Temperaturkoeffizienten gemessen, was diese Module grundsätzlich auch für die Gebäudeintegration und den Einsatz im warmen Klima interessant machen könnte.

Im Entwicklungsstadium befinden sich noch diverse weitere Zellentechnologien wie die Farbstoffzellen, organische - oder Polymerzellen, kristalline dünne Siliziumzellen aus *Lift off* Verfahren oder kristalline Siliziumzellen abgeschieden auf Keramik Substraten. Während die Farbstoffzelle pilotmässig hergestellt wird, werden andere dieser Konzepte noch einige Jahre an Entwicklung brauchen, um marktfähig zu werden.

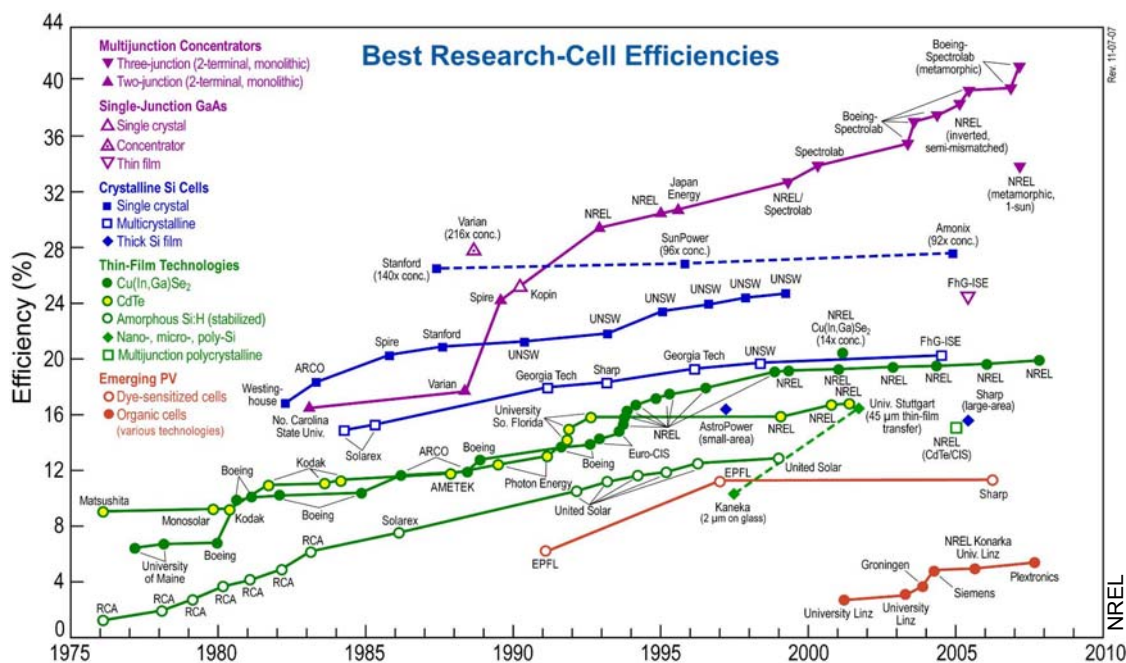
Solarzellen der sogenannten dritten Generation (Solarzellen der Zukunft) wie nanokristalline Si Zellen, *up/down photon converter* oder *hot carrier* und thermoelektrische Zellen etc. befinden sich noch im Bereich der Grundlagenforschung. Für eine wesentliche Bedeutung am Markt werden diese Technologien noch mindestens 10 Jahre Forschung und Entwicklung benötigen.

In Zukunft dürften weitere technische Entwicklungen und das verbesserte Ausschöpfen der Kostenreduktionspotenziale zur Folge haben, dass Dünnschicht-Solarzellen auf Kosten der kristallinen Zellen laufend Marktanteile gewinnen, und dann bis in 10 bis 15 Jahren mit den kristallinen Zellen gleichziehen können. Beide Technologien werden um 2020 eine wichtige Stellung einnehmen. Die langfristige



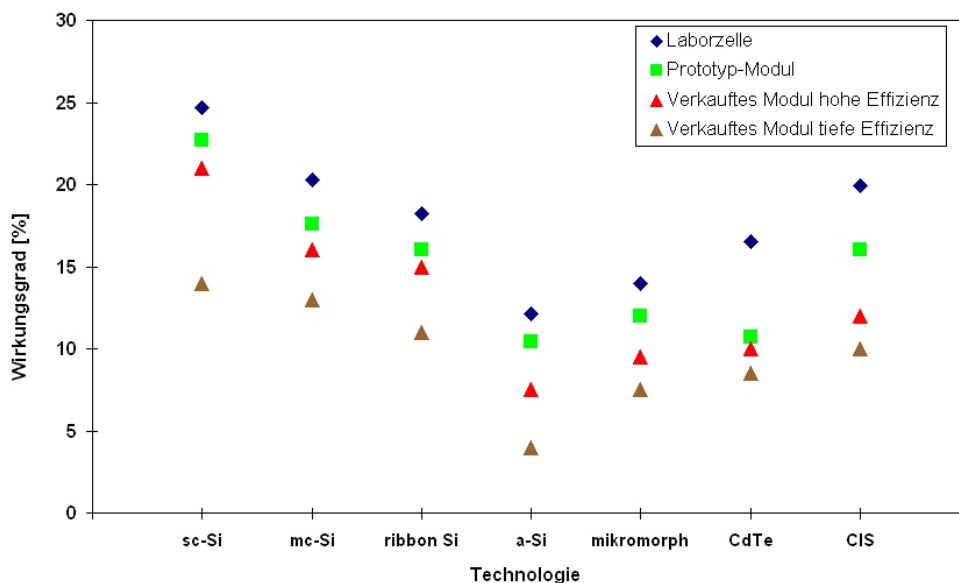
Entwicklung (bis 2050) der Marktanteile hängt dann vor allem davon ab, welche Technologien insgesamt die grössten Kostenreduktionspotenziale besitzen und ausschöpfen können, und in welchem Ausmass sich neue Dünnschicht-Solarzellen bzw. neue Technologien industriell umsetzen lassen und im Markt etablieren werden.

Grundsätzlich ist zu Solarzellen aller Technologien anzumerken, dass die technische Entwicklung im Wesentlichen kontinuierlich erfolgt. Dieser Trend wird sich auch in Zukunft mit grosser Wahrscheinlichkeit so fortsetzen, Quantensprünge werden damit trotz zuweilen anders lautenden Meldungen auch in Zukunft keine zu erwarten sein. Zur Illustration zeigt die folgende Grafik die Entwicklung der Wirkungsgrad von Laborzellen verschiedenster Technologien zwischen 1975 und 2007:



Figur 1: Entwicklung der Zellenwirkungsgrade der letzten 30 Jahre (Quelle NREL)

Der Wirkungsgrad einer Solarzelle ist die wesentliche Kenngrösse der Photovoltaik. Es ist jedoch wichtig zu unterscheiden, ob man von Bestwerten im Labor (kleine Flächen, optimierte Bedingungen), von Pilotprodukten oder von einer industriellen Produktion spricht. Die Wirkungsgrade aller Technologien weisen dabei erhebliche Unterschiede auf (vgl. Figur 2). Insbesondere sollten neuste Laborwerte nicht direkt mit den Wirkungsgraden von etablierten industriellen Produkten verglichen werden, wenn es darum geht, eine Technologiebeurteilung vorzunehmen.



Figur 2: Erreichte Zellenwirkungsgrade bei Laborzellen, Prototypmodulen und verkauften Modulen (Diverse Quellen)

## Solarmodule

Photovoltaik Module werden im Normalfall als Verbund von Glas, Einbettungsmaterial mit den Zellen (häufig EVA) und einer Rückwandfolie (kristalline Technologie) oder als Glas / Glas (kristallin oder Dünnschicht) oder als Folien / Folien Verbund (Dünnschicht) hergestellt. Sie sind äusserst robust und langlebig. 25 Jahre Garantie auf 80 % der Nennleistung sind heutzutage Standard. Dennoch finden auch in diesem Bereich laufend Weiterentwicklungen statt. Erwähnt seien hier z.B. die Antireflexgläser, welche eine immer grössere Verbreitung finden. Renommierete Hersteller rüsten immer mehr Module mit diesen Gläsern aus, die jährliche Ertragssteigerungen von 2 - 4% bewirken. Gleichzeitig werden die Modul-Herstellungsprozesse laufend optimiert. Weiter wird aktiv an neuen Laminatorkonzepten wie den Stack-Laminatoren für die parallele Laminierung von mehreren Modulen in verschiedenen Ebenen und den Roll-Laminatoren für die Herstellung von Modulen im Durchlaufprozess, an neuen Einbettmaterialien (TPU, PVB, oder andere thermoplastische Kunststoffe) oder an verbesserten Randversiegelungen der Module gearbeitet, um die Kosten weiter zu senken, die Lebensdauer zu erhöhen und das spätere Recycling der Module zu vereinfachen.

## Mechanische Komponenten und Systeme

Bei den netzgekoppelten PV Power Anwendungen finden auch in den Bereichen der effizienten Planung sowie der effizienten Montagetechnologien für Gebäudeintegrationen, Aufdach- und Freilandanlagen laufend Weiterentwicklungen und Verbesserungen statt. Eine effiziente Modulmontage kann z.B. erreicht werden durch Unterkonstruktionen für integrierte oder angebaute Anlagen, die eine weitgehend werkzeuglose Montage zulassen, oder durch Flachdachfolien mit integrierten flexiblen PV Laminaten, die im gleichen Arbeitsgang mit der Dachfolie montiert werden und eine separate Modulhalterkonstruktion substituieren.

## Elektrische Systemtechnik

Die elektrische Systemtechnik umfasst sogenannte Balance-of-System (BOS) Komponenten wie Wechselrichter, Laderegler, Kontrollsysteme, Kabel, Stecker, Schalter, usw.. Eine vielfältige und innovative BOS-Industrie bringt fortwährend verbesserte Produkte auf den Markt. Besonderes Gewicht wird hierbei auf Betriebssicherheit, Standardisierung und Qualitätssicherung gelegt.

Die Wechselrichter steigern ihre Umwandlungswirkungsgrade leicht, z.B. laufend durch neue Schaltungstopologien und mittelfristig möglicherweise auch durch neue Materialien wie Siliziumkarbid bei den Leistungshalbleitern. Sie werden laufend preiswerter und z.B. durch neue Kühlkonzepte und verbesserte Komponenten auch immer zuverlässiger und langlebiger. Von Bedeutung ist hier auch das Verhalten im Teillastbetrieb sowie die Güte, mit welcher die Solarmodule beim Maximum der Strom-Spannungs-Kennlinie gehalten werden (MPP-Tracking). Gerade im Wechselrichterbereich hat sich in den letzten Jahren eine grosse Dynamik mit einer grossen Anzahl an neuen Firmen und Produkten entwickelt.

Bei Kabeln und Steckern sind z.B. langfristig sichere Verbindungen durch Einrastsysteme oder Bajonettschlüsse ein Thema. In diesem ehemals fast monopolistischen Markt hat sich in den letzten Jahren durch das Auftreten verschiedener neuer Anbieter eine Konkurrenzsituation entwickelt, die bezüglich Innovation und Kosten ihre Wirkung hatte.

Einen immer höheren Stellenwert gewinnen das optimierte Monitoring (häufig Web-gestützt) und die Reduktion der Betriebs- und Unterhaltskosten von Photovoltaik Anlagen.

## Produktions-Technologien

Die technische Entwicklung schreitet nicht nur bei den Komponenten von Photovoltaik-Anlagen selbst, sondern – dem schnellen Marktwachstum bzw. den grossen zu produzierenden Massen entsprechend – auch bei deren Fabrikation schnell voran. Es kommen laufend technische Neuerungen wie z.B. im kristallinen Bereich neue vollautomatische Stringer zum berührungs- und mechanisch spannungsarmen Verbinden der Zellen, oder effizientere chemische Trockenprozesse bei der Zellenherstellung anstelle von chemischen Nassprozessen zum Einsatz. Der Automatisierungsgrad inklusive der laufenden Produktionsüberwachung wird laufend erhöht, die Geschwindigkeit gesteigert und der Ausschuss reduziert. Immer wieder führen auch Fortschritte bei den Zellen oder anderen Materialien zu Entwicklungen und Verbesserungen bei Herstellungsanlagen. Industriell gefertigte, schlüsselfertige Produktionsanlagen gewinnen immer mehr an Bedeutung, insbesondere bei Dünnschicht-Technologien.

Weil die Produktionsmengen im Photovoltaik Bereich erst in den letzten paar Jahren industrielle Ausmasse erreicht haben, ist der Industrialisierungsgrad noch nicht vergleichbar mit etablierten industriellen Massenprodukten und hat bezüglich Automatisierung, Effizienz, Produktionsüberwachung usw. noch ein erhebliches Potenzial, insbesondere auch bezüglich der in Zukunft möglichen bedeutenden Kosteneinsparungen.

## STAND DER TECHNOLOGIE IN DER SCHWEIZ

Die Schweizer Forschungsstätten und die Industrie sind mittlerweile in allen Bereichen der Photovoltaik Wertschöpfungskette erfolgreich tätig. In den Sektoren Solarzellen und Module von Forschung bis Herstellung, Herstellungsanlagen für Zellen und Module, Wechselrichter, Kabel und Stecker, Gebäudeelemente und Konstruktionen für die Integration von Photovoltaik elementen in die Gebäudehülle, Planungsinstrumente für die Auslegung von Photovoltaik System bis hin zu umfassenden automatisierten Überwachungsinstrumenten können Schweizer Institute und Firmen mit Spitzenleistungen und -produkten aufwarten.

Im Bereich der kristallinen Silizium-Solarzellen dominieren in der Schweiz die industriellen Aktivitäten mit weltweit tätigen Unternehmen in der Herstellung von Silizium (Swisswafers), der Technologie der Wafersägen (Applied Materials Switzerland, Meyer Burger), der Kontaktierung und der Verbindung von kristallinen Solarzellen (Komax) sowie der Produktion von kristallinen Silizium-Solarzellen (Solterra). Am IMT (Institut de Microtechnique) der Universität Neuenburg finden in diesem Bereich neu Forschungsarbeiten zu den HIT-Solarzellen statt.

Der Schwerpunkt der Schweizer Photovoltaik Forschung im Bereich der Solarzellen liegt in der Dünnschicht-Technologie: Zum einen forscht und entwickelt das IMT der Universität Neuenburg, teilweise zusammen mit der Fachhochschule Le Locle, seit Ende der 1980-er Jahren mit viel Erfolg auf dem Gebiet der amorphen und (der in der Schweiz entwickelten) mikromorphen Silizium-Solarzellen. Zum anderen sind Produktionsanlagen für Dünnschicht-Solarzellen (oerlikon solar) und flexible Silizium-Solarzellen (VHF-Technologies) Schweizer Industrieprodukte, die auf der Basis der IMT Entwicklungen mit Erfolg im Photovoltaik Markt vertreten sind und ihre Produktion rasch ausbauen.

Das Kompetenz-Zentrum für Dünnschicht-Solarzellen auf der Basis von II-VI Verbindungshalbleitern (CIGS und CdTe) ist die Gruppe Dünnschichtphysik an der ETHZ. Ein besonderer Akzent wird dabei auf flexible Dünnschicht-Solarzellen gelegt. Die Schweizer Firma Flisom AG ist inzwischen als Spin-Off Firma in diesem Gebiet aktiv.

Die Farbstoff-Solarzellen sind ebenfalls eine Schweizer Entwicklung, welche Gegenstand der langjährigen Forschung am ISIC (Institut des Sciences et Ingénierie Chimiques) der EPFL sind. Neue Farbstoffe und Elektrolyte sind bei dieser Technologie die Schwerpunkte. Industriell orientierte Aktivitäten erfolgen dazu bei den Unternehmen Solaronix und Greatcell. An der EMPA finden Arbeiten auf dem Gebiet der organischen Solarzellen statt.

Für Solarmodule ist das ISAAC (Istituto di Sostenibilità Applicata all'Ambiente Costruito) an der SUPSI in Lugano das Schweizer Kompetenz-Zentrum. Im Vordergrund stehen dabei detaillierte Messungen von Leistung und Energie an kommerziellen Produkten. Eine ähnliche Aufgabe nimmt das Photovoltaik-Labor an der HTI Burgdorf im Bereich der Wechselrichter und Anlagen wahr. Mit diesen Aktivitäten wird ein wichtiger Beitrag zur Qualitätssicherung der Produkte und damit zur Zuverlässigkeit und zum Energieertrag von Photovoltaik-Anlagen geleistet. Industrielle Aktivitäten umfassen hier einerseits die Laminiestrassen zur Modulherstellung (Swiss Solar Systems 3-S), die entsprechende Messtechnik (Pasan), andererseits verschiedene bedeutende Wechselrichterhersteller (Sputnik, Studer, Solon).

Die Gebäudeintegration ist Thema von Forschungsarbeiten am ISAAC an der SUPSI. Zudem bestehen traditionell entsprechende Kompetenzen am LESO (Laboratoire d'Energie Solaire) der EPFL. Durch die langjährige schwerpunktmässige Ausrichtung des Schweizer Photovoltaik Programms konnten im Bereich der gebäudeintegrierten Anlagen eine Vielzahl an Lösungen entwickelt werden, die teilweise international erfolgreich im Markt vertreten sind. Hervorzuheben ist hier das Dachintegrationssystem Solrif der Firma Schweizer, das inzwischen auch unterstützt durch die Ausgestaltung der Einspeisetarife in verschiedenen Ländern (höhere Tarife für integrierte Lösungen) in Kombination mit diversen kristallinen- und Dünnschichtmodulen europaweit erfolgreich vertrieben wird. Ein weiteres Produkt für die Dachintegration ist eine dichte und witterungsbeständige Dachfolie im Verbund mit flexiblen Dünnschichtzellenlaminaten, von Sarnafil entwickelt und in Zusammenarbeit mit der Firma SIT Solar Integrated international vertrieben. Die grösste Wirkung haben gebäudeintegrierte PV Anlagen immer im Zusammenhang mit energieeffizienten Gebäudekonzepten. Mehrmals wurde schon

aufgezeigt, dass sich mit minimalem Verbrauch und effizienten Heizkonzepten kombiniert mit eigener Energieproduktion in der Gebäudehülle erfolgreich moderne Nullenergie oder gar Plusenergie Gebäude realisieren lassen.

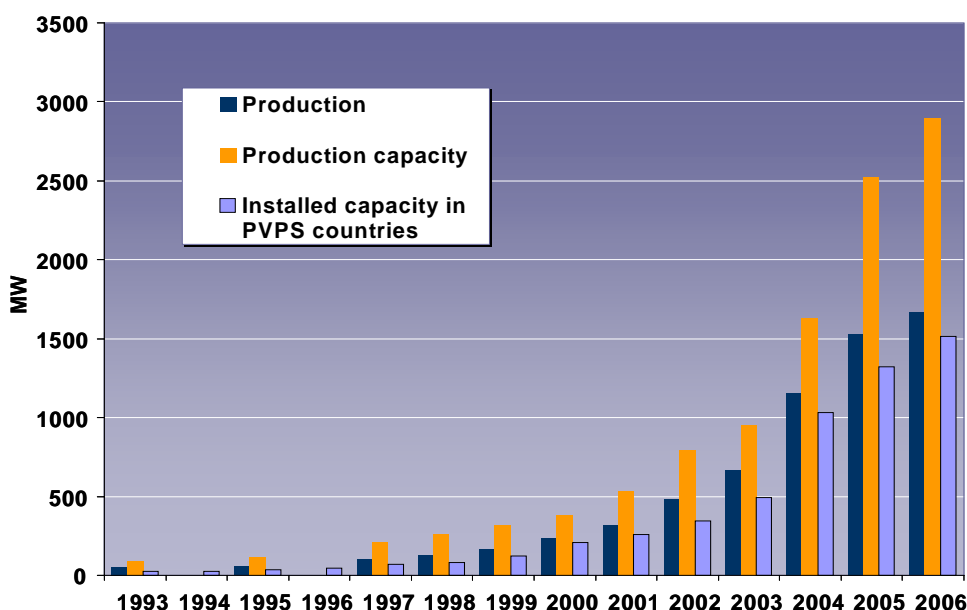
Für die Anwendung der Photovoltaik existiert in der Schweiz ein ausgeprägtes und langjähriges Know-how mit einer Vielzahl von Ingenieur- und Planungsunternehmen. Dieses umfasst, nebst der eigentlichen Planung, spezialisierte Dienstleistungen im Bereich des Anlagen-Monitorings. Sorgfältige und fachgerechte Planung mit der Auswahl qualitativ hochwertiger Komponenten, optimal aufeinander abgestimmt und im Anlagenkonzept best möglichst dimensioniert, ist nicht nur für den langjährigen zuverlässigen und unterhaltsarmen Betrieb mit hohen Erträgen von zentraler Bedeutung, sondern sorgt durch reibungslose Bau- und effiziente Montageabläufe auch für moderate Anlagenkosten. Für die Minimierung von Ertragsausfällen sind automatisierte Monitoring- und Alarmsysteme, die häufig Web-gestützt arbeiten, vor allem bei grossen Anlagen von hoher Bedeutung. Vermehrt bieten Wechselrichterhersteller 20 Jahre Service- und Monitoringkonzepte an, die mit garantierten Reparaturfristen verbunden sind.

Die Umsetzung der Schweizer Photovoltaik Forschung in industrielle Produkte ist vor allem auf dem Gebiet der Silizium Dünnschicht-Solarzellen in den letzten Jahren eine Erfolgsgeschichte, welche in guter Übereinstimmung mit den langjährigen Programmzielen steht. Vor kurzem wurden zwei konkrete Industrievorhaben angekündigt, welche erstmals auch die Produktion von Dünnschicht-Solarzellen im industriellen Massstab in der Schweiz vorsehen: 25 MW durch Flexcell bzw. VHF-Technologies in Yverdon und 30 MW durch Pramac bei Locarno.

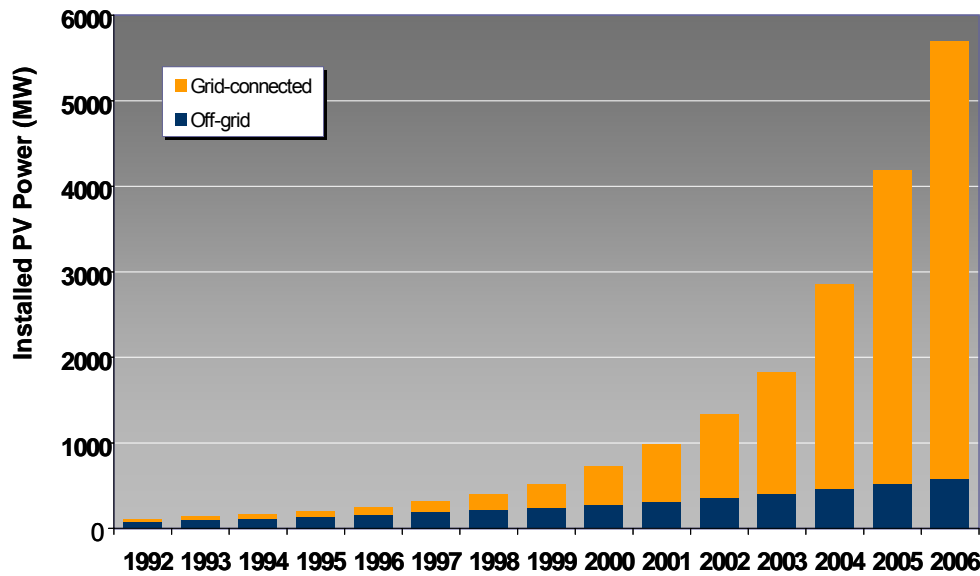
In den letzten Jahren konnten somit die industriellen Aktivitäten der Schweizer Photovoltaik-Industrie auf die gesamte Wertschöpfungskette erweitert werden.

## WELTWEITER UND SCHWEIZER MARKT

In den letzten 10 Jahren hat der globale Photovoltaikmarkt, getrieben durch verschiedene nationale und regionale Förderprogramme und Rahmenbedingungen, ein rasantes Wachstum von ca. 40% pro Jahr erlebt. Lag die jährliche Zellen- und Modulproduktion 1995 noch deutlich unter 100 MW, wurden 2004 die 1000 MW übertroffen. Für 2007 liegt die Produktion bei mehr als 3000 MW und die total installierte Leistung beträgt ca. 8 GWp. Zur Zeit sprechen alle Zeichen dafür, dass auch längerfristig bis über 2020 hinaus mit einem hohen weltweiten Wachstum deutlich im 2-stelligen Prozentbereich gerechnet werden kann [62-63]. Figur 3 zeigt die jährliche weltweite Modulproduktion und installierte Leistung von 1993 bis 2006 in den Ländern der IEA, während Figur 4 die total installierte Leistung in denselben Ländern enthält.

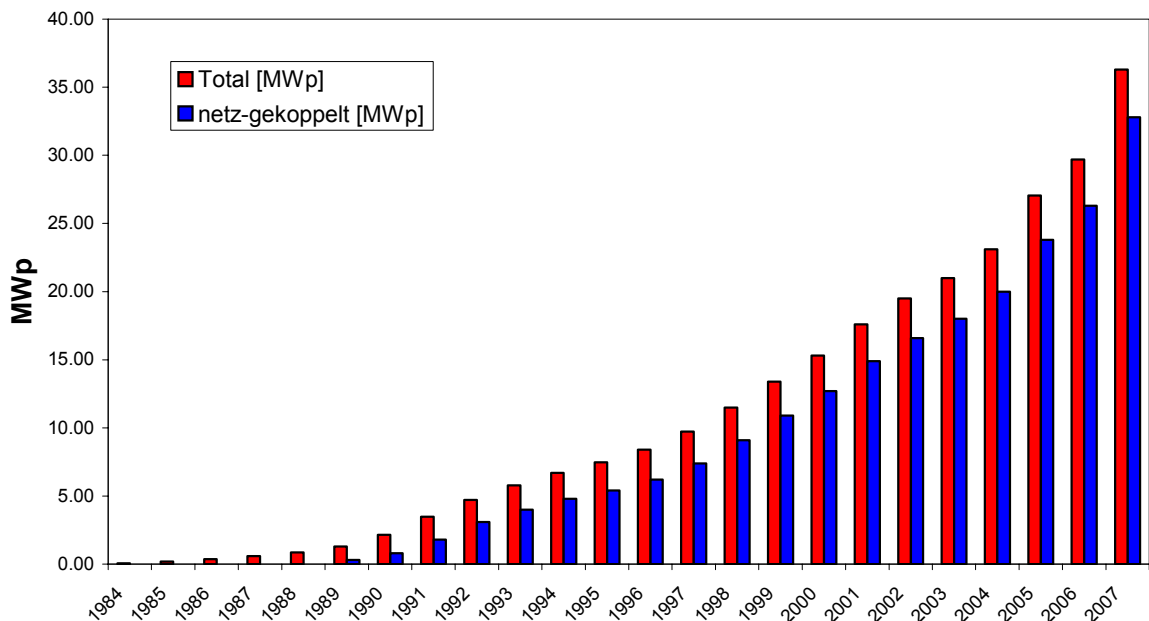


Figur 3 - Weltweite Photovoltaik Produktion und installierte Leistung in den IEA-Ländern (Quelle IEA PVPS [64])



Figur 4 – Kumulierte installierte Photovoltaik Leistung in den Ländern der IEA (Quelle IEA PVPS [64])

Während der Photovoltaik Weltmarkt ein kontinuierlich hohes Wachstum aufweist, ist der Schweizer Markt mangels entsprechender Rahmenbedingungen eher bescheiden gewachsen (Figur 5). Mit den im Jahr 2007 verabschiedeten Beschlüssen des Parlamentes besteht nach vielen Jahren der Ernüchterung Aussicht auf eine Verbesserung des Photovoltaik-Marktes, in dem ab 2009 die kostendeckende Einspeisevergütung eingeführt wird. Obwohl im quantitativen Ausmass eng begrenzt, sollte dies zu einer Belebung des Schweizer Photovoltaikmarktes führen, und damit auch die technologische Entwicklung stimulieren.



Figur 5 – Kumulierte installierte Photovoltaik Leistung in der Schweiz

## POTENZIALE IN DER SCHWEIZ

Das technische Potenzial von Solarstrom ist – sowohl weltweit wie in der Schweiz - enorm, die dafür notwendigen Flächen sind in genügendem Ausmass vorhanden: Das Potenzial ist a priori weder durch die Ressourcen (Solarstrahlung) noch durch die Flächen (gleichmässige Verteilung der Ressourcen) begrenzt. Entscheidend ist einzig, welche Flächen zur Solarstromerzeugung genutzt werden und welche letztlich wirtschaftlich sein werden. Allein auf den geeigneten Gebäudeflächen der Schweiz lassen sich etwa 20% des heutigen Elektrizitätsverbrauchs erzeugen.

Dieses Potenzial ist durch verschiedene detaillierte Fallstudien im In- und Ausland [65-68] abgesichert. Es steht auch im Einklang mit aktuellen nationalen und internationalen Szenarien [69-71]. Es handelt sich dabei jedoch um ein langfristiges Potenzial, welches zur Realisierung einen Zeitraum bis ca. 2050 in Anspruch nehmen wird. Damit wird Solarstrom langfristig einen beträchtlichen Anteil des Elektrizitätsverbrauchs abdecken können und einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung leisten.

In welchem Ausmass das riesige Potenzial der Photovoltaik erschlossen werden kann, hängt in erster Linie von den erzielbaren Gestehungskosten des Stroms ab. Diese müssen noch weiter deutlich gesenkt werden, was auch den anhaltenden Forschungsbedarf begründet. Die Aussichten auf die Kostenreduktion sind jedoch sehr gut, es wird allgemein erwartet, dass in den nächsten 5 – 10 Jahren eine massive Preisreduktion möglich ist und in weiten Teilen Europas zu Kosten der Netzparität führen wird.

Eine obere Begrenzung des Potenzials stellt langfristig allenfalls die Aufnahmefähigkeit des nicht kontinuierlich anfallenden Solarstroms dar. Aus diesem Grund wird es zunehmend wichtiger, die Integration des Solarstroms im elektrischen Netz und die Wechselwirkung mit anderen Energieerzeugern zu thematisieren und langfristig auch die Speicherproblematik zu berücksichtigen.

## KÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER PHOTOVOLTAIK

Die erwartete künftige Entwicklung der Photovoltaik Technologie und der Industrie wird in zahlreichen Berichten und Roadmaps beschrieben [72-78]. Für europäische Verhältnisse ist insbesondere die im Jahr 2007 publizierte *Strategic Research Agenda (SRA)* [61] der Europäischen *PV Technology Platform* von Bedeutung. In besonders klarer Weise werden in diesem Dokument die einzelnen notwendigen Entwicklungen in den verschiedenen Photovoltaik Technologien präzise und gleichzeitig umfassend beschrieben, wobei zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungen und Massnahmen unterschieden wird. Die SRA ist deshalb eine sehr nützliche Referenz für die künftige Photovoltaik-Forschung auch in der Schweiz. Die Tabelle 1 zeigt die erwartete Entwicklung von einigen Kennwerten gemäss der SRA.

Tabelle 1: Zeitliche Entwicklung einiger Photovoltaik Kennwerte (Quelle SRA [61])

	1980	2007	2015 / 2020	2030	Langfristiges Potenzial
Systempreis [2007 €/Wp, exkl. MWSt.]	> 30	5 [4 – 8]	2.5 / 2.0	1	0.5
Strom Gestehungskosten [2007 €/kWh]	> 2	0.30	0.15 / 0.12	0.06	0.03
Typischer Wirkungsgrad (kommerzielles nicht-konzentrierendes Solarmodul, totale Fläche)	bis 8%	bis 15%	bis 20%	bis 25%	bis 40%

### 3. Nationale Akteure

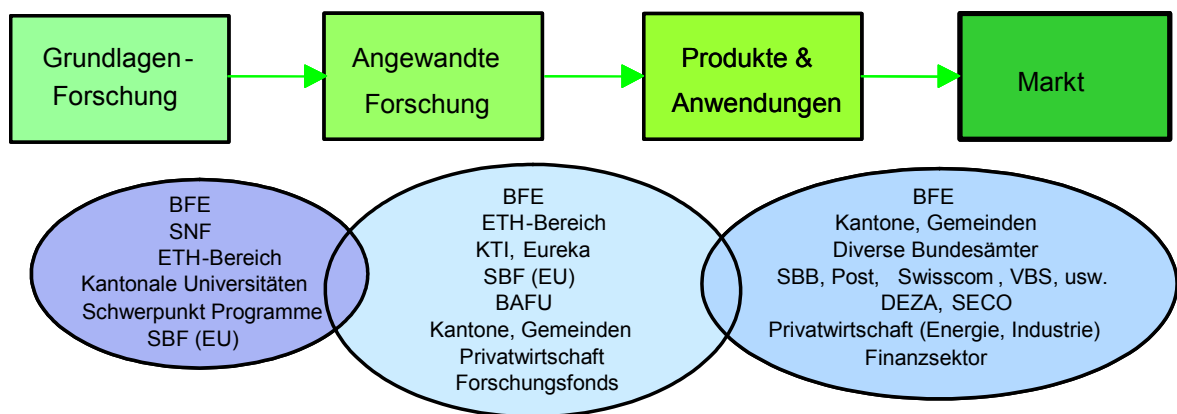
Die Schweizer Photovoltaik umfasst eine grosse und breite Anzahl von Akteuren in den Kategorien:

- **Forschungsinstitute:** BRENET (Netzwerk), EMPA, EPFL, ETHZ, HE arc, HTI Burgdorf, NTB Buchs, PSI, SUPSI, Uni Neuenburg, u.a.m.
- **Industrie:** Applied Materials Switzerland, Huber & Suhner, Komax, Meyer Burger, Multi-Contact, oerlikon solar, Pasan, Sarnafil, Schweizer, Sefar, Solon, Solterra, Sputnik, Studer, Swiss Solar Systems 3-S, Swisswafers, VHF-Technologies, u.a.m.
- **Engineering:** BE-Netz, Böhni Energie und Umwelt, Bühler Energy Systems und Engineering, Conergy, Enecolo, energiebüro, Holinger Solar, Hostettler Engineering, Meteotest, Solstis, Tritec, Solarstatt, Suntechnics, TNC Consulting, Zagsolar, u.a.m.
- **Kontraktoren:** ADEV, Edisun, u.a.m.
- **Elektrizitätswirtschaft:** ewb, ewz, IWB, SIG, Swisselectric, Swissgrid, Swisspower, u.a.m.
- **Verbände:** AEE, SSES, SWISSOLAR, SZFF, VSE

Wichtige Akteure sind zudem die öffentlichen Behörden (Bund, Kantone, Gemeinden) mit ihren verschiedenen Förderinstrumenten sowie verschiedene Forschungsfonds:

- **Bund:** BAFU, BFE, BBT-KTI, DEZA, ETH-Bereich, SECO, REPIC-Plattform, SNF, u.a.m.
- **Kantone:** Universitäten, Fachhochschulen, Kantonale Energiefachstellen, Industrielle Betriebe, u.a.m.
- **Gemeinden:** Energiefachstellen, Industrielle Betriebe, u.a.m.
- **Forschungsfonds:** AXPO Naturstromfonds, Gesellschaft Mont-Soleil, IEA PVPS Pool, Swisselectric Research, u.a.m.

Die diversen Akteure und ihre Zuständigkeiten können bezüglich der Kette von der Grundlagenforschung bis zum Markt gemäss Figur 6 dargestellt werden.



Figur 6 – Stufen und Hauptakteure im Programm Photovoltaik

Das Programm Photovoltaik umfasst auf der Koordinations- und Informationsebene die gesamte Kette von der Grundlagenforschung zum Markt und berücksichtigt alle daran beteiligten Stellen und Instrumente. Dazu werden auf der einen Seite die Entwicklungen in der Grundlagenforschung (z.B. Nationalfonds, ETH-Bereich) in Hinsicht auf ihre Bedeutung für die Photovoltaik verfolgt. Auf der anderen Seite finden ebenso ein lückenloser Übergang und eine enge Koordination zu den marktorientierten Aktivitäten statt. Mit zunehmender Marktnähe werden die verschiedenen betroffenen Fachverbände einbezogen.

Aufgrund der über viele Jahre im Rahmen des Photovoltaikprogramms verfolgten systematischen Kommunikationsaktivitäten besteht eine sehr gute vernetzte Photovoltaik-Community, welche sich z.B. regelmässig zu nationalen Tagungen trifft.

## 4. Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit bildet ein zentrales Standbein in allen Bereichen des Photovoltaik-Programms. Der Anschluss an die internationale Entwicklung sowie ein intensiver Informationsaustausch sind wichtige Ziele, welche in und mit verschiedenen Organisationen verfolgt werden. Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang (vgl. Anhang 3):

- **EU Rahmenforschungsprogramme:** die Schweizer Photovoltaik beteiligt sich regelmässig und erfolgreich an den Ausschreibungen der EU Forschungsprogramme, sowohl in kleineren Projekten (STREPs) wie in den grossen Integrierten Projekten (IP's);
- **EU PV Technology Platform:** die Schweiz ist sowohl im Steering Committee wie in den Arbeitsgruppen der Europäischen Technologie-Plattform vertreten;
- **PV-ERA-NET:** die Schweiz beteiligt sich aktiv am Netzwerk der europäischen Photovoltaik-Programme;
- **IEA PVPS:** die Schweiz ist massgeblich am Photovoltaik-Programm der IEA beteiligt, indem der Vorsitz dieses weltweiten Programms von der Schweiz wahrgenommen wird, es erfolgen regelmässige Beiträge in verschiedenen IEA PVPS Projekten;
- **IEC:** die Schweiz ist im IEC TC82 zu Photovoltaik Normen aktiv vertreten;
- **Organisationen zur Entwicklungszusammenarbeit:** es bestehen gute Kontakte zu ausgewählten Projekten in Entwicklungs- und Transitionsländern und entsprechenden internationalen Organisationen, z.B. gtz, GEF, IFC, WB.

Die internationale Zusammenarbeit ist damit auf allen Ebenen der Schweizer Photovoltaik sehr gut etabliert und es besteht ein starkes, weltweites Netzwerk zu Forschungsinstituten, Industrie und internationalen Institutionen.

## 5. Technische und wirtschaftliche Zielsetzungen

Strom aus Photovoltaikmodulen ist noch immer rund drei- bis fünfmal teurer als konventionell erzeugte Elektrizität, folgt aber einer Kostenlernkurve von 18 - 20% (20% Kostenreduktion bei Verdoppelung des kumulierten Volumens). In den nächsten zehn bis zwanzig Jahren gilt es deshalb, die technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen mit Nachdruck anzugehen, um die bisherige Lernkurve fortzusetzen und die erwartete Entwicklung zu durchlaufen. Photovoltaikanlagen müssen zu wettbewerbsfähigen Systemen in breiteren Marktsegmenten entwickelt werden, in der Schweiz allen voran für netzgekoppelte, gebäudeintegrierte Anwendungen. Die generellen Ziele für die Photovoltaik Forschung sind daher gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 - 2011 [80]:

- **Senkung der Kosten** der Solarzellen und -module
- **Kostenziel** 2011 Modul 3 Fr./W, System 5 Fr./W
- **Steigerung des Wirkungsgrades** (Solarzellen, technologiespezifisch)
- **Senkung des Material- und Energieeinsatzes**
- **Vereinfachung und Standardisierung** der elektrischen Systemtechnik, Steigerung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Wechselrichtern
- **Erhöhung der Verfügbarkeit und der Vielfalt** industrieller Produkte



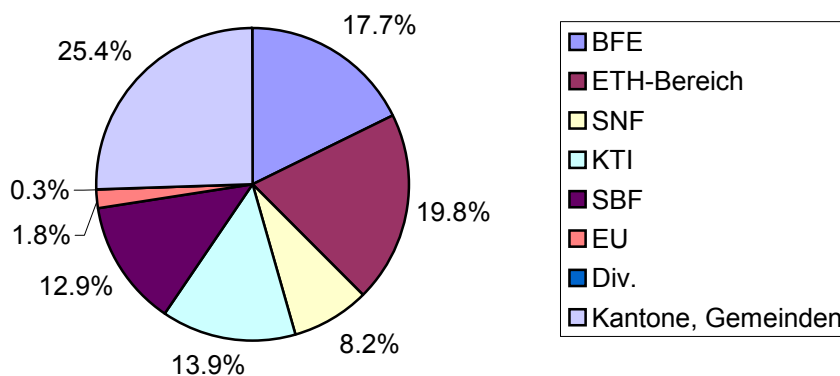
## 6. Mitteleinsatz für die Photovoltaik-Forschung

### ÖFFENTLICHE HAND

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 - 2011 [80] war die Herkunft der finanziellen Mittel in den Jahren 2004 und 2005 gemittelt gemäss Tabelle 2 bzw. Figur 10 aufgeteilt.

Tabelle 2: Herkunft der finanziellen Mittel [in Mio Fr.] für die Schweizer Photovoltaik-Forschung für F+E, P+D (2004/2005)

BFE	ETH-Bereich	SNF	KTI	SBF	EU	Div.	Kantone, Gemeinden	Total
2.04	2.28	0.94	1.6	1.49	0.21	0.03	2.93	<b>11.52</b>



Figur 10 - Herkunft der finanziellen Mittel für die Schweizer Photovoltaik-Forschung (2004/2005)

Auffallend sind die breite und relativ gleichmässige Verteilung der Mittel sowie die bedeutenden Anteile der KTI- und EU-Projekte. Dies zeigt, dass die Photovoltaik-Forschung breit abgestützt ist, industrieorientiert erfolgt und es bisher gelungen ist, von verschiedenen Förderinstrumenten erfolgreich Gebrauch zu machen. Dieses Bild steht stellvertretend für die langjährige Entwicklung, wobei der Mitteleinsatz der öffentlichen Hand insgesamt in den letzten Jahren rückläufig war, insbesondere auch durch den weitgehenden Wegfall der P+D-Projekte.

Tabelle 3: Ungefähre prozentuale Aufteilung der finanziellen Mittel auf die verschiedenen Bereiche des Forschungsprogramms Photovoltaik (Gesamtmittel der öffentlichen Hand)

Solarzellen	Solarmodule & Gebäudeintegration	Elektrische Systemtechnik	Begleitende Themen	Internationale Zusammenarbeit
75%	7%	8%	5%	5%

## **PRIVATWIRTSCHAFT**

Erhebungen in der Privatwirtschaft zeigen, dass die Forschungsaufwendungen in der Photovoltaik Industrie in den letzten Jahren massiv zugenommen haben. Im Jahr 2004 wurden mit ca. 16 Mio. Fr. bereits mehr Mittel durch die Privatwirtschaft aufgewendet als durch die öffentliche Hand. Dieser Wert stieg 2006 auf über 30 Mio. Fr. und betrug 2007 gegen 50 Mio. Fr..

## **MITTELBEDARF BIS 2011**

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 - 2011 wird angesichts der starken Ausgangslage der Schweizer Photovoltaik Forschung, Umsetzung und Industrie und des grossen Potenzials der Photovoltaik Forschung weiterhin hohe Priorität eingeräumt. Es wird angestrebt, die Forschungsanstrengungen bis zum Jahr 2011 auf 12 Mio. Fr. pro Jahr anzuheben. Zusätzlich müssen die stark gesunkenen P+D-Mittel der öffentlichen Hand wieder auf 3 Mio. Fr. pro Jahr aufgebaut werden. Damit erhöhen sich die geplanten Gesamtmittel auf 15 Mio. Fr..

## 7. Forschungsschwerpunkte in den Jahren 2008 – 2011

Im Folgenden werden die einzelnen Schwerpunkte des Programms Photovoltaik näher beschrieben. Diese thematischen Schwerpunkte gliedern sich, unter Berücksichtigung der oben (Abschnitt 5) aufgeführten allgemeinen Zielsetzungen, in die folgenden Bereiche:

- Solarzellen
- Solarmodule und Gebäudeintegration
- Elektrische Systemtechnik
- Begleitende Themen
- Institutionelle internationale Zusammenarbeit

Die Übergänge zwischen den einzelnen Bereichen sind zum Teil fließend. So beinhalten z.B. die Herstellungsprozesse für Dünnschicht-Solarzellen automatisch auch Aspekte der Solarmodule; Solarmodule ihrerseits können sowohl bezüglich ihrer Herstellung (z.B. Materialaspekte, Laminierung) wie nach ihren elektrischen Eigenschaften erforscht werden. Die Zuordnung von Programminhalten zu den einzelnen Bereichen geschieht deshalb fallweise unter Berücksichtigung des jeweiligen konkreten Themas.

### SOLARZELLEN

In der Schweiz wird erfolgreiche Forschung an verschiedenen Solarzellen-Technologien betrieben, wobei die Dünnschicht-Technologie im Vordergrund steht, namentlich auf dem Gebiet der amorphen, mikrokristallinen und mikromorphen Silizium-Solarzellen, der CIGS und CdTe-Solarzellen sowie der organischen und Farbstoff-Solarzellen. In jüngster Zeit erfuhr auch das Gebiet der kristallinen Silizium-Solarzellen bzw. der HIT-Zellen aufgrund der wachsenden industriellen Aktivitäten in der Schweiz einen Aufschwung. Der langjährige Schwerpunkt in der Schweizer Solarzellenforschung liegt im Bereich des Dünnschicht-Siliziums. Letzterer ist gegenwärtig durch eine intensive Phase der industriellen Umsetzung, insbesondere bei den Unternehmen oerlikon solar und VHF-Technologies, geprägt. Die erfolgreiche industrielle Umsetzung ist einer der grössten Erfolge der Schweizer Energieforschung der letzten 15 Jahre überhaupt.

Die Schweizer Energieforschung kann es sich gegenwärtig nicht leisten, alle vorhandenen Technologieansätze mit derselben Intensität zu verfolgen. Aus diesem Grund wird auch weiterhin ein Schwerpunkt bei den Solarzellen auf der Grundlage von Dünnschicht-Silizium gelegt. Dieser Schwerpunkt erfolgt aufgrund der internationalen Technologieführerschaft – sowohl in der Forschung wie in der Industrie – auf diesem Gebiet und der damit erreichbaren Position im ausgeprägten internationalen Wettbewerb.

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 – 2011 [80] lauten die Ziele für den Bereich Solarzellen:

- Industrielle Fertigung von Solarzellen und –modulen auf Basis von Dünnschicht-Technologien mit dem Ziel von wettbewerbsfähigen Herstellungsprozessen und Produkten (Zellen, Module)
- Mittel- und Langfristige Materialoptionen für Solarzellen der Zukunft (z.B. organische und polymere Solarzellen) mit dem Ziel, dazu die internationale Zusammenarbeit in Europa auszubauen
- Fertigungsprozesse für dünnere Wafer mit dem Ziel einer Waferdicke von 150 µm

Die Ziele für den Bereich der Solarzellen werden in der Tabelle 4 weiter präzisiert. Die Forschungsarbeiten an Solarzellen stellen bezüglich Mitteleinsatz den wichtigsten Bereich des Schweizer Photovoltaik-Programms dar. Entsprechend kommen auch diverse Förderinstrumente zum Einsatz.

Tabelle 4: Themen und Teilziele für den Bereich der Solarzellen

Technologie	Thema	Erwartete Umsetzung	Ziele 2011	Hauptakteure	Instrumente*
Kristallines Silizium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung von dünneren Wafern</li> <li>Recycling von Sägeabfällen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrielle Prozesse und Maschinen</li> <li>Materialien für die industriellen Prozesse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waferdicke 150 µm industriell verfügbar</li> <li>Siliziumverbrauch 5 g/Wp</li> <li>Sägeabfälle technisch und wirtschaftlich rezyklierbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EMPA</li> <li>IMT – Uni NE / EPFL**</li> <li>Applied Materials</li> <li>Meyer Burger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>KTI</li> <li>EU-Projekte</li> </ul>
Dünnschicht-Silizium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wirkungsgrad und fortgeschrittene Strukturen der mikromorphen Solarzelle</li> <li>Schnelle Deposition von dünnen Siliziumschichten</li> <li>Flexible (roll-to-roll) Solarzellen (amorph / mikromorph)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrielle Herstellungsprozesse und Produktionsanlagen sowie Herstellung von mikromorphen Solarzellen auf Glas</li> <li>Industrielle Herstellungsprozesse und Herstellung flexibler amorpher und mikromorpher Solarzellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>14% Laborwirkungsgrad (mikromorphe Solarzelle)</li> <li>10% Wirkungsgrad auf grossflächigen Produktionsanlagen (auf Glas)</li> <li>Herstellkosten 1.5 CHF/Wp</li> <li>8% Wirkungsgrad in der industriellen Produktion von flexiblen Solarzellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IMT – Uni NE / EPFL**</li> <li>CRPP – EPFL</li> <li>Oerlikon solar</li> <li>VHF Technologies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SNF</li> <li>CCEM (ETH-Bereich)</li> <li>BFE</li> <li>KTI</li> <li>Swisselctric Research</li> <li>AXPO-Naturstromfonds</li> <li>EU-Projekte</li> </ul>
CIGS / CdTe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexible (roll-to-roll) CIGS Solarzellen</li> <li>Vakuumfreie Herstellung von CIGS-Zellen</li> <li>CdTe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industrielle Herstellungsprozesse und Herstellung flexibler Solarzellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10% Wirkungsgrad in der industriellen Produktion von flexiblen CIGS Solarzellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dünnschichtphysik – ETHZ / EMPA***</li> <li>Flisom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BFE</li> <li>CCEM (ETH-Bereich)</li> <li>KTI</li> <li>Swisselctric Research</li> <li>AXPO-Naturstromfonds</li> <li>EU-Projekte</li> </ul>
Farbstoff-Solarzellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stabilität der Farbstoff-Solarzellen</li> <li>Neue Farbstoffe und Elektrolyten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nischenprodukte für Kleinanwendungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>7% Wirkungsgrad in der industriellen Produktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISIC – EPFL</li> <li>Solaronix</li> <li>Greatcell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCEM (ETH-Bereich)</li> <li>Swisselctric Research</li> <li>EU-Projekte</li> </ul>
Organische Solarzellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neue Materialansätze für organische Solarzellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nischenprodukte für Kleinanwendungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5% Wirkungsgrad in der industriellen Produktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EMPA</li> <li>CSEM</li> <li>Ciba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCEM (ETH-Bereich)</li> <li>Swisselctric Research</li> <li>BFE</li> <li>KTI</li> <li>EU-Projekte</li> </ul>

\*Es erfolgt, soweit wie möglich, eine aktive Koordination mit den aufgeführten Förderinstrumenten; diese treffen ihre Förderentscheide gemäss ihren eigenen Regeln und Kriterien.

\*\*In der Programmphase 2008 – 2011 wird das IMT organisatorisch von der Universität Neuchâtel an die EPFL wechseln (Standort wird beibehalten).

\*\*\* In der Programmphase 2008 – 2011 wird die Gruppe Dünnschicht-Solarzellen organisatorisch von der ETHZ an die EMPA wechseln

## SOLARMODULE UND GEBÄUDEINTEGRATION

Das Gebiet der Solarmodule ist im Programm Photovoltaik eng mit der Anwendung der Gebäudeintegration verbunden, mit Ausnahme von Kleinanwendungen, wo besondere Lösungen notwendig sein können. Im Vordergrund stehen Modultechnologien, welche mit den in der Schweiz entwickelten Solarzellen einhergehen. Forschungsthemen in diesem Bereich können neue bzw. verbesserte Verfahren zur Herstellung von Solarmodulen (z.B. Verpackung, Verschaltung, neue Materialien) sowie deren Eigenschaften (z.B. Langzeitstabilität, mechanische, optische und thermische Eigenschaften) sein.

Dieser Programmbereich umfasst weiter neue Produkte und Prozesse für die Photovoltaik Gebäudeintegration. Der Begriff des Gebäudes ist hier weit gefasst und beinhaltet auch den gesamten bebauten Raum (z.B. Eisenbahnen und Strassen, Infrastrukturanlagen, usw.). Das Ziel ist demnach, unter Verwendung neuer Materialien und Prozesse innovative Photovoltaik-Bauelemente und -systeme für Dach, Fassaden, Oberlichter, Überkopfbereich, usw. zu entwickeln. Besonderes Kosteneinsparungs- bzw. Anwendungspotenzial besteht bei Modulen mit Mehrfachfunktionen (z.B. Beschattungselemente, Isolierglasmodule). Bei allen diesen Entwicklungen ist jedoch auch stets auf ein angemessenes Marktpotenzial zu achten.

Auf der Basis der heute bestehenden Zelltechnologien besteht hier weiterhin ein Umsetzungs- und Kostenreduktionspotenzial, welches durch die Schweizer Industrie noch vermehrt genutzt werden kann. Die Zusammenarbeit mit der in diesen baulichen Anwendungen bereits tätigen Industrie ist deshalb weiter zu verfolgen. Aufgrund der inzwischen am Markt verfügbaren Produkte und Lösungen für die Photovoltaik Gebäudeintegration, wird in Zukunft als nächster Schritt die Entwicklung von Komponenten unter Verwendung von Dünnschicht-Solarzellen neue Optionen schaffen; diese Möglichkeiten gilt es frühzeitig in die Umsetzung mit einzubeziehen.

Die gute Schweizer Position in der Photovoltaik Gebäudeintegration kann in Zukunft in Zusammenarbeit mit Architektur, Industrie und Handwerk in Hinsicht auf gesteigerte Integrationseigenschaften, neue Anwendungsgebiete, neue Materialien bzw. weitere Produktverbesserungen bei Befestigungssystemen und Montagetechniken sowie in Bezug auf die Kosten optimiert werden. Die Nutzung von Mehrfachfunktionen (z.B. Fassadenelemente, Beschattungssysteme, Tageslichtsysteme, Vordächer) schafft weitere Kostengutsprachen, welche gezielter genutzt werden sollten. Um die Praxisrelevanz der erarbeiteten Lösungen zu gewährleisten, ist die Standardisierung und Konformität mit bestehenden Bauvorschriften sicherzustellen. Dies kann auch die Erarbeitung neuer Normenvorschläge beinhalten.

Dieser Programmbereich erfolgt in Koordination mit den Programmen Solarthermie und Gebäude.

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 – 2011 [80] lauten die Ziele für den Bereich Solarmodule und Gebäudeintegration:

- Echte Integration von Dünnschicht-Solarzellen in neue Produkte für die Gebäudeintegration mit dem Ziel, neue Photovoltaik-Gebäude-Komponenten, insbesondere mit Dünnschicht-Technologie, industriell zu fertigen
- Produktsynergien der Photovoltaik mit der Gebäudetechnik, in der Gebäudehülle ebenso wie mit der Haustechnik (z.B. Brennstoffzellen), mit dem Ziel, neue Lösungsansätze für die Optimierung der Energieproduktion und der Energienutzung im Gebäude zu erarbeiten

Die Ziele für den Bereich Solarmodule und Gebäudeintegration werden in der Tabelle 5 weiter präzisiert.

Tabelle 5: Themen und Teilziele für den Bereich Solarmodule und Gebäudeintegration

Unterbereich	Thema	Erwartete Umsetzung	Ziele 2011	Hauptakteure	Instrumente*
Solarmodule	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Materialien</li> <li>• Neue Modulkonzepte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Prozesse und Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industriell verfügbare Solarmodule (Dünnschicht oder kristallines Silizium)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISAAC – TISO</li> <li>• LESO – EPFL</li> <li>• BRENET</li> <li>• Zulieferindustrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>
Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenschaften (mechanische, optische, elektrische), insbesondere für Dünnschicht-Solarmodulen</li> <li>• Langzeitmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserte Messverfahren in Messlaboren und Industrie</li> <li>• Produkte der Messtechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablierte internationale Verfahren für die Messung von Dünnschicht-Solarmodulen</li> <li>• Dokumentierte Erfahrungen mit Solarmodulen</li> <li>• Nach neusten Erkenntnissen industriell verfügbare Messtechnik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISAAC – TISO</li> <li>• LESO – EPFL</li> <li>• Messtechnik-Industrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>
Gebäudeintegration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Produkte für die Gebäudeintegration</li> <li>• Normierung in der Gebäudeintegration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Produkte</li> <li>• Normen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Klärung der Normierungsfragen für die Gebäudeintegration</li> <li>• Etablierung von notwendigen Normen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISAAC – TISO</li> <li>• EMPA</li> <li>• BRENET</li> <li>• Normierungsorganisationen (z.B. IEC TC 82, TK 82, SIA)</li> <li>• Gebäudeindustrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>
Gebäudetechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multifunktionale Konzepte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multifunktionale Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LESO – EPFL</li> <li>• BRENET</li> <li>• Gebäudeindustrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>

\*Es erfolgt, soweit wie möglich, eine aktive Koordination mit den aufgeführten Förderinstrumenten; diese treffen ihre Förderentscheide gemäss ihren eigenen Regeln und Kriterien.

## ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK

Die elektrische Systemtechnik, insbesondere für Wechselrichter, ist weit fortgeschritten und entsprechend besteht ein breites Angebot am Markt, inklusive diversen erfolgreichen Schweizer Produkten. Die notwendige Weiterentwicklung der Wechselrichter erfolgt zumeist durch die Industrie. Dagegen ist die Qualitätssicherung in diesem Schwerpunkt sicherzustellen ebenso wie dazu erforderlichen Prozeduren (z.B. Zertifizierung von Produkten). Punktueller Bedarf entsteht durch allgemeine Fortschritte in der elektrischen Systemtechnik und neue Anwendungen.

Neue Optionen in der elektrischen Systemtechnik werden durch die fortschreitende elektrische Haustechnik ermöglicht. In Zukunft werden Informationen über den Betriebszustand diverser haustechnischer Anlagen in verstärktem Ausmass ausgetauscht werden.

Die elektrischen Systemkomponenten sind in einer Photovoltaik Anlage diejenigen Komponenten, welche in der Vergangenheit zu den schwächsten Gliedern gehörten und für zahlreiche Ausfälle verantwortlich waren. Obwohl sich diese Situation in den letzten Jahren verbessert hat, bleibt das Langzeitverhalten von Photovoltaik Komponenten und Anlagen ein wichtiges Anliegen, welches durch einige, jedoch begrenzte Analysen vertieft werden soll. Die Zuverlässigkeit und Sicherheit von Photovoltaik-Komponenten und Anlagen sind Gebiete, die in letzter Zeit vermehrt Beachtung gefunden haben (z.B. Lichtbogen).

Ein weiteres Thema in diesem Bereich sind elektrische Systemkomponenten (Wechselrichter, Kontroll- und Ladegeräte, usw.), welche in kombinierten Energiesystemen (Photovoltaik und andere dezentrale Technologien) zum Einsatz gelangen sollen, sei dies für netzgekoppelte Anlagen, Inselanlagen oder in Kombination dieser zwei Anwendungen.

Ein in Zukunft wichtiger werdendes Thema ist die Integration der Photovoltaik im elektrischen Netz. Dies betrifft weniger die Fragen in Bezug auf eine einzelne Anlage als vielmehr die Wechselwirkung einer grösseren Zahl von Photovoltaik-Anlagen mit dem elektrischen Netz. Im Zusammenhang mit der erwarteten Entwicklung von *Smart Grids* können sich neue Anforderungen und Chancen für die Photovoltaik ergeben. Es interessieren hier in erster Linie Photovoltaik spezifische Fragestellungen. Entwicklungen sowohl in der Leistungselektronik als auch in der Kommunikationstechnologie eröffnen ein weites Potential an neuen Entwicklungen, um all den Herausforderungen der neuen dezentralen Stromerzeugungsstrukturen effizient zu begegnen. In besonderem Mass sind dabei neue Funktionen bei Wechselrichtern möglich.

Durch eine wachsende Bedeutung von Photovoltaik Anlagen in Entwicklungsländern, kann punktuell noch ein Bedarf für Systemkomponenten von Insel- und Hybridanlagen bestehen, welcher aufgrund der in der Schweiz vorhandenen Anwendungserfahrung auch Chancen für die Industrie darstellen kann. Für diese Anwendungen ist die anhaltende Qualitätssicherung ein besonders wichtiges Element.

Dieser Programmbereich erfolgt in Koordination mit den Programmen Elektrizität und elektrische Netze.

Gemäss Energieforschungskonzept der CORE 2008 – 2011 [80] lauten die Ziele für den Bereich Elektrische Systemtechnik:

- Neue Systemkomponenten für netzgekoppelte Anlagen, Insel- und Hybridsysteme mit dem Ziel von integrierten Produktlösungen für den kombinierten Netz-, Insel und Hybridbetrieb
- Dezentrale Energieerzeugungssysteme, Energiespeicherung und Energienutzung mit dem Ziel einer aktiven Verbrauchssteuerung

Die Ziele für den Bereich Elektrische Systemtechnik werden in der Tabelle 6 weiter präzisiert.

Tabelle 6: Themen und Teilziele für den Bereich Elektrische Systemtechnik

Unterbereich	Thema	Erwartete Umsetzung	Ziele 2011	Hauptakteure	Instrumente*
Systemkomponenten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Komponenten</li> <li>• Neue Anwendungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombinierte Wechselrichter (z.B. Netz- &amp; Inselbetrieb, Wechselrichter mit Backup)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HTI Burgdorf</li> <li>• BRENET</li> <li>• Elektronikindustrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>
Qualitätssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechselrichterprüfung</li> <li>• Anlagensicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserte Messverfahren in Messlaboren und Industrie</li> <li>• Verbesserte Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etablierte internationale Verfahren für die Messung von Wechselrichtern</li> <li>• Dokumentierte Erfahrungen mit neuen Wechselrichtern</li> <li>• Normierte Prüfverfahren</li> <li>• Komponenten für die Anlagensicherheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HTI Burgdorf</li> <li>• BRENET</li> <li>• SWISSOLAR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• EU-Projekte</li> </ul>
Kombinierte Systemansätze	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybridanlagen</li> <li>• Photovoltaik Aspekte in Smart Grids und Netzmanagementsystemen</li> <li>• Speicherung und Verbrauchssteuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrielle Produkte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsprotokolle</li> <li>• Multifunktionale Wechselrichter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HTI Burgdorf</li> <li>• BRENET</li> <li>• ETHZ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> <li>• Swisselectric Research</li> </ul>

\*Es erfolgt, soweit wie möglich, eine aktive Koordination mit den aufgeführten Förderinstrumenten; diese treffen ihre Förderentscheide gemäss ihren eigenen Regeln und Kriterien.



## **BEGLEITENDE THEMEN**

In diesem die Technik zum Teil ergänzenden Bereich werden einerseits allgemeine, für die weitere Marktentwicklung der Photovoltaik notwendige Voraussetzungen sichergestellt, z.B. in Bezug auf fortgeschrittene Hilfsinstrumente für die Planung und das Monitoring von Photovoltaik-Anlagen, die Quantifizierung von Umweltaspekten, usw.. Um die Marktrelevanz sicherzustellen, sind solche Projekte in enger Zusammenarbeit mit den entsprechenden Stellen auszuführen.

Eine zweite Kategorie von Projekten in diesem Schwerpunkt bilden neue, in Kombination mit anderen Energieformen mögliche Anwendungen der Photovoltaik, sei es mit anderen Formen der Sonnenenergie (Solararchitektur und thermische Solarenergie), in Konzepten der nachhaltigen Mobilität (Elektromobile, Solarboote, usw.) oder in Kombination mit anderen Energieträgern (z.B. Wasserstoff, Thermophotovoltaik). Auch hier ist eine gute Koordination mit entsprechenden Förderstellen sicherzustellen und die eigentliche Entwicklung fachbezogen einzugrenzen. Dies bedeutet, dass sowohl die primäre energetische Nutzung wie der spezifische Entwicklungsbedarf identifiziert werden müssen.

## **INSTITUTIONELLE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT**

Die internationale Zusammenarbeit wird grundsätzlich in allen bisher besprochenen Bereichen angestrebt und ist auch dementsprechend etabliert. Nebst dieser projektbezogenen internationalen Zusammenarbeit ist diese aber auch auf der Ebene der Institutionen anhaltend zu gewährleisten. Die bisherigen Erfahrungen und der Nutzen dieser Zusammenarbeit für die Schweiz können allgemein als sehr gut eingestuft werden. Demnach bildet die Kontinuität dieser internationalen Zusammenarbeit ein strategisches Element des Programms Photovoltaik. Angesichts der raschen internationalen Entwicklung der Photovoltaik ist diese Zusammenarbeit in Zukunft in allen Bereichen fortzuführen.

Im Vordergrund stehen folgende internationale Institutionen:

- Europäische Kommission (EC) – Rahmenforschungsprogramme, SET-Plan;
- EU PV Technology Platform (PV TP) – Strategic Research Agenda, SET Plan;
- PV-ERA-NET – Kooperation zwischen europäischen Forschungsprogrammen;
- IEA PVPS – Forschungskoooperation im Rahmen der IEA;
- IEC – Normentätigkeit;
- Organisationen zur Entwicklungszusammenarbeit: internationale Organisationen, z.B. gtz, GEF, IFC, WB.

In der Zusammenarbeit mit diesen Institutionen werden Themen und Prioritäten aus nationaler Sicht mit entsprechendem Synergiepotenzial eingebracht. Wichtige internationale Initiativen und ihre Bedeutung für die Schweiz können gleichzeitig frühzeitig erkannt werden. Aufgrund der guten Kontakte zu diesen Institutionen und der führenden Mitarbeit in verschiedenen Gremien können die internationalen Initiativen massgeblich mitgestaltet werden. Laufende nationale Projekte, Resultate und Erfahrungen können so besonders effizient in die internationale Zusammenarbeit eingebracht werden. Forschung, Technik und Anwendung der Photovoltaik in der Schweiz werden dadurch weltweit bekannt gemacht. Umgekehrt wird in dieser internationalen Zusammenarbeit ein angemessener Nutzen für die nationale Photovoltaik Wirtschaft und die Wahrung der Schweizer Interessen erwartet.

Die Ziele für die Bereiche Begleitende Themen und Internationale Zusammenarbeit werden in den Tabelle 7 und 8 weiter präzisiert.

Tabelle 7: Themen und Teilziele für den Bereich Begleitende Themen

Unterbereich	Thema	Erwartete Umsetzung	Ziele 2011	Hauptakteure	Instrumente*
Planungsinstrumente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagenplanung</li> <li>• Anlagenmonitoring</li> <li>• Prognose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planungsverfahren</li> <li>• Dienstleistungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfassende Planungsinstrumente</li> <li>• Einfachstes Monitoring</li> <li>• Prognosewerkzeuge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BRENET</li> <li>• LESO - EPFL</li> <li>• Groupe Energie – Uni GE</li> <li>• KMU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• KTI</li> </ul>
Umweltaspekte der Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energie- und Ressourcenverbrauch</li> <li>• Emissionen und Immissionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbessertes Umweltprofil</li> <li>• Dienstleistungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• International abgestimmte Verfahren zur LCA-Analyse</li> <li>• Repräsentative Ergebnisse der LCA-Analysen für die wichtigen Photovoltaik Technologien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ecoinvent</li> <li>• EMPA</li> <li>• KMU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• BAFU</li> </ul>
Kombination mit anderen Energietechnologien	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andere Solartechnologien</li> <li>• Mobilität</li> <li>• Energiespeicherung</li> <li>• Wasserstoff</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Konzepte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische und wirtschaftliche Potenziale</li> <li>• Einteilung in kurz-, mittel- und langfristige Optionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ETHZ</li> <li>• EPFL</li> <li>• PSI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• CCEM-ETH-Bereich</li> </ul>

\*Es erfolgt, soweit wie möglich, eine aktive Koordination mit den aufgeführten Förderinstrumenten; diese treffen ihre Förderentscheide gemäss ihren eigenen Regeln und Kriterien

Tabelle 8: Themen und Teilziele für den Bereich internationale Zusammenarbeit

Unterbereich	Thema	Erwartete Umsetzung	Ziele 2011	Hauptakteure	Instrumente*
Zusammenarbeit in Europa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internationale Koordination</li> <li>• Internationale Strategien</li> <li>• Zusammenarbeit in Europa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rahmenforschungsprogramme</li> <li>• SET-Plan</li> <li>• PV-ERA-NET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Gesamtmittel für PV F&amp;E in Europa</li> <li>• Führende Position der Schweiz in der internationalen Zusammenarbeit in Europa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• Europäische Kommission</li> <li>• EU PV Technology Platform</li> <li>• PV-ERA-NET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• 7. EU Rahmenforschungsprogramm</li> <li>• SET-Plan</li> <li>• Bi- und multilaterale Forschungszusammenarbeit</li> </ul>
IEA-Zusammenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internationale Koordination</li> <li>• Internationale Strategien</li> <li>• Weltweite Zusammenarbeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEA PVPS Projekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortsetzung IEA PVPS Pool</li> <li>• Gemäss IEA PVPS Projekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IEA PVPS Mitglieder</li> <li>• Andere IEA Programme und Arbeitsgruppen</li> <li>• IEA</li> <li>• KMU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> <li>• IEA-PVPS Pool</li> <li>• REPIC</li> </ul>
IEC-Normen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normentätigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktualisierte Normen für die Photovoltaik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SWISSOLAR</li> <li>• TK 82</li> <li>• ESTI</li> <li>• Electrosuisse</li> <li>• IEC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BFE</li> </ul>
Entwicklungszusammenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photovoltaik Anwendungen in Entwicklungs- und Transitionsländern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Anlagen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nachhaltige Finanzierungs-lösungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektentwickler</li> <li>• NGO's</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REPIC</li> </ul>

\*Es erfolgt, soweit wie möglich, eine aktive Koordination mit den aufgeführten Förderinstrumenten; diese treffen ihre Förderentscheide gemäss ihren eigenen Regeln und Kriterien.

## **PILOT- UND DEMONSTRATIONSPROJEKTE**

In den letzten Jahren konnten aufgrund der Entlastungsprogramme des Bundes kaum noch neue P+D-Projekte ausgelöst werden. Diese Entwicklung ist kritisch zu hinterfragen, weil damit ein wesentliches Glied in der Umsetzung von Forschung und Entwicklung hin zu industriellen Produkten und Verfahren, und damit zum Markt stark geschwächt wurde. Dies ist besonders in der gegenwärtigen Phase der verstärkten Umsetzung ein erschwerender Umstand, der im Widerspruch zu den allgemein verfolgten Zielen steht. Damit besteht in diesem Bereich ein ausgeprägter Handlungsbedarf.

P+D-Projekte wären aber eine notwendige Fortsetzung der Forschung in Hinsicht auf die Umsetzung der Resultate in industrielle Prozesse, Produkte und Anlagen. P+D-Projekte sind demnach näher bei der Anwendung und beim Markt. Sie sind grundsätzlich weiterhin in allen bisher diskutierten technischen Bereichen anzustreben. Bezüglich der technischen Entwicklung und der Bedeutung für die Praxis steht der Pilotcharakter des Projektes im allgemeinen im Vordergrund. Demonstrationsprojekte sind bezüglich ihres Zielgruppeneffektes klar zu formulieren. Die Finanzierung muss angesichts der grösseren Marktnähe in einem erhöhten Mass durch den Projektnehmer sichergestellt werden.

Ein wichtiges Ziel der P+D-Projekte muss zudem sein, die vorgeschlagenen Lösungen nachhaltig umzusetzen. Dies bedeutet, dass nicht nur Anlagen mit Pilotcharakter erstellt werden, sondern dass insbesondere die notwendigen Bedingungen für eine industrielle Nutzung der gewonnenen Erkenntnisse und die industrielle Herstellung spezielles Gewicht erhalten. Ziel ist demnach, neue Verfahren und Produkte zu fördern, welche anschliessend durch die Industrie und den Markt aufgenommen werden.

Ein weiterer Aspekt, welcher bei P+D-Projekten besondere Bedeutung hat, ist eine umfassende und gezielte Informationstätigkeit. P+D-Projekte sind auf dem Weg zur Umsetzung in die Praxis ein wichtiges Instrument; der exemplarische Charakter dieser Projekte muss deshalb gebührend kommuniziert werden.

### **Neue Prozesse**

Neue Herstellungsverfahren und Prozesse können in einer pilotmässigen Produktionsanlage gefördert werden. Dabei steht die Übertragung neuer Verfahrensansätze in den technischen Massstab im Vordergrund. Neue Erkenntnisse und Erfahrungen bzw. bisher nicht-abgedeckte Lücken können zur breiteren Marktentwicklung der Photovoltaik in geeignete Hilfsinstrumente für Design und Planung umgesetzt werden.

### **Neue Produkte**

Im Vordergrund stehen neue Lösungen für die im Programm schwergewichtig verfolgte Gebäudeintegration der Photovoltaik. Neue Produkte können bis zum Prototypen gefördert werden. Die Förderung von Investitionen zur eigentlichen Produktentwicklung und -herstellung ist jedoch ausgeschlossen.

### **Neue Anwendungen**

Neue Anwendungen können als Pilot- und Demonstrationsanlagen gefördert werden. Als Kriterien gelten die Neuigkeit der Anlage, ihre Bedeutung für die wirtschaftliche Anwendung der Photovoltaik, das Anwendungspotenzial und ihre Möglichkeit zur Multiplikation. P+D-Anlagen sind messtechnisch während mindestens einem Jahr zu verfolgen und auf die gemachten Erfahrungen zu überprüfen. Der Information über die gemachten positiven und negativen Erfahrungen kommt bei P+D-Anlagen besondere Bedeutung zu.

## MITTELEINSATZ

Im Folgenden wird der geplante Mitteleinsatz seitens des BFE präzisiert. Mit der langjährigen guten Hebelwirkung der BFE-Mittel im Programm Photovoltaik sollten damit die im CORE Energieforschungskonzept 2008 – 2011 angestrebten Gesamtmittel erreicht werden können (12 Mio. Fr. für 2011). Für die Programmphase 2008 – 2011 wird eine moderate Erhöhung der Mittel angestrebt (Tabelle 8).

Tabelle 8: Mittelverwendung und Zielwerte Photovoltaik F+E BFE 2008-2011 (in Mio. Fr., nominal)

<b>Bereich</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Solarzellen	0.80	1.00	1.10	1.30
Solarmodule und Gebäudeintegration	0.20	0.30	0.40	0.40
Elektrische Systemtechnik	0.20	0.20	0.20	0.20
Begleitende Themen	0.10	0.10	0.10	0.10
Internationale Zusammenarbeit und Programmleitung	0.40	0.40	0.40	0.40
<b>Zielwert total F+E</b>	<b>1.70</b>	<b>2.00</b>	<b>2.20</b>	<b>2.40</b>

Um die Umsetzung in industrielle Produkte und Lösungen weiter voran treiben zu können wird im Bereich der Pilot- und Demonstrationsvorhaben eine deutliche Erhöhung angestrebt (Tabelle 9). Damit sollen, wie im CORE Energieforschungskonzept 2008 – 2011 aufgeführt, die in den letzten Jahren kaum vorhandenen P+D-Mittel wieder auf eine adäquate Höhe gebracht werden (insgesamt 3 Mio. Fr. für 2011).

Tabelle 9: Mittelverwendung und Zielwerte Photovoltaik P+D BFE 2008-2011 (in Mio. Fr., nominal)

<b>Bereich</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Neue Prozesse		0.15	0.20	0.30
Neue Produkte		0.15	0.20	0.30
Neue Anwendungen	0.10	0.15	0.20	0.30
<b>Zielwert total F+E</b>	<b>0.10</b>	<b>0.45</b>	<b>0.60</b>	<b>0.90</b>

□

## 8. Nationale Koordination

Das Programm Photovoltaik erfordert aufgrund seiner breiten Abstützung ein hohes Mass an nationaler Koordination, sowohl zwischen den Akteuren im Programm selbst wie auch mit allen weiteren Stellen, welche inhaltlich durch das Programm Photovoltaik angesprochen sind. Die wichtigsten Elemente dieser nationalen Koordination werden im Folgenden aufgeführt.

### KOMPETENZZENTREN

Im Verlauf der Existenz des Programms Photovoltaik konnten eine Reihe von nationalen Kompetenzzentren gebildet werden, welche die verschiedenen, im Programm verfolgten Schwerpunkte verkörpern. Zwischen diesen Kompetenzzentren sind der Informationsaustausch und die Koordination sicherzustellen:

#### Institution

- Institut de Microtechnique, Uni Neuchâtel
- Gruppe Dünnschichtphysik, ETHZ
- Institut de Chimie Physique 2, EPFL
- EMPA
- ISAAC-TISO, SUPSI
- HTI Burgdorf
- Laboratoire d'Énergie Solaire LESO, EPFL

#### Kompetenzschwerpunkt

- Amorphe und mikrokristalline Siliziumzellen
- CIGS und CdTe Solarzellen
- Nanokristalline Farbstoffzellen
- Organische Solarzellen
- Modulprüfungen (real, STC)
- Wechselrichter, Photovoltaik Anlagen
- Photovoltaik Gebäudeintegration

### INDUSTRIE

In den letzten Jahren hat sich die Schweizer Photovoltaik Industrie entlang der ganzen Wertschöpfungskette stark entwickelt. Zusammen mit den in der Planung und dem Bau von Photovoltaik-Anlagen tätigen Unternehmen besteht in der Privatwirtschaft eine hohe Fachkompetenz in allen für die Schweiz relevanten Bereichen der Photovoltaik.

Der Informationsaustausch zwischen den Akteuren der Forschung und der Industrie wird in regelmässigen nationalen Fachtagungen gepflegt. In speziellen Treffen mit ausgewählten Vertretern der Industrie werden die Entwicklungen des Photovoltaik Industrieplatzes Schweiz und die Umsetzung der Forschung thematisiert.

### THEMATISCHE SCHNITTSTELLEN

Aus thematischer Sicht ergibt sich aufgrund der Inhalte eine Reihe von Schnittstellen, welche sich an den Programmen der Energieforschung orientieren. Vorhaben (F+E, P+D), welche diese Themen in irgendeiner Weise beinhalten, werden mit den entsprechenden Programmen koordiniert:

#### Schnittstellen-Thema

- Abgrenzung zur thermischen Nutzung der Solarenergie, kombinierte Nutzungsformen
- Elektrizitätsspeicher
- Photovoltaik und andere Funktionen der Gebäudehülle
- Solarfahrzeuge (Autos, Schiffe, Flugzeuge)
- Elektrische Komponenten
- Integration in elektrische Netze und Smart Grids
- Solare Herstellung von Wasserstoff
- Parallelbetrieb von Photovoltaik und Brennstoffzellen
- Wirtschaftlichkeit von Solarstrom

#### Zuständige Programme

- Solarthermie
- Batterien und Supercaps
- Gebäude
- Verkehr
- Elektrizitätstechnologien
- Netze
- Wasserstoff
- Brennstoffzellen
- Energiewirtschaftliche Grundlagen

## **KOORDINATION MIT ANDEREN BUNDESSTELLEN**

Das Programm Photovoltaik ist wie erwähnt breit abgestützt. Seitens des Bundes werden nebst dem Bundesamt für Energie und dem Verantwortungsbereich des ETH-Bereiches verschiedene Bundesstellen fallweise mit einbezogen:

<b>Bundesstelle</b>	<b>Zuständigkeit</b>
• Schweizerischer Nationalfonds	• Grundlagenforschung
• Staatssekretariat für Bildung und Forschung	• EU-Projekte (RTD Rahmenprogramme)
• Bundesamt für Berufsbildung und Technologie	• KTI-Projekte, Eureka-Projekte, Eurostars
• Bundesamt für Umwelt	• Umweltaspekte
• Staatssekretariat für Wirtschaft, Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	• Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern
• Institut für Geistiges Eigentum	• Patentrechtliche Aspekte
• Bundesamt für Statistik	• Statistische Informationen
• Bundesamt für Bauten und Logistik	• Photovoltaik Anlagen auf Bundesbauten
• Bundesamt für Strassen, SBB, Post, VBS	• Photovoltaik Anlagen auf Infrastrukturanlagen

## **KOORDINATION MIT KANTONEN UND GEMEINDEN**

Nebst den verschiedenen Stellen des Bundes tragen Kantone und einzelne Gemeinden wesentlich zum Programm Photovoltaik bei, sei es durch die Institutionen der kantonalen Universitäten und Fachhochschulen (insbesondere für F+E-Projekte) oder durch die kantonalen Energiefachstellen (speziell für P+D-Vorhaben). Mit diesen Stellen wird deshalb ebenfalls ein reger Informationsaustausch gepflegt und gemeinsame Projekte koordiniert.

## **PRIVATE FORSCHUNGSORGANISATIONEN (ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT UND INDUSTRIE)**

Nebst der Förderung von Forschung, Entwicklung, Pilot- und Demonstrationsvorhaben durch die öffentliche Hand, geniesst das Programm Photovoltaik auch die Unterstützung durch die Privatwirtschaft und ihre Organisationen. Es wird ein reger Informationsaustausch gepflegt und gemeinsame Projekte koordiniert. In diesem Zusammenhang zu erwähnen sind insbesondere:

- Gesellschaft Mont Soleil (GMS)
- Swisselectric Research
- Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)
- Eidgenössisches Starkstrominspektorat (ESTI)
- Electrosuisse

## 9. Operative Ausführung des Programms Photovoltaik

Mit dem vorliegenden Konzept sind die Grundlagen für die Ausführung des Programms Photovoltaik für die Jahre 2008 - 2011 gelegt. Sie dienen der Programmleitung als Basis für einen angemessenen Handlungsspielraum und den Vollzug des Programms. Das Konzept wird interessierten Kreisen auf Wunsch abgegeben. Es ist, im Rahmen der verfügbaren und der zum voraus verpflichteten Mittel, als laufende Ausschreibung (*call for proposal*) aufzufassen.

### PARTNERSCHAFT MIT GEMEINSAMEN ZIELEN

Die Partnerschaft zwischen den verschiedenen Akteuren wird im Programm Photovoltaik grossgeschrieben. Trotz einem natürlichen Wettbewerb sind Partnerschaften und Zusammenarbeiten zur Erreichung der Projekt- und Programmziele, wo möglich und sinnvoll, anzustreben. Gemeinsame Ziele können dadurch besser und effizienter erreicht werden. Dieser Aspekt wird in Zukunft mit einem dynamischen Weltmarkt noch an Bedeutung gewinnen. Daraus ergeben sich einige Grundsätze

- Regelmässige Kontakte und Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren schaffen Voraussetzungen für künftige Partnerschaften
- Kenntnis der eigenen Stärken und Schwächen ermöglichen die Identifikation der für ein Projekt notwendigen Kompetenzen
- Projekte mit breiter Trägerschaft erhalten vor Einzellösungen Vorrang
- Eine enge Zusammenarbeit mit der Industrie ist, wo immer möglich, anzustreben

### RAHMENBEDINGUNGEN

Die allgemeinen Rahmenbedingungen für das Programm Photovoltaik sind durch das Energieforschungskonzept der CORE sowie für die marktbezogenen Aktivitäten durch das Programm EnergieSchweiz gegeben. Einige weitere Aspekte bilden zusätzliche Leitplanken:

- die Technologieförderung akzentuiert die industrielle Relevanz,
- der Markt weitet sich sowohl national wie international weiter aus,
- die internationale Zusammenarbeit gewinnt weiter an Bedeutung, insbesondere in den Rahmenforschungsprogrammen der EU
- die Märkte (Energie und Gebäude) bewegen sich vermehrt in Richtung eines freien und internationalen Wettbewerbs,
- mit der Photovoltaik verbundene Entwicklungen der Arbeitsplätze werden relevant,
- Wertbetrachtungen (Image, Umwelt, Gesellschaft) stellen wachsende treibende Kräfte dar.

### KRITERIEN

Die Projekte im Programm Photovoltaik müssen durch hohe Qualität, Originalität sowie technische Machbarkeit gekennzeichnet sein. Die Umsetzbarkeit der erarbeiteten Lösungen in industrielle Prozesse, Produkte und Anlagen und ein angemessenes Marktpotenzial bilden deshalb Grundvoraussetzungen für die durchzuführenden Arbeiten. Die Kriterien zur Auswahl der Projekte lassen sich mit folgenden Stichworten umschreiben:

- Wissenschaftlich-technischer Gehalt und Ziele
- Anwendungspotenzial
- Industriezusammenarbeit und Umsetzung
- Projektablauf
- Kostenteilung
- Kontinuität



#### Wissenschaftlich-technischer Gehalt und Ziele

Dem Anspruch eines qualitativ hochstehenden F+E-Programms entsprechend, muss der wissenschaftlich-technische Gehalt eines Projektes neu, anspruchsvoll, innovativ und nachvollziehbar sein. Der Lösungsvorschlag muss eine klare Formulierung des zu lösenden Problems enthalten ("Forschungsfrage") mit möglichst quantitativ messbaren Zielen und Meilensteinen. Je nach F+E-Thema (Zellen, Module, Komponenten, usw.) hat der wissenschaftliche oder der technische Gehalt Vorrang. Dabei wird ein angemessenes Erfolgsrisiko zugestanden, welches anhand einer entsprechenden Etappierung des Projektes laufend beurteilt werden kann.

#### Anwendungspotenzial

Die Projekte sollen einen klaren Anwendungsbezug mit einem möglichst quantifizierbaren Marktpotenzial beinhalten. Dieser Anwendungsbezug hat je nach Thema (Zellen, Module, Komponenten, usw.) einen unterschiedlichen Zeithorizont.

#### Industriezusammenarbeit und Umsetzung

Um die Aussichten auf eine erfolgreiche Umsetzung der Forschungsarbeiten zu erhöhen, ist ein möglichst frühzeitiger Einbezug der Industrie anzustreben. Bei produktnaher Entwicklung ist diese Industriezusammenarbeit unabdingbar. Bei der Wahl des Industriepartners ist auf eine grösstmögliche Synergie mit dem technischen Know-how, dem Marktsegment und dem Produktkatalog der betreffenden Industrie zu achten. Die Möglichkeit einer industriellen Produktion und die unternehmerischen Ziele sind frühzeitig zu berücksichtigen.

#### Projekttablauf

Damit ein Projekt erfolgreich sein kann, muss nicht nur der Forschungsfrage und der vorgeschlagenen Lösung, sondern auch dem Projekttablauf Achtung geschenkt werden. Der vorgesehene Projekttablauf ist in einem entsprechenden Arbeitsplan deutlich zu formulieren, in zeitlich gegliederte Etappen aufzuteilen und mit sinnvoll formulierten sowie messbaren Teilzielen (Meilensteinen) zu versehen.

#### Kostenteilung

Die Projektfinanzierung hat im Allgemeinen auf der Basis einer Kostenteilung zu erfolgen. Es können grundsätzlich nur von einem Forschungsinstitut oder einer Firma ebenfalls verfolgte Forschungsaktivitäten unterstützt werden. Dies wird durch den Einsatz angemessener Eigenmittel bewerkstelligt. Zudem gilt (insbesondere für die Unterstützung mit BFE-Mitteln) das Prinzip der Subsidiarität. Bei produktnaher Entwicklung wird eine höhere Eigenbeteiligung erforderlich, in der Regel mindestens 50%. Die Eigenbeteiligung muss dabei konkrete Investitionen in Zeit, Material und/oder „cash“ beinhalten.

#### Kontinuität und Erhaltung des Wissenstandes

Um die F+E-Projekte mit der notwendigen Tiefe bearbeiten zu können und um die Erfolgsaussichten der Projekte zu erhöhen soll das Programm Photovoltaik durch eine angemessene Kontinuität charakterisiert sein. Dies schränkt jedoch gleichzeitig den Handlungsspielraum für neue Aktivitäten ein, sodass die Ausrichtung der Projekte laufend den neuen Gegebenheiten anzupassen sind. Die eingeschlagenen Richtungen sind periodisch zu überprüfen.

Die oben erwähnten Kriterien werden entsprechend dem SMART-Ansatz (*S = specific, M = measurable, A = ambitious, R = realistic, T = time bound*) evaluiert.

### **PROJEKTEINGABE**

Projekte können jederzeit mittels entsprechender Formulare (elektronische Versionen sind verfügbar) bei der Programmleitung, beim BFE oder anderen Förderstellen eingereicht werden. Es ist vorteilhaft, Gesuche, welche bei anderen Förderstellen eingereicht werden, bei der Programmleitung Photovoltaik bekannt zu machen. Die verfügbaren Mittel werden laufend zugeteilt. Aus diesem Grund ist eine angemessene Vorlaufzeit, in Abhängigkeit des Projektumfangs, bis zum vorgesehenen Anfang eines Projektes einzuräumen. Auf Wunsch des Projektnehmers kann, vorgängig zur Eingabe einer Offerte, ein informatives Gespräch mit der Programmleitung stattfinden.

Projekte sollten nebst ausführlichem Beschrieb des Vorhabens und des Budgets einen Ausführungsplan mit den (namentlich erwähnten) Mitarbeitern enthalten. Die Eigenleistungen sind detailliert aufzuführen und durch entsprechend befugte Stellen zu bestätigen.

### **PROJEKTBEURTEILUNG**

Die Projektbeurteilung erfolgt durch die Programmleitung sowie durch unabhängige Experten, welche fachbezogen national oder international ausgewählt werden. Eine Begleitgruppe steht der Programmleitung beratend zur Seite. KTI-Projekte werden durch die Referenten und Experten der KTI beurteilt. EU-Projekte werden durch die zuständigen Stellen in Brüssel unter Beizug von internationalen Experten evaluiert. Einzelne Forschungsinstitutionen (z.B. PSI, EMPA) kennen Forschungskommissionen, welche die Projekte intern beurteilen.

Die Verantwortung für Entscheidungen zur Projektförderung liegt bei den jeweiligen Bundesstellen bzw. weiteren zuständigen Organen. Die Projektförderung erfolgt auf der Grundlage entsprechender Verträge bzw. Verfügungen. Gegen Verfügungen besteht das Recht auf einen Rekurs.

### **PROJEKTMANAGEMENT**

Die Projekte im Programm Photovoltaik bedürfen eines klaren Arbeitsplans, qualitativer und quantitativer Ziele sowie eines anspruchsvollen, jedoch realistischen Zeitplans. Angesichts der wachsenden Bedeutung der Umsetzung in industrielle Prozesse, Produkte und Anwendungen in einem wettbewerbsgeprägten Umfeld, ist die zeitgerechte Ausführung der Projekte von grosser Bedeutung. Zu beachten sind ferner folgende Grundsätze:

- Projekte müssen professionell, zielkonform und termingerecht formuliert und abgewickelt werden
- Projekte müssen auf eine objektive, nachvollziehbare und konsistente Argumentation aufgebaut werden
- das geistige Eigentum ist frühzeitig zu schützen

Die Programmleitung ist – je nach Verantwortungsbereich der Projekte (z.B. BFE, KTI, BBW, usw.) – zuständig für die Definition, Evaluation und Begleitung der Projekte, das Vertrags-, Berichts- und Rechnungswesen, die nationale und internationale Koordination, die Teilnahme an Veranstaltungen im Ausland sowie eine Information über die nationale und internationale Forschung auf dem Gebiet der Photovoltaik. Das Programmmanagement wird auf effiziente, flexible und unbürokratische Art und Weise durchgeführt. Hierzu ist ein reger Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten des Programms Photovoltaik notwendig. Dieser Informationsaustausch wird durch die Programmleitung sichergestellt.

### **PROJEKTCONTROLLING**

Um eine effiziente und zielkonforme Durchführung des gesamten Programms zu gewährleisten, wird in der Programmphase 2008 – 2011 ein einfaches aber systematisches Projektcontrolling durchgeführt, mit dem Ziel, Abweichungen frühzeitig zu erfassen und entsprechende Massnahmen einzuleiten. Es werden folgende Parameter erfasst:

- Inhaltliche Zielerreichung
- Einhalten des Zeitplans
- Notwendige Ressourcen
- Abweichungen vom Arbeitsplan
- Vorgeschlagene / eingeleitete Massnahmen

## **10. Information und Kommunikation**

Um die gewünschte Wirkung des Programms Photovoltaik zu erreichen, genügt es nicht, allein die wissenschaftlich-technischen und die wirtschaftlichen Ziele zu erreichen. Vielmehr müssen Informationen über Projekte, Resultate, Erkenntnisse über Erfolge ebenso wie über Misserfolge bekannt gemacht und ausgetauscht werden, sowohl aktiv wie reaktiv. Information und Kommunikation sind deshalb wichtige Aufgaben, welche durch die Programmleitung sichergestellt werden.

### **BERICHTE UND PUBLIKATIONEN**

Die Programmleitung stellt die Jahresberichte des Programms Photovoltaik zusammen und macht diese allen Interessierten zugänglich [81-84]. Die Überblicksberichte werden in deutsch, französisch und englisch publiziert und sowohl national wie international verteilt. Dabei werden alle Projekte, unabhängig von ihrer Finanzierung, mit einbezogen. Darüber hinaus berichtet die Programmleitung über wichtige Ausschreibungen, Resultate, internationale Konferenzen, usw.. Sie ist dabei auf die Mitwirkung der Projektnehmer im Programm angewiesen.

Eine Berichterstattung über Fortschritte und Resultate im Programm Photovoltaik findet, nebst den BFE-Berichten, in Fachzeitschriften und Medien regelmässig statt.

Eine besondere Informationstätigkeit betrifft die Aktivitäten innerhalb des IEA PVPS Programms. In diesem Rahmen werden eine grössere Anzahl von technischen Berichten, Statusberichten, Übersichten, Newsletter, usw. publiziert. Die gezielte Information über diese Publikationen wird durch die Programmleitung und die beteiligten Expertenkreise sichergestellt.

### **TAGUNGEN UND KONFERENZEN**

Zur aktiven Informationsvermittlung werden in regelmässigen Abständen geeignete nationale Veranstaltungen zu verschiedenen Themen der Photovoltaik organisiert. Eine nationale Photovoltaiktagung findet in Abständen von 18 bis 24 Monaten in jeweils verschiedenen Landesregionen statt und wird gemeinsam mit weiteren Akteuren organisiert. Diese Tagung hat sich als geschätzter Treffpunkt der Schweizer Photovoltaik etabliert. Sie umfasst sowohl technische wie marktbezogene Themen und erlaubt dadurch, den Kreis zwischen Forschung, Technologie und Anwendung zu schliessen. Spezielle Themen werden im kleineren Kreis in der Form von Workshops behandelt.

### **INTERNET**

Das Programm Photovoltaik betreibt seit einigen Jahren einen umfassenden Internetauftritt ([www.photovoltai.ch](http://www.photovoltai.ch)), welcher weit über die Forschung hinaus geht und sämtliche Akteure und Projekte einbezieht. Mit diesem Internetauftritt werden alle mit dem Thema Photovoltaik in der Schweiz in Verbindung stehenden sowie die wichtigen internationalen Aktivitäten, Programme, Organisationen und Projekte erfasst und übersichtlich dargestellt. Dieser Internetauftritt erfolgt demnach in erster Linie themenspezifisch und erst in zweiter Linie organisationsspezifisch. Damit soll dem interessierten, aber möglicherweise wenig informierten Benutzer ein besseres Verständnis ermöglicht werden. Gleichzeitig soll damit den immer wiederkehrenden und wachsenden mündlichen und schriftlichen Anfragen begegnet werden.

Parallel dazu wird das Programm Photovoltaik gemäss Richtlinien des BFE auf der Internetseite des BFE aufgeschaltet.

## 11. Projektliste 2007

### F+E PROJEKTE

- [1] C. Ballif, J. Bailat, F.J. Haug, S. Faÿ, R. Tschärner, ([ballif@unine.ch](mailto:ballif@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel, Neuchâtel: **Thin film silicon solar cells: advanced processing and characterization** [www.unine.ch/pv](http://www.unine.ch/pv).
- [2] F.J. Haug, C. Ballif, ([franz-josef.haug@unine.ch](mailto:franz-josef.haug@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel, Neuchâtel: **Flexible photovoltaics: next generation high efficiency and low cost thin film silicon modules** [www.unine.ch/pv](http://www.unine.ch/pv).
- [3] S. Olibet, C. Ballif, ([sara.olibet@unine.ch](mailto:sara.olibet@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel, Neuchâtel: **High efficiency thin-film passivated silicon solar cells and modules - THFIC: Thin film on crystalline Si** [www.unine.ch/pv](http://www.unine.ch/pv).
- [4] C. Ballif, F. J. Haug, V. Terrazzoni-Daudrix, ([ballif@unine.ch](mailto:ballif@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel, Neuchâtel: **FLEXCELLENCE: Roll-to-roll technology for the production of high efficiency low cost thin film silicon photovoltaic modules** [www.unine.ch/flex/](http://www.unine.ch/flex/).
- [5] N. Wyrsh, C. Ballif, ([Nicolas.wyrsh@unine.ch](mailto:Nicolas.wyrsh@unine.ch)), IMT, UNI-Neuchâtel, Neuchâtel: **ATHLET: Advanced Thin Film Technologies for Cost Effective Photovoltaics** <http://www.hmi.de/projects/athlet/> / [www.unine.ch/pv](http://www.unine.ch/pv).
- [6] A. Bidiville, K. Wasmer, P. M. Nasch, M. Van der Meer, C. Ballif, J. Michler, ([kilian.wasmer@empa.ch](mailto:kilian.wasmer@empa.ch)), Empa, Thun: **SIWIS: Ultra Thin Silicon Wafer Cutting by Multi-Wire Sawing** <http://www.empathun.ch>.
- [7] A. Dimitrov, P. Hoffmann, P. Nasch, ([anne.dimitrov@hesge.ch](mailto:anne.dimitrov@hesge.ch)), EIG / EPFL, Genève: **SIRE: Silicon recycling from wafering waste to produce reusable photovoltaic feedstock**.
- [8] P. Nasch, S. Schneeberger, ([stefan.schneeberger@amat.com](mailto:stefan.schneeberger@amat.com)), APPLIED MATERIALS SWITZERLAND, Cheseaux-sur-Lausanne: **BITHINK: Bifacial thin industrial multi-crystalline silicon solar cells** <http://www.hct.ch/> / <http://www.amat.com/>.
- [9] D. Brémaud, M. Kälin, A. N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), ETH, Zürich: **Large Area flexible CIGS: Flexible CIGS solar cells on large area polymer foils with in-line deposition methods and application of alternative back contacts** <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [10] A. N. Tiwari, M. Kälin, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), ETH, Zürich: **Thin Film CIGS Solar Cells with a Novel Low Cost Process** <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [11] D. Brémaud, A. N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), ETH, Zürich: **LARCIS: Large-Area CIS Based Thin-Film Solar Modules for Highly Productive Manufacturing** <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [12] D. Brémaud, R. Verma, S. Bücheler, S. Seyrling, A. N. Tiwari, ([tiwari@phys.ethz.ch](mailto:tiwari@phys.ethz.ch)), ETH, Zürich: **ATHLET: Advanced Thin-Film Technologies for Cost Effective Photovoltaics** <http://www.hmi.de/projects/athlet/> / <http://www.tfp.ethz.ch>.
- [13] M. Kaelin, ([marc.kaelin@flisom.ch](mailto:marc.kaelin@flisom.ch)), FLISOM, Zürich: **Development of flexible CIGS Solar Modules with metal Grids** <http://www.flisom.ch>.
- [14] M. Grätzel, A. Mc Evoy, ([michael.graetzel@epfl.ch](mailto:michael.graetzel@epfl.ch)), EPFL, Lausanne: **Dye-sensitised Nanocrystalline Solar Cells** <http://isic.epfl.ch/>.
- [15] <sup>2</sup>Y.-H. Yum, <sup>1</sup>P. Walter, <sup>1</sup>S. Huber, <sup>1</sup>D. Rentsch, <sup>1</sup>T. Geiger, <sup>1</sup>F. Nüesch, <sup>1</sup>F. De Angelis, <sup>2</sup>M. Grätzel, <sup>2</sup>M. K. Nazeeruddin, ([frank.nueesch@empa.ch](mailto:frank.nueesch@empa.ch)), <sup>1</sup>EMPA, Dübendorf, <sup>2</sup>EPFL, Lausanne: **ThinPV - Efficient Far Red sensitization of Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> films by an unsymmetrical squaraine dye** <http://www.empa.ch>.
- [16] <sup>1</sup>B. Fan, <sup>1</sup>R. Hany, <sup>1</sup>F. Nüesch, <sup>2</sup>J.-E. Moser, ([frank.nueesch@empa.ch](mailto:frank.nueesch@empa.ch)), <sup>1</sup>EMPA, Dübendorf, <sup>2</sup>EPFL, Lausanne: **ThinPV - Doping of cyanine solar cells: enhancing charge transport** <http://www.empa.ch>.
- [17] F. Nüesch, ([frank.nueesch@empa.ch](mailto:frank.nueesch@empa.ch)), EMPA, Dübendorf: **Transparent and Flexible Solar Cell Electrodes made from Precision Fabric** <http://www.empa.ch>.
- [18] T. Meyer, A. Meyer, ([toby@solaronix.com](mailto:toby@solaronix.com)), SOLARONIX, Aubonne: **FULLSPECTRUM: A new PV wave making more efficient use of the solar spectrum** <http://www.fullspectrum-eu.org/> / [www.solaronix.com](http://www.solaronix.com).
- [19] T. Meyer, ([toby@solaronix.com](mailto:toby@solaronix.com)), SOLARONIX, Aubonne: **ORGAPVNET: Coordination Action towards stable and low-cost organic solar cell technologies and their application** [www.solaronix.com](http://www.solaronix.com).
- [20] T. Meyer, A. Meyer, ([toby@solaronix.com](mailto:toby@solaronix.com)), SOLARONIX, Aubonne: **NAPOLYDE: Nano structured polymer deposition processes for mass production of innovative systems for energy production & control and for smart devices** <http://www.napolyde.org/> / <http://www.solaronix.com>.
- [21] M. Spirig, A. Luzzi, ([info@solarenergy.ch](mailto:info@solarenergy.ch)), INSTITUT FÜR SOLARTECHNIK SPF, Rapperswil: **PECNet: Aufbau eines Schweizer Kompetenznetzwerks für die Solare Wasserspaltung mittels hybrider PV-PEC Zellen** <http://www.solarenergy.ch>.
- [22] T. Szacsvasy, ([sz@3-s.ch](mailto:sz@3-s.ch)), 3S, Lyss: **BIPV-CIS- Improved integration of PV into existing buildings by using thin film modules for retrofit** <http://www.3-s.ch>.
- [23] D. Chianese, A. Bernasconi, N. Cereghetti, A. Realini, G. Friesen, E. Burà, I. Pola, K. Nagel, ([domenico.chianese@supsi.ch](mailto:domenico.chianese@supsi.ch)), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **Centrale di test ISAAC-TISO: Qualità e resa energetica di moduli fotovoltaici** <http://www.isaac.supsi.ch>.
- [24] G. Friesen, ([gabi.friesen@supsi.ch](mailto:gabi.friesen@supsi.ch)), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **PERFORMANCE - ISAAC Activities** <http://www.pv-performance.org/> / [www.isaac.supsi.ch](http://www.isaac.supsi.ch).
- [25] <sup>1</sup>W. Durisch, <sup>1</sup>J.-C. Mayor, <sup>2</sup>King Hang Lam, ([wilhelm.durisch@psi.ch](mailto:wilhelm.durisch@psi.ch)), <sup>1</sup>PSI, Villigen, <sup>2</sup>University of Hong Kong: **Wirkungsgrad und jährliche Stromproduktion von Photovoltaikmodulen** <http://www.psi.ch/>.
- [26] H. Häberlin, L. Borgna, D. Gfeller, M. Kämpfer, U. Zwahlen, ([heinrich.haerberlin@bfh.ch](mailto:heinrich.haerberlin@bfh.ch)), BERNER FACHHOCHSCHULE, Burgdorf: **Photovoltaik Systemtechnik 2007-2010 (PVSYSSTE 07-10)** <http://www.pvtest.ch>.

- [27] <sup>1</sup> P. Toggweiler, <sup>1</sup> S. Stettler, <sup>2</sup> P. Felder, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), <sup>1</sup> ENECOLO, Mönchaltorf, <sup>2</sup> SPUTNIK ENGINEERING, Biel: **Solar Inverter mit integriertem BackUp SIMIBU** <http://www.solarstrom.ch>.
- [28] P. Gaillard, ([pgaillard@maxwell.com](mailto:pgaillard@maxwell.com)), MAXWELL TECHNOLOGIES, Rossens: **SOS-PVI: Security of Supply Photovoltaic Inverter** <http://www.maxwell.com>.
- [29] S. Stettler, P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO, Mönchaltorf: **PV-BUK - Betriebs- und Unterhaltskosten von PV-Anlagen** <http://www.solarstrom.ch>.
- [30] N. Jungbluth, M. Tuchschnid, ([jungbluth@esu-services.ch](mailto:jungbluth@esu-services.ch)), ESU-SERVICES, Uster: **Update Photovoltaic in view of ecoinvent data v2.0** <http://www.esu-services.ch>.
- [31] N. Jungbluth, ([jungbluth@esu-services.ch](mailto:jungbluth@esu-services.ch)), ESU-SERVICES, Uster: **Schweizer Beitrag IEA PVPS Programm Task 12 - Umwelt-, Sicherheits- und Gesundheitsaspekte** <http://www.esu-services.ch>.
- [32] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO, Mönchaltorf: **ENVISOLAR - Environmental Information Services for Solar Energy Industries** <http://www.envisolar.com> / <http://www.solarstrom.ch>.
- [33] A. Schüler, A. Kostro, B. Huriet, ([andreas.schueler@epfl.ch](mailto:andreas.schueler@epfl.ch)), EPFL - LESO-PB, Lausanne: **Evaluation du potentiel de concentrateurs à Quantum Dots pour la production d'électricité photovoltaïque** <http://lesowww.epfl.ch>.
- [34] R. Durot, ([r.durot@zagsolar.ch](mailto:r.durot@zagsolar.ch)), ZAGSOLAR, Kriens: **Center of competence for building integrated solar installations** <http://www.zagsolar.ch>.
- [35] W. Durisch, ([wilhelm.durisch@psi.ch](mailto:wilhelm.durisch@psi.ch)), PSI, Villigen: **FULLSPECTRUM: A new PV wave making more efficient use of the solar spectrum** <http://www.fullspectrum-eu.org/> / <http://www.psi.ch/>.
- [36] A. Borschberg, ([andre.borschberg@solarimpulse.com](mailto:andre.borschberg@solarimpulse.com)), SOLAR IMPULSE, Lausanne: **Solarimpulse** <http://www.solar-impulse.com>.
- [37] R. Domjan, ([info@planetsolar.org](mailto:info@planetsolar.org)), PLANETSOLAR, Neuchâtel: **PlanetSolar** <http://www.planetsolar.org/>.
- [38] A. Borschberg, ([andre.borschberg@solarimpulse.com](mailto:andre.borschberg@solarimpulse.com)), SOLAR IMPULSE, Lausanne: **Ultralight Photovoltaic Structures** <http://www.solar-impulse.com>.
- [39] L. Palmer, ([solartaxi@gmail.com](mailto:solartaxi@gmail.com)) **Solartaxi** <http://www.solartaxi.com>.
- [40] P. Hüsser, ([pius.huesser@novaenergie.ch](mailto:pius.huesser@novaenergie.ch)), NOVA ENERGIE, Aarau: **Schweizer Beitrag zum IEA PVPS Programm - Task 1** [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org) / <http://www.novaenergie.ch/>.
- [41] Th. Nordmann, L. Clavadetscher, ([nordmann@tnc.ch](mailto:nordmann@tnc.ch)), TNC CONSULTING, Erlenbach: **IEA PVPS Programm Task 2 Schweizer Beitrag 2007** <http://www.tnc.ch>.
- [42] S. Nowak, ([stefan.nowak@netenergy.ch](mailto:stefan.nowak@netenergy.ch)), NET, St. Ursen: **REPIC: Renewable Energy Promotion in International Co-operation** <http://www.repic.ch>.
- [43] P. Renaud, P. Bonhôte, ([pierre.renaud@planair.ch](mailto:pierre.renaud@planair.ch)), Planair, La Sagne: **IEA PVPS Task 10 – Swiss contribution** <http://www.planair.ch>.
- [44] H. Barth, Sputnik, Biel: **IEA PVPS Task 11 : Hybride Photovoltaik Systemen in Mininetzen.**
- [45] J. Remund, M. Rindlisbacher, D. Domeisen ([remund@meteotest.ch](mailto:remund@meteotest.ch)), METEOTEST, Bern: **IEA SHC Task 36: Solar resource knowledge management** <http://www.meteotest.ch>.
- [46] P. Ineichen, ([pierre.ineichen@cuepe.unige.ch](mailto:pierre.ineichen@cuepe.unige.ch)), CUEPE, Genève: **Solar Resource Management, IEA Solar Heating & Cooling Programme, Task 36** <http://www.unige.ch/cuepe>.
- [47] M. Real, T. Hostettler, ([alphareal@access.ch](mailto:alphareal@access.ch)), SWISSOLAR, Zürich: **Normenarbeit für PV Systeme** <http://www.swissolar.ch>.
- [48] <sup>1</sup> S. Nowak, <sup>1</sup> M. Gutschner, <sup>1</sup> S. Gnos, <sup>2</sup> U. Wolfer, ([stefan.nowak@netenergy.ch](mailto:stefan.nowak@netenergy.ch)), <sup>1</sup> NET, St. Ursen, <sup>2</sup> BFE, Ittigen: **PV-ERA-NET: Networking and Integration of National and Regional Programmes in the Field of Photovoltaic (PV) Solar Energy Research and Technological Development (RTD) in the European Research Area (ERA)** <http://www.pv-era.net> / <http://www.netenergy.ch>.

## P+D PROJEKTE

- [49] D. Chianese, I. Pola, E. Burà, A. Bernasconi, ([domenico.chianese@supsi.ch](mailto:domenico.chianese@supsi.ch)), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **Flat roof integration CPT solar** <http://www.isaac.supsi.ch>.
- [50] P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO, Mönchaltorf: **Praxistest Backup Wechselrichter** <http://www.solarstrom.ch>.
- [51] D. Chianese, ([domenico.chianese@supsi.ch](mailto:domenico.chianese@supsi.ch)), SUPSI, DACD, ISAAC-TISO, Canobbio: **Degradations- und Annealingverhalten von Modulen mit amorphen Zellen** <http://www.isaac.supsi.ch>.
- [52] P. Goulpié, D. Fisher, ([pascal.goulpie@flexcell.com](mailto:pascal.goulpie@flexcell.com)), VHF-TECHNOLOGIES, Yverdon, **Toiture expérimentale 2kW Flexcell** <http://www.flexcell.ch>.
- [53] Th. Böhni, J. Rümmele, ([boehni@euu.ch](mailto:boehni@euu.ch)), BÖHNI ENERGIE UND UMWELT, Frauenfeld: **Nullenergieschulhaus Heilpädagogisches Zentrum Ekkharthof Kreuzlingen** <http://www.euu.ch>.
- [54] S. Stettler, P. Toggweiler, ([info@enecolo.ch](mailto:info@enecolo.ch)), ENECOLO, Mönchaltorf: **Dachintegration mit amorphen Dünnschichtzellen Turnhalle Wiesendangen** <http://www.solarstrom.ch>.
- [55] Ch. Meier, R. Frei, ([info@energieburo.ch](mailto:info@energieburo.ch)), ENERGIEBÜRO, Zürich: **Preparation and Realisation of the Test- and Pilot Installation SOLIGHT** <http://www.energieburo.ch>.
- [56] Th. Hostettler ([Hostettler\\_Engineering@Compuserve.com](mailto:Hostettler_Engineering@Compuserve.com)), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, Bern: **Messkampagne Wittgikofen.**
- [57] Th. Hostettler ([Hostettler\\_Engineering@Compuserve.com](mailto:Hostettler_Engineering@Compuserve.com)), INGENIEURBÜRO HOSTETTLER, Bern: **Photovoltaic Energy Statistics of Switzerland 2006.**

- [58] U. Muntwyler, ([muntwyler@solarcenter.ch](mailto:muntwyler@solarcenter.ch)), MUNTWYLER ENERGIETECHNIK, Zollikofen: **Autonome Stromversorgung mit Photovoltaik und Brennstoffzellen** <http://www.solarcenter.ch>.
- [59] P. Schudel, A. Kottmann, ([info@benetz.ch](mailto:info@benetz.ch)), BE NETZ, Luzern: **17.6 kW Installation with Thin-Film-Modules on the Flat Roof at the CNB-Building of the ETHZ** <http://www.benetz.ch>.
- [60] R. Durot, ([r.durot@zagsolar.ch](mailto:r.durot@zagsolar.ch)), ZAGSOLAR, Kriens: **Photovoltaic- Façade, Mounting System for Thin-Film-Modules** <http://www.zagsolar.ch>.

## 12. Referenzen

- [61] **Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology**, The European Photovoltaic Technology Platform, 2007, [http://www.eupvplatform.org/fileadmin/Documents/PVPT\\_SRA\\_Complete\\_070604.pdf](http://www.eupvplatform.org/fileadmin/Documents/PVPT_SRA_Complete_070604.pdf).
- [62] **Zukunft der Photovoltaik-Branche: Des "Unschätzbaren" Bewertung, LBBW-Markmodell Version 3.0**, S. Droxner LBBW Landesbank Baden-Württemberg, Februar 2008.
- [63] **Nachhaltigkeitsstudie – Solarenergie 2007**, M. Fawer-Wasser, Sarasin, November 2007.
- [64] **Trends in Photovoltaic Applications in selected IEA countries between 1992 and 2006**, IEA PVPS Task 1–16:2007, <http://www.iea-pvps.org>.
- [65] **Das Photovoltaik-Potential im Gebäudepark der Stadt Zürich**, Oktober 1998, NET Nowak Energie & Technologie, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.netenergy.ch>.
- [66] **Potentiel Photovoltaïque dans le Canton de Fribourg**, November 1998, NET Nowak Energie & Technologie, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.netenergy.ch>.
- [67] **Le Potentiel Solaire dans le Canton de Genève**, November 2004, NET Nowak Energie & Technologie, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.netenergy.ch>.
- [68] **Potential for Building Integrated Photovoltaics**, IEA PVPS Task 7-4-2002, NET Nowak Energie & Technologie, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.netenergy.ch>.
- [69] **Road Map Erneuerbare Energien Schweiz - Eine Analyse zur Erschliessung der Potenziale bis 2050**, Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften SATW, 8023 Zürich, <http://www.satw.ch>, Dezember 2006
- [70] **Shell energy scenarios to 2050**, Shell International BV, <http://www.shell.com/scenarios>, 2008.
- [71] **Energy Technology Perspectives 2008 - Scenarios and Strategies to 2050**, IEA, <http://www.iea.org>, 2008.
- [72] **PV Status Report 2007 - Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics**, A. Jäger-Waldau, European Commission, August 2007.
- [73] **PVNET European Roadmap for PV R&D**, A. Jäger-Waldau, European Commission, March 2004.
- [74] **Solar Generation IV - 2007, Solar electricity for over one billion people and two million jobs by 2020**, Ch. Wolfsegger EPIA, S. Teske Greenpeace, <http://www.epia.org>.
- [75] **Overview "PV Roadmap toward 2030" (PV2030) - For realisation of mass introduction of PV systems**, NEDO, 2004
- [76] **EPIA Roadmap**, European Photovoltaic Industry Association (EPIA), <http://www.epia.org>, 2004.
- [77] **Solar America Initiative - A Plan for the Integrated Research, Development, and Market Transformation of Solar Energy Technologies (draft version)**, DOE, 2007.
- [78] **Our Solar Power Future - The U.S. Photovoltaics Industry Roadmap Through 2030 and Beyond**, <http://www.seia.org/roadmap.pdf>, September 2004.
- [79] **European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)**, [http://ec.europa.eu/energy/res/setplan/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/res/setplan/index_en.htm)
- [80] **Konzept der Energieforschung des Bundes 2008 bis 2011**, Eidgenössische Energieforschungskommission CORE, 2007, <http://www.energieforschung.ch>.
- [81] **Programm Photovoltaik Ausgabe 2008, Überblicksbericht 2007**, April 2008, zu beziehen bei der Programmleitung Photovoltaik, c/o NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.photovoltaik.ch>.
- [82] **Programme photovoltaïque édition 2008, Rapport de synthèse 2007**, April 2008, zu beziehen bei der Programmleitung Photovoltaik, c/o NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.photovoltaik.ch>.
- [83] **Photovoltaic Programme Edition 2008, Summary Report, Project List, Annual Project Reports 2007 (Abstracts)**, April 2008, zu beziehen bei der Programmleitung Photovoltaik, c/o NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.photovoltaik.ch>.
- [84] **Programm Photovoltaik Ausgabe 2008, Überblicksbericht, Liste der Projekte, Jahresberichte der Beauftragten 2007**, April 2008, zu beziehen bei der Programmleitung Photovoltaik, c/o NET, Waldweg 8, 1717 St. Ursen, [info@netenergy.ch](mailto:info@netenergy.ch), <http://www.photovoltaik.ch>.

## 13. Internetlinks

### Nationale Institutionen

BAFU	Bundesamt für Umwelt	<a href="http://www.bafu.admin.ch">http://www.bafu.admin.ch</a>
BFE	Bundesamt für Energie	<a href="http://www.bfe.admin.ch">http://www.bfe.admin.ch</a>
BFH-TI	Berner Fachhochschule - Technik und Informatik	<a href="http://www.ti.bfh.ch">http://www.ti.bfh.ch</a>
CCEM	Kompetenzzentrum Energie und Mobilität	<a href="http://www.ccem.ch">http://www.ccem.ch</a>
CORE	Eidgenössische Energieforschungskommission	<a href="http://www.bfe.admin.ch">http://www.bfe.admin.ch</a>
CRPP	Centre de Recherche en Physique des Plasmas EPFL	<a href="http://crppwww.epfl.ch">http://crppwww.epfl.ch</a>
CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA	<a href="http://www.csem.ch">http://www.csem.ch</a>
CUEPE	Université de Genève - Groupe Energie	<a href="http://www.unige.ch/cuepe">http://www.unige.ch/cuepe</a>
DACD SUPSI	Architecture Construction and Design Departement	<a href="http://www.dacd.supsi.ch">http://www.dacd.supsi.ch</a>
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	<a href="http://www.deza.admin.ch">http://www.deza.admin.ch</a>
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt	<a href="http://www.empa.ch">http://www.empa.ch</a>
EPFL	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	<a href="http://www.epfl.ch">http://www.epfl.ch</a>
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich	<a href="http://www.ethz.ch">http://www.ethz.ch</a>
FH Burgdorf	Fachhochschule für Technik und Informatik Burgdorf	<a href="http://www.hti.bfh.ch">http://www.hti.bfh.ch</a>
HSR	Hochschule für Technik Rapperswil	<a href="http://www.hsr.ch">http://www.hsr.ch</a>
IEC	International Electrotechnical Commission	<a href="http://www.iec.ch">http://www.iec.ch</a>
IMT	Institut de Microtechnique Universität Neuchâtel	<a href="http://www2.unine.ch/imt">http://www2.unine.ch/imt</a>
ISIC	Institute of Chemical Sciences and Engineering	<a href="http://isic.epfl.ch">http://isic.epfl.ch</a>
KTI	Förderagentur für Innovation	<a href="http://www.kti-cti.ch">http://www.kti-cti.ch</a>
ISAAC	Institute for applied sustainability to the built environment	<a href="http://www.isaac.supsi.ch">http://www.isaac.supsi.ch</a>
LESO	Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment	<a href="http://leso.epfl.ch">http://leso.epfl.ch</a>
NTB	Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs	<a href="http://www.ntb.ch">http://www.ntb.ch</a>
PSI	Paul Scherer Institut	<a href="http://www.psi.ch">http://www.psi.ch</a>
SBF	Staatssekretariat für Bildung und Forschung	<a href="http://www.sbf.admin.ch">http://www.sbf.admin.ch</a>
SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft	<a href="http://www.seco.admin.ch">http://www.seco.admin.ch</a>
SUPSI	Scuola universitaria professionale della Svizzera Italiana	<a href="http://www.supsi.ch">http://www.supsi.ch</a>
VSE	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen	<a href="http://www.strom.ch">http://www.strom.ch</a>

### Internationale Organisationen

EU (RTD)	<i>Europäische Union (RTD-Programme)</i> Forschungs- und Entwicklungsinformationsdienst der Europäischen Gemeinschaft	<a href="http://www.cordis.lu">http://www.cordis.lu</a>
ESA	European Space Agency	<a href="http://www.esa.int">http://www.esa.int</a>
GEF	Global Environment Facility	<a href="http://www.gefweb.org">http://www.gefweb.org</a>
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit	<a href="http://www.gtz.de">http://www.gtz.de</a>
IEA	International Energy Agency	<a href="http://www.iea.org">http://www.iea.org</a>
IEA SHC	IEA Solar Heating and Cooling	<a href="http://www.iea-shc.org">http://www.iea-shc.org</a>
IEA PACES	IEA SolarPACES	<a href="http://www.solarpaces.org">http://www.solarpaces.org</a>
IEA PVPS	IEA Photovoltaic Power Systems Programme	<a href="http://www.iea-pvps.org">http://www.iea-pvps.org</a>
IEC	International Electrotechnical Commission	<a href="http://www.iec.ch">http://www.iec.ch</a>
IFC	International Finance Corporation	<a href="http://www.ifc.org">http://www.ifc.org</a>
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau	<a href="http://www.kfw.de">http://www.kfw.de</a>
REEEP	Renewable energy & energy efficiency partnership	<a href="http://www.reeep.org">http://www.reeep.org</a>
UNDP	United Nations Development Programme	<a href="http://www.undp.org">http://www.undp.org</a>
UNEP	United Nations Environment Programme	<a href="http://www.unep.org">http://www.unep.org</a>

## 14. Weiterführende Internetlinks

	Photovoltaik Webseite Schweiz	<a href="http://www.photovoltaik.ch">http://www.photovoltaik.ch</a>
	EnergieSchweiz	<a href="http://www.energie-schweiz.ch">http://www.energie-schweiz.ch</a>
	Energieforschung des Bundes	<a href="http://www.energieforschung.ch">http://www.energieforschung.ch</a>
SNF	Schweizerischer Nationalfonds	<a href="http://www.snf.ch">http://www.snf.ch</a>
ETH-Rat	Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen	<a href="http://www.ethrat.ch">http://www.ethrat.ch</a>
BFS	Bundesamt für Statistik	<a href="http://www.bfs.admin.ch">http://www.bfs.admin.ch</a>
IGE	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum	<a href="http://www.ige.ch">http://www.ige.ch</a>
METAS	Bundesamt für Metrologie	<a href="http://www.metas.ch/">http://www.metas.ch/</a>
Swissolar	Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie	<a href="http://www.swissolar.ch">http://www.swissolar.ch</a>
SSES	Schweizerische Vereinigung für Sonnenenergie	<a href="http://www.sses.ch">http://www.sses.ch</a>
	Photovoltaik Webseite des US Department of Energy	<a href="http://www.eere.energy.gov/solar/">http://www.eere.energy.gov/solar/</a>
ISES	International Solar Energy Society	<a href="http://www.ises.org">http://www.ises.org</a>
ESRA	European Solar Radiation Atlas	<a href="http://www.helioclim.net/esra/">http://www.helioclim.net/esra/</a>



## Anhang 1 – Stand der einzelnen Photovoltaik-Technologien

Entwicklungsstand der verschiedenen PV Technologien 2008					
Technologie	Kleine Laborzelle	Grosse Laborzelle	Pilotprod. Labor	Industrielle Pilotprod.	Industrielle Produktion
Monokristallines Silizium	→				
Multikristallines Silizium	→				
Kristallines Silizium Bandgezogen	→				
CSG Crystalline Silicon on Glass	→				
Kristalline Sliver Technology	→				
Kugelsilizium Zelle	→				
Andere kristalline Siliziumzellen	→				
Amorphes Silizium	→				
Mikromorphes Silizium	→				
CdTe	→				
CIS (CI Diselenid)	→				
CIS (CI Sulfid)	→				
Kugel CIS Zelle	→				
GaAs	→				
Farbstoffzellen	→				

## Anhang 2 – Auszug Energieforschungskonzept CORE 2008 – 2011

### PHOTOVOLTAIK

#### Ausgangslage

Die Stromerzeugung mit Solarzellen hat weltweit einen mittleren jährlichen Zuwachs von 35 % zu verzeichnen und bildet 2005 einen Markt von ca. 8 Mia. Euro. Im Jahr 2005 wurden weltweit gegen 1,5 GW Solarmodule produziert, insgesamt sind rund 4,5 GW installiert. Photovoltaiksysteme sind technisch ausgereift und produzieren zuverlässig elektrische Energie. Die Photovoltaik-Forschung erfährt weltweit einen Aufschwung. Die Schweiz belegt in der Forschung und Entwicklung international einen Spitzenrang und hat grosse Erfahrung in der Anwendung der Photovoltaik. In den vergangenen Jahren konnte die Industriebasis stark ausgebaut werden. Der Umsatz der Schweizer Photovoltaik erreichte 2005 mindestens 250 Mio. Fr., 80 % davon im Export. Ende 2005 waren Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von über 25 MW installiert, deren Jahresproduktion rund 20 Mio. kWh erreicht.

#### Technische und ökonomische Ziele

Strom aus Photovoltaikmodulen ist noch immer rund dreibis fünfmal teurer als konventionell erzeugte Elektrizität, folgt aber einer Kostenlernkurve von ca. 20 % (20 % Kostenreduktion bei Verdoppelung des kumulierten Volumens). In den nächsten zehn bis zwanzig Jahren gilt es deshalb, technische und wirtschaftliche Herausforderungen mit Nachdruck anzugehen. Photovoltaikanlagen müssen zu wettbewerbsfähigen Systemen in breiteren Marktsegmenten entwickelt werden, in der Schweiz allen voran für netzgekoppelte, gebäudeintegrierte Anwendungen. Die generellen Ziele für die Forschung sind daher:

#### SCHWERPUNKTE DER FORSCHUNG 2008 BIS 2011

##### Zell-Technologie

- Industrielle Fertigung von Solarzellen und -modulen auf Basis von Dünnschichttechnologien. Ziel: Industriell wettbewerbsfähige Herstellungsprozesse und Produkte (Zellen, Module).
- Materialoptionen für Solarzellen der übernächsten Generation (z. B. organische und polymere Zellen). Ziel: Internationale Zusammenarbeit im Rahmen der EU Photovoltaik-Technologie-Plattform ausbauen.
- Fertigungsprozesse für dünnere Wafer. Ziel: Waferdicke 150 µm.

##### Solarmodule und Gebäudeintegration

- Echte Integration von Dünnschichtsolarmodulen in neue Produkte für Gebäudeintegration. Ziel: Industrielle Fertigung neuer PV-Gebäude-Komponenten mit Dünnschichttechnologie.

- Senkung der Kosten der Solarzellen und -module
- Kostenziel 2011 Modul: 3 Fr./W, System: 5 Fr./W
- Steigerung des Wirkungsgrads (Solarzellen)
- Senkung des Material- und Energieeinsatzes
- Vereinfachung und Standardisierung der elektrischen Systemtechnik, Steigerung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Wechselrichtern.
- Erhöhung der Verfügbarkeit und der Vielfalt industrieller Produkte.

	2008	2025	2050
<b>Zell-Technologie – Wirkungsgrade in der Produktion</b>			
Kristalline Zellen [%]	14 – 18	22	25
Dünnschichtzellen [%]	7 – 10	12 – 17	20
Organische Zellen-polymere Zellen [%]	-	10	15
<b>Solarmodule und Gebäudeintegration</b>			
Kosten Elektrizitäts-erzeugung [Rp./kWh]	30 – 80	15 – 30	10 – 20
<b>Elektrische Systemtechnik; Wechselrichter</b>			
Kosten [Fr./W]	0,7	0,3	0,2
Lebensdauer [Jahre]	10 – 20	25	30

**Tabelle:** Kennzahlen zur angestrebten Entwicklung der Photovoltaik

#### Mittelbedarf bis 2011

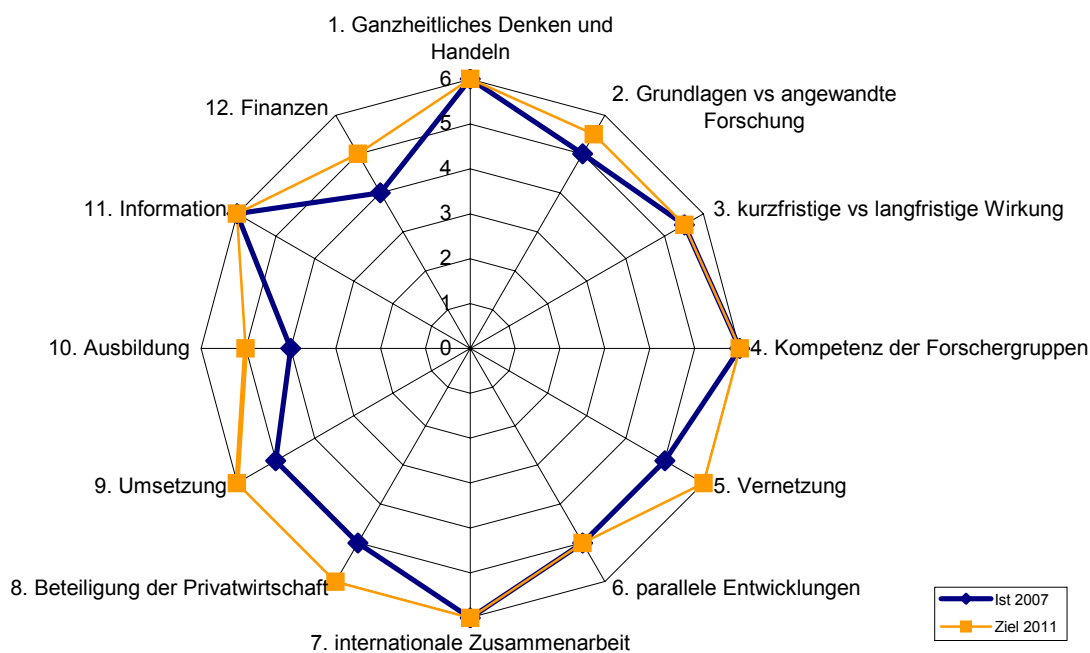
Angeht die starke Ausgangslage der Schweizer Forschung und Umsetzung (Industriebasis) und des grossen Potenzials der Photovoltaik wird der Forschung weiterhin hohe Priorität eingeräumt. Es wird angestrebt, die Forschungsanstrengungen bis im Jahr 2011 auf 12 Mio. Fr. je Jahr anzuheben. Zusätzlich müssen die stark gesunkenen P+D-Mittel der öffentlichen Hand wieder auf 3 Mio. Fr. pro Jahr aufgebaut werden.

- Produktsynergien mit Gebäudetechnik (green buildings) und Brennstoffzellen (mittelfristig). Ziel: Neue Lösungsansätze für Optimierung der Energieproduktion und -nutzung im Gebäude.

#### Elektrische Systemtechnik

- Neue Systemkomponenten für netzgekoppelte Anlagen, Insel- und Hybridsysteme. Ziel: Integrierte Produktlösungen für kombinierten Netz-, Insel- und Hybridbetrieb.
- Dezentrale Energieerzeugungssysteme, Energiespeicherung und Energienutzung. Ziel: Lösungsansätze für aktive Verbrauchssteuerung.

## Anhang 3 – Netzgrafik



### 1. Ganzheitliches Denken und Handeln (6 → 6)

Ist: Der Schweizer Photovoltaikansatz war schon sehr früh auf die Systemebene ausgerichtet, d.h. konkret auf die Betrachtung der Photovoltaik als *Energiesystem* und damit das optimale Zusammenspiel der einzelnen Komponenten in diesem System, die Programmbereiche sind entsprechend definiert und transdisziplinär ausgerichtet. Die Anwendungs- und Umsetzungsmöglichkeit erhält dabei stets grosse Beachtung, sodass reine Rekordparameter (z.B. Wirkungsgrad) nicht allein im Vordergrund stehen. Beides wurde durch die vergleichsweise frühe Anwendungserfahrung begünstigt und hat der Schweiz international zu einer Führungsrolle verholfen.

Die Photovoltaik war früher weitgehend auf ihre eigenen Aufgaben konzentriert, d.h. die Bereitstellung von Lösungen und Produkten für eine effiziente, zuverlässige und wettbewerbsfähige Anwendung der Technologie. Seit den durch die Komponenten der Leistungselektronik begünstigten Entwicklungen in der Photovoltaik Systemtechnik (z.B. Wechselrichter, Steckersysteme) konnten immer häufiger Entwicklungen aus anderen industriellen Technologiebereichen genutzt werden (z.B. Flachbildschirme – Dünnschicht-Solarzellen, Kontaktierung von Solarzellen, Automatisierung von Fertigungsstrassen).

2011: Der Systemansatz ist konsequent weiter zu verfolgen und auf ausgewählte Anwendungen zu konzentrieren. Gleichzeitig erweitert sich die Wechselwirkung mit anderen Technologien – sowohl in der Herstellung der Komponenten wie in der Diversifizierung der Anwendungen – damit

- a) der maximale Energienutzen und die Kosteneffizienz begünstigt werden, und
- b) die Photovoltaik vermehrt ein integraler Bestandteil künftiger Energiesysteme wird

Durch das anhaltende Marktwachstum kann die Photovoltaik für weitere Bereiche von unterstützenden Entwicklungen Nutzen ziehen (z.B. Nanotechnologie, organische Elektronik, neue Materialien für die Verkapselung, automatisierte Produktion, Gebäudetechnologie, Energiespeicherung, Energie Management Systeme, Smart Grids). Diese Entwicklungen sind demnach konsequent zu verfolgen und die Schnittstellen mit der Photovoltaik aktiv zu bearbeiten.

### 2. Grundlagen vs. Angewandte Forschung (5 → 5.5)

Ist: Das Programm Photovoltaik beinhaltet aufgrund seiner unterschiedlichen Bereiche für das Energiesystem Photovoltaik sowohl Aspekte der Grundlagenforschung wie solche der angewandten Forschung. Neue Konzepte für Solarzellen sind eher der Grundlagenforschung zuzuordnen während die weiteren Systemkomponenten mehr anwendungsorientiert sind – dementsprechend erfolgt auch die

Aufgabenteilung zwischen der Forschung an den Hochschulen (ETH's, Uni's) und den Fachhochschulen. Gesamthaft ist die Verteilung mit den zur Verfügung stehenden Mitteln und Möglichkeiten zur Einflussnahme als ausgewogen zu beurteilen

2011: Die Situation ändert sich nicht grundlegend; vielversprechende Ansätze für Solarzellen der letzten Jahre sollen weiter verbessert und industriell in der Massenfertigung umgesetzt werden. Parallel dazu werden aus der Grundlagenforschung neue Konzepte (z.B. Materialforschung, Nanotechnologie, usw.) für künftige Generationen von Solarzellen (> 2012) möglich. Die Aufteilung der Mittel zwischen Grundlagen und Angewandter Forschung sollte sich nicht mehr weiter zugunsten der Solarzellen verschieben.

### 3. Kurzfristige vs. Langfristige Aspekte (5.5 → 5.5)

Ist: Die Photovoltaik erlebt weltweit ein grosses Marktwachstum (ca. 40% jährlich), sodass neue Konzepte aus der Forschung rasch umgesetzt werden können und müssen. Die industriellen Aktivitäten werden ausgebaut und erfassen immer breitere Kreise. Dementsprechend ist die Forschung weltweit auf eine kurz- bis mittelfristige *Wirkung am Markt* orientiert. Der Bezug zum Markt ist damit für die Forschung von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die *energetische Wirkung* der Photovoltaik wesentlich mehr Zeit beansprucht. Das Schweizer Photovoltaik Programm berücksichtigt diese Situation in konsequenter Weise und richtet seine Aktivitäten entsprechend den kurz-, mittel- und langfristigen Anforderungen ausgewogen aus.

2011: Die Situation verändert sich nicht grundlegend. Aufgrund der anhaltenden Kostenreduktion nimmt die Anzahl wirtschaftlicher Anwendungen der Photovoltaik weiter zu, sodass ein kurz- bis mittelfristiger Horizont der Forschung weiterhin sinnvoll ist. Die Situation entwickelt sich dahingehend, dass die Marktstrukturen nachhaltiger werden und damit die Grundlage für die Erschliessung des langfristigen Potenzials gebildet wird. Es besteht ein wichtiger Zusammenhang zwischen kurzfristiger Entwicklung und langfristiger Wirkung.

### 4. Kompetenz der Forschergruppen (6 → 6)

Ist: Die Kompetenzen der Schweizer Photovoltaik Forschung geniessen in verschiedenen Gebieten (Solarzellen: Dünnschicht-Silizium – Uni NE, CIGS – ETHZ, Farbstoffzellen – EPFL; Systemtechnik: Module – ISAAC-TISO, Wechselrichter – HTI Burgdorf, Gebäudeintegration – LESO) weltweite Beachtung, sodass diese als sehr hoch eingestuft werden können.

2011: Die Kompetenzen der einzelnen Forschergruppen und die industriellen Aktivitäten können noch stärker zusammengeführt werden, sodass in ausgewählten Gebieten ausgeprägtere Kompetenznetzwerke entstehen (Bsp. Dünnschicht-Silizium, Gebäudeintegration BRENET), welche nebst den Kompetenzen auch die kritische Masse ermöglichen.

### 5. Vernetzung (5 → 6)

Ist: Die Schweizer Photovoltaik ist sowohl national wie international in sich sehr gut vernetzt und es findet ein reger Austausch statt. Die Vernetzung umfasst auch Organisationen der Zielbereiche wie die Elektrizitätswirtschaft, die Gebäudetechnologie, die Architektur, usw.. Regelmässige Workshops, Nationale Tagungen, umfassende Berichterstattung, Tätigkeiten der Verbände, usw. unterstützen diese Netzwerktätigkeit kontinuierlich. Trotzdem kann die Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie in ausgewählten Gebieten noch ausgebaut werden.

2011: Die bestehende Vernetzung soll im Sinn der raschen industriellen Umsetzung verstärkt werden; damit kann die Bedeutung der Photovoltaik für den Industriestandort Schweiz weiter angehoben werden. Die Integration der Photovoltaik im elektrischen Netz stellt neue Anforderungen an die Wechselwirkungen mit Akteuren der Elektrizitätswirtschaft.

### 6. Parallele Entwicklungen (5 → 5)

Ist: Parallele Entwicklungen werden im Bereich der Systemtechnik systematisch verfolgt, da unterschiedliche Anwendungen dies auch erfordern. Entscheidend ist dabei das jeweilige Anwendungspotenzial und damit die kritische Grösse des Marktes. Andererseits können im Bereich der Solarzellen aufgrund der verfügbaren Mittel nicht viele Wege mit derselben Priorität gleichzeitig verfolgt werden. Ein rascher Wechsel zwischen verschiedenen Technologie-Optionen ist hier aus Gründen der langen

Aufbauzeit entsprechender Kompetenzen nicht sinnvoll. Dementsprechend liegt die erste Priorität im Bereich der Solarzellen auf dem Dünnschicht-Silizium, gefolgt von CIGS-Solarzellen, für welche eine industrielle Umsetzung angestrebt wird. Farbstoff-, organische Solarzellen und neue Konzepte müssen – abgesehen von Nischenanwendungen – ihre Bedeutung für Energieanwendungen noch weisen und werden deshalb als exploratorische Forschung betrieben.

2011: Im Bereich der Systemtechnik hat eine Konsolidierung der Akteure und Lösungen stattgefunden, sodass die Marktrelevanz – auch für den Export – noch stärker in den Vordergrund rückt. Entsprechend werden parallele Entwicklungen hier tendenziell zurückgehen. Gleichzeitig wird in der Phase 2008 – 2011 die Situation im Bereich der Solarzellen differenziert betrachtet: Zum einen sollen die erfolgversprechenden Ansätze (Dünnschicht-Silizium) zur Umsetzung in Hinsicht auf industrielle Prozesse und Produkte konsequent weiter verfolgt werden. Andererseits werden die industriellen Aktivitäten seitens der kristallinen und der CIGS-Solarzellen verstärkt.

#### 7. Internationale Zusammenarbeit (6 → 6)

Ist: Die Schweizer Photovoltaik ist in der internationalen Zusammenarbeit sehr erfolgreich: Im Jahr 2007 waren es 11 EU-Projekte (wovon 3 Integrierte Projekte) sowie 6 Projekte im Photovoltaik Programm der IEA – IEA PVPS. Darüber hinaus erfolgen Beiträge an Aktivitäten der IEC. Seit 2001 hat die Schweiz den Vorsitz des IEA PVPS Programms und seit 2006 Einsitz im *Steering Committee* der *European Photovoltaic Technology Platform*.

2011: Die gute internationale Zusammenarbeit ist konsequent auf allen Ebenen weiter zu verfolgen. Aufgrund der bestehenden Erfahrung in internationalen Projekten soll die Schweizer Projektkoordination in EU-Projekten verstärkt werden. Die Bedingungen der neuen Instrumente der EU-Programme sind dabei zu beachten. Neue Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit entstehen durch die Ost-Erweiterung der EU sowie in Bezug auf die Entwicklungszusammenarbeit.

#### 8. Beteiligung der Privatwirtschaft (5 → 6)

Ist: Die Beteiligung der Privatwirtschaft am Programm Photovoltaik, vor allem der produzierenden Industrie, hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Sie vor allem durch die internationale Marktentwicklung geprägt und erfolgt primär exportorientiert. Gleichzeitig ist dies ein Resultat und ein wichtiger Erfolg einer über lange Jahre konsequent verfolgten Aufbauarbeit. Die F+E Aufwendungen der Privatwirtschaft sind damit heute bedeutend grösser als diejenigen der öffentlichen Hand, was der gewünschten Entwicklung entspricht.

2011: Die Beteiligung der Privatwirtschaft soll weiter vorangetrieben werden, insbesondere über KTI-Projekte und EU-Projekte. Es wird in diesem Zusammenhang mitentscheidend sein, ob weiterhin erfolgversprechende P+D-Projekte unterstützt und dafür eine Lösung gefunden werden kann.

#### 9. Umsetzung (5 → 6)

Ist: Die Umsetzung im Programm Photovoltaik konnte in den letzten Jahren bedeutende Erfolge erzielen, welche sich durch Neugründungen (z.B. Flisom), Ausbau (z.B. 3-S, Meyer Burger, VHF-Technologies), Diversifikationen (z.B. oerlikon solar, Sarnafil) oder wachsende Exporte (z.B. Applied Materials, Schweizer, Sputnik) ausdrücken. Diese Erfolge sind das Resultat einer kontinuierlichen und zielstrebigem Entwicklung über viele Jahre und sie erfolgen trotz einer eher schwierigen Marktsituation in der Schweiz. Hohe Fachkompetenz, eine gute Vernetzung und eine systematische Informationsstrategie sind dabei mitentscheidend.

2011: Die bisherigen Entwicklungen sollen fortgesetzt werden, sodass die industrielle Basis sowohl in Anzahl wie Volumen weiter zunehmen kann. Aufgrund der guten wissenschaftlich-technischen Ausgangslage besteht das Potenzial, die langjährigen Entwicklungen weiter am Markt umzusetzen und neue grosse Industrie Vorhaben an die Hand zu nehmen. Damit dies erfolgen kann, sind jedoch begleitende Massnahmen weiterhin von grosser Wichtigkeit. Auf der Angebotsseite sind hier KTI-Projekte von wachsender Bedeutung. Die Situation der Normen für Komponenten und Systeme muss noch verbessert werden, damit für die Umsetzung klare Verhältnisse bestehen, sowohl national wie international. Für erfolgversprechende P+D-Projekte muss unbedingt eine Lösung gefunden werden.

## 10. Ausbildung (4 → 5)

Ist: Generell besteht ein hohes Niveau von Fachleuten auf vielen Ebenen. Die Ausbildung von Fachkräften für die Forschung erfolgt durch die Forschungsaktivitäten an den verschiedenen Hochschulen und Fachhochschulen über die laufenden Projekte. Für den Bereich der Berufsschulen existiert ein spezifisches Ausbildungstool *Solar PowerBox*. Im Installationsbereich werden Kurse über das *Penta Projekt* angeboten. Die Empfehlungen zur Nutzung der Sonnenenergie sind im *Solarordner* des Fachverbandes SOLAR zusammengestellt. Aufgrund der grossen Nachfrage seitens der Privatwirtschaft stellt vor allem die zahlenmässige Verfügbarkeit genügend gut ausgebildeter Fachleute zunehmend ein Problem dar.

2011: Der spezifische Zusatzbedarf im Bereich Ausbildung richtet sich vornehmlich nach den rasch wachsenden Anforderungen der Industrie. In der Programmphase 2008 - 2011 hat dieser Bereich einen hohen Handlungsbedarf.

## 11. Information (6 → 6)

Ist: Das Programm Photovoltaik verfolgt ein kontinuierliches Informationskonzept mit den Schwerpunkten Internet ([www.photovoltaic.ch](http://www.photovoltaic.ch)), Jahresberichten in deutsch, französisch und englisch, Berichten über internationale Konferenzen sowie regelmässigen Workshops und Nationalen Tagungen. Dabei wird eine umfassende Programmdefinition verwendet, welche sämtliche Projekte mit Unterstützung der öffentlichen Hand umfasst.

2011: Das bisherige Konzept hat sich bewährt, deshalb sind grundsätzlich keine wesentlichen Änderungen vorgesehen. Ergänzend zur Photovoltaik homepage ([www.photovoltaic.ch](http://www.photovoltaic.ch)) wird ein entsprechender Inhalt auf der homepage des BFE realisiert. Vertiefende Workshops wechseln sich mit Nationalen Tagungen ab. Es findet eine regelmässige und verstärkte Wechselwirkung mit der Industrie statt.

## 12. Finanzen (4 → 5)

Ist: Die Gesamthöhe der öffentlichen Mittel, welche jährlich über die diversen Kanäle dem Schweizer Photovoltaik Programm (F+E, P+D) zufließen betrug bisher rund 11 Mio. CHF und war damit in den letzten Jahren stark rückläufig, insbesondere infolge der Kürzungen bei den P+D Budgets; das Bundesamt für Energie selbst trägt zurzeit ca. 15-20% dieser Aufwendungen. Die Privatwirtschaft investiert ihrerseits rund 50 Mio. CHF (2007). In diesen Zahlen nicht eingerechnet sind die Investitionen in Photovoltaik Anlagen, in welche jährlich schätzungsweise weitere 60 Mio. CHF fließen. Bisher konnte das Programm Photovoltaik damit trotz angespannter Finanzlage auf eine angemessene Kontinuität aufbauen, was einen wesentlichen Erfolgsfaktor darstellt.

2011: Angesichts der – gemessen an der Bedeutung und der Wirkung des Programms – knappen finanziellen Mittel ist eine breite Programmabstützung zwingender denn je. Diese wird denn auch mit Nachdruck verfolgt (z.B. KTI, EU). Um das Potenzial der Photovoltaik in der Schweiz zu realisieren – sowohl in der Industrie wie in der Anwendung – ist eine Erhöhung der Mittel dringend und wichtig. Nur so kann die Schweiz ihre ausgezeichnete Position im internationalen Vergleich auch in Zukunft wahren und weiter ausbauen.

## Anhang 4 – Internationale Programme und Netzwerke

### EU Rahmenforschungsprogramme

Die Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung (FRP) sind die Hauptinstrumente der Europäischen Union zur Umsetzung ihrer gemeinschaftlichen Wissenschafts- und Technologiepolitik. Die Teilnahme an den Forschungsrahmenprogrammen der EU, die von Brüssel aus verwaltet werden, gehört zu den wichtigsten Prioritäten der schweizerischen Wissenschaftspolitik. Schweizer Forschende aus den Hochschulen und der Privatwirtschaft beteiligen sich seit 1987 an den Rahmenprogrammen.

In Bezug auf die Teilnahmebedingungen der Schweiz an den FRP ist der 1. Januar 2004 ein wichtiges Datum. Bis dahin nahm die Schweizer Forschung mit beschränkten Rechten und direkt vom Bund finanziert an den Projekten der FRP teil. Nun ermöglichte ein entsprechendes bilaterales Abkommen mit der EU, dass die Schweiz als assoziiertes Land mit allen Rechten und Pflichten am 6. FRP teilnehmen konnte.

Ein vergleichbares bilaterales Abkommen bezüglich der integralen Teilnahme der Schweiz auch am 7. FRP (2007 - 2013) wurde am 25. Juni 2007 unterzeichnet und rückwirkend auf den 1. Januar 2007 in Kraft gesetzt. Damit können sich die Schweizer Forschenden, wie bereits am 6. FRP, mit denselben Rechten wie ihre Partner aus EU-Mitgliedstaaten auch an den Projekten des 7. FRP beteiligen und entsprechende Fördermittel in Brüssel beantragen.

Die Schweiz behält zudem das Recht, in den Leitungskomitees der spezifischen Programme sowie in diversen Steuerungsausschüssen vertreten zu sein, was einen privilegierten Zugang zu Informationen gewährt und ihr die Möglichkeit eröffnet, an der Durchführung der aktuellen sowie der Ausgestaltung zukünftiger EU-Rahmenprogramme mitzuwirken.

Im Jahr 2007 war die Schweizer Photovoltaik an 11 EU-Projekten der EU Rahmenforschungsprogramme beteiligt.

Weitere Informationen: <http://cordis.europa.eu>, <http://www.euresearch.ch/>

### EU PV Technology Platform

Technologie Plattformen sind ein neues Instrument der EU Technologieförderung, welches für ausgewählte Technologien eine breitere Trägerschaft und eine gemeinsame Strategie der beteiligten Akteure ermöglichen soll, indem Forschungskreise, Industrie, der Finanzsektor und staatliche Stellen in einer gemeinsam getragenen Plattform eingebunden sind und die notwendigen F+E Anstrengungen sowie die Massnahmen zur Umsetzung koordiniert angehen. Von besonderer Bedeutung ist dabei die starke Einbindung der Industrie, welche im Rahmen der Technologie-Plattformen eine tragende Rolle spielt. Die Europäische Photovoltaik Technologie Plattform wurde 2005 gegründet. Sie hat im Jahr 2007 die *Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology* (SRA) publiziert. Im Rahmen des von der Europäischen Kommission vorgeschlagenen *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)* wurden die Vorschläge des Photovoltaiksektors zu beschleunigenden Massnahmen in Hinsicht auf die EU 2020 Energieziele formuliert.

Die Schweiz ist in der Europäischen Photovoltaik Technologie Plattform 2008 wie folgt vertreten:

- *Steering Committee* und *Working Group 1 Policy and Instruments*:  
Dr. Stefan Nowak, Programmleiter Photovoltaik BFE
- *Working 3 Science, Technology & Applications*:  
Prof. Christophe Ballif / Dr. Nicolas Wyrsh, IMT Uni NE
- *Working Group 4 Developing Countries*: Prof. Arvind Shah

Weitere Informationen: <http://www.eupvplatform.org>

## PV-ERA-NET

ERA-NET's sind von der EU geförderte, europäische Netzwerke der nationalen Programmkoordinationsstellen (Ministerien und/oder Agenturen), welche auf ausgewählten Themen zusammenarbeiten und damit die europäische Forschungszusammenarbeit auf der bi- und multilateralen Ebene ergänzen sollen. PV-ERA-NET ist das entsprechende ERA-NET für die Photovoltaik. An diesem Netzwerk sind 13 Länder bzw. Regionen mit insgesamt 19 Partnern vertreten.

Die Schweiz ist in diesem Netzwerk definitionsgemäss durch die Programmleitung Photovoltaik vertreten und leitet in diesem Projekt das Arbeitspaket zum Informationsaustausch über Europäische Photovoltaik Programme.

Im Rahmen von PV-ERA-NET wurden in den letzten Jahren detaillierte Analysen der Ausrichtung und der Ausführung nationaler Photovoltaikprogramme erstellt und es finden erste gemeinsame Ausschreibungen mehrerer Länder statt.

Weitere Informationen: <http://www.pv-era.net>

## IEA PVPS

IEA PVPS ist das *Implementing Agreement* der IEA-Länder auf dem Gebiet der Photovoltaik. In IEA PVPS finden gemeinsame weltweite Forschungsprojekte auf ausgewählten Gebieten der Photovoltaik statt. IEA PVPS umfasst 22 Mitglieder, welche die wichtigsten IEA-Länder der Photovoltaik abdecken und ist damit eines der grössten und erfolgreichsten Programme der IEA Forschungszusammenarbeit.

Die Schweiz hat in diesem Programm den Vorsitz, was ausgezeichnete und wertvolle Beziehungen zu vielen weltweiten Photovoltaik Akteuren in Forschung, Industrie und Verwaltung verschafft. Gleichzeitig kann die Schweiz die internationalen Aktivitäten massgeblich mitgestalten und ihre Kompetenzen und Interessen effizient einbringen.

Die Schweiz ist in IEA PVPS wie folgt vertreten:

- *Executive Committee*: Dr. Stefan Nowak, Programmleiter Photovoltaik BFE
- *Task 1 Exchange and Dissemination of Information on Photovoltaic Power Systems*: Pius Hüsser, Nova Energie
- *Task 2 Performance, Reliability and Analysis of Photovoltaic Systems*: Thomas Nordmann, TNC
- *Task 9 Photovoltaic Services for Developing Countries*: Alex Arter, entec
- *Task 10 Urban Scale Photovoltaic Applications*: Pierre Renaud, Planair
- *Task 11 Hybrid Systems within Mini-Grids*: Harald Barth, Sputnik
- *Task 12 Environment, Health and Safety Issues of Photovoltaics*: Rolf Frischknecht, ESU-Services

Weitere Informationen: <http://www.iea-pvps.org>

## IEC

Die IEC ist die internationale Normenorganisation im Bereich der Elektrotechnik. Normen sind in jeder Technik wesentlicher Bestandteil der Produktentwicklung, der Tests und der Qualitätsüberprüfung. Die Normenarbeit im Bereich der Photovoltaischen Systeme ist Bestandteil des Technischen Komitees TC 82 und ist in 6 Working Group's aufgeteilt (*Glossary, Modules, non-concentrating Systems, PV energy storage systems, Balance-of-system components, Concentrator modules*). In den letzten Jahren ist das Interesse und der Wille gestiegen, dass nationale Photovoltaik Normen im Rahmen der internationalen IEC harmonisiert werden.

In der Schweiz werden die Arbeiten durch das TK 82 begleitet. Vertreter im IEC TC 82 ist im Namen von SWISSOLAR Peter Toggweiler, Enecolo.

Weitere Informationen: <http://www.iec.ch>