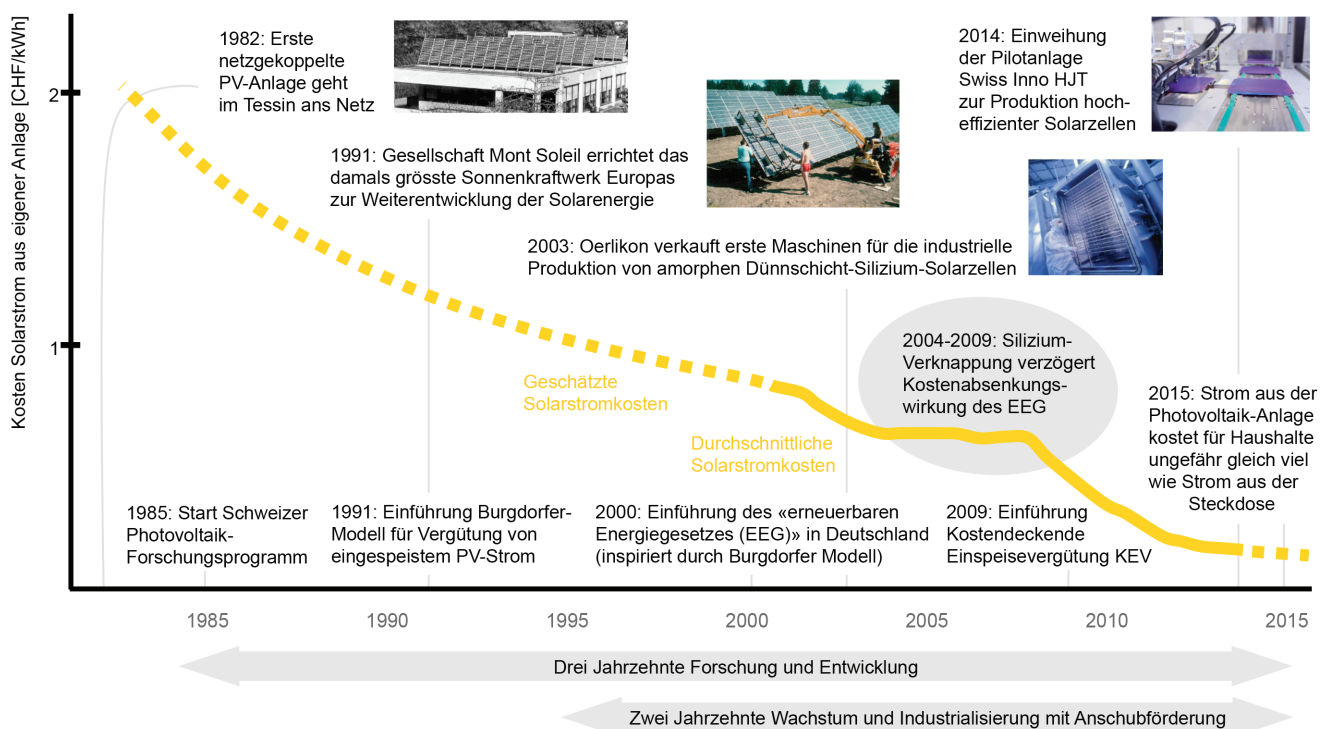


Forschung hat der Photovoltaik den Boden bereitet

Wer in den 1980er Jahren an die Photovoltaik (PV) glaubte, war damals – je nach Standpunkt – ein Visionär oder ein Utopist. Heute ist Solarstrom eine Realität in der Schweizer Energieversorgung und für alle erschwinglich. 30 Jahre Forschung und Entwicklung haben das Terrain für die technologische Innovation bereitet. Solarpioniere und finanzielle Anschubförderung für den PV-Markt haben die Photovoltaik bis zum Massenmarkt geführt.

Die Photovoltaik-Erfolgsgeschichte und einige Meilensteine für die Schweiz



Seit 30 Jahren wird in der Schweiz die Photovoltaik systematisch erforscht; die Kosten für Solarstrom sind massiv gesunken (gelbe Kurve). Illustration: BFE; SUPSI-1982; Gesellschaft Mont-Soleil; Oerlikon Solar; Daniel Hager/CEM-Meyer Burger

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

In der Schweiz produzieren gegenwärtig rund 50'000 dezentrale Photovoltaik-Anlagen im Jahr über eine Milliarde Kilowattstunden (kWh) Solarstrom. Das entspricht dem

Jahresbedarf von 250'000 Vier-Personen-Haushalten. Im laufenden Jahr steuert die Solarenergie rund zwei Prozent zum landesweiten Stromverbrauch bei. Wären zudem alle Anlagen am Netz, für die eine Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) beantragt ist, wäre der Anteil an Solarstrom sogar fast

Fachbeitrag zu den Erkenntnissen aus zahlreichen Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten im Bereich Photovoltaik, die vom Bundesamt für Energie finanziell unterstützt wurden. Der Beitrag wurde unter anderem im Fachmagazin Baublatt (Ausgabe Nr. 14/2016) publiziert.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

2 Forschung hat der Photovoltaik den Boden bereitet



In einer Pilotfabrik in Hauterive (NE) werden seit 2014 hocheffiziente Solarzellen hergestellt, welche eine Verbindung zwischen Dünnschicht-Technologie und den klassischen Silizium-Zellen eingehen. Foto: Daniel Hager/CSEM-Meyer Burger

dreimal so hoch. Vor 30 Jahren galt die Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität als ineffizient und teuer. Unterdessen setzt sich die Nutzung der Sonne zur Stromerzeugung mehr und mehr durch, und das Potenzial ist noch lange nicht ausgereizt. Nach Einschätzung von Energieexperten könnte Solarstrom schon bald 20 Prozent des Schweizer Strombedarfs decken.

Fördern und forschen

Der Strom aus Solaranlagen, der vor drei Jahrzehnten noch als unerschwinglich galt, lässt sich heute in neuen Anlagen für 19 Rappen/kWh produzieren. Solarstrom aus eigener Herstellung kostet damit ungefähr gleich viel wie Strom aus der Steckdose, wenn man ihn im eigenen Gebäude verbraucht. Möglich gemacht hat diese Erfolgsgeschichte auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Deutschland, das aus der Schweiz vom Burgdorfer Modell inspiriert war und 2000 in Kraft trat. Das EEG hat den Eintritt der Photovoltaik in den Massenmarkt stark beschleunigt und durch Skaleneffekte zu einer wesentlichen Kostenabsenkung bei den

PV-Anlagen geführt, die durch die Silizium-Verknappung 2004/2008 kurzzeitig verzögert wurde, dann aber voll durchgeschlagen hat. 15 Jahre Anschubförderung verbunden mit starkem Branchenwachstum haben die Kosten von Solarstrom markant verringert, seit den frühen 1980er Jahren auf rund einen Zehntel.

Grundlage dieses Siegeszugs war eine innovative Technologie. Die moderne Photovoltaik ist eine US-amerikanische Erfindung, welche weltweit breit erforscht wurde. Auch die Schweiz hat einen wesentlichen Beitrag geleistet. In unserem Land wurde ab den 1970er Jahren eine umfassende Gesamtenergiekonzeption aus der Taufe gehoben, die unter anderem auf die Photovoltaik setzte. Auf dieser Grundlage förderte das Bundesamt für Energiewirtschaft (heute: Bundesamt für Energie) seit 1985 die Erforschung der PV-Technologie und ihre Erprobung in Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekten. „Die Schweizer Forschung fand schon früh weltweite Beachtung, und gerade der Schweizer Ansatz, die Photovoltaik als Gesamtsystem zu begrei-

3 Forschung hat der Photovoltaik den Boden bereitet

fen, hatte viel Gewicht“, sagt im Rückblick Dr. Stefan Nowak, der im Auftrag des BFE das Forschungsprogramm Photovoltaik leitet. Zu diesem systematischen Ansatz gehörte von Beginn weg die Zielsetzung, die Photovoltaik nahtlos ins Gebäude zu integrieren, indem beispielsweise schon früh Dachziegel mit integrierten PV-Zellen erprobt wurden.

Fokus auf Dünnschicht-Zellen

Forschung+Entwicklung (F+E) schufen in der Photovoltaik die Grundlage für die kommerzi-



1982 ging an der Fachhochschule Südschweiz in Canobbio (TI) die erste netzgekoppelte PV-Anlage in Betrieb. Foto: SUPSI

elle Nutzung der Technologie im industriellen Massstab. Ein wichtiges Gebiet der Schweizer PV-Forschung seit den frühen 1990er Jahren war die am Institut de Microtechnique der Universität Neuenburg entwickelte Dünnschichttechnologie, vorangetrieben von führenden Solarforschungsteams unter der Leitung von Arvind Shah und Christophe Ballif beispielsweise. Bei Dünnschicht-Zellen wird das Silizium auf ein Trägermaterial aufgedampft und nicht wie bei 'klassischen' Silizium-Zellen aus Blöcken gesägt; das ermöglicht

eine Solarzellen-Produktion mit reduziertem Material- und Energieverbrauch. Innovativ war die Schweizer Forschung unter Führung von Ayodhya Nath Tiwari an der ETH Zürich bzw. heute an der Empa auch bei den CIGS-Solarzellen. Für grosses Aufsehen sorgten die Farbstoffsolarzellen aus dem Labor des Forschers Michael Grätzel an der ETH Lausanne (EPFL), das zurzeit mit einer Weiterentwicklung der Farbstoff-Solarzelle auf Perowskit-Basis Furore macht. Swiss made ist auch die Silizium-Heteroübergang-Zelle, die seit 2014 in einer Pilotfabrik in Hauterive (NE) gefertigt wird. Sie verheiratet die klassische kristalline Silizium-Zelle mit der Dünnschichtzelle zu einer hocheffizienten Solarzelle.

Die EPFL an den Standorten Neuenburg und Lausanne, das anwendungsorientierte Forschungsinstitut CSEM (Neuenburg) und die Empa (Dübendorf) sind heute die führenden Kompetenzzentren bei der Erforschung von PV-Zellen. Neben den Solarzellen an sich stehen elektronische Komponenten und Systemtechnologien im Fokus der Photovoltaik-Forschung. Die Fachhochschule Südschweiz (SUPSI) und die Fachhochschule Burgdorf haben hierzu in den letzten Jahrzehnten viel beachtete Beiträge geleistet. Unterdessen engagieren sich eine Reihe weiterer Fachhochschulen und Universitäten sowie die ETH Zürich in dem Forschungsgebiet. „Die Schweiz hat zu verschiedenen PV-Technologien eine Forschung von Weltrang“, konstatiert Stefan Nowak.

Die Anwendung und die industrielle Umsetzung im Blick

In den USA oder Japan ist die PV-Industrie aus einer starken Halbleiterindustrie hervorgegangen. Diese Voraussetzung hat in der Schweiz gefehlt. So erstaunt es kaum, dass das Land heute keine industrielle Produktion von PV-Zellen kennt. Allerdings hat die Schweizer Forschung immer wieder nach dem Anwendungsbezug der neuen Technologie gefragt, woraus Hersteller beispielsweise für spezialisierte Wechselrichter oder Stecker hervorgingen, um nur zwei Beispiele zu

nennen. Ein Meilenstein bei der Anwendung der Photovoltaik war auch die Inbetriebnahme der ersten netzgekoppelten Anlage Europas durch den Tessiner Solarpionier Mario Camani im Jahr 1982 auf dem Dach eines heutigen SUPSI-Gebäudes.

Nicht immer führen F+E-Anstrengungen zu einer Anwendung, und nicht jede Anwendung wird ein kommerzieller Erfolg. Diese Regel gilt auch für die Photovoltaik. So hat das Westschweizer Unternehmen Flexcell ebenso früh wie erfolgreich Pilotprojekte mit biegbaren (flexiblen) Solarzellen durchgeführt, ging aber trotz gut funktionierender Technologie aufgrund von finanziellen Schwierigkeiten Konkurs. Ein ähnliches Schicksal ereilte das Geschäftsfeld Dünnschicht-Zellen, das die japanische TEL Solar von der Schweizer Oerlikon Solar übernommen hatte. Im Januar 2014 wurde es wegen ungenügender Konkurrenzfähigkeit eingestellt. Ein Schritt, der womöglich hätte vermieden werden können, wäre die sehr erfolgversprechende Technologie zwei, drei Jahre früher am Markt gewesen.

Starkes Standbein als Zulieferer

Solche leidvollen Erfahrungen zeigen: Forschungsgetriebene Innovationen bringen nicht per se den Erfolg. Es braucht unter anderem auch die finanzielle Ausstattung, um in einem Markt zu reüssieren, der mitunter stark verzerrt ist; das gilt für die milliarden-schwere Subventionierung der PV-Produktion durch den chinesischen Staat ebenso wie für die Subventionen für die längst etablierten fossilen Energien und von Atomstrom. Die Schweizer PV-Unternehmen haben heute eine erhebliche Bedeutung als Zulieferer, ganz ähnlich, wie das aus dem Automobilsektor bekannt ist. Trotz des harten internationalen Wettbewerbs sind Schweizer Unternehmen entlang der PV-Wertschöpfungskette gut aufgestellt. Sie stellen Werkstoffe und Komponenten bereit, bauen Wechselrichter, liefern Installationssysteme, Produktionsanlagen und branchenspezifische Softwaretools. Dank starker F+E und enger Vernetzung mit



Das Solarkraftwerk am Hang des Mont Soleil im Jura wurde 1991 errichtet und war damals das grösste seiner Art in Europa. Foto: Gesellschaft Mont-Soleil

Top-Forschungsinstituten sind sie wettbewerbsfähig in den Exportmärkten.

Die PV-Branche setzt in der Schweiz mit geschätzt 5800 Arbeitsplätzen jährlich gut 800 Mio. Fr. um. „Anders als bei fossilen Energien und importiertem Strom ist Energie aus Schweizer PV-Anlagen zu einem guten Teil *swiss made*“, sagt Dr. Josef Känzig, Programmleiter Wissens- und Technologietransfer beim BFE, und ergänzt: „Über die Hälfte der Wertschöpfung bleibt in der Schweiz und schafft Arbeitsplätze.“

- » Auskünfte erteilt Dr. Stefan Nowak (stefan.nowak[at]netenergy.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Photovoltaik.
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte zum Thema Photovoltaik finden Sie unter: www.bfe.admin.ch/CT/PV; Fachartikel im Bereich Wissens- und Technologietransfer bei: www.bfe.admin.ch/CT/divers.

Von der Invention zur Innovation

Die 10. Schweizerische Energieforschungskonferenz vom 14./15. April 2016 in Luzern steht unter dem Titel „Energieforschung – von der Invention zur Innovation“. Experten präsentieren an der Fachtagung Strategien, Schwerpunkte und Ergebnisse der Energieforschung einem breiten Kreis von Entscheidungsträgern aus Wirtschaft, Forschung, Politik und Verwaltung. Dazu gehört das 'Konzept Energieforschung des Bundes 2017-2020', das die Eidgenössische Energieforschungskommission (CORE) erarbeitet hat. Ein weiteres wichtiges Thema sind in dem Jahr die acht 'Swiss Competence Centers for Energy Research' (SCCER), die aus dem Aktionsplan 'Koordinierte Energieforschung Schweiz' hervorgegangen sind und Energieforscher im ETH-Bereich, an den Universitäten und an Fachhochschulen mit der Industrie verknüpfen sollen. An der Konferenz werden ferner die ersten Resultate der Nationalen Forschungsprogramme 'Energiewende' (NFP 70) und 'Steuerung des Energieverbrauchs' (NFP 71) vorgestellt. Die Schweizerische Energieforschungskonferenz ist eine gemeinsame Veranstaltung des Bundesamts für Energie, der Kommission für Technologie und Innovation, des Schweizerischen Nationalfonds sowie der CORE. BV