

Innovationssystem Photovoltaik in Deutschland

Ulrich Dewald
RWTH Aachen
ulrich.dewald@
geo.rwth-aachen.de

1. Einleitung

Ausgehend von einer kurzen Darstellung des Innovationssystem-Ansatzes und dessen Anwendung auf die PV-Branche in Deutschland erläutert der Beitrag, wie verschiedene Entwicklungsphasen des PV-Produktionssystems in Deutschland erklärbar sind. Dies wird konkretisiert, indem gezeigt wird, dass das Wachstum der Photovoltaik-Industrie räumlich selektiv verläuft.

im bestehenden Wirtschaftssystem erklärt werden kann. Dies zeigt das in *Tabelle 1* skizzierte Zusammenwirken von Politik, Industrie und Forschung und das Herausbildung von Organisationen und Institutionen. Dabei konstituierte sich ein Innovationssystem aus:

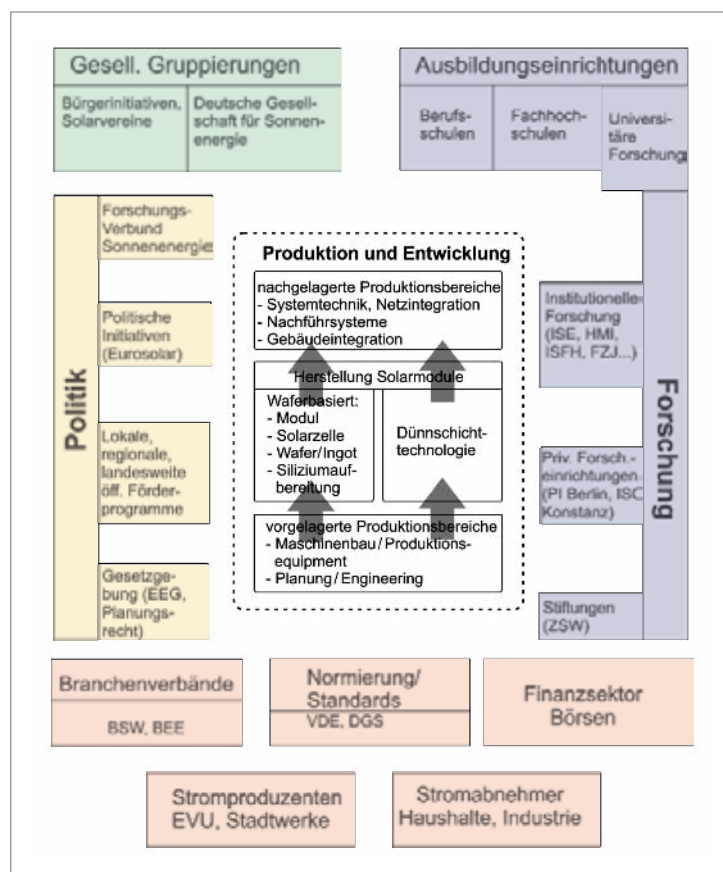
- politischen Institutionen, die auf bestimmte Technologien ausgerichtet sind
- produzierende Unternehmen
- breite Ausbildungs- und Forschungslandschaft.

2. Innovationssystem-Ansatz

In den Wirtschafts- und Raumwissenschaften existieren Ansätze, mit denen die Herausbildung neuer Technologien und deren Durchsetzung

Dabei bildeten sich nationale Innovationssysteme heraus, die sich von Staat zu Staat in vielfältiger Weise unterscheiden [2]. Allein ein Vergleich zwischen der deutschen und japanischen PV-Unternehmenslandschaft macht die Unterschiede deutlich: So produzieren in Japan horizontal

Abbildung 1
Die Photovoltaik-
branche in
Deutschland als
Innovationssystem



und vertikal integrierte Großkonzerne der Elektroindustrie wie Sharp, Kyocera oder Sanyo, während die PV-Produktion in Deutschland stärker mittelständisch geprägt ist. Ähnliche wesentliche strukturelle Unterschiede ließen sich auch für das Forschungssystem oder das politische Umfeld darstellen. In *Abbildung 1* wird die Struktur des heutigen Innovationssystems für den Photovoltaik-Sektor in Deutschland aufgezeigt.

Der gegenwärtige Ausbau der Photovoltaik-industrie wird zunehmend verstärkt durch den Einstieg von Anlagenherstellern und Maschinenbauern, die sich strategisch auf die PV-Branche ausrichten. Grundlagen dafür sind:

- langjährige Engagements politischer Initiativen zur Förderung erneuerbarer Energien für die Durchsetzung gesetzlicher Förderungen (Stromeinspeisegesetz, EEG) und Markt-anreizprogrammen (100.000-Dächer-Programm)
- Herausbildung einer vielfältigen Unternehmensstruktur, die sich sowohl aus reinen PV-Konzernen als auch aus Unternehmen der Elektro-, Glas- oder Bauindustrie zusammensetzt
- eine gewachsene und heterogene Forschungslandschaft, die traditionell eng mit der Industrie verzahnt ist [1]

3. Phasen der industriellen Entwicklung

Um die Entwicklung bis zum heutigen Zeitpunkt verstehen zu können, müssen die konstituierenden Bestandteile des Innovationssystems eingehender untersucht werden. Dies wird in *Abbildung 2* für den Bereich des Produktionssystems für die verschiedenen PV-Wertschöpfungsstufen vorgenommen.

Die unterschiedlichen Phasen sind jeweils durch verschiedene Unternehmenstypen geprägt:

- In der Pionier- und Stagnationsphase waren Großkonzerne wie AEG-Telefunken, Wacker oder Siemens in Forschung und Entwicklung und Produktion aktiv, die sich jedoch auf-

grund fehlender Marktperspektiven in den 80er Jahren und zu Beginn der 90er Jahre vom Produktionsstandort Deutschland (ASE, Siemens) oder gänzlich (Wacker-Heliotronic) aus ihren PV-Aktivitäten zurückzogen.

- Die gegenwärtige Phase ist durch den Eintritt reiner PV-Konzerne wie Solarworld, Q-Cells oder Ersol gekennzeichnet.
- In naher Zukunft kann wieder verstärkt der Eintritt von Großunternehmen in den PV-Markt erwartet werden, die Anknüpfungspunkte sehen. Ein Beispiel ist die Ankündigung eines Gemeinschaftsunternehmens von E.On und der Schüco AG (Gebäudeintegration, Bauwirtschaft), die eine Produktion für Dünnschichtsolarmodule unter dem Namen Malibu angekündigt haben.

Der Grund für das Auftreten bestimmter Unternehmenstypen in den verschiedenen Phasen, ist in den jeweils unterschiedlichen Marktbedingungen und dem technologischen Fortschritt (Verfügbarkeit ausgereifter Produktionstechnologie) zu sehen.

Es ist festzuhalten, dass erst die Durchsetzung kontinuierlicher politischer Fördermaßnahmen zur Herausbildung eines ausreichenden Marktes für PV-Module und damit zu einem umfassenden Ausbau der Fertigungskapazitäten auf allen Wertschöpfungsstufen der Photovoltaik-Produktion geführt hat – einschließlich des jüngst verstärkten Aufbaus von Silizium-Kapazitäten.

In der derzeitigen Phase hat sich ein ausdifferenziertes Innovationssystem etabliert, das Deutschland auch als Produktionsstandort für ausländische Solarunternehmen attraktiv macht. Gründe für den Markteinstieg vieler Firmen liegen neben den Investitionszuschüssen in Ostdeutschland in der Verfügbarkeit gut ausgebildeter, günstiger Arbeitskräfte, in der Existenz eines stabilen Marktes und der Möglichkeit, das deutsche Forschungs-Know-how zu nutzen.

Die Heterogenität der deutschen PV-Forschungslandschaft führt zu einer relativ großen Breite der zum Einsatz kommenden Technologien. Dadurch können die Kostensenkungspotenziale und Anwendungsmöglichkeiten aller Techno-

Tabelle 1
Politische
Rahmenbedingungen,
Industrie und
Forschung

Phase	Politische Rahmenbedingungen	Unternehmensentwicklung	Forschung/Technologie
Phase I bis 1985: Pionierphase	Ölschock als Wendemarke, ab 1974 Beginn staatlicher Forschungsförderung	Pionierunternehmen, zumeist Großkonzerne wie AEG (1958), Siemens (Mitte 60er), Nukem (1979, RWE-Tochter), MBB (1980) mit Solarsparte	Konzentration der Forschung bei Großindustrie, vereinzelt Grundlagenforschung in universitären Forschungsgruppen
Phase II 1986–1996: Industrielle Stagnation	Erstes Marktförderprogramm 1990: 1000-Dächer-Programm, erste Demonstrationsprojekte, Durchsetzung der kostendeckenden Vergütung bei Stadtwerken	Konsolidierung, Produktionsverlagerung (Siemens, ASE) ins Ausland, Einstieg von Bayer in die Wafer-Technologie	Gründung außeruniversitärer Forschungsinstitute ZSW (1988), ISFH (1987), ISET (1988), diese übernehmen zunehmend Material- und Prozessentwicklung von Unternehmen
Phase III 1997–2005: Industrielles Wachstum	1999: 100.000-Dächer-Programm 2000/2003: EEG und Novellierung stagnierende Forschungsförderung	Ende 90er: Industrielles Wachstum durch Investitionen der verbliebenen Hersteller und Neugründungen (Ersol, Q-Cells, Sunways, Solar World) als reine PV-Unternehmen. Rückzug der Mischkonzerne, Verlagerung zu konzernunabhängigen Herstellern	Ausbau vorhandener Forschungsinstitute Verstärkte Forschung in Prozesstechnologien Bedeutungsgewinn der Anlagenhersteller in Entwicklung standardisierter Produktionstechnologien
Phase IV ab 2006: Internationalisierung und Technologie - konkurrenz	Expansion des EEGs in weitere Staaten, weltweite Auflage von Förderprogrammen	Expansion von Unternehmen im Ausland: Solarworld investiert in 500 MW-Produktion USA Deutschland als Produktionsstandort ausländischer PV-Unternehmen: Produktionsstart EverQ (2006), First Solar (2007) Zahlreiche Unternehmensgründungen in verschiedenen Dünnschichttechnologien	Neugründung öffentlicher und privater Forschungsinstitute (CSP Halle, Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für Photovoltaik Berlin, PI Berlin, FESTpv Aachen/Heerlen) Verstärkter Aufbau von Forschungsabteilungen in Unternehmen

Quelle: Räuber 2005, Jacobsson et al. 2004, verändert

logien genutzt und einseitige Abhängigkeiten vermieden werden. Außerdem wird die Gefahr von Materialengpässen (Silizium) gemindert. Viele Unternehmen verbreitern zum Beispiel ihre technologische Basis, in dem sie zusätzlich zu den vorhandenen waferbasierten Fertigung in verschiedene PV-Dünnschichttechnologien investieren, das wird in *Abbildung 2* verdeutlicht.

Die derzeitige Wachstumsdynamik wird maßgeblich befördert durch die Einbeziehung der Hersteller von Anlagen und Equipment für die PV-Produktion. Derzeit kann eine strategische Ausrichtung vieler Anlagenhersteller auf den PV-Bereich beobachtet werden. Durch das Angebot von „turn-key“-Anlagen wird Massenproduktion und Standardisierung in der PV-Produktion breit eingeführt. Damit werden Equipmenthersteller zum Motor der weiteren Branchenentwicklung und der Internationalisierung.

4. Räumliche Effekte

Aus wirtschaftsräumlicher Sicht ist zu hinterfragen, warum bestimmte Regionen am derzeitigen Wachstum besonders gut partizipieren können.

Abbildung 3 stellt die derzeitige Standortverteilung der PV-Industrie, der Anlagenhersteller im PV-Bereich und der Forschungseinrichtungen im FVS dar. Dabei wird deutlich, dass sich besonders in den neuen Bundesländern Zentren der PV-Industrie herausgebildet haben, in denen mit dem derzeit stattfindenden Aufbau von Kapazitäten zur Herstellung von Solarsilizium alle Stufen der PV-Wertschöpfungskette angesiedelt sind. Dabei fällt eine Konzentration auf Standorte mit industrieller Vergangenheit auf:

Abbildung 2 Zeittafel Photovoltaikindustrie Deutschland

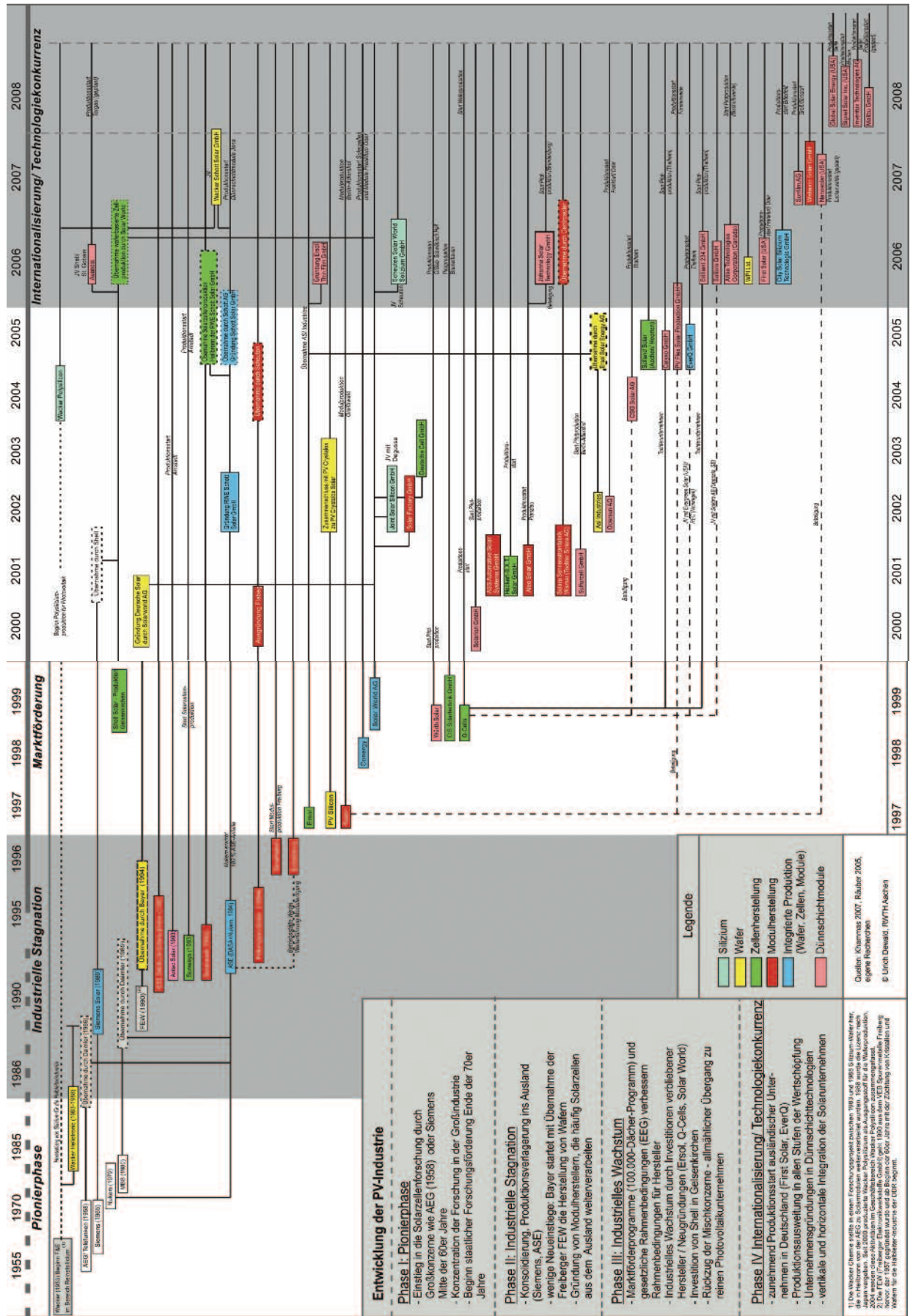




Abbildung 3: Standorte von PV-Produktionen und PV-Anlagenherstellern in Deutschland

- Frankfurt/Oder als Standort der Mikroelektronik
- Bitterfeld als Teil des mitteldeutschen Chemiedreiecks
- Freiberg (Mikroelektronik)
- Jena (Optische Technologien)

Neben der Verfügbarkeit von günstigen und gut qualifizierten Arbeitskräften und den Investitionszuschüssen für Ostdeutschland ist ein Grund demnach auch die industrielle Vorprägung der Standorte. Ein weiterer Produktionsschwerpunkt, insbesondere im Bereich der Dünnschichttechnologie, ist Berlin. Betrachtet man die Standortstruktur für den Anlagenbau, so wird deutlich, dass Unternehmen ihren Ursprung insbesondere in den traditionellen Maschinenbau-Regionen in Baden-Württemberg haben. Damit zeigt sich, dass auch Standorte jenseits der neuen Bundesländer am Wachstum partizipieren.

Ziele des Forschungsprojekts

Die dargestellten ersten Ergebnisse sind Teil einer umfassenden Forschungsarbeit zur Evolution des Innovationssystems für Photovoltaik in Deutschland. In den nächsten Monaten werden über Interviews mit Akteuren aus der PV-Branche weitere Informationen gesammelt, die Aufschluss über Entwicklung und auch über die zukünftigen Anforderungen für ein weiteres dynamisches Wachstum der PV-Branche geben. Mit der Arbeit soll der Wissensstand zur Entstehung, Entwicklung und räumlichen Dynamik neuer Technologien allgemein und zur Funktionsweise der PV-Branche im Besonderen erweitert werden.

Literatur

- [1] Räuber, A. (2005): Photovoltaik in Deutschland – Eine wechselvolle Erfolgsgeschichte. In: Jannsen, S. (Hrsg.): Auf dem Weg in die Solare Zukunft. 30 Jahre DGS. S. 151 bis 170, München: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V.
- [2] Lundvall, B.-Å. (1992) (Hrsg.): National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter.
- [3] Jacobsson, S.; Sandén, B.A., Bångens, L. (2004): Transforming the Energy System – the Evolution of the German Technological System for Solar Cells. In: Technology Analysis & Strategic Management, Bd. 1, p. 3-30.