

Werner Voß

## **Der Photovoltaik-Standort in Deutschland - quo vadis?**

Abschlussbericht

---

### **Auf einen Blick...**

- Angesichts einer dynamischen Nachfrage - sowohl in Deutschland als auch weltweit - entstand eine leistungsstarke PV-Industrie. Bei deren Aufbau spielten Finanzeinrichtungen eine wesentliche Rolle.
- Die aktuelle Entwicklungsphase ist durch weltweite Überkapazitäten (Käufermarkt), Preisverfall und Technologiediversifizierungen geprägt. Ab 2008 sinken EBIT- und Wertschöpfungszahlen führender PV-Unternehmen in Deutschland. Angesichts hohen Innovations- und Investitionsbedarfs bleibt der Zugang zu günstigem Finanzkapital für viele Firmen existenziell.
- Nicht zuletzt durch den großen Einfluss der Finanzmarktakteure wiesen die Arbeitsbeziehungen zwei Besonderheiten auf. Einerseits wurden überproportional Aktienoptionsprogramme für die Beschäftigten aufgelegt. Andererseits gab es wenig Interessenvertretungen; seit 2008 werden aber aufgrund der Krisenfolgen vielerorts Betriebsräte gebildet.
- Angesichts der Herausforderungen sind weitere Konsolidierungen aber auch neue Unternehmen im Markt (Gründungen, Einstieg von Firmen aus traditionellen Wirtschaftszweigen) zu erwarten.

# **Der Photovoltaik-Standort in Deutschland – quo vadis?**

**Ein Projekt im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung**

Mülheim, Juni 2010

arbeco GmbH  
Friedrichstraße 24  
45468 Mülheim

Bearbeiter: Werner Voß

## INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung.....	3
1 Einleitung .....	5
2 Nachfrage der installierten PV-Leistung rasant angestiegen.....	8
2.1 Entwicklung der globalen und nationalen Nachfrage .....	8
2.2 Beitrag der Photovoltaik zur Stromerzeugung in Deutschland .....	10
2.3 Positive Prognosen zur zukünftigen Nachfrageentwicklung .....	11
2.4 Nachfrageperspektiven essentiell abhängig von Verbesserungen des Leistungs- /Kostenverhältnisses .....	12
3 Entwicklungstrends und Besonderheiten des PV-Standortes Deutschland.....	14
3.1 Die fünf PV-Entwicklungsetappen in Deutschland .....	14
3.1.1 Die Pionierphase bis 1985.....	14
3.1.2 Die Phase der Stagnation (1986 – 1996).....	16
3.1.3 Die Periode industriellen Wachstums (1997 – 2005).....	16
3.1.4 Internationalisierung und Technologiewettbewerb (ab 1996).....	18
3.1.5 Überkapazitäten – Käufermarkt.....	18
3.2 Das Engagement des Finanzsektors in der PV-Wirtschaft.....	20
3.3 Zusammenfassende Einschätzung der bisherigen Entwicklung.....	23
4 Ein aktueller Überblick über den PV-Standort Deutschland .....	25
4.1 Arbeitsplatzvolumen und regionale Konzentration .....	25
4.1.1 Beschäftigung.....	26
4.1.2 Regionale Konzentration.....	27
4.2 Wirtschaftliche Kenngrößen führender PV-Unternehmen .....	30
4.2.1 Beschäftigungsentwicklung bei den führenden PV-Unternehmen.....	31
4.2.2 Umsatzentwicklung.....	32
4.2.3 Entwicklung von EBIT und Wertschöpfung.....	33
4.3 Debatte um EEG-Vergütungssätze: Lernkurven und Weltmarktkonkurrenz.....	35
4.4 Preis- und Margendruck als Anzeichen für neue Herausforderungen .....	42
5 Arbeitspolitische Aspekte.....	44
5.1 Strukturen der Interessenvertretung - Mitbestimmung .....	44
5.2 Arbeitsverhältnisse und Arbeitszeiten .....	46
5.3 Entlohnung und tarifliche Strukturen .....	49
5.4 Kapitalbeteiligungen .....	51
5.5 Geringe Forschungs- und Entwicklungsausgaben .....	52
6 Aktuelle Herausforderungen in der Photovoltaik .....	54
6.1 Forschungspolitische Herausforderungen .....	55
6.1.1 Vielfalt der PV-Technologien erfordert breiten Förderansatz.....	55
6.1.2 Nationale Förderung der Photovoltaik.....	58
6.1.3 Die europäische Solar Industry Initiative.....	59
6.2 Strukturelle Herausforderungen zu Beginn des neuen Jahrzehnts .....	62
6.3 Der Blick nach vorne .....	64
Anhang .....	68
Literaturverzeichnis .....	72

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wachstumsraten installierte PV-Leistung (in Prozent) .....	9
Abbildung 2: Struktur der Wertschöpfungskette der Photovoltaik .....	17
Abbildung 3: Anteilige Entwicklung der Zelltechnologien von 1999 - 2009 .....	19
Abbildung 3: Regionale Verteilung der PV-Industrie .....	28
Abbildung 4: Umsatzentwicklung 2008 – 2009 in Prozent .....	33
Abbildung 5: Personalaufwand zu Gesamtleistung in Prozent .....	51

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Weltweit installierte PV-Leistung sowie in Deutschland .....	8
Tabelle 2: Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland (2000 – 2009) .....	11
Tabelle 3: Einschätzung der realisierbaren Marktdurchdringung des Technologiefeldes Photovoltaik .....	12
Tabelle 4: Politische Rahmenbedingungen, Unternehmensentwicklungen sowie Forschungsansätze .....	15
Tabelle 5: Größte Beteiligungsfinanzierungen in Deutschland im Bereich Photovoltaik in den Jahren 2007 und 2008 .....	22
Tabelle 6: Neuemissionen von PV-Unternehmen, 2005 bis 2008 .....	22
Tabelle 7: PV-Unternehmen im TecDAX (Stand: 21.12.2009) .....	23
Tabelle 8: Ausgewählte Investitionen ausländischer Unternehmen in Deutschland .....	27
Tabelle 9: Laut BSW führende PV-Unternehmen Ende 2009 .....	31
Tabelle 10: Entwicklung der Beschäftigung führender PV-Unternehmen .....	32
Tabelle 11: Entwicklung der Umsätze, 2006 – 2009 .....	32
Tabelle 12: EBIT und EBIT-Margen 2006 bis 2009 .....	34
Tabelle 13: Wertschöpfung und Wertschöpfungsquote .....	35
Tabelle 14: Lernkurveneffekt und reale Preisentwicklung .....	37
Tabelle 15: Die 10 größten Zellhersteller weltweit .....	40
Tabelle 16: Führende Dünnschichttechnologiehersteller 2009 (2008) .....	41
Tabelle 17: Entgeltzahlungen bei führenden PV-Unternehmen .....	49
Tabelle 18: Technologien zur photovoltaischen Stromerzeugung .....	55
Tabelle 19: Mittelabfluss Forschungsförderung des Bundesministerium für Umwelt .....	59
Tabelle 20: Meilensteine im Rahmen der Solar Europe Industry Initiative .....	61

## Zusammenfassung

- Der rasante Anstieg der installierten PV-Leistung im letzten Jahrzehnt auf 21,5 GW hat gezeigt, dass Photovoltaik eine kommerziell verfügbare und nachhaltige Technologie mit einem signifikanten Steigerungspotenzial in nahezu allen Regionen der Welt ist.
- Der Zuwachs installierter PV-Leistung in Deutschland war im letzten Jahrzehnt überdurchschnittlich; der Anteil beträgt in 2009 rd. 40 Prozent an den weltweit installierten Kapazitäten.
- Seit 1995 ist ebenfalls ein eindrucksvoller internationaler PV-Installationsboom zu verzeichnen. In rund einem halben Dutzend Ländern steht man kurz davor, jährlich ein Installationsvolumen von mindestens 1 GW zu erreichen.
- Der Beitrag der Photovoltaik zur weltweiten Stromerzeugung ist mit 0,1 Prozent bislang relativ gering. In Deutschland betrug er immerhin 1 Prozent. Die Photovoltaik hat hier das Potenzial, die Wasserkraft innerhalb kürzester Zeit vom dritten Platz bei den erneuerbaren Energien zu verdrängen.
- Die IEA schätzt angesichts der dynamischen Entwicklungen, dass Photovoltaik-Anlagen im Jahre 2050 rund 11 % zur globalen Energieerzeugung beitragen könnten. Dadurch würden etwa 2,3 Gt CO<sub>2</sub>-Ausstoss pro Jahr vermieden.
- Die Entwicklung der Photovoltaik-Industrie in Deutschland kann in fünf Phasen eingeteilt werden. Die aktuelle Periode ist durch weltweite Überkapazitäten (Käufermarkt), Preisverfall und Technologiediversifizierungen geprägt.
- In 2009 umfasste der „industrielle Kern“ der Photovoltaik rund 30.000 direkte Arbeitsplätze. Über Multiplikatoreffekte dürften zusätzlich 60.000 bis 90.000 indirekte Arbeitsplätze generiert worden sein. Die Mehrzahl der Beschäftigten ist in den neuen Bundesländern tätig.
- Beim raschen Aufbau der PV-Unternehmen kam Finanzinstitutionen wie Venture Capital- und Beteiligungsgesellschaften eine beträchtliche Rolle zu. Recht früh gingen viele photovoltaische Unternehmen an die Börse. Mit 25 Prozent hatten sie Ende 2009 erhebliches Gewicht im TecDAX.
- Viele führende PV-Unternehmen haben in den letzten Jahren regelmäßig Jahresabschlüsse veröffentlicht. Während anhand verschiedener Kenngrößen bis 2008 positive Entwicklungen und Margen registriert werden konnten, waren EBIT- und Wertschöpfungskennzahlen in 2009 bei den untersuchten Betrieben teilweise (stark) negativ.
- Trotz des Kosten- und Margendrucks heimischer Unternehmen plant die Bundesregierung, die EEG-Vergütungssätze für PV-Anlagen Mitte 2010 zusätzlich um bis zu 16 Prozent zu reduzieren. Dadurch geraten Hersteller am Standort Deutschland weiter unter Druck. Angesichts des mit den technologischen Innovationen verbundenen Investitionsbedarfs dürfte auf mittlere Sicht der Zugang zu günstigem Finanzkapital für

viele Unternehmen wichtiger sein als Diskussionen um maßvolle oder drastische außerplanmäßige Kürzungen der Einspeisevergütungen.

- Unter dem Einfluss von Finanzakteuren waren die industriellen Arbeitsbeziehungen in den wafer-, zellen- und modulherstellenden Unternehmen im letzten Jahrzehnt teilweise durch Besonderheiten gekennzeichnet.
  - Überproportional wurden Aktienoptionsprogramme für alle bzw. weite Teile der Beschäftigten aufgelegt. Früh konzipierte Kapitalbeteiligungssysteme scheinen relativ erfolgreicher als gegen Ende des Jahrzehnts zur Option gekommene Modelle gewesen zu sein.
  - Die sich häufenden negativen Erfahrungen, z.T. geringe Entgelte und Urlaubsansprüche sowie Restrukturierungsprozesse in der Branche haben in den letzten zwei Jahren zu verstärkten Bildungen von Interessenvertretungen geführt. Die vermehrten Gründungen von Betriebsräten sprechen für die Attraktivität des deutschen Mitbestimmungssystems.
- Die Vielfalt existierender und zukünftiger photovoltaischer Technologien erfordert einen breit angelegten Forschungs- und Entwicklungsansatz. Die zu erhöhende Förderung sollte die gesamte Wertschöpfungskette der Photovoltaik abdecken.
- Sowohl von Seiten der Wissenschaft als auch von Seiten der Industrie (auf EU-Ebene) liegen konkrete, mittelfristig zu realisierende Zielsetzungen vor. Diesen Rahmen gilt es finanziell und inhaltlich mit Forschungs- und Demonstrationsprojekten auszufüllen.
- Neben der Grundlagenforschung ist für Deutschland die „Erschließung von Kostenreduktionspotenzialen der Photovoltaik“ sowie die „Beseitigung von Restriktionen bei der Netzintegration“ wirtschaftlich hoch relevant, da im Bereich der Photovoltaik mittelfristig global große Märkte entstehen.
- In vielen Unternehmen wird derzeit nach neuen, tragfähigen Geschäftsmodellen gesucht. Dennoch ist zu erwarten, dass die erzielbaren Wachstumsraten und Unternehmensrenditen zukünftig niedriger sein werden als Mitte der vergangenen Dekade.
- Angesichts der Herausforderungen sind weitere Umbrüche, Konsolidierungen aber auch dem Eintreten neuer (Gründungs-)Unternehmen in der PV-Industrie in Deutschland in den nächsten Jahren zu erwarten. Zu denken ist in dieser Hinsicht u.a. an den Einstieg von Unternehmen aus traditionellen Wirtschaftszweigen, wie z.B. der chemischen Industrie oder dem Baugewerbe, mit entsprechender Finanzkraft und Kompetenz.
- Infolgedessen dürfte nicht nur auf die Vorstände und Geschäftsführungen, sondern auch auf die Beschäftigten und Interessenvertretungen in nächster Zeit viel Neues und Arbeit zukommen.

## 1 Einleitung

Die Kraft der Sonne ist ausreichend, in wenigen Stunden so viel Energie zu liefern wie die Menschheit weltweit in einem Jahr verbraucht. Die jährliche Einstrahlung entspricht rund 120.000 TW. Für das Jahr 2020 prognostizieren Energieexperten weltweit einen jährlichen Verbrauch in Höhe von 20 TW. Bereits die Nutzung eines Bruchteils des Sonnenpotenzials kann also entscheidend dazu beitragen, aktuelle und zukünftige Herausforderungen der Energieversorgung und –sicherheit zu lösen. Die Umwandlung der Solarenergie in Strom kann dabei mittels Photovoltaik (PV) oder konzentrierten Solarkraftwerken (CSP-Kraftwerke) erfolgen.<sup>1</sup>

Wegen der weltweit sehr großen Anwendungsmöglichkeiten und des langfristig erschließbaren Kostenreduktionspotenzials wird die Photovoltaik als Schlüsseltechnologie einer nachhaltigen Energieversorgung angesehen. Sowohl in Deutschland als auch weltweit kann sie einen gravierenden Beitrag zur Minderung des Gebrauchs fossiler Energieträger und zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen leisten. Angesichts der global rasant gestiegenen installierten PV-Leistung in den letzten Jahren hat die Internationale Energieagentur jüngst ihre Prognose für dieses Segment verdoppelt. Sie geht mittlerweile davon aus, dass 11 Prozent der weltweiten Stromerzeugung bis 2050 mittels PV-Anlagen generiert werden könnte. (IEA 2010, S. 13) Die Photovoltaik wird deshalb als *Leitindustrie* des 21. Jahrhunderts betrachtet. (ifo/EUPD Research März 2008, S. 4) Im Zentrum dieser Kurzstudie steht die um die Photovoltaik in den letzten Jahren entstandene Industrie in Deutschland.

Die Photovoltaik-Wirtschaft zählte in den vergangenen Jahren zu den Wachstumsbranchen Deutschlands schlechthin. Verlässliche Rahmenbedingungen durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) einerseits sowie eine hohe gesellschaftspolitische Akzeptanz andererseits haben dazu geführt, dass ein leistungsstarkes, international mit an der Spitze agierendes Wirtschaftsegment entstanden ist. Bis Ende 2008 verzeichnete die PV-Branche einen dynamischen Anstieg sowohl der Umsatzerlöse als auch der Arbeitsplätze. Beschäftigung wurde dabei insbesondere in den neuen Bundesländern geschaffen.

Indes: In den letzten Monaten – auch bedingt durch den Ausbruch der Finanz- und Wirtschaftskrise - haben sich die Bedingungen für PV-Unternehmen in Deutschland drastisch verändert. Im Jahre 2009 nahm die global installierte PV-Leistung mit 46,2 Prozent zwar weiterhin kräftig zu. Der Zubau fiel indes deutlich schwächer aus als von vielen Geschäftsleitungen erwartet.

Da zeitgleich international (insbesondere in Asien) in erheblichem Umfang neue Produktionskapazitäten auf allen Wertschöpfungsstufen aufgebaut wurden, bildeten sich nach Schätzungen der Prognos AG Überkapazitäten in Höhe von bis zu 30 Prozent. (Prognos AG 2009, S. 8) Das Überangebot führte zu stärkerem Wettbewerb. Die Preise für Module

---

<sup>1</sup> Zu den wirtschaftlichen Chancen der CSP-Technologien vgl. z.B. Viebahn u.a. 2009. Zu Kosten effizienten Energiestrategien im europäischen Kontext auch mittels CSP siehe Czisch 2005.

fielen in Deutschland Mitte 2009 teilweise um mehr als 30 Prozent. Kurzum: Das Wirtschaftssegment Photovoltaik wandelte sich innerhalb weniger Monate von einem Verkäufer- zu einem Käufermarkt.

Diese Entwicklung stellte unzählige Hersteller in Deutschland vor bisher nicht gekannte Herausforderungen. Viele PV-Unternehmen verzeichneten in 2009 deutlich geringere Umsätze und Ergebnisse. Einige Betriebe schrieben sogar Verluste, obwohl vielerorts schnell und gezielt gehandelt wurde. Die Geschäftsmodelle wurden angepasst, die Portfolios optimiert sowie umfassende Restrukturierungsmaßnahmen mit Personalanpassungen und Anlagenstillegungen umgesetzt.

Insbesondere vor dem Hintergrund verstärkter asiatischer Konkurrenz sowie neuer Technologiekonzepte ist der Restrukturierungs- und Konsolidierungsdruck in der PV-Branche in Deutschland weiterhin groß. Zwar hat sich durch die Diskussion um außerplanmäßige Absenkungen der Vergütungssätze Anfang 2010 eine Sonderkonjunktur entwickelt. Durch die jüngsten Beschlüsse des Bundestages, das Erneuerbare Energien Gesetz zu ändern und die Vergütungssätze für Photovoltaik-Anlagen zusätzlich um weitere 11-16 Prozent Mitte 2010 abzusenken, bleibt die weitere Entwicklung offen. Selbst wenn es zu Veränderungen im Vermittlungsausschuss des Bundesrates kommen sollte, dürfte ein Nachfragerückgang in der zweiten Hälfte des Jahres kaum zu vermeiden sein. Der aktuelle Solarboom überdeckt vielfach strukturelle Schwierigkeiten der bislang ausgesprochen erfolgreichen Photovoltaik-Branche in Deutschland.

Angesichts der aktuellen Chancen und Risiken hat sich die vorliegende explorative Studie zunächst auf die Entwicklung des Photovoltaik-Wirtschaftszweiges - insbesondere in der letzten Dekade - sowie dessen gegenwärtige wirtschaftliche Lage konzentriert.

- Im zweiten Kapitel wird sich der Nachfragedynamik zwischen 2000 – 2009 in Form der national und international installierten PV-Leistung angenommen. Zudem wird eine Einschätzung der realisierbaren Marktdurchdringung des Technologiefeldes Photovoltaik bis 2050 wiedergegeben.
- Im dritten Kapitel erfolgt eine grobe Beschreibung der Entwicklungsetappen des PV-Sektors, vor allem im Hinblick geänderter politischer Rahmenbedingungen, der Entwicklung der Unternehmenslandschaft sowie der Forschungsaktivitäten.

Daran schließt sich die Untersuchung des aktuellen Umfangs und beschäftigungspolitischen Stellenwerts des PV-Sektors sowie dessen Wechselbeziehungen zu anderen Wirtschaftszweigen an. In diesem Kontext wird ein besonderer Untersuchungsschwerpunkt auf die Rolle von Finanzakteuren gelegt; und zwar in zweifacher Hinsicht.

- Einerseits haben Finanzinstitutionen - in Form von Beteiligungsunternehmen (Venture Capital) und Private-Equity-Gesellschaften - frühzeitig die immensen Finanzierungserfordernisse im Bereich der Photovoltaik erkannt und bedient. Sie hatten wesentlichen Anteil an der schnellen Herausbildung klar strukturierter PV-Aktienunternehmen.

- Die Finanzakteure haben diesen relativ jungen Wirtschaftszweig andererseits jedoch teilweise im „angelsächsischen“ Sinne (mit-)geformt. Die „angelsächsische“ Spielart des Kapitalismus (Soskice/Hall 2001) wirkte sich erkennbar auf die industriellen Beziehungen, die Mitsprache in Betrieb und Unternehmen, die Lohnfindung sowie die Mitwirkung von Gewerkschaften bei der Regulierung wirtschaftlichen Handelns aus.

Die Ausgestaltung und Entwicklung der industriellen Beziehungen in den Unternehmen, die nicht durch traditionelle Mitbestimmungskulturen geprägt sind, bilden einen Untersuchungsstrang im fünften Kapitel.

Technologische Aspekte sowie die Perspektiven der Photovoltaik runden den Bericht im sechsten Teil ab.

Methodisch wurden sowohl schriftliche Berichte und Nachrichten als auch per Internet zur Verfügung gestellte Informationen mikro- und makroökonomischen Charakters erfasst und ausgewertet. Trotz zahlreicher Studien, Untersuchungen und Berichte ist die Datenbasis in der Photovoltaik dennoch alles andere als überzeugend. Offizielle Daten sind nicht erhältlich, so dass Informationen oft auf eigenen, methodisch häufig nicht näher definierten Erhebungen basieren. Diese Restriktion gilt es im Folgenden immer zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der industriellen Beziehungen wurde im Rahmen dieses Projektes eine Fragebogenaktion durchgeführt. Die schriftliche Befragung der Interessenvertretungen von PV-Unternehmen erfolgte Anfang des Jahres 2010. Erste Ergebnisse wurden Mitte Februar 2010 in Bitterfeld/Wolfen im Rahmen eines Workshops präsentiert und mit Betriebsräten diskutiert. Wertvolle Hinweise der Diskutanten flossen in dem weiteren Gang des Projektes ein. Zudem wurden mit ausgewählten Gesprächspartnern weitere Themenfelder bearbeitet. Die dabei erlangten Informationen sind so in dem Bericht eingearbeitet worden, dass Rückschlüsse auf einzelne Unternehmen nicht möglich sein sollten.

Allen Personen, die am Entstehen der Kurzstudie mitgewirkt haben, sei an dieser Stelle noch einmal recht herzlich gedankt.

## 2 Nachfrage der installierten PV-Leistung rasant angestiegen

Im ersten Jahrzehnt des dritten Jahrtausends wurden weltweit die installierten PV-Leistungen um jahresdurchschnittlich 35 Prozent ausgebaut. Nur wenige Wirtschaftssegmente dürften ähnlich positive Nachfrageentwicklungen in diesem Zeitraum zu verzeichnen gehabt haben. Selbst im durch die Finanz- und Wirtschaftskrise geprägten Jahr 2009 konnte mit global rund 46 Prozent Zuwachs gegenüber dem Vorjahr ein beeindruckender Wert erzielt werden. Die Lead-Funktion nahm dabei Deutschland ein. Sollte sich das Leistungs-/Kostenverhältnis für PV-Systeme ähnlich positiv wie in der Vergangenheit entwickeln, dürfte die internationale Nachfrage weiterhin ausgesprochen dynamisch verlaufen. Die Prognosen jedenfalls sind ausgesprochen positiv.

### 2.1 Entwicklung der globalen und nationalen Nachfrage

Die weltweit installierten Kapazitäten erhöhten sich von 1.428 MWp<sup>2</sup> in 2000 auf akkumuliert 21.530 MWp in 2009, also um fast das 15-fache. Die globale Zuwachsrate betrug im letzten Jahrzehnt jahresdurchschnittlich rund 35 Prozent.

Einer der wesentlichen Haupttreiber dieser Entwicklung war Deutschland. Seit 2000 wuchsen hier die installierten PV-Leistungen mit über 70 Prozent p.a. mehr als doppelt so schnell auf 8.877 MWp in 2009 (vgl. Tabelle 1 und Schaubild 1).

Die installierte Anfangskapazität war in Deutschland indes mit 76 MWp äußerst gering (5,3 Prozent der global installierten Leistung). Diese Ausgangsbasis ist insofern überraschend als mit dem Stromeinspeisungsgesetz bereits einige Erfahrungen mit nationaler Förderung vor der Konzipierung des Erneuerbare Energien Gesetzes in 2000 gesammelt werden konnten. Mit der Verabschiedung des EEG beschleunigte sich der Zubau dann beträchtlich.

**Tabelle 1: Weltweit installierte PV-Leistung sowie in Deutschland**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>weltweit installierte PV-Leistung (MWp)</b>	<b>1.428</b>	<b>1.762</b>	<b>2.201</b>	<b>2.795</b>	<b>3.847</b>	<b>5.167</b>	<b>6.770</b>	<b>9.162</b>	<b>14.730</b>	<b>21.530</b>
Zuwachs in % ggü. Vorjahr		23,4	24,9	27,0	37,6	34,3	31,0	35,3	60,8	46,2
<b>In Deutschland installierte Leistung (MWp)</b>	<b>76</b>	<b>186</b>	<b>296</b>	<b>439</b>	<b>1.074</b>	<b>1.980</b>	<b>2.812</b>	<b>3.977</b>	<b>5.877</b>	<b>8.877</b>
Zuwachs in % ggü. Vorjahr		137,5	144,7	59,1	48,3	144,6	84,4	42,0	41,4	47,8
<b>Entwicklung ohne Deutschland (MWp)</b>	<b>1.352</b>	<b>1.576</b>	<b>1.905</b>	<b>2.356</b>	<b>2.773</b>	<b>3.187</b>	<b>3.958</b>	<b>5.185</b>	<b>8.853</b>	<b>12.653</b>
Zuwachs in % ggü. Vorjahr		16,6	20,88	23,67	17,7	14,93	24,19	31,0	70,7	42,9
<b>Anteil der deutschen an der weltweit installierten Leistung (in %)</b>	<b>5,3</b>	<b>10,6</b>	<b>13,4</b>	<b>15,7</b>	<b>27,9</b>	<b>38,3</b>	<b>41,5</b>	<b>43,4</b>	<b>39,9</b>	<b>41,2</b>

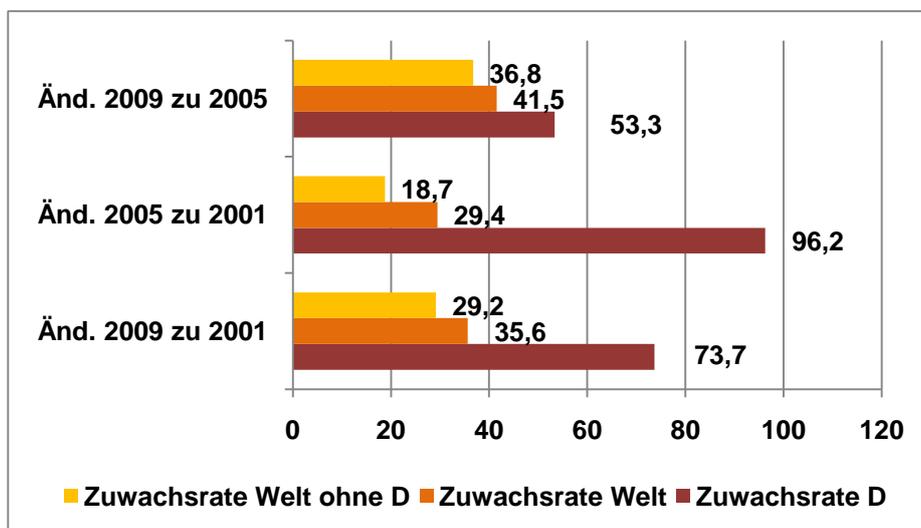
**Quelle:** BMU März 2010, Folien 10 und 11, Fraunhofer ISE Febr. 2010, eigene Berechnungen.

<sup>2</sup> MWp ist die Abkürzung für „Megawatt peak“. 1 Megawatt entspricht 1.000.000 Watt. Mit dem Wert MWp wird die Leistung von Solaranlagen gemessen, wobei p (= peak) nicht die Spitzenleistung, sondern die Nennleistung nach Standard-Testbedingungen (STC) angibt.

Bei der Installation von PV-Anlagen haben andere Staaten in den letzten 5 Jahren indes auch Akzente gesetzt. Angesichts der Entwicklungsdynamik der installierten PV-Leistung bietet es sich an, die zurückliegende Dekade in zwei Zeitabschnitte zu untergliedern.

- In der ersten Hälfte des Jahrzehnts wuchs die installierte Photovoltaik-Kapazität in Deutschland deutlich schneller als die weltweit installierte Leistung. Die Folge: Während der Anteil der deutschen installierten Leistung an der weltweit installierten Leistung in 2000 noch bescheidene 5,3 Prozent betrug, erhöhte sich diese Quote bis 2005 auf fast 40 Prozent.
- Seitdem verharrt der deutsche installierte PV-Leistungsanteil auf diesem hohen Niveau. Mit anderen Worten: Obwohl die installierte PV-Leistung in Deutschland auch in der zweiten Hälfte der Dekade weiterhin stark zunahm (alleine von 2007 auf 2009 verdoppelten sich die Kapazitäten!), war der Anstieg der weltweit installierten PV-Leistungen ebenfalls eindrucksvoll.
- Im Zeitraum 2005 bis 2009 betrug die durchschnittliche jährliche Zuwachsrate weltweit ohne Deutschland 35,8 Prozent gegenüber 53,3 Prozent in Deutschland.

Abbildung 1: Wachstumsraten installierte PV-Leistung (in Prozent)



Quelle: Eigene Berechnungen auf Grundlage der Quellen der Tabelle 1.

Durch die Übertragung der Einspeiseförderung des Erneuerbaren Energien Gesetzes in mittlerweile rund 65 Staaten (Prognos AG 2009, S. 19) sowie der erheblichen Kostendegressionen in den letzten Quartalen ist ein Nachfrageprozess in Gang gekommen, dessen Dynamik sich mittlerweile international entfaltet. In rund einem halben Dutzend Staaten wird erwartet, dass zukünftig rund 1 GW Leistung jährlich neu installiert wird.

Zur positiven Entwicklung trugen diverse regionale Initiativen bei bzw. werden zukünftig beisteuern, wie z.B.:

- der Strategische Energie Technologie Plan (SET) der Europäischen Union und die Europäische Solar Industrie Initiative (vgl. Implementation Plan 2010-2012)
- die US-amerikanische Solarinitiative (SAI)
- die japanische Photovoltaik-Roadmap bis 2030 und die 2009 erfolgte Aktualisierung PV2030+
- die Solaren Energie-Entwicklungspläne der Volksrepublik China
- der National Solar Plan der indischen Regierung (Ziel 20 GWp bis 2020) sowie
- Australiens „Solar Flagship Initiative“.

Trotz günstiger klimatischer Bedingungen behindern allerdings bürokratische Hemmnisse in vielen Staaten einen schnelleren Zubau. Beispielsweise sollen in Spanien und Griechenland die Kostenanteile, die durch administrative Prozesse und Genehmigungsverfahren der Behörden und Netzbetreiber ausgelöst werden, zwischen 23 und 39 Prozent der Projektplanungskosten liegen. Der Vergleichswert in Deutschland wird vom Bundesverband der Solarwirtschaft für Deutschland mit 7 Prozent angegeben. (BSW 2010)

## 2.2 Beitrag der Photovoltaik zur Stromerzeugung in Deutschland

Ungeachtet des erheblichen Ausbaus der installierten PV-Anlagen im letzten Jahrzehnt ist der Beitrag der Photovoltaik zur Stromerzeugung (Endenergie) derzeit indes noch relativ gering; weltweit (etwa 0,1 Prozent) noch unwesentlicher als in Deutschland. Die Stromproduktion aus PV-Anlagen – bei Konzentration auf die Erneuerbare Energieerzeugung – lag 2009 in Deutschland weiterhin deutlich hinter der Windenergie, der Biomasse sowie der Wasserkraft. Mit 6,2 Mrd. kWh entstammte 1,0 Prozent des gesamten Brutto-Stromverbrauchs in Höhe von 581 Mrd. kWh aus Photovoltaik-Anlagen (vgl. Tabelle 2).<sup>3</sup>

Dieser niedrig erscheinende Wert ist demgemäß einzuordnen:

- Ein Anteil von einem Prozentpunkt an der Endenergie bedeutet erstens, dass Deutschland Weltmeister in der Herstellung von Elektrizität aus Photovoltaik in 2009 war. In keinem anderen Staat wurde relativ gesehen so viel Strom aus photovoltaischen Anlagen erzeugt wie in dem klimatisch keineswegs zu den sonnengünstigsten Standorten der Welt zählenden mitteleuropäischen Land.
- Zweitens ist die Entwicklungsdynamik hervorzuheben. Bei ähnlich starkem Zubau wie in den letzten Jahren wird die Photovoltaik in Deutschland in kürzester Zeit die Wasserkraft von ihrem derzeit dritten Platz bei den erneuerbaren Energien ver-

---

<sup>3</sup> Im Bundesland Bayern liegt der PV-Strombeitrag bereits bei 3; in Fürstfeldbruck (bei München) gar bei 15 Prozent.

drängen. Im Gegensatz zur Wasserkraft würde damit keinesfalls eine Ausbaugrenze einhergehen.

- Drittens sind Nutzungskonkurrenzen zu beachten. Zur Herstellung von 90 Prozent des deutschen Stromverbrauchs wäre nur 1 Prozent der hiesigen Landfläche nötig. Der Vergleichswert für den Verkehr liegt bei rund 4,5 Prozent! Der PV-Stromertrag je Hektar ist um den Faktor 10 – 30 höher als bei der Biomasseerzeugung. Während bei der Biomasse kurzfristig folglich Flächenbegrenzungen zu erwarten sind, ist das Potenzial der Photovoltaik deutlich höher zu veranschlagen. (Seeliger 2010)

**Tabelle 2: Strom aus Erneuerbaren Energien in Deutschland (2000 – 2009)**

(Stromproduktion aus Erneuerbaren Energien (in Mrd. kWh) und Anteile am gesamten Brutto-Stromverbrauch (in Prozent))

Strom aus EE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Anteile 2009 in %
Wasserkraft	24,9	23,2	23,7	17,7	19,9	19,6	20,0	21,2	20,4	19,0	3,3
Windenergie	7,6	10,5	15,8	18,7	25,5	27,2	30,7	39,7	40,6	37,8	6,4
Biomasse	2,9	3,3	4,1	6,1	8,0	12,0	14,5	19,1	22,3	25,5	4,4
biogener Anteil des Abfalls*	1,8	1,9	1,9	2,2	2,1	3,0	3,9	4,5	4,9	5,0	0,9
Photovoltaik	0,06	0,08	0,2	0,3	0,6	1,3	2,2	3,1	4,4	6,2	1,0
<b>SUMME</b>	<b>37,3</b>	<b>39,0</b>	<b>45,7</b>	<b>45,0</b>	<b>56,1</b>	<b>63,1</b>	<b>71,3</b>	<b>87,6</b>	<b>92,6</b>	<b>93,5</b>	<b>16,1</b>

Quelle: BMU März 2010

### 2.3 Positive Prognosen zur zukünftigen Nachfrageentwicklung

Angesichts der klimapolitischen Herausforderungen, der mittelfristig erwartbaren Engpässe bei fossilen Energieträgern sowie der erheblichen Kostenreduktionsmöglichkeiten in der PV-Technologie erwartet das Expertenteam „Energietechnologien 2050“, dass der Ausbau der installierten PV-Leistung in den nächsten Jahrzehnten deutlich voranschreiten wird. Weltweit wird ein Anstieg der installierten PV-Leistung von 9,2 GW in 2007 auf 1.860 GW bis 2030 vorhergesagt. Für die sich daran anschließenden zwei Dekaden prognostiziert das Expertenteam eine weitere Vervielfachung der globalen Kapazitäten (vgl. Tabelle 3).

In ihrer letzten Prognose geht die in Fragen erneuerbarer Energien eher zu den konservativen Institutionen zählende International Energy Agency davon aus, dass sich der Photovoltaik-Anteil an der weltweiten Stromerzeugung bis 2050 auf 11 Prozent erhöhen wird. Diese Quote ist eine Verdopplung bisheriger Schätzungen! (IEA 2010, S. 13)

Für Deutschland sieht das Expertenteam „Energietechnologien 2050“ in den nächsten Jahrzehnten erhebliches Ausbaupotenzial. Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2007 sollen sich laut Expertenbericht die installierten Kapazitäten demnach bis 2020 rund Verzehnfachen. Bis 2030 wird mit einem 13-fachen Leistungszuwachs zum Basisjahr 2007 gerech-

net; bis 2050 sogar mit einem 15-fachen Anstieg. Der global realisierbaren Marktdurchdringung wird demnach deutlich höheres Entwicklungspotenzial zugesprochen. Bis 2020 wird mit einem 30-fachen Zuwachs der installierten Leistung gerechnet.

Und anschließend verläuft die international erwartete Marktdurchdringung noch dynamischer. Für das Jahr 2050 rechnet das Expertenteam „Energietechnologien 2050“ global mit einer installierten PV-Leistung in Höhe von 7.170 GW. Damit könnten im Jahre 2050 weltweit 10.040 TWh Strom erzeugt werden. (vgl. Tabelle 3; die ISI-Prognose ist somit deutlich optimistischer als die der IEA.) Der deutsche Anteil an der weltweit installierten PV-Leistung sowie der erzeugten Energie aus Photovoltaik würde bei diesen Szenarien kontinuierlich abnehmen und in 2050 jeweils weniger als 1 Prozent betragen.

**Tabelle 3: Einschätzung der realisierbaren Marktdurchdringung des Technologiefeldes Photovoltaik**

Photovoltaik	2007	2020	2030	2050
<b>Installierte PV-Leistungen</b>				
Deutschland (in GW)	3,8	36	48	58
Weltweit (in GW)	9,2	280	1.860	7.170
Anteil Deutschland an weltweiten Kapazitäten (in %)	41,3	12,9	2,6	0,8
<b>Energieerzeugung</b>				
Deutschland (in TWh)	3	31	44	55
Weltweit (in TWh)	10	360	2.650	10.040
Anteil Deutschland an weltweiter PV-Erzeugung (in %)	30,0	8,6	1,7	0,5

Quelle: ISI Energietechnologien 2050, eig. Berechnungen.

Zur Beurteilung der Perspektiven der Photovoltaik-Industrie in Deutschland sind die kurzfristigen Prognosen indes bedeutsamer als die längerfristigen Trends. In einer aktuellen Studie rechnet das Beratungsunternehmen Roland Berger mit einer Fortsetzung des weltweiten Wachstums in Höhe von jahresdurchschnittlich 35 Prozent bis 2012. Die Hälfte des auf 19 GWp ansteigenden Marktvolumens wird demnach in Europa realisiert. Neue Absatzmöglichkeiten entstehen vor allem in China, Indien und die USA. Diese Staaten werden die höchsten Zuwachsraten verzeichnen. (Roland Berger, Juni 2010) Die kurzfristigen Nachfrageperspektiven sind folglich weiterhin ausgesprochen positiv.

## 2.4 Nachfrageperspektiven essentiell abhängig von Verbesserungen des Leistungs-/Kostenverhältnisses

Hinsichtlich der Nachfrageentwicklungen in Form installierter Leistung sowie deren Aussichten kann somit folgendes Zwischenresultat gezogen werden.

- Vor allem in der zweiten Hälfte des letzten Jahrzehnts konnte eine dynamische Nachfrage nach PV-Systemen in Gang gesetzt werden. Deutschland nahm weltweit die Führungsrolle (Lead-Funktion) ein. Seit Mitte der Dekade ist auch global ein be-

achtlicher Zuwachs zu verzeichnen. Die Entwicklungsdynamik wurde - und wird - durch verschiedene Technologie- und Einführungsinitiativen gestützt.

- Nach wie vor steuert die Photovoltaik indes nur geringe Anteile zur Gesamtstromerzeugung auf nationaler und globaler Ebene bei.
- Sowohl kurz- als auch langfristig rechnen internationale Experten mit einem weiterhin starken Ausbau der installierten PV-Leistung. Bis 2012 dürfte Europa der Kernmarkt bleiben; höhere Wachstumsraten werden wahrscheinlich China, Indien und die USA verzeichnen.
- Wesentliche Faktoren für die zukünftige Nachfrageentwicklung werden die Preisentwicklung fossiler Energieträger, die Verlängerung der Laufzeiten bzw. der Zubau von Kernkraftwerken, die weitere Ausgestaltung der nationalen Einspeisegesetze für Erneuerbare Energien und der Abbau bürokratischer Hemmnisse sein. Vor allem die Entwicklung intelligenterer Stromnetze und Speichersysteme sowie die Realisierung von Degressionen bei den Produktionskosten der Photovoltaik werden entscheidende Stellschrauben sein.
- Insbesondere wenn es gelingt, das Leistungs-/Kostenverhältnis für PV-Systeme weiter gravierend zu steigern, also Technologiesprünge zu erzielen, wird die Nachfrage vor allen Dingen in Regionen mit günstigen klimatischen Bedingungen erheblich anziehen.
- Auch vor diesem Hintergrund hat die IEA aktuelle Prognosen bis 2050 gegenüber früheren Einschätzungen nahezu verdoppelt. Der Anstieg wird dabei nicht erst am Ende des Prognose-Zeitraums vorausgesagt, sondern bereits in kurzer Frist.

Angesichts dieser günstigen Nachfrageperspektiven überrascht es nicht, dass Unternehmen aus vielen Ländern dem PV-Markt mittlerweile strategische Bedeutung zumessen. Einige sehen Anzeichen, dass die Photovoltaik gar zur Leitindustrie des 21. Jahrhunderts wird (EuPD/ifo März 2008, S. 5). Viele Regierungen haben entsprechende nationale Forschungsprogramme sowie industriepolitische Initiativen gestartet. In diesem Kontext sind Teile der deutschen PV-Wirtschaft bislang gut bis sehr gut positioniert.

### 3 Entwicklungstrends und Besonderheiten des PV-Standortes Deutschland

Durch den photovoltaischen Effekt kann Licht direkt in elektrische Energie transformiert werden. Im Zentrum dieses Umwandlungsprozesses steht die Solarzelle. Um für diverse Anwendungsgebiete geeignete Spannungen bzw. Leistungen bereitstellen zu können, werden einzelne Solarzellen zu größeren Einheiten (Module) miteinander verschaltet. Dabei kommen unterschiedliche Zellkonzepte wie

- Wafer-basierte Siliziumtechnologien (mono- bzw. multikristallin),
- Dünnschichtsolarzellen (a-Si,  $\mu$ c-Si, CiS, CdTe),
- III-V-Halbleiter-Konzentratorzellen sowie
- Farbstoff- und organische Zellen

zur Anwendung bzw. sind in der Entwicklung.<sup>4</sup>

Die von den Solarzellen erzeugte Gleichspannung wird von einem Wechselrichter in Wechselspannung umgewandelt.

Obwohl der photovoltaische Effekt bereits vor über 170 Jahren entdeckt und die erste Photozelle aus Selen bereits 1883 gebaut wurde, fand die Technologie erst 1958 als Energiequelle in der Raumfahrt praktische Anwendung. Weitere Impulse erhielt die Photovoltaik durch die Energiekrisen in den 1970er und 1980er Jahren, dem Reaktorunfall in Tschernobyl, den Erkenntnissen hinsichtlich des Treibhauseffekts („Klimawandel“) und dem damit verbundenen, anwachsenden Umweltbewusstsein breiter Teile der Bevölkerung. Bis die Photovoltaik allerdings ein wirtschaftlich bedeutsames Aktivitätsniveau erreichte, dauerte es noch bis nach der Jahrtausendwende.

#### 3.1 Die fünf PV-Entwicklungsetappen in Deutschland

##### 3.1.1 Die Pionierphase bis 1985

„Wissenschaftliche Arbeiten zu regenerativen Energieformen wie Wind und Sonneneinstrahlung lassen sich bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts zurückverfolgen. Die Dominanz von Kohle und Öl und der euphorische Glaube an die Lösung aller Energieprobleme durch die Kerntechnik hatten sie nach dem Zweiten Weltkrieg für einige Jahrzehnte in ein Nischendasein abgedrängt.“ So lautet die Schlussfolgerung der Autoren zur Geschichte der Solarenergie im Rahmen der Fraunhofer-Gesellschaft. (Trischler/vom Bruch 1999, S. 355)

---

<sup>4</sup> Recht anschaulich werden die photovoltaischen Technologiestränge im ISI-Bericht Energietechnologien 2050 sowie in einer aktuellen DPG-Studie beschrieben (DPG 2010). Einen Überblick über Siliziumbasierte und Dünnschicht-Technologien vermittelt auch das OBS-Arbeitsheft 56 (Richter u.a. 2008, S. 5 ff.).

**Tabelle 4: Politische Rahmenbedingungen, Unternehmensentwicklungen sowie Forschungsansätze**

Phase	Politische Rahmenbedingungen	Unternehmensentwicklung	Forschung / Technologie
<b>Phase I bis 1985:</b> Pionierphase	Ölschock als Wendemarke, ab 1974 Beginn staatlicher Forschungsförderung	Pionierunternehmen, zumeist Großkonzerne wie AEG (1958), Siemens (Mitte 1960er), Nukem (1979, RWE-Tochter), MBB (1980) mit Solarsparte	Konzentration der Forschung auf Großindustrie, vereinzelt Grundlagenforschung in universitären Forschungsgruppen
<b>Phase II 1986-1996:</b> Industrielle Stagnation	Erstes Marktförderprogramm 1990: 1.000-Dächer-Programm, erste Demonstrationsprojekte, Durchsetzung der kostendeckenden Vergütung bei Stadtwerken	Konsolidierung der PV-Branche, teilweise 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
<b>Phase III 1997-2005:</b> Industrielles Wachstum	1999: 100.000-Dächer-Programm; 2000/2004: EEG und Novellierung; stagrierende Forschungsförderung	Ende 1990er: 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
<b>Phase IV ab 2006:</b> Internationalisierung und Technologiekonkurrenz	Expansion des EEGs in weitere Staaten; weltweite Auflage von Förderprogrammen	Expansion von Unternehmen ins Ausland: Solarworld, Q-Cells u.a.; Deutschland als Produktionsstandort ausländischer PV-Unternehmen: Produktionsstart EverQ (2006) sowie First Solar (2007); Zahlreiche Unternehmensgründungen in verschiedenen Dünnschichttechnologien	Neugründung öffentlicher und privater Forschungsinstitute (CSP Halle, Kompetenzzentrum Dünnschicht- und Nanotechnologie für PV Berlin, PI Berlin, FESTpv Aachen/Heerlen) Verstärkter Aufbau von Forschungsabteilungen in Unternehmen
<b>Phase V ab 2009:</b> Käufermarkt	Außerplanmäßige Reduktionen von Förderprogrammen (z.B. Spanien); Diskussionen über Kürzungen der Einspeisevergütungen in Deutschland	Angebot übertrifft wachsende Nachfrage, Wandel des Marktes zum Käufermarkt, Konsolidierung und Restrukturierung der Branche in Deutschland; Ausbau der weltweiten Kapazitäten, speziell in Asien	Forschungsprojekte zur Überwindung vieler Engpässe auf den jeweiligen Stufen der Wertschöpfungskette; im Zuge der Neujustierung der EEG-Vergütungssätze; Ankündigung des Forschungsprogramms "Innovationsallianz Photovoltaik"

**Quelle:** Dewald 2007, S. 13 sowie eigene Ergänzungen.

Der mit der Ölkrise zu Beginn der 1970er Jahre verbundene politische Schock leitete die systematische staatliche PV-Forschungsförderung in Deutschland im Jahre 1974 ein. Diese Förderung konzentrierte sich zunächst überwiegend auf Teile der Großindustrie (vgl. die vereinfachende schematische Darstellung der Entwicklungsetappen in Tabelle 4). In dieser „Pionierphase“ der Photovoltaik, die bis 1985 datiert werden kann, begann vereinzelt die Finanzierung von Grundlagenforschung in universitären Forschungsgruppen. Nach zähem politisch-wirtschaftlichen Ringen erfolgte schließlich 1981 die Gründung

des Instituts für Solare Energiesysteme in Freiburg. (vgl. Trischler/vom Bruch 1999, S. 355 ff.)

### 3.1.2 Die Phase der Stagnation (1986 – 1996)

Im daran anschließenden Jahrzehnt - der **zweiten** PV-Entwicklungsphase - folgten erste staatliche Förderinitiativen auf der Nachfrageseite mittels des 1.000-Dächer-Programms sowie des Stromeinspeisungsgesetzes vom 05.10.1990. Angesichts der relativ preisgünstig zu importierenden fossilen Energieträger und der Stromerzeugung aus Kernkraft entwickelten sich die Märkte für PV-Module und Systeme allerdings bei weitem nicht so dynamisch wie ursprünglich erhofft. Insofern war auf Seiten der Unternehmen wenig Aktivität und Wachstum zu registrieren; teilweise verlagerten sie sogar die PV-Produktion ins Ausland. Die im Jahre 1990 gefertigten Zellen unterteilten sich weltweit jeweils zu einem Drittel auf mono- und polykristalline Siliziumzellen sowie Dünnschichtsolarzellen. (Weber, E. 2009, Folie 9)

Langfristig positiv auf die photovoltaische Entwicklung in Deutschland wirkten sich die Forschungsförderung sowie die Gründung weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen aus. Diese Institute übernahmen zunehmend Material- und Prozessforschungsprojekte für Unternehmen. Auf den dabei gewonnenen Erkenntnissen konnte in der **dritten** Entwicklungsphase der Photovoltaik (1997 – 2005) in Deutschland aufgesetzt werden.

### 3.1.3 Die Periode industriellen Wachstums (1997 – 2005)

Die damalige konservativ-liberale Regierungskoalition legte zunächst das 100.000-Dächer-Programm auf. An dieser Fördermaßnahme wurden erste Erfahrungen mit dem Instrument Einspeisevergütungen gesammelt. Dennoch blieb der kommerzielle Durchbruch noch aus.

Erst mit der systematischen Förderung der Erneuerbaren Energien (EE) im Stromsektor durch das Inkrafttreten des Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) zum 01.04.2000 sowie insbesondere der entsprechenden Novellierung im Jahre 2004 begann die steile Aufwärtsentwicklung der Photovoltaik in Deutschland. Im EEG wurde erstmals das Prinzip des gesicherten Zugangs für Strom aus EE zum Netz sowie dessen Vergütung durch die Netzbetreiber verankert. Diese verlässlichen politischen Rahmenbedingungen führten innerhalb kürzester Zeit zu erheblichen Investitionen und der Herausbildung einer nennenswerten PV-Wirtschaft in Deutschland.

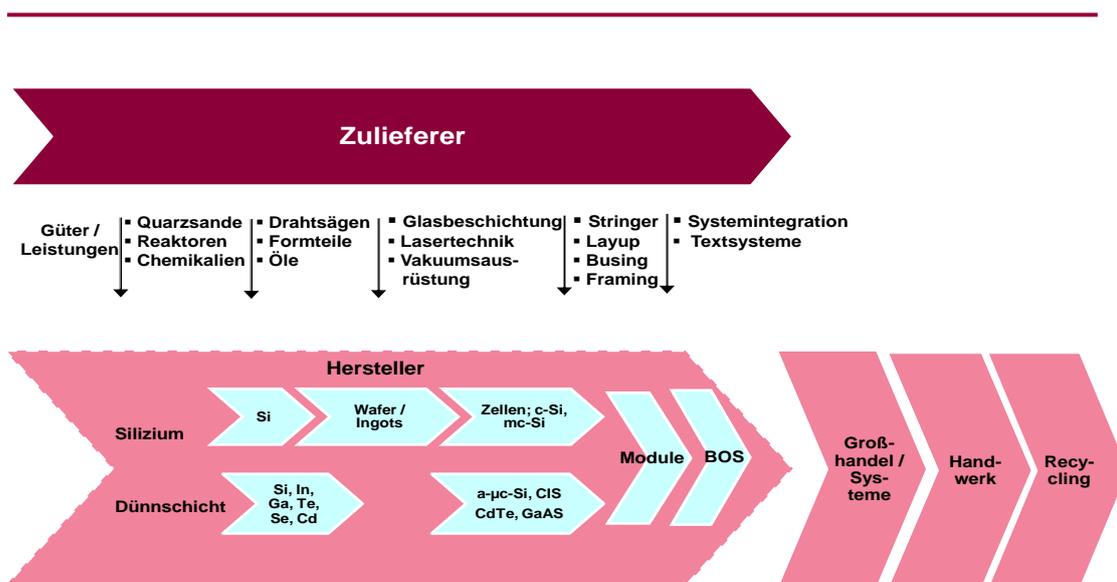
Auf wirtschaftlicher Seite waren dabei folgende Entwicklungslinien prägend:

- Erstens weiteten traditionelle Hersteller ihre jeweiligen Aktivitäten entlang der Photovoltaik-Wertschöpfungskette aus. Synergien lagen u.a. bei Beschichtungstechnologien, bei optischen Prozessen sowie im Bereich der Automation. Beispielsweise wurde die Wacker Chemie AG international einer der führenden Hersteller von Silizium und

Kleber für die PV-Industrie; Schott Solar AG (Mainz) und Centrosolar GmbH (Fürth) konzentrierten sich auf die Glasherstellung und -beschichtung von PV-Anlagen.

- Zweitens erfolgten in dieser Periode diverse Neugründungen als reine Zell- und/oder Modul-Hersteller; interessanterweise schwerpunktmäßig in den neuen Bundesländern (z.B. Q-Cells, ErSol, Sunways). Diese Gesellschaften wandelten sich jeweils recht schnell in Aktiengesellschaften um und gingen an die Börse. (vgl. hierzu im Detail Kapitel 3.2)
- Die meisten Zulieferer entstammten demgegenüber dem klassischen Maschinenbau oder der Metallherzeugung; überwiegend mit Stammsitz im Süden Deutschlands. In den südlichen Bundesländern siedelten sich zudem viele solare Großhandelsgesellschaften und Handwerksbetriebe an; letztere wegen der Nähe zum Endkunden. (vgl. EuPD/ifo März 2008, S. 14)

**Abbildung 2: Struktur der Wertschöpfungskette der Photovoltaik**



1

**Quelle:** EUPD Research 2008; zit. in: EuPD/ifo März 2008, S. 8. sowie eig. Ergänzungen

Die dritte Entwicklungsphase lässt sich – grob zuspitzend – erstens durch den Rückzug vieler Mischkonzerne und eine Verlagerung zu Konzern-unabhängigen PV-Produzenten auf allen Stufen des photovoltaischen Wertschöpfungsprozesses charakterisieren (vgl. auch Schaubild 2). Ein zweites prägendes Kennzeichen dieses Zeitabschnittes war die Überführung bekannter Silizium basierter PV-Technologien in die Massenfertigung. (Seeliger 2010, S. 3)

Speziell Anlagenhersteller und Maschinenbauunternehmen konnten drittens ihre Kenntnisse einbringen und Expertisen weiterentwickeln. Neue bzw. optimierte Produktionstech-

nologien wurden nachgefragt; ab Mitte des Jahrzehnts auch verstärkt aus dem Ausland. Demzufolge erhöhten sich der Druck und die Bereitschaft, kostenoptimierte Prozesstechnologien zu entwickeln. Vier Anlagenhersteller aus Deutschland haben sich inzwischen unter den zehn international führenden Produktionstechnologie-Unternehmen für Photovoltaik etabliert. (Tabelle Anhang 1) Im Bereich der Wechselrichter haben deutsche Gesellschaften derzeit eine dominierende internationale Marktstellung inne.

### 3.1.4 Internationalisierung und Technologiewettbewerb (ab 1996)

Der **vierte** Entwicklungsabschnitt ab 2006 war durch verstärkte Internationalisierung und Technologiekonkurrenz geprägt. Mittlerweile hatten rund 65 Staatsregierungen das Instrument der Einspeisevergütung übernommen und entsprechende PV-Förderprogramme aufgelegt. (Prognos AG 2009, S. 19)

Die günstigen politischen Rahmenbedingungen schufen für viele Unternehmen in Deutschland die Basis, ins Ausland zu expandieren. Gesellschaften wie der Zellenhersteller Q-Cells AG oder der integrierte Solarkonzern Solarworld AG erreichten internationales Gewicht. Zeitgleich erweiterten auch Unternehmen im Ausland ihre Kapazitäten. In den letzten Jahren entstanden insbesondere in China und Taiwan beträchtliche Produktionskapazitäten auf allen Stufen der photovoltaischen Wertschöpfungskette.

In dieser Phase erfolgte in Deutschland zudem der verstärkte Aufbau zahlreicher Zellproduzenten auf Basis verschiedener Dünnschichttechnologien. Bei den Dünnschichttechnologien für photovoltaische Anwendungen wird eine dünne, leitende Schicht auf Glas oder metallische Trägermaterialien aufgetragen (im Allgemeinen aufgedampft). Derzeit kommen dabei vor allem amorphes Silizium (aSi), Cadmium-Tellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) zur Anwendung. Insbesondere der Wertschöpfungsschritt „Schneiden von Siliziumblöcken“ entfällt. (vgl. Schaubild 1 Wertschöpfungskette sowie VCI 2009, S. 23 und Richter u.a. 2008, S. 6) Der Nachteil, dass die dabei erzielten Wirkungsgrade zu Silizium basierten Zellkonzepten aktuell noch niedriger sind, wird durch günstigere Herstellkosten kompensiert. Im Allgemeinen sind die Investitionskosten bei Dünnschichttechnologien indes höher.

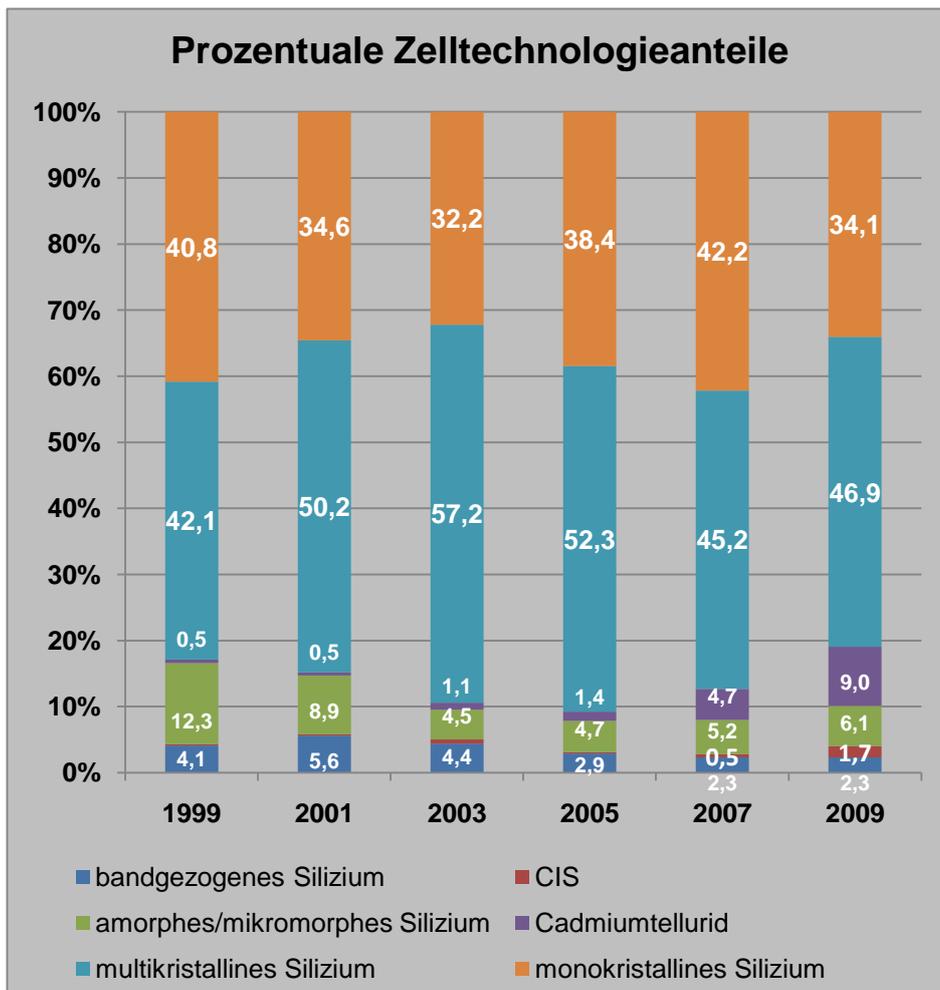
Die Prognos AG erwartet aufgrund der erheblichen Kostenvorteile von Dünnschichttechnologien mittelfristig die Verdrängung der kristallinen Siliziumzellen bis auf wenige Spezialanwendungen. (Prognos AG 2009, S. 12) Um auch die Leistungsfähigkeit der Dünnschichttechnologien und deren Produktionstechnologien weiter zu verbessern, wurden ab Mitte des Jahrzehnts zusätzliche öffentliche und private Forschungseinrichtungen in Deutschland aufgebaut.

### 3.1.5 Überkapazitäten - Käufermarkt

Ab 2009 lässt sich eine **fünfte** PV-Phase abgrenzen. Durch den dynamischen Ausbau der international vorhandenen Produktionskapazitäten und der damit verbundenen Beseiti-

gung diverser Engpässe in der Wertschöpfungskette (z.B. beim Siliziumangebot) einerseits sowie außerplanmäßigen Kürzungen von Förderprogrammen (speziell in Spanien) andererseits übertraf das Angebot erstmals deutlich die Nachfrage. Trotz des weiterhin zweistelligen Wachstums der Nachfrage wandelte sich die Photovoltaik-Wirtschaft zu einem Käufermarkt. Speziell in Deutschland gingen die Preise um rund 30 Prozent in 2009 zurück.

Abbildung 3: Anteilige Entwicklung der Zelltechnologien von 1999 - 2009



Quelle: Photon Heft 4/2010, S. 61. Zur Erklärung der jeweiligen Zelltechnologien vgl. die in Fußnote 4 angegebene Literatur (S. 14).

Mit dieser Entwicklung waren zudem größere relative Verschiebungen im Einsatz der Zelltechnologien verbunden. Während der Absatz kristalliner Zellen bzw. Module in 2009 stagnierte bzw. nur leicht zunahm, verzeichneten Hersteller von Dünnschichtzellen Zuwächse um rund 24 Prozent. Vor dem Hintergrund, dass derzeit etwa 85 Prozent der installierten Solarmodule aus kristallinen Siliziumwafern gefertigt sind und nur 15 Prozent auf Dünnschichttechnologien basieren (Energietechnologien 2050, S. 64), deuten obige

Entwicklungen technologische Verschiebungen an. Roland Berger rechnet mit einer Ausweitung des Anteils von Dünnschichttechnologien bis 2012 auf 30 Prozent. (Roland Berger Juni 2010, Folie 6)

Diese Entwicklung hin zu Dünnschichttechnologien ist jedoch nicht gänzlich widerspruchsfrei. In letzter Zeit wuchsen anteilig insbesondere die CdTe-Dünnschicht-Zellen besonders stark. Wegen negativer Umweltauswirkungen steht Cadmium seitens verschiedener Einrichtungen – wie z. B. des Umweltausschusses des Europäischen Parlaments – aktuell unter Beobachtung.

Aufgrund der geringen Wirkungsgrade stehen Hersteller von Silizium-Dünnschichtmodulen vor massiven Herausforderungen. (Sonne, Wind & Wärme 5/2010, S. 144)

2009 verloren speziell monokristalline Zellen in Deutschland im dritten Jahr in Folge Marktanteile. „Das könnte sich allerdings im nächsten Jahr ändern, weil viele Unternehmen hoch effiziente Zellen mit selektiven Emittern produzieren wollen, die ihre Vorteile am besten auf monokristallinen Wafern entfalten.“ (Photon April 2010, S. 65)

Folglich lässt sich keine dominierende Zell- und Modultechnologie für die nähere Zukunft herauskristallisieren. Stark fallende Preise bei kristallinen Modulen würden die Wettbewerbsfähigkeit traditioneller Zellhersteller wieder stärken. Da die Dünnschichttechnologien höhere Investitionskosten verursachen, können Kostenvorteile erst bei großen Produktionsmengen erzielt werden. In diesem Szenario wären speziell kleine und finanzschwache Start-Up-Gesellschaften im Dünnschichtsektor gefährdet. Gerade diese Betriebe leiden derzeit besonders stark unter der Finanzkrise wegen teurer gewordenen Risikokapitals. (Ebd.)

### **3.2 Das Engagement des Finanzsektors in der PV-Wirtschaft**

Der rasche Aufbau und das starke Wachstum der Photovoltaik-Unternehmen erforderte erhebliches Risiko- und Finanzkapital. Die Finanzbranche hat durch ihr finanzielles Engagement wesentlich zum schnellen Durchbruch und Erfolg von photovoltaischen Unternehmen im weitesten Sinne in Deutschland beigetragen. Sowohl für viele neu gegründete Komponenten-, Zell- und Modul-Hersteller als auch für PV-orientierte Maschinenbauunternehmen war die Finanzmarktorientierung im letzten Jahrzehnt kennzeichnend.

Ausgewählte Finanzakteure hatten spätestens Anfang dieses Jahrzehnts den erheblichen Finanzbedarf der wachsenden Unternehmen in der Photovoltaik-Wirtschaft identifiziert und brachten passgenaue Dienstleistungen in den Wachstumsprozess ein. Idealtypisch lassen sich zwei verschiedene Phasen der Unternehmensfinanzierung herauskristallisieren. (BVK Okt. 2009)

- Vor allem frühe Finanzierungsrunden von PV-Gesellschaften wurden (und werden) oft von deutschen Beteiligungsgesellschaften bestritten. Diese Finanzakteure verfügten über entsprechende Erfahrungen aus der Technologiefinanzierung in den Bereichen

Informations- und Kommunikationstechnologien oder Life-Science; sie waren in der Lage, diese Kenntnisse auf die Eigenarten des PV-Sektors zu übertragen. Technologie-Know-how und Netzwerke (z.B. zu Business Angels) waren wesentliche Aktivposten in dieser Kooperation.

- Das wachsende Geschäft und somit weiter ansteigender Kapitalbedarf überstiegen häufig die Fähigkeiten und Finanzmittel der deutschen Venture Capital-Gesellschaften. An der Weiterfinanzierung der PV-Unternehmen beteiligten sich infolgedessen verstärkt internationale Investoren (insbesondere Private-Equity-Gesellschaften).

Für diese Entwicklungsphasen und Formen der Zusammenarbeit wird häufig auf das Beispiel Q-Cells verwiesen. Im Jahre 1999 gegründet, verzeichnete das - ehemalige - Vorzeigeunternehmen 2007 die höchste Marktkapitalisierung aller PV-Unternehmen weltweit.

Im ersten Schritt erhielt die Gesellschaft von zwölf Business Angels das erforderliche Grundkapital. „Auch die IKB Beteiligungsgesellschaft war durch ein stilles Darlehen von Beginn an mit im Boot. Wenig später beteiligte sich außerdem die DKB Wagniskapital Unternehmensbeteiligungsgesellschaft – deren Schwerpunkt auf der Frühphasenfinanzierung liegt – gemeinsam mit einem auf Energietechnologie ausgerichteten Fonds eines privaten Investors.“ (Private Equity Investor Brief Nr. 2 August 2009, S. 6) Die Private-Equity Gesellschaft Apax Partner stieg 2004 ein und brachte den Solarhersteller schließlich an die Börse. „Bis zum IPO (Börsengang, d.V.) im Jahr 2005 hatte das Unternehmen insgesamt 17 Mio. Euro Venture Capital erhalten.“<sup>5</sup> (Ebd., S. 6)

Vor der Finanz- und Wirtschaftskrise hatten sich die Bedingungen weiter verbessert, Beteiligungskapital für Wachstum im Bereich Erneuerbare Energien zu erhalten. Im Jahre 2008 war Deutschland wesentliches Zielgebiet von Venture-Capital-Investitionen für sog. Cleantech-Unternehmen, also für im Bereich erneuerbarer Energien tätiger Betriebe. Der Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften schätzt, dass rund 383 Mio. Euro im EE-Segment in 2008 investiert wurden. (BVK Okt. 2009, S. 23) An der Spitze befand sich das Berliner Dünnschichttechnologie-Unternehmen Sulfurcell. Es erhielt in 2008 mit 85 Mio. Euro die höchste Beteiligungsfinanzierung im Bereich Erneuerbarer Energien in Europa. Tabelle 5 listet die drei größten Venture Capital-Finanzierungen in Deutschland der Jahre 2007 und 2008 im Segment Photovoltaik auf.

Laut Angaben von Prequin hat sich die Zahl der Private-Equity-Fonds im Segment Grüne Technologien seit 2004 auf 117 vervierfacht. (zit. in BVK Okt. 2009, S. 18) Immer mehr private und institutionelle Anleger stellen Finanzmittel für Investitionen im Bereich Erneuerbarer Energien zur Verfügung; wobei andererseits auch immer höherer Finanzbedarf besteht.

---

<sup>5</sup> Der Einsatz der Erstinvestoren hat sich richtig rentiert. Bei ihrem Ausstieg aus dem Q-Cells-Engagement erzielten sie auf ihr eingesetztes Kapital ein Multiple in Höhe von 27,5.

**Tabelle 5: Größte Beteiligungsfinanzierungen in Deutschland im Bereich Photovoltaik in den Jahren 2007 und 2008**

Unternehmen	PV-Segment	Investitionen in Mio. Euro	Beteiligungsgesellschaften
Sulfurcell	Dünnschichtzellen	85	Intel Capital, Climate Change Private Equity, IBB Beteiligungsgesellschaft, Ventegis, AIG, Demeter Partners, Zouk Ventures, Bank Invest
ETF Thin Film	Dünnschichtzellen	80	Ventizz Capital Partners
Odersun	Dünnschichtzellen	61	Virgin Green Fund, PCG Clean Energy & Technology Fund, AGF Private Equity, Doughty Hanson Technology Ventures

**Quelle:** Private Equity Investor Brief Nr. 2 August 2009, S. 2.

Weiteres Wachstum von Unternehmen setzt häufig zusätzliche umfangreiche Finanzierungsmöglichkeiten voraus. Diese Finanzmittel können u.a. über einen Börsengang eingeworben werden. Im Jahre 1998 machte für die PV-Branche die Solon AG (jetzt SE) den Anfang; 1999 folgte die Solarworld. Seitdem gingen besonders häufig PV-Unternehmen diesen Schritt. Angesichts der hohen öffentlichen Aufmerksamkeit, die dem Bereich Solarenergie in den letzten Jahren zuteil kam, wurden sie zeitweise sehr beliebte Börsenkandidaten. Die folgende Tabelle 6 listet wesentliche Neuemissionen im Bereich Photovoltaik in den Jahren 2005 bis 2008 auf.

**Tabelle 6: Neuemissionen von PV-Unternehmen, 2005 bis 2008**

Jahr	Unternehmen	Beteiligte Private Equity-Gesellschaften	Platzierungsvolumen in Mio. EUR
2005	Conergy AG	Grazia Equity, Capital Stage	213
2005	ErSol Solar Energy AG	Ventizz, equitrust, nwk nordwest Kapitalbeteiligungsgesellschaft	135
2005	Q-Cells AG	Apax Partners, IBG Sachsen-Anhalt, DKB Wagniskapital	272
2006	aleo solar AG	Hannover Finanz	95
2007	centrotherm photovoltaiks AG	k.A.	186
2007	SMA Solar Technology AG	k.A.	1.666

Anmerkung: Es sind nur Neuemissionen, keine Transfers berücksichtigt.

**Quelle:** BVK Okt. 2009, S. 23.

Einige der Aktiengesellschaften haben mittlerweile den Sprung in den TecDAX geschafft. Ende 2009 waren fünf PV-Unternehmen und drei PV-orientierte Maschinenhersteller in diesem Technologie-Index gelistet (Tabelle 7). Mit fast 25 Prozent hatten sie erhebliches Gewicht im TecDAX.

Die Ankündigung von außerplanmäßigen Kürzungen der Einspeisevergütungen hatte gravierende Auswirkungen auf die Börsenkurse der PV-Unternehmen. Ihre Kurse brachen regelrecht ein; deshalb lag ihre Performance in den letzten Monaten im Durchschnitt unter dem TecDAX-Trend. Bei den Anlegern scheint derzeit eine skeptischere Beurteilung der

zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Photovoltaik-Gesellschaften als noch vor einigen Monaten zu bestehen.

**Tabelle 7: PV-Unternehmen im TecDAX (Stand: 21.12.2009)**

Name	Branche	Anzahl der Aktien	Anteil Streubesitz in %	Gewichtung im TecDAX (%)
centrotherm photovoltaics AG	Maschinenbau	21.162.382	44,46	2,44
Conergy AG	Photovoltaik	398.088.928	48,04	0,77
Manz Automation AG	Maschinenbau	4.480.054	50,81	0,82
Phoenix Solar AG	Photovoltaik	6.696.900	100,00	1,69
Q-Cells AG	Photovoltaik	88.974.627	72,00	3,78
Roth & Rau AG	Maschinenbau	13.800.000	86,66	2,15
SMA Solar Technology AG	PV (Wechselrichter)	34.700.000	25,70	4,80
SolarWorld AG	Photovoltaik	111.720.000	75,00	7,31
8 UN von 25 TecDAX-UN				<b>23,76</b>

**Quelle:** Eig. Zusammenstellung und Berechnungen.

### 3.3 Zusammenfassende Einschätzung der bisherigen Entwicklung

Das extrem starke Wachstum des PV-Marktes in der letzten Dekade bot nicht nur Chancen für große Konzerne. Seit Einführung und Novellierung des EEG bestanden auch für mittelständische Unternehmen und speziell für Neugründungen (Start-Ups) rasche und vielfältige kommerzielle Entwicklungsmöglichkeiten. Die Geschichte der PV-Industrie in Deutschland ist insofern nicht nur nachfrageseitig, sondern auch im Hinblick der Angebotsseite durch einige Besonderheiten gekennzeichnet.

In diesem Kontext ist ausdrücklich die Rolle von Finanzakteuren hervorzuheben. Finanzeinrichtungen in Form von Beteiligungs- und Private-Equity-Gesellschaften hatten die immensen Finanzierungserfordernisse der PV-Branche beizeiten erkannt; sie brachten passgenaue Angebote und Dienstleistungen in den Wachstumsprozess ein. Die Zusammenarbeit führte dazu, dass viele Zell- und Modulhersteller sich frühzeitig in Form von Aktiengesellschaften organisierten und positionierten.

Mit diesem Schritt war eine gewisse Finanzmarkt-Orientierung eines Teils der Photovoltaik-Industrie in Deutschland verbunden. M.a.W.: Die junge PV-Branche verfolgte in der letzten Dekade gehäuft die sogenannte „angelsächsische“ Variante des Kapitalismus. (Hall/Soskice 2001)

Die Auswirkungen dieser Orientierung können vielfältig sein. (vgl. z.B. Hoepner 2003) Durch die regelmäßige Veröffentlichung von wirtschaftlichen und finanziellen Informationen sowie Jahresabschlüssen ist einerseits ein hoher Grad an öffentlicher Transparenz gegeben – sowohl über führende Unternehmen des Wirtschaftssegments als auch über die Branche insgesamt. Andererseits führt die primäre Orientierung an den Informationsbedürfnissen aktueller und potenzieller Kapitalgeber im Rahmen der IFRS-Abschlüsse (eventuell) zu kurzfristigem Handeln des Managements, um entsprechenden Wachstums-, Liquiditäts- und Renditewünschen der Anleger zu entsprechen. Folglich würde sich die „angelsächsische“ Spielart des Kapitalismus nicht nur auf die finanzwirtschaftliche Seite

der Unternehmen und dessen Kontrolle auswirken, sondern z.B. auch auf die Höhe von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (hierzu Abschnitt. 5.5).

Die industriellen Beziehungen, die Mitsprache in Betrieb und Unternehmen, die Lohnfindung sowie die Mitwirkung von Gewerkschaften bei der Regulierung wirtschaftlichen Handelns könnten ebenfalls von Börseninteressen essentiell beeinflusst sein. Diesem Themenkomplex wird im fünften Kapitel intensiver nachgegangen.

Des Weiteren bleibt festzuhalten, dass sich in den letzten Jahren zwei Trends überschneiden haben und die Struktur der Photovoltaik-Industrie in Deutschland langfristig verändern werden: die zunehmende Internationalisierung des Angebots - insbesondere aus kostengünstigeren Produktionsstätten Asiens - sowie - damit verbunden - Weiterentwicklungen der Zell- und Systemtechnologien. Diese Prozesse hatten - und werden weiterhin - zur Folge haben, dass Kosten und Preise der PV-Zellen und Module in raschem Tempo sinken werden. Roland Berger rechnet mit einem jährlichen Preisverfall von 10-15 Prozent in den kommenden Jahren aufgrund eines Überangebots, kosteneffizienterer Produktion und technologischen Verbesserungen. (Roland Berger 2010, Folie 6)

Der Markt- und Wettbewerbsdruck auf die Photovoltaik-Industrie in Deutschland bleibt folglich in den nächsten Jahren hoch. Der derzeitige Euro-Wechselkurs verbessert die Situation deutscher Herstellern geringfügig; im Konkurrenzkampf dürfte er aber nur ein Faktor unter vielen sein. Angesichts hohen Kosten- und Margendrucks wird insbesondere die Frage der Finanzierung weiteren Wachstums wesentliche Bedeutung erlangen.

Spezifisches Wissen und Technologieführerschaft werden im zukünftigen internationalen Wettbewerb des Weiteren eine entscheidende Rolle spielen. In diesem Kontext steigen einerseits die Anforderungen an die jeweiligen Regionen, mittels entsprechender Forschungs- und Entwicklungs-Infrastruktur einen ausschlaggebenden Beitrag zur Wissensgenerierung zu leisten. Andererseits bieten sich Chancen vor allem für innovative und effizient produzierende Unternehmen. Sowohl Größe als auch Flexibilisierung mittels Auftragsfertigung dürften entscheidende Erfolgsfaktoren zur Kostenreduzierung werden.

Gelingt es in kurzer Zeit Netzparität zu erreichen, also Gleichheit des Endverbraucherpreises mit den Stromerzeugungskosten für Photovoltaik zu schaffen<sup>6</sup>, sind die Marktperspektiven der PV-Unternehmen ausgesprochen positiv. Zum Erreichen dieses Zieles sind jedoch noch weitere technologische Durchbrüche nötig, also ein hohes Forschungs- und Entwicklungs-Niveau erforderlich.

In den folgenden Abschnitten wird deshalb ein Überblick über den aktuellen Stand der PV-Industrie in Deutschland unter besonderer Beachtung des starken Einflusses von Finanzakteuren gegeben.

---

<sup>6</sup> Diese Definition aus der Fachwelt der erneuerbaren Energien berücksichtigt einerseits zusätzlich entstehende Kosten z.B. für das Speichern von Strom aus erneuerbaren Energien nicht. Darüber hinaus werden die Aufwendungen für die Verteilung des Stroms mittels Netze nicht beachtet. Folglich ist wirkliche Netzparität erst bei einem weitaus niedrigeren Preis gegeben; letztendlich, wenn PV-Strom an Spotmärkten genauso günstig eingekauft werden kann wie konventionell erzeugter Strom (wobei bei diesem dann die externen Kosten eingepreist sein müssen).

## 4 Ein aktueller Überblick über den PV-Standort Deutschland

Im Rahmen der offiziellen Statistik wird ein Wirtschaftszweig Photovoltaik nicht gesondert veröffentlicht. Vielmehr weist das Statistische Bundesamt entsprechende Aktivitäten - wie z.B. die Herstellung von Silizium, Zellen bzw. Modulen oder die Installationsleistung der Handwerker - in anderen Produktionsgruppen und Wirtschaftszweigen mit aus. Eine Trennung der Bereiche ist laut Auskunft eines Mitarbeiters des Bundesamtes derzeit nicht möglich. Folglich fehlen Daten über den PV-Standort Deutschland auf vergleichbarer, objektiver Basis.

Statistische Angaben über die deutsche Solarstrombranche werden regelmäßig vom Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (BSW) publiziert. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass in diesen Informationen der Bereich Solarwärme häufig mit einbezogen wird.

### 4.1 Arbeitsplatzvolumen und regionale Konzentration

Im Jahre 2009 erwirtschaftete die so definierte deutsche Solarwirtschaft demnach (vgl. [www.solarbusiness.de/fakten/solartechnik-in-kuerze/zahlen](http://www.solarbusiness.de/fakten/solartechnik-in-kuerze/zahlen); Abruf am 25.05.2010)

- in rund 15.000 Photovoltaikunternehmen (inkl. Handwerk und Zulieferer; wobei laut BSW nur ca. 300 Betriebe „reine“ PV-Hersteller sind)
- mit 80.000 Beschäftigten
- 10,2 Mrd. Euro Umsatz (plus rd. 2 Mrd. Euro bei Berücksichtigung der Zulieferer des Maschinenbaus).
- Mehr als die Hälfte des Umsatzes wurde in 2009 mittels Export erzielt (6,5 Mrd. Euro, d.h. 63,7 Prozent).

Seit 2000 haben sich die Produktionskapazitäten der Photovoltaik nach Angaben des BSW mehr als verzehnfacht. Mit dem Ausbau ging eine Kostenreduktion um 85 Prozent gegenüber 1990 einher. Nach Erhebungen des Bundesverbandes Solarwirtschaft stiegen die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen von knapp 30 Mio. Euro in 2004 auf rund 180 Mio. Euro in 2009. Die F&E-Quote lag demnach bei 1,8 Prozent am Umsatz.

Im Gegensatz zur sonst üblichen Praxis des Statistischen Bundesamtes bezieht der BSW in seiner statistischen Bilanz auch den Zulieferbereich zumindest in großen Teilen mit ein. Da sich diese Studie auf die Herstellung von Photovoltaik-Systemen und -Komponenten

konzentriert, wären die BSW-Daten des Weiteren um den durch Solarwärme entstandenen Anteil zu korrigieren.

#### 4.1.1 Beschäftigung

Bei einer beschäftigungspolitischen Gesamtbewertung des Wirtschaftsbereiches Photovoltaik sind folglich zwei Korrekturschritte vorzunehmen:

- Erstens ist der Bereich Solarthermik herauszurechnen. Mangels anderer Informationen wird im Folgenden unterstellt, dass ein Viertel der vom BSW angegebenen Beschäftigungswirkung dem Segment Solarwärme zuzuzählen ist. Für die Photovoltaik verbliebe ein Arbeitsplatzvolumen in Höhe von 60.000.<sup>7</sup> Dieser Wert würde um 3.000 Arbeitsplätze über das von Germany Trade and Invest geschätzte Beschäftigungsvolumen für das Jahr 2008 liegen. (57.000; vgl. Germany Trade and Invest Oct. 2009)
- Zweitens ist ein deutlich geringerer Multiplikatoreffekt als sonst üblich anzusetzen. Im Allgemeinen beträgt der Faktor direkte zu indirekter Beschäftigung mindestens 1:2. Mit anderen Worten: 1.000 direkte Arbeitsplätze in einem Wirtschaftszweig haben weitere 2.000 indirekte Arbeitsplätze zur Folge. Infolgedessen ergibt sich in diesem Beispiel eine Gesamtbeschäftigung in Höhe von 3.000 Arbeitsplätzen.

Auf das verbliebene Arbeitsplatzvolumen in Höhe von 60.000 wären bei einem Multiplikator von 0,5 bis 1,0 folglich insgesamt **90.000 - 120.000 Beschäftigte** im Jahre 2009 in der PV-Wirtschaft direkt und indirekt tätig gewesen.

Anhand dieser Informationen errechnet sich für den **industriellen Kern der Photovoltaik** – im Wesentlichen den Herstellern von Silizium, Wafer, Zellen und Module - in Deutschland eine direkte Beschäftigung in Höhe von rund **30.000 Arbeitsplätzen** für 2009.

Diese Größenordnung wird durch eine einfache Überschlagrechnung bestätigt: Für das Jahr 2007 ermittelten die Institute EuPD/ifo eine Beschäftigung in der deutschen Photovoltaik-Branche in Höhe von 41.000 Arbeitsplätze, „knapp 50 Prozent davon im Handwerk“. (EuPD/ifo März 2008, S. 13) Angesichts der in den letzten beiden Jahren erfolgten Nachfragesteigerungen sowie des Zubaus neuer Produktionskapazitäten (hierzu z.B. Richter u.a., 2008, S. 21) dürften rund 10.000 neue Arbeitsplätze auf den Wertschöpfungsstufen der Zellhersteller, der Dünnschichtproduzenten und der Hersteller von BOS-Komponenten entstanden sein.

---

<sup>7</sup> So auch der BSW in seiner Stellungnahme im Rahmen der öffentlichen Anhörung zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes Bundestagesdrucksache 17/1147 des Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestag am 21. April 2010. (BSW 2010a, S. 1)

#### 4.1.2 Regionale Konzentration

Interessanterweise konzentriert sich der Kernbereich der deutschen Photovoltaikindustrie in den neuen Bundesländern. (vgl. Schaubild 3) Insbesondere die eher strukturschwächeren Regionen um Berlin, Thalheim, Erfurt/Jena sowie Dresden/Leipzig und Chemnitz konnten vom Wachstum der Branche in den letzten Jahren profitieren. Ausschlaggebend für die geographische Schwerpunktbildung waren günstige öffentliche wirtschaftliche und arbeitsmarktpolitische Förderprogramme, bislang nur unzureichend genutztes Arbeitskräftepotenzial (also hohe Arbeitslosigkeit) sowie entsprechend vorhandenes Fachwissen und Qualifikationen (insbesondere aus dem Halbleitertechnologie- und Chemiebereich).

In den neuen Bundesländern wurden nicht nur Produktionsstätten für Photovoltaik-Komponenten und –Systeme errichtet. Im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen sind überdurchschnittlich viele Unternehmenszentralen in diesem Wirtschaftsegment in den neuen Bundesländern zu finden.

Die Mehrzahl der Zuliefererbetriebe aus dem klassischen Maschinenbau, der Metallherstellung sowie der Glasindustrie sind demgegenüber eher im Süden Deutschlands angesiedelt.<sup>8</sup>

Des Weiteren haben international agierende Konzerne in den neuen Bundesländern Produktionsstätten aufgebaut. Tabelle 8 listet ausgewählte Beispiele für Investitionen ausländischer Unternehmen in Deutschland auf. Von 2005 bis 2009 wurden von diesen Gesellschaften fast 1 Mrd. Euro investiert und 2.610 Arbeitsplätze geschaffen.

**Tabelle 8: Ausgewählte Investitionen ausländischer Unternehmen in Deutschland**

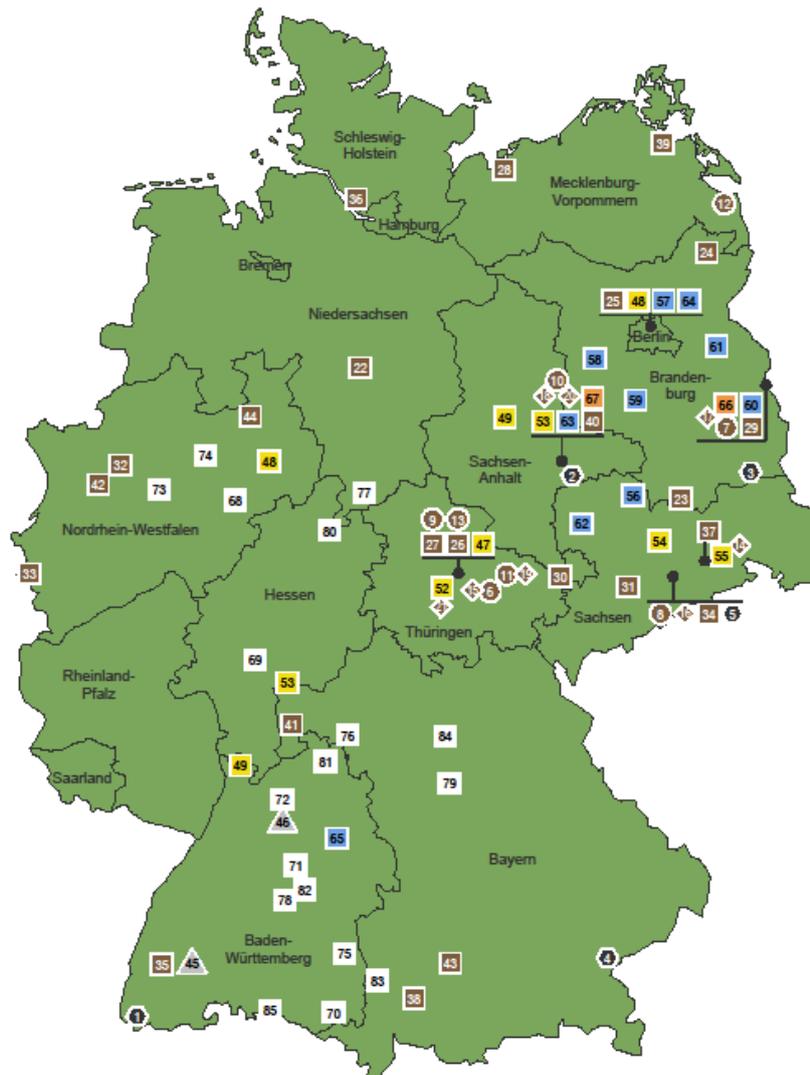
	Sovello	First Solar	nanosolar	Avancis	Signet solar	Sunfilm	Arise	Masdar PV	vetro Solar
Herkunftsstaat	USA/Norwegen	USA	USA	UK/NL/F	USA	USA	Kanada	VAE	Norwegen
Größe und Fabrik-Typus	100 MWp Zell- und Modulfabrik	175 MWp Modulherstellung (CdTe)	500 MWp Modulherstellung (CIGS)	100 MWp Modulherstellung (CIS)	100 MWp Modulherstellung (a-Si)	100 MWp Modulherstellung (a-Si/μc-Si)	80 MWp Zellfabrik (c-Si)	180 MWp Modulherstellung (a-Si/a-Si)	PV-Glaserherstellung
Investitionsvolumen	180 Mio. EUR	115 Mio. EUR	25 Mio. EUR	270 Mio. EUR	50 Mio. EUR	95 Mio. EUR	50 Mio. EUR	140 Mio. EUR	23,5 Mio. EUR
Arbeitsplätze	1.000	500	50	350	130	180	150	185	65
Baubeginn	2005	2006	2007	2007	2007	2007	2007	2008	2009

**Quelle:** Germany Trade and Invest, Oct. 2009, S. 13.

Prominentes Beispiel ist die US-amerikanische Gesellschaft First Solar Inc., die eine Produktionsstätte in Frankfurt/Oder errichtet hat. Das US-Unternehmen ist führend in der CdTe-Dünnschichttechnologie und berichtet davon, die Kosten der Module um rund 50 Prozent von 1.278 Euro in 2005 auf 610 Euro in 2009 reduziert zu haben. (Prognos AG, S. 11) Für 2010 ist der Ausbau der Kapazitäten geplant.

<sup>8</sup> Auch die solaren Großhandelsunternehmen und Handwerksbetriebe haben größtenteils ihren Sitz hier, sind im Schaubild 3 jedoch nicht berücksichtigt.

Abbildung 4: Regionale Verteilung der PV-Industrie



**Legende**

-  Silizium
-  Wafer (Silizium)
-  Solarzellen (Silizium)
-  Module: kristallin
-  Module: Dünnschichtsilizium
-  Module: CIS
-  Module: Cadmiumtellurid
-  Wechselrichter
-  konzentrierende Systeme

**Unternehmen**

Silizium		Module / Zellen aus konzentrierenden Systemen			
1	Joint Solar Silicon GmbH & Co. KG	Rheinfelden	45	Concentrix Solar GmbH	Freiburg
2	PV Crystalox Silicon GmbH	Bitterfeld	46	Azur Solar Space Power GmbH	Heilbronn
3	Schmid Silicon Technology GmbH	Schwarze Pumpe	<b>Module (amorphes Silizium)</b>		
4	Wacker-Chemie AG	Burghausen	47	Bosch Solar Thin Film GmbH	Erfurt
5	Scheuten SolarWorld Solicium	Freiberg	48	Centrosolar AG	Paderborn
<b>Wafer</b>			49	EPV Solar Germany GmbH	Weinheim a.d. Bergstraße
6	Bosch Solar Wafers GmbH	Achelstädt	50	Inventux Technologies AG	Berlin
7	Conergy AG	Frankfurt (Oder)	51	Malibu GmbH & Co. KG	Osterweddingen
8	Deutsche Solar AG (Solarworld)	Freiberg (Sachsen)	52	Masdar PV GmbH	Ichtershausen
9	PV Silicon AG	Erfurt	53	Schott Solar GmbH	Alzenau
10	Sovello AG	Thalheim	54	Signet Solar GmbH	Mochau
11	Schott Solar Wafer GmbH	Jena	55	Sundfilm AG	Großräscherd/Thalheim
12	Mola Solaire Produktion	Pasewalk (im Bau)	<b>Module (Kupferindiumdiselenid)</b>		
13	PV Crystalox	Erfurt	56	Avancis GmbH	Torgau
<b>Solarzellen</b>			57	Global Solar Energy Deutschland GmbH	Berlin
14	Arise Technologies Deutschland GmbH	Bischofswerda	58	Johanna Solar Technology GmbH	Brandenburg/Havel
15	Bosch Solar Energy AG	Achelstädt	59	Nanosolar Inc.	Luckenwalde
16	Deutsche Cell GmbH (Solarworld)	Freiberg (Sachsen)	60	Odersun AG	Frankfurt (Oder)
17	Conergy AG	Frankfurt (Oder)	61	PVflex Solar GmbH	Fürstenwalde/Spree
18	Q-Cells SE	Thalheim	62	Solarion GmbH	Leipzig
19	Schott Solar GmbH	Jena	63	Solibro GmbH (Q-Cells)	Thalheim
20	Sovello AG	Thalheim	64	Sulfurcell Solartechnik GmbH	Berlin
21	Sunways AG	Amstadt	65	Würth Solar GmbH & Co. KG	Schwäbisch Hall
<b>Module (kristallines Silizium)</b>			<b>Module (Cadmiumtellurid)</b>		
22	Alfasolar GmbH	Hannover	66	First Solar GmbH	Frankfurt (Oder)
23	Algatec Solarwerke Brandenburg KG	Elsterwalde, Großräschen	67	Calyxo GmbH (Q-Cells)	Thalheim
24	Aleo AG	Prenzlau	<b>Wechselrichter</b>		
25	Arinna AG	Berlin	68	AEG Power Supply Systems GmbH	Warstein-Belecke
26	Asola GmbH	Erfurt	69	Voltwerk Electronics GmbH (Conergy)	Bad Vilbel
27	Bosch Solar Modules GmbH	Erfurt	70	Diehl AKO Stiftung & Co. KG	Wangen im Allgäu
28	Centrosolar Sonnenstromfabrik GmbH	Wismar	71	Dorf Müller Solaranlagen GmbH	Kernen im Remstal
29	Conergy AG	Frankfurt (Oder)	72	Kaco New Energy GmbH	Neckarsulm
30	GSS Gebäude-Solarsysteme GmbH	Korbußen	73	Kostal Industrie Elektrik GmbH	Hagen (Westfalen)
31	Heckert Solar AG	Chemnitz	74	LTi Reenergy GmbH	Unna
32	Scheuten Solar Technology GmbH	Gelsenkirchen	75	Olmaier Industrie Elektronik GmbH	Ochsenhausen
33	Schüco International KG	Aachen	76	Padcon GmbH	Helmstadt
34	Solar Factory GmbH (Solarworld)	Freiberg (Sachsen)	77	Pairan Elektronik GmbH	Göttingen
35	Solar-Fabrik AG	Freiburg	78	Refu Elektronik GmbH	Metzingen
36	Solarnova GmbH	Wedel	79	Siemens AG	Fürth
37	Solarwatt AG	Dresden	80	SMA Technology AG	Niestetal
38	Solarzentrum Allgäu e.K.	Biessenhofen	81	Solar Konzept	Tauberbischofsheim
39	Solon SE	Greifswald	82	Solutronic GmbH	Großbettlingen
40	Sovello AG	Thalheim	83	Steca Electronic GmbH	Memmingen
41	Sunplastics GmbH	Elsfeld	84	Sunset Energietechnik GmbH	Adelsdorf (Mittelfranken)
42	Sunware GmbH & Co. KG Solartechnik	Duisburg	85	Sunways AG	Konstanz
43	Webasto Solar GmbH (Systaic AG)	Landsberg am Lech			
44	Wulfmeier Solar GmbH	Bielefeld			

Quelle: Photon Heft 1/2010, S. 32.

Vornehmlich anhand der Wertschöpfungsstufen sind die Unternehmen in einzelne Tochtergesellschaften strukturiert. Durch diesen gesellschaftsrechtlichen Aufbau wird einerseits die Bildung von Joint Ventures erleichtert; andererseits werden Verkaufsoptionen offen gehalten. Außerdem können die Tochtergesellschaften an die Börse herangeführt werden, um Banken unabhängiges Kapital für Wachstum zu sammeln. Der gesellschaftsrechtliche Aufbau schafft und erhält also insgesamt Flexibilität.

## 4.2 Wirtschaftliche Kenngrößen führender PV-Unternehmen

Eine der Folgen der Finanz- und Börsenorientierung ist, dass viele PV-Unternehmen regelmäßig öffentliche Jahresabschlüsse vorgelegen müssen. Unter den sonst üblichen Vorbehalten sind somit externe Zeitreihenanalysen möglich.

Die folgende Untersuchung konzentriert sich auf den Kern der Photovoltaik-Industrie in Deutschland. Nach Angaben des BSW lassen sich die in der Tabelle 9 aufgeführten 20 Gesellschaften identifizieren, die Ende 2009 jeweils führend in den vier Stufen der PV-Wertschöpfungskette Wafer/Ingot, Zellen, Module und Dünnschichttechnologien waren.

Auf der Ebene der Silizium produzierenden Unternehmen liegen bedauerlicherweise keine detaillierten und kontinuierlichen Informationen zur Geschäftsentwicklung der letzten Jahre vor. In der Regel wird dieser Bereich wenig detailliert angesprochen. Ausnahme ist die Wacker Chemie AG. Im letzten Geschäftsbericht 2009 werden für den Bereich Polysilicon Informationen zu Umsatz, EBIT (Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit), Investitionen und Beschäftigte für den Zeitraum 2006 bis 2009 veröffentlicht. Danach konnten im 4-Jahres-Zeitraum hohe EBIT-Margen (EBIT zu Umsatz) zwischen 27,3 und 51,0 Prozent erzielt werden. Im Durchschnitt betrug die EBIT-Quote somit 36,2 Prozent. (Eigene Berechnungen nach Wacker Chemie AG GB 2009, S. 90) Vorrangig dienten die Ergebnisse der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit der Finanzierung von Anlagenzugängen und des Ausbaus der Produktionskapazitäten. Das Beschäftigungsniveau verdoppelte sich fast von 875 Arbeitsplätzen in 2006 auf 1.600 Arbeitsplätze in 2009.

16 der 20 Gesellschaften auf den restlichen PV-Wertschöpfungsstufen haben in den letzten 4 Jahren Jahresabschlüsse veröffentlicht oder gehören Konzernverbänden an – und werden in den jeweiligen Konzernjahresabschlüssen auf IFRS-Basis konsolidiert. Insofern ist hier eine repräsentative Analyse möglich.

Für 3 der 16 Unternehmen fehlten in 2009 (noch) Daten. Die Vorstände der beiden, nicht Börsen notierten Gesellschaften Bosch und Schott zogen es angesichts des schwierigen Marktumfeldes vor, Informationen im Detail nicht mehr zu publizieren. Folglich sind in 2009 keine wirtschaftlichen Untersuchungen für einige Unternehmen möglich.

Zumindest für die Beschäftigung kann jedoch eine Fortschreibung der Daten – auf etwas geringerem Niveau - erfolgen, da über gravierende Abbaumaßnahmen nicht berichtet wurde.

**Tabelle 9: Laut BSW führende PV-Unternehmen Ende 2009**

WS	Unternehmen	Ort	Geschätzte Produktion 2010	Kapazität 2010	Prognose: Auslastung 2010
	<b>Wafer/Ingot</b>		<b>in MW</b>	<b>in MW</b>	<b>in %</b>
	Deutsche Solar AG (SolarWorld)	Freiberg (Sachsen)	750	750	100,0
	PV Crystalox Silicon GmbH	Erfurt	100	100	100,0
	Bosch Solar Wafers GmbH (Bosch Solar Energy AG)	Achelstädt	300	400	75,0
	Schott Solar Wafer GmbH	Jena	280	300	93,3
	Sovello AG (Q-Cells)	Thalheim	150	200	75,0
	<b>Zellen</b>		<b>in MW</b>	<b>in MW</b>	
	Q-Cells AG	Thalheim	400	500	80,0
	Bosch Solar Energy AG	Achelstädt	310	430	72,1
	Schott Solar GmbH	Jena	280	305	91,8
	Deutsche Cell GmbH (SolarWorld)	Freiberg (Sachsen)	250	250	100,0
	Sunways AG	Arnstadt	116	116	100,0
	<b>Module</b>		<b>in MW</b>	<b>in MW</b>	
	Solon SE	Berlin	150	260	57,7
	aleo Solar AG (Bosch Solar Energy AG)	Oldenburg, Prenzlau	150	180	83,3
	Solar Factory GmbH (SolarWorld)	Freiberg (Sachsen)	150	150	100,0
	Solar-Fabrik AG	Freiburg i. Breisgau	90	135	66,7
	Solarwatt AG	Dresden	185	200	92,5
	<b>Dünnschicht</b>		<b>in MW</b>	<b>in MW</b>	
	First Solar GmbH	Frankfurt (Oder)	212	212	100,0
	Schott Solar Thin Film GmbH	Jena, Putzbrunn	30	35	85,7
	Bosch Solar Thin Film GmbH (fr.: erSol)	Erfurt	35	40	87,5
	Würth Solar GmbH & Co. KG	Schwäbisch Hall	40	40	100,0
	Sunfilm AG	Großröhrsdorf/Thalheim	120	145	82,8

**Quelle:** BSW-Antwort Dezember 2009; Kapazität und geschätzte Produktion aus Photon Heft 1/2010 sowie eigene Berechnungen.

#### 4.2.1 Beschäftigungsentwicklung bei den führenden PV-Unternehmen

Für den Kern der Photovoltaik-Industrie liegen umfangreiche und aussagekräftige Zeitreihen für die letzten vier Jahre vor. Ende 2008 beschäftigten die einbezogenen Unternehmen etwas mehr als 10.000 Mitarbeiter (ohne Leiharbeiter, Praktikanten und andere). Werden die Werte für Bosch Solar Energy und Schott Solar auf etwas abgesenktem Niveau für 2009 fortgeschrieben, dann waren auch 2009 über 10.000 Beschäftigte bei den führenden PV-Unternehmen tätig. (vgl. Tabelle 10) Von 2006 bis 2009 war ein Anstieg der Beschäftigung um etwa 230 % zu beobachten.

Anhand des Kriteriums Beschäftigung wird somit rund ein Drittel des industriellen Kerns der Photovoltaik in der Analyse berücksichtigt.

Die Werte der vollständig vorhandenen Unternehmen signalisierten in 2009 noch keinen Rückgang der Beschäftigung gegenüber dem Vorjahr. Es war vielmehr ein leichter Anstieg von rund 200 Arbeitsplätzen zu verzeichnen.

**Tabelle 10: Entwicklung der Beschäftigung führender PV-Unternehmen**

Beschäftigung	2009	2008	2007	2006
Q-Cells SE	2.780	2.568	1.707	964
Solarworld AG	2.000	1.825	1.420	1.348
Bosch Solar Energy AG	1.200*	1.270	802	448
Aleo Solar AG	788	798	555	316
Schott Solar AG	1.600*	1.650	1.037	k.A.
Solon SE	901	943	706	507
Solarwatt AG	430	467	365	330
Solar-Fabrik AG	327	334	334	285
Sunways AG	313	371	258	241
<b>Alle Unternehmen</b>	<b>10.339</b>	<b>10.226</b>	<b>7.184</b>	<b>4.439</b>
7 Unternehmen	7.539	7.306	5.345	3.991

Quelle: Geschäftsberichte, eig. Berechnungen.

#### 4.2.2 Umsatzentwicklung

Die Entwicklung der Umsätze verlief bei allen betrachteten Unternehmen in zwei Phasen (vgl. Tabelle 11). Im Zeitraum von 2006 bis 2008 konnten z.T. gravierende Zuwächse erzielt werden. Mit Ausnahme der Solarworld AG (allerdings auf hohem Niveau beginnend) sowie der Sunways AG wurden die Umsätze in dieser Periode mindestens verdoppelt.

Trotz der national und international steigenden Nachfrage um über 40 Prozent verzeichneten die hier betrachteten führenden PV-Unternehmen demgegenüber in 2009 gravierende Einbrüche.

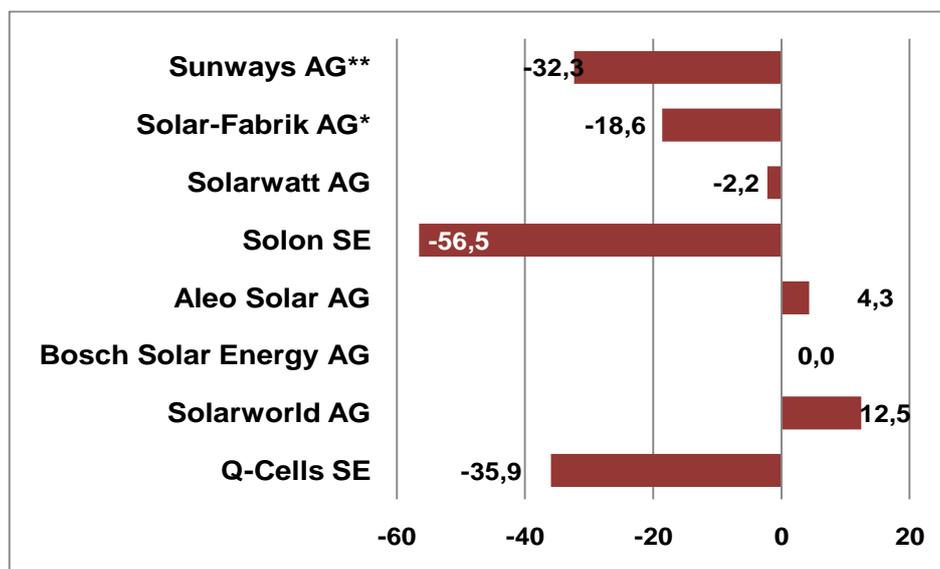
**Tabelle 11: Entwicklung der Umsätze, 2006 – 2009**

Umsatz	2009	2008	2007	2006	Änd. 2006-08
	Mio. EUR	Mio. EUR	Mio. EUR	Mio. EUR	in %
Q-Cells SE	801,6	1.251,3	858,9	539,5	43,1
Solarworld AG	1.012,6	900,3	689,6	515,2	57,2
Bosch Solar Energy AG	k.A.	309,6	160,2	127,8	41,3
Aleo Solar AG	376,1	360,5	242,1	130,4	36,2
Schott Solar AG	k.A.	482,0	283,0	k.A.	
Solon SE	354,4	815,1	503,1	346,4	42,5
Solarwatt AG	296,0	302,6	202,9	143,1	47,3
Solar-Fabrik AG*	178,5	219,3	134,5	72,7	33,2
Sunways AG**	177,5	262,3	213,5	152,3	-32,3

\* Geschäftsbereich Wafer aufgegeben (Insolvenz)

\*\* Verkauf von Geschäftsbereich MHH

Quelle: Geschäftsberichte, eig. Berechnungen.

**Abbildung 5: Umsatzentwicklung 2008 – 2009 in Prozent**

**Quelle:** Eigene Berechnungen anhand der Geschäftsberichte; für Bosch Solar Energy AG keine Informationen.

Die Umsätze sinken in 2009 gegenüber 2008 um bis zu 56 Prozent. Dabei muss bei Preissenkungen mit diesem Rückgang nicht unbedingt eine Verringerung der abgesetzten Mengen einhergehen! Vielmehr könnte die Folge erheblicher Margendruck sein.

Darauf deuten viele Indikatoren. Fast alle Unternehmen haben spätestens in 2009 Restrukturierungsmaßnahmen eingeleitet und durchgeführt. Geschäftsbereiche wurden veräußert (bzw. die Wafer-Fertigung bei der Solar-Fabrik ging in die Insolvenz) sowie ganze Unternehmen von finanzstärkeren Gesellschaften übernommen (z.B. erwarb Bosch die ErSol AG sowie große Teile der Aleo Solar AG). In einigen Unternehmen wurde Kurzarbeit eingeführt sowie Arbeitsplätze abgebaut (z.B. Solon SE).<sup>9</sup>

#### 4.2.3 Entwicklung von EBIT und Wertschöpfung

Zur Beurteilung der wirtschaftlichen Situation der Unternehmen sind indes EBIT- sowie Wertschöpfungs-Kennziffern aussagekräftiger als Umsatzgrößen. Dabei bezeichnet Earnings before Interest and Taxes das Ergebnis aus gewöhnlicher Geschäftstätigkeit; die EBIT-Marge das Verhältnis EBIT zum Umsatz in Prozent.

Mit geringen Ausnahmen konnten alle hier analysierten Unternehmen<sup>10</sup> von 2006 bis 2008 positive Ergebnisse der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit erzielen (Tabelle 12). In dieser Zeitspanne waren insbesondere bei den drei Unternehmen Q-Cells SE, Solarworld AG

<sup>9</sup> Vgl. im Einzelnen die im Anhang erstellten Unternehmensportraits.

<sup>10</sup> Trotz der teilweise mit in Geschäftsberichten verbundenen Ungenauigkeiten bei IFRS-Abschlüssen (vgl. z.B. Coenenberg u.a. 2009, S. 1207 ff.) wurde wegen der Vergleichbarkeit auf Korrekturen verzichtet. Für drei Unternehmen liegen für 2009 keine Informationen vor.

sowie Bosch Solar Energy AG (früher ErSol AG) – die beschäftigungsmäßig rund die Hälfte der hier betrachteten führenden PV-Gesellschaften verkörpern - die EBIT-Margen mit größtenteils über 20 Prozent außergewöhnlich hoch.

**Tabelle 12: EBIT und EBIT-Margen 2006 bis 2009**

Unternehmen	EBIT in Mio. EUR				EBIT-Marge in %			
	2009	2008	2007	2006	2009	2008	2007	2006
Q-Cells SE	-485,9	205,1	197,0	129,4	-60,6	16,4	22,9	24,0
Solarworld AG	151,8	260,8	198,9	177,6	15,0	29,0	28,8	34,5
Bosch Solar Energy AG	k.A.	70,7	22,3	20,3	k.A.	22,8	13,9	15,9
Aleo Solar AG	16,0	23,8	15,7	9,6	4,3	6,6	6,5	2,7
Schott Solar AG	k.A.	52,1	9,0	0,0	k.A.	10,8	3,2	0,0
Solon SE	-199,0	57,7	35,2	24,8	-56,2	7,1	7,0	7,2
Solarwatt AG	k.A.	22,5	5,6	6,9	k.A.	7,4	2,8	4,8
Solar-Fabrik AG	1,6	-33,4	-7,4	4,0	1,2	-15,4	-5,5	5,5
Sunways AG	-0,5	-1,5	4,1	1,0	-0,3	-0,6	1,9	0,7

**Quelle:** eigene Berechnungen anhand der Geschäftsberichte

Nur das integrierte PV-Unternehmen Solarworld AG konnte in 2009 die wirtschaftlichen Erfolge fortsetzen und verzeichnete mit 15 Prozent eine zweistellige EBIT-Marge. Demgegenüber erzielten die wesentlich stärker spezialisierten Gesellschaften Q-Cells SE, Solon SE sowie Sunways AG negative EBIT-Quoten. Auch die beiden anderen Unternehmen aleo Solar AG sowie Solar-Fabrik AG erwirtschafteten nur geringfügig positive EBIT-Margen in 2009.

Kurzum: Das Jahr 2009 kennzeichnet eine Trendwende bei den führenden Unternehmen der PV-Wirtschaft in Deutschland. Bis 2008 war der PV-Markt durch starke Unterkapazitäten geprägt; die PV-Gesellschaften agierten wirtschaftlich zum Teil außergewöhnlich erfolgreich. Angesichts der seit 2009 existierenden Überkapazitäten und Preisrückgänge kämpfte - und kämpft - die Mehrheit der Gesellschaften in Deutschland mit stark reduzierten, bzw. negativen Ergebnissen.

Auch die Kennziffer Wertschöpfung bestätigt diese Trendwende (Tabelle 13).<sup>11</sup> Entgegen öffentlich geäußerten Einschätzungen, dass die Wertschöpfungsrate mit etwa 15 Prozent in der PV-Industrie „überraschend gering“ sei (z.B. Hummels 2010), verdeutlichen die in Tabelle 13 aufgeführten Auswertungen für den industriellen Kern der Photovoltaik ausreichende Quoten. Vor allem die großen PV-Unternehmen erzielten bis 2008 Wertschöpfungsraten von deutlich über 30 Prozent. Aber auch bei diesen Gesellschaften ist in 2009 ein drastischer Rückgang zu verzeichnen. Die Unternehmenskennziffern deuten

<sup>11</sup> Der um Bestandsänderungen sowie andere aktivierte Eigenleistungen korrigierte Umsatz (= Gesamtleistung) minus dem Materialaufwand entspricht im Wesentlichen der unternehmerischen Wertschöpfung. Mittels der Wertschöpfung lassen sich vor allem Verteilungsspielräume in Bezug auf Kapitalgeber (Dividende, Zinsen), Mitarbeiter (Entgelte) und Staat (Steuern) identifizieren.

drastische Verschiebungen in den Konkurrenzverhältnissen und Margenprobleme bei führenden PV-Unternehmen in Deutschland an.

**Tabelle 13: Wertschöpfung und Wertschöpfungsquote**

Unternehmen	Wertschöpfung in Mio EUR				WS zu Gesamtleistung in %			
	2009	2008	2007	2006	2009	2008	2007	2006
Q-Cells SE	47,5	406,2	324,1	210,0	5,7	31,2	37,7	37,6
Solarworld AG	373,5	369,3	267,9	244,4	35,1	40,0	39,3	44,6
Bosch Ersol Energy AG		151,0	67,1	52,1		46,4	39,0	38,9
Aleo Solar AG	50,9	57,0	37,0	24,4	14,7	14,9	14,6	17,7
Schott Solar AG		185,5	116,4			38,5	41,1	
Solon SE	-2,0	159,3	106,8	82,6	-0,6	18,6	20,8	20,8
Solarwatt AG		51,3	30,3	28,5		16,2	15,7	18,1
Solar-Fabrik AG	18,3	24,2	16,9	17,3	17,7	11,1	12,5	22,6
Sunways AG	31,9	32,6	29,0	23,6	18,3	12,4	13,5	15,3

**Quelle:** Eig. Berechnungen anhand der Geschäftsberichte

In einer aktuell wirtschaftlich schwierigen Situation überraschte die konservativ-liberale Regierungskoalition die PV-Hersteller in Deutschland mit der Ankündigung, die EEG-Förderung Mitte 2010 zusätzlich um einen zweistelligen Prozent-Betrag zu senken.

#### 4.3 Debatte um EEG-Vergütungssätze: Lernkurven und Weltmarktkonkurrenz

Vor dem Hintergrund eines gravierenden Preisverfalls für PV-Module und Anlagen in den vorangegangenen Monaten (vgl. im Detail: IE Leipzig/ZSW 2010, S. 4 ff.) stieß der neue Umweltminister Anfang des Jahres 2010 eine Debatte über außerplanmäßige Absenkungen der Einspeisevergütungen für Solarstrom an. Zusätzlich zur ohnehin im EEG angelegten jährlichen Absenkung der Fördersätze für neu in Betrieb genommene Anlagen (Degression) sollten weitere Minderungen Mitte 2010 erfolgen. Die Folge dieser Ankündigung waren starke öffentliche Proteste von Unternehmensleitungen und Beschäftigte, des BSW-Verbandes sowie politischer Repräsentanten, speziell aus Bundesländern mit bedeutender Solarwirtschaft.

Im Zuge der Auseinandersetzung taten sich vor allem im konservativ-liberalen Regierungslager erhebliche Differenzen über die angemessene Förderhöhe in den jeweiligen PV-Segmenten auf. Infolgedessen mussten mehrere Konsensgespräche unter den Koalitionsparteien stattfinden.

Trotz aller Widerstände und Debatten beschloss der Deutsche Bundestag am 06. Mai 2010 Änderungen des EEG; für das Zustandekommen des Gesetzes war die Zustimmung des Bundesrates nicht erforderlich. Die Mehrheit des Bundesrates rief gleichwohl den

Vermittlungsausschuss an, so dass bislang keine Entscheidung über die Gesetzesvorlage getroffen worden ist. Allerdings könnten die Absenkungen rückwirkend in Kraft treten.

Nach bisherigen Stand würden zum 01. Juli 2010 die Vergütungen für Anlagen zur Erzeugung von Solarstrom auf Gebäuden (- 16 %) und Freiflächen (- 11 %) außerplanmäßig drastisch abgesenkt (vgl. die nachfolgende Übersicht). Im Kern verringern sich die Einspeisevergütungen um 28,8 bis 43,2 Prozent innerhalb von 24 Monaten. (Fraunhofer ISE Febr. 2010, S. 5)

Insbesondere von der Verbraucherzentrale Bundesverband wurde „der Abbau der offenkundigen Überförderung von Sonnenstrom“ begrüßt; auch um die Folgekosten in den kommenden Jahren in Grenzen zu halten. (Verbraucherzentrale Bundesverband, PM vom 23.02.2010)

Viele Experten stellten sich allerdings die Frage, ob wirklich ein Abbau der Kosten für den Steuerzahler zu erwarten ist oder ob die Kürzungen nur zu einer Schwächung der PV-Hersteller in Deutschland führen werden.

#### **Überblick über die geplanten wesentlichen Änderungen des EEG 2010:**

- ⇒ Verringerung der Vergütung von Dachanlagen um zusätzliche 16 Prozent
- ⇒ Reduzierung der Vergütung für Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen um weitere 11 Prozent; für alle anderen Freiflächen um 15 Prozent. Entgegen den bisherigen Vorschlägen sollen Freiflächen jetzt auch nach dem 01.01.2015 gefördert werden.
- ⇒ Die flexible Degression (der Verringerungssatz, der von der Gesamterzeugungslleistung aus Solarstrom abhängt) wird stärker an das Marktwachstum angepasst. Der Zielkorridor des jährlichen Zubaus an PV-Anlagen wurde auf 2.500 bis 3.500 MW festgelegt. Bewegt sich der Zubau in diesem Rahmen, ändert sich der Basis-Degressionssatz in Höhe von 9 Prozent nicht.
- ⇒ Der Eigenverbrauch des durch Photovoltaik gewonnen Stromes von Haushalten und Gewerbe wird bis zu 8 Cent pro KW-Stunde gefördert. Diese Fördergrenze gilt auch für Anlagen mit 500 KW.
- ⇒ Gewerbe- und Industriegebiete sowie bis 110 m breite Streifen neben bestehenden Autobahnen und Bahntrassen werden als neue Freiflächenkategorie in das EEG aufgenommen.
- ⇒ Demgegenüber sollen Ackerflächen aus der Freiflächenkategorie des EEG herausgestrichen werden (für Anlagen, die bis zum 25.03.2010 genehmigt worden sind, gilt eine Übergangsregelung).
- ⇒ Sowohl der „Zubau-Korridor“ als auch letzterer Punkt der geplanten Änderungen dürfte die Photovoltaik-Branche wesentlich schwächen, weil bei Großanlagen am ehesten Netz-Parität zu erwarten ist.

Ein allgemein anerkanntes Instrument zur Ermittlung von Kostensenkungspotenzialen ist die sog. Lernkurventheorie. Sie beschreibt, wie sich die Kosten einer neuen Technologieanwendung im Verhältnis zum ausgebrachten Ergebnis auf Grund von Lerneffekten und Produktivität steigernden Maßnahmen verringern. Bei einer Verdoppelung der installierten Leistung wird in der Photovoltaik mit einem Lernfaktor in Höhe von 15 bis 20 Prozent gerechnet. Mit anderen Worten: Steigt die weltweit installierte Leistung um 100 Prozent, dann vermindern sich die durchschnittlichen Kosten um diesen Betrag.

Auf Basis eines Lernfaktors von 15 % und der weltweit installierten PV-Leistung errechnete das Institut für Solare Energiesysteme die in Tabelle 14 dargestellte Entwicklung der realen und fiktiven Anlagenpreise. Das ISE hält einerseits fest, dass „die Hersteller ihre (theoretisch ermittelten) Kostenreduktionen zwischen 2005 und 2009 nur teilweise an die Kunden von niedrigen Anlagepreisen weitergegeben haben. Dementsprechend konnten einige Hersteller zeitweise auch hohe Gewinne ausweisen.“ (Fraunhofer ISE Febr. 2010, S. 10) Ein Ergebnis, das durch die vorangegangenen betriebswirtschaftlichen Analysen führender PV-Hersteller in Deutschland bis 2008 bestätigt wurde.

Andererseits wird darauf verwiesen, dass die theoretisch möglichen Kostendegressionen sich angesichts des starken Preisverfalls in 2009 bereits in vollem Umfang in den Preisen von 2010 widerspiegeln. Um den deutschen Unternehmen die Chance zu geben, weiterhin kostendeckend zu produzieren, wäre deshalb allenfalls eine zusätzliche einmalige Absenkung um 6 % für Anlagen bis 30 kWp und ca. 10 % für Anlagen bis 100 kWp angemessen. (Ebd., S. 11)

**Tabelle 14: Lernkurveneffekt und reale Preisentwicklung**

Jahr	Weltweit installierte PV-Leistung	Weltweit installierte PV-Leistung pro Jahr	Jährliche Kostenreduktion bei einem Lernfaktor von 15 %	Fiktiver Anlagenpreis auf Basis Lernkurve	Reale PV-Anlagenpreise
	MWp	MWp	in %	EUR/kWp	EUR/kWp
2000	1.428				
2001	1.762	334	4,81	5.853	
2002	2.201	439	5,08	5.571	
2003	2.795	594	5,45	5.288	
2004	3.847	1.052	7,22	5.000	5.000
2005	5.167	1.320	6,68	4.639	4.700
2006	6.770	1.603	6,14	4.329	5.000
2007	9.162	2.392	6,85	4.063	4.681
2008	14.730	5.568	10,54	3.785	4.405
2009	21.530	6.800	8,51	3.386	4.045
2010				3.098	3.092

Quelle: Fraunhofer ISE Febr. 2010, S. 10.

Abgesehen davon, dass eines der führenden PV-Marktforschungsinstitute EuPD für 2010 einen um rund 200 Euro bzw. 7 Prozent niedrigeren durchschnittlichen PV-Anlagenpreis in Höhe von 2.860 Euro/kWp ermittelt hat (Süddeutsche Zeitung vom 08.06.2010, S. 22), erscheint obige Argumentationskette indessen nicht vollumfänglich konsistent.

In Kapitel 3 wurde gezeigt, dass Deutschland in der letzten Dekade die „Lokomotive“ bei der Installation neuer PV-Anlagen war. Deshalb kann die Wirkung der deutschen Solarstromförderung auf die Entwicklung der Industrie weltweit und das Klima gar nicht hoch genug bewertet werden. (Welter 2010, S. 3) Der deutschen PV-Industrie kommt dabei das Verdienst zu, innerhalb kürzester Zeit vorhandene Technologien in marktfähige Produkte überführt zu haben. Durch die Massenanzahl konnten die Kosten von Photovoltaik-Aufdachanlagen seit 2006 um rund 40 Prozent gesenkt und eine weltweite Nachfragedynamik ausgelöst werden. (IE Leipzig/ZSW 2010, S. 6)

Eine Verengung der Diskussion über die Veränderung der Einspeisevergütung auf deutsche Angebotskonstellationen würde aus zwei Gründen zu kurz greifen. Einerseits ist der Ansatzpunkt des EEG der Anlagenbetreiber (bzw. die Nachfrageseite); die Höhe der Einspeisevergütung richtet sich nach dessen potenziellen Ertrag. Eine Überförderung sollte vermieden werden. Andererseits beeinflusst die Einspeisevergütung nur indirekt die vorangehenden Stufen der Wertschöpfungskette. Dass im Zuge eines stark wachsenden Marktes auch in der Photovoltaik verstärkt die internationale Arbeitsteilung Einzug hält, ist angesichts der sonst üblichen Globalisierungsprozesse zunächst einmal wenig überraschend. Und das weltweit nach kostenoptimalen Produktionssystemen von allen Herstellern gesucht wird, ebenfalls nicht.

### **IEA-Einschätzung China**

In den letzten Jahren ist die chinesische PV-Industrie sehr stark gewachsen. Laut IEA ist das Land mittlerweile an erster Stelle beim Export von PV-Zellen. Die einheimische Produktion wuchs innerhalb von 4 Jahren um das 20-fache von 100 MW in 2005 auf 2 GW in 2008, wobei 95 % der Zellen-Fertigung nach Deutschland und Japan exportiert wird. Auf der 6. Photon Photovoltaic Technology Show 2010 in Stuttgart betonten die beiden großen chinesischen Herstellerunternehmen Suntech und Yingli, dass „Deutschland ihr Hauptmarkt bleiben werde und derzeit rund ein Drittel der gesamten Auslieferung umfasse.“ (zit. photon.de/news\_archiv; Abruf am 28.04.2010).

Die Exportbedingungen haben sich wegen der Wechselkursverhältnisse allerdings Mitte 2010 zu Ungunsten der chinesischen Hersteller entwickelt. Die weitere Entwicklung ist zu beobachten.

Wegen der Exporte war die in China installierte Leistung mit 150 MW im Jahre 2008 gering. Experten erwarten indes, dass das Land der Mitte 1 GW Leistung bis Ende 2010 installiert haben könnte und 20 GW in 2020. (IEA 2010, S. 16)

Für die folgende Dekade prognostiziert Welter auf internationaler Ebene eine weitere Reduktion der Stromgestehungskosten aus Photovoltaik um zwei Drittel bis 2010. Die Voraussage gilt sowohl für Aufbauten (Reduktion auf 11,2 ct/KW) als auch für Freiflächen (Verringerung auf 7,3 ct/KW bis 2010). (Welter 2010, S. 5)

Eine rapide Kostenreduktion würde Netz-Parität schon in wenigen Jahren ermöglichen, zumindest in Ländern mit besseren solaren Bedingungen als in Deutschland (IEA 2010). Diese Entwicklungsetappe würde nochmals einen Nachfrageschub auslösen und somit existierende und neue Kapazitäten beanspruchen. Viele Unternehmen planen deshalb auch in Deutschland selbst bei einer Absenkung der Einspeisevergütungen einen weiteren Ausbau ihrer Produktionskapazitäten.

Im Zuge wachsender globaler Nachfrage treten allerdings auch neue Konkurrenten auf den Plan. Insbesondere Unternehmen mit Standort in China scheinen den internationalen PV-Markt als strategisches Ziel auserkoren zu haben. Neben Lohnkostenvorteilen werden zusätzliche, Wachstum fördernde industriepolitische Maßnahmen wie günstige Kreditzugsbedingungen und geringe Energiekosten genannt, die die Wettbewerbsfähigkeit dieser Unternehmen begünstigen. (PV-Wirtschaftsförderung wurde und wird in Deutschland im Übrigen auch mittels Länderzuschüsse, KFW- sowie Bundes-Programme praktiziert)

Zudem verfügen die chinesischen Hersteller über Produktionsanlagen, die denen in Deutschland nicht nachstehen. Teilweise sollen sie den deutschen sogar bereits überlegen sein. Speziell der deutsche Maschinenbau hat in den letzten Jahren Produktionsanlagen der neuesten Generation an chinesische Unternehmen geliefert. In der Frage der Qualität brauchen die in China hergestellten PV-Zellen und Systeme dementsprechend im Allgemeinen keinen Vergleich mit anderswo hergestellten Anlagen zu scheuen.

Vor diesem Hintergrund haben Unternehmen mit Sitz in China in den letzten Jahren erhebliche Marktanteile im PV-Markt hinzugewonnen; auch in Deutschland.

Diese Entwicklung lässt sich insbesondere anhand des Marktes für Solarzellen illustrieren. In diesem Segment sind mittlerweile mehr als 100 Produzenten von Kristallin- und Dünnschichtzellen international tätig. Rund die Hälfte aller weltweit hergestellten Solarzellen stammte 2009 aus chinesischen und taiwanesischen Fabriken. (Meldung nach Solarbuzz in „Der Solarserver“ vom 18.03.2010, abgerufen am 25.06.2010)

Die zehn größten Zellhersteller (Tabelle 15) verfügen derzeit über rund 50 Prozent der gesamten Produktionskapazitäten. (Roland Berger 2010, Folie 33) 4 Unternehmen haben ihren Stammsitz in China. Unter den Top-10 befindet sich mit Q-Cells ein Unternehmen aus Deutschland. Der Thalheimer Konzern ist jedoch von 2008 auf 2009 um einen Rang auf den vierten Platz zurückgefallen. Obwohl noch vor wenigen Jahren führend, verfügt Q-Cells inzwischen nur noch über rund die Hälfte der Produktionskapazitäten von First Solar. Und First Solar hat weitere Investitionen – auch in Deutschland – angekündigt.

**Tabelle 15: Die 10 größten Zellhersteller weltweit**

Unternehmen	Stamm-sitz in ...	Haupttechnologie	Produktion 2009 in MW	Steig. zum VJ. in %	Rang 2009	Rang 2008
First Solar Inc.	USA	Dünnschicht (CdTe)	1.100	118,3	1	2
Suntech Power Co. Ltd.	China	monokrist. Pluto-Technologie	704	41,5	2	3
Sharp Corp.	Japan	krist./mikromorphe Dünnschicht	595	25,8	3	4
Q-Cells SE	Deutschl.	monokrist./multikristaline Zellen	586	0,8	4	1
Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.	China	k.A.	525	87,0	5	7
JA Solar Holding Co. Ltd.	China	k.A.	520	73,3	6	5
Kyocera Corp.	Japan	k.A.	400	37,9	7	6
Trina Solar Ltd.	China	mono-/polykristalline Zellen	399	90,0	8	11
Sunpower Corp.	USA	k.A.	397	67,5	9	9
Gintech Energy Corp.	Taiwan	k.A.	368	104,4	10	13

**Quelle:** Eigene Zusammenstellung anhand Photon Heft 4/2010, S. 38ff.

Anders sieht die Situation bei den Dünnschichttechnologie-Produzenten aus. Unter den „Top-10“ sind vier aus den USA, vier aus Japan und immerhin noch drei Unternehmen aus Deutschland.<sup>12</sup> Nur eine Gesellschaft stammt aus China. Von daher kann vermutet werden, dass in diesem Segment deutsche Gesellschaften technologisch zu den führenden Marktteilnehmern weltweit zählen. Hinsichtlich der Produktionskapazitäten und –möglichkeiten ist der Abstand zum Marktführer First Solar allerdings exorbitant. Hier scheinen Entwicklungen von Unternehmen in Deutschland nicht rechtzeitig aufgegriffen worden zu sein.

Mit Solar Frontier ist interessanterweise ein Akteur (Showa Shell) zurück ins deutsche Photovoltaik-Geschäft gekehrt, der noch vor einigen Jahren Technologie und Produktionskapazitäten an andere Gesellschaften (wie z.B. Solarworld) verkauft hat. (FTD vom 28.02.2010) Die globalen Marktperspektiven scheinen für ein Großunternehmen verlockend; die technologischen Kompetenzen und vor allem die Finanzkraft sind vorhanden. Bei der Expansion steht vor allem der deutsche Markt im Fokus, der trotz gesenkter Einspeisevergütungen nach Angaben des Managements weiterhin sehr attraktiv sein soll. (Ebd.)

Angesichts der weltweiten Einführungsprogramme werden Änderungen der Einspeisevergütungen für aus PV-Anlagen gewonnenen Strom in Deutschland international agierende Unternehmen in ihren Ausbauplanungen nur geringfügig beeinflussen. Stattdessen werden sie versuchen, mit globalen Produktions- und Vertriebsstrategien möglichst schnell zusätzliche Skaleneffekte zu generieren.

<sup>12</sup> Die Sunfilm AG hat Ende März 2010 Insolvenz angemeldet. Der Insolvenzverwalter geht von einer Fortführungsperspektive aus.

**Tabelle 16: Führende Dünnschichttechnologiehersteller 2009 (2008)**

Unternehmen	Stammsitz in ...	Haupttechnologie	Produktion 2009 in MW	Steig. zum VJ. in %	Rang 2009	Rang 2008
First Solar Inc.	USA	CdTe	1.100	118,3	1	1
United Solar Ovonic	USA	a-Si	123,4	9,6	2	2
Sharp Corp.	Japan	a-Si/ $\mu$ c-Si	94,0	147,4	3	5
Sunfilm	Deutschland	a-Si, a-Si/ $\mu$ c-Si	60,0	-	4	-
Trony	China	a-Si	50,0	85,2	5	6
Solar Frontier (Showa Shell)	Japan	CIS, CIGS	43,0	186,7	6	11
Mitsubishi Heavy Ind.	Japan	a-Si, a-Si/ $\mu$ c-Si	42,0	5,0	7	4
Kaneka	Japan	a-Si, a-Si/ $\mu$ c-Si	40,0	-29,8	8	3
Moser Baer	Indien	a-Si	40,0	-	8	-
Bosch Solar Energy (früher: Ersol)	Deutschland	a-Si	30,0	50,0	10	7
EPV	USA	a-Si	30,0	100,0	10	11
Solyndra	USA	CIGS	30,0	-	10	-
Würth Solar	Deutschland	CIS	30,0	50,0	10	7

**Quelle:** Eigene Zusammenstellung anhand Photon Heft 4/2010, S. 38ff.

Roland Berger sieht als kritische Wettbewerbsmasse bei Zellen/Modulen inzwischen eine Größenordnung in Höhe von 1 GW Produktions- bzw. Handelsvolumen. (Roland Berger 2010, Folie 34) Maßgebliche Hersteller in Deutschland haben in der Regel die Größe führender ausländischer Wettbewerber noch nicht; und somit Nachteile in den „economies of scale“.

Bei einer Verschiebung der internationalen Nachfrage nach Dünnschichttechnologien wären indessen erhebliche Investitionen nötig. Von daher erscheint der Zugang zu günstigem Finanzkapital für Unternehmen in Deutschland in mittlerer Sicht wichtiger als die Diskussion um maßvolle bzw. drastische Kürzungen der Einspeisevergütungen. Schon geringe Zinserhöhungen haben für die wafer-, zell- und modulproduzierenden Unternehmen in Deutschland gravierende Folgen auf die Produktionskosten. Die zusätzliche EEG-Reduktion sollte maßvoll ausfallen, um den Kapitalgebern zu signalisieren, dass genügend Zeit für Innovationen besteht.

In diesem Zusammenhang ist des Weiteren zu berücksichtigen, dass überhöhte Degressionsschritte in Deutschland – besonders vor dem Hintergrund der durch die Finanz- und Wirtschaftskrise ausgelösten Defizite in den öffentlichen Haushalten - auf andere Länder ausstrahlen und auch dort zu überproportionalen Herabstufungen der Einspeisevergütungen führen könnten. Diese Entwicklung hätte nicht nur Rückwirkungen auf die Bearbeitung der Klimaveränderungen. Die internationale PV-Nachfrage im Allgemeinen dürfte ebenfalls negativ beeinflusst werden mit erheblichen Rückwirkungen auf die Hersteller von photovoltaischen Produktionsanlagen in Deutschland.

Wird Deutschland nicht mehr als Lead-Nation in Solartechnologie gesehen, könnte der von der Bundesregierung gewünschte wirtschaftliche EEG-Einspareffekt durch wegbrechende Exporte im Maschinenbau sowie dem Ausbleiben von Investitionen ausländischer PV-Unternehmen in Deutschland mehr als konterkariert werden. Vor diesem Hintergrund hätte eine zusätzliche drastische Absenkung der Einspeisevergütung keinen Abbau der Überförderung von Sonnenstrom zur Folge, sondern den unnötigen, teuren Verlust von Arbeitsplätzen mit entsprechenden negativen Rückwirkungen auf die Steuereinnahmen.

#### 4.4 Preis- und Margendruck als Anzeichen für neue Herausforderungen

Die Auswertung der Jahresabschlüsse der führenden PV-Gesellschaften in Deutschland ergab, dass der erhöhte Markt- und Wettbewerbsdruck spätestens seit 2009 bei den meisten Unternehmen zu deutlich gesunkenen EBIT- und Wertschöpfungsquoten geführt hat. Die Vervielfachung der Anbieter und der Ausbau der Produktionskapazitäten in der Silizium-, Wafer-, Zellen- und Modulherstellung weltweit haben den Photovoltaik-Markt zu einem volumen- und qualitätsgetriebenen Massengeschäft werden lassen. Durch das Wachstum und die Expansion der Marktführer geraten kleine und mittelständische Gesellschaften weiter unter Druck.

Angesichts des Preis- und Margendrucks scheinen speziell kleine mittelständische Unternehmen mit inländischen Produktionskapazitäten sowie hauptsächlich auf Deutschland bezogenen Absatzkanälen in den kommenden Jahren stark gefährdet.

Nachdem die Branche weltweit mittlerweile ein entsprechendes Aktivitätsniveau überschritten hat, werden Faktoren wie technologische Alleinstellungsmerkmale, Internationalität bzw. Globalisierungsgrad des Geschäftsmodells, „economies of scale“ und Flexibilisierungspotenziale in der Fertigung, Einkaufsmacht sowie hohe Finanzkraft entscheidend für den langfristigen Erfolg vieler Unternehmen. Insbesondere für im Massengeschäft agierende Gesellschaften wird ein hohes Volumen sowohl im Hinblick auf die Produktion als auch auf Seiten des Vertriebes notwendiges Leistungskriterium sein.

- Die Erweiterung der Produktionskapazitäten kann dabei erstens mittels internen Wachstums erfolgen. Dazu sind erhebliche Investitionen im In- und Ausland notwendig; Roland Berger rechnet mit 1,5 Mio. Euro pro MW Produktionsanlage plus Vertriebsinvestitionen. (Roland Berger, Folie 50) Angesichts des Margendrucks bleibt der gute Zugang zu den Finanzmärkten ein wichtiges Wettbewerbsmerkmal.
- Um die erforderlichen Größenordnungen zu erreichen, können zweitens Kooperationen, Zukäufe oder Zusammenschlüsse erfolgen.

Zu erwarten ist, dass die Anzahl der integrierten Unternehmen mit Zugang zum Endkunden in nächster Zeit deutlich ansteigen wird. Q-Cells SE, Solon SE u.a. haben ihre Geschäftsstrategien den veränderten Rahmenbedingungen bereits angepasst und sind u.a. ins Projektierungsgeschäft eingestiegen (sowohl im Kleinkundenbereich als auch ins Großkundengeschäft, z.B. mit Energieversorgern). Im Rahmen von Markenstrategien rücken PV-Gesellschaften in Deutschland zunehmend Qualitätsstandards in den Mittelpunkt ihrer Öffentlichkeitsarbeiten und Werbekampagnen.

Die Übernahme von PV-Herstellern durch traditionelle Unternehmen ist in Deutschland mit Ausnahme der Beispiele des Bosch-Konzerns und Bay Wa AG noch nicht weit fortgeschritten. Diese Entwicklung könnte der derzeitigen Finanz- und Wirtschaftskrise geschuldet sein.

Nicht nur zur Begrenzung der Risiken eines Klimawandels bleibt deshalb eine stetige, langfristig angelegte Einspeisevergütung für Solarenergie absolut notwendig. Bislang sind

die erwarteten Lerneffekte eingetreten. Der Preisrückgang in der Photovoltaik war in den letzten Jahren mit 40 Prozent seit 2004 immens; auch zukünftig wird mit 15 prozentigen Reduktionen pro 1 MWp jährlich gerechnet. Die derzeitigen Wechselkursverhältnisse dürften etwas zur Verminderung dieser Preisdynamik führen.

Angesichts der allgemeinen finanzwirtschaftlichen Unsicherheiten sollten, wie vom ISE berechnet, Anpassungen der Einspeisevergütungen maßvoll ausfallen. Ansonsten könnte durch wegbrechende Exporte sowie dem Ausbleiben von Investitionen ausländischer PV-Unternehmen der von der Bundesregierung gewünschte Einspareffekt mehr als konterkariert werden.

Für die Photovoltaik-Hersteller in Deutschland bleibt indes der Zugang zu günstigem Finanzkapital angesichts der Dynamik im Markt ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. In Anbetracht der Perspektiven im Markt - vor allem in Bezug auf die Möglichkeiten gebäudeintegrierter Photovoltaik – könnten auch weitere traditionelle Unternehmen aus anderen Wirtschaftssegmenten - wie z.B. der Chemieindustrie oder des Dachziegelgewerbes - mit ausreichender Finanzkraft und entsprechenden Kompetenzen ins Photovoltaikgeschäft durch Zukäufe und Übernahmen einsteigen. (vgl. Öko-Invest 2010)

## 5 Arbeitspolitische Aspekte

Arbeitspolitische Gesichtspunkte der Photovoltaik-Industrie in den neuen Bundesländern sind umfänglich in einer Studie für die Otto Brenner Stiftung vom IMU-Institut thematisiert worden. (Richter, U. u.a. 2008) Deren Beobachtungen und Resultate stellen die Grundlage für die folgenden Ausführungen dar.

Im Rahmen dieses Projektes wurde ergänzend Anfang 2010 eine schriftliche Befragung von Betriebsräten durchgeführt, wobei deutlich mehr als die vom BSW angegebenen führenden PV-Unternehmen in die Stichprobe einbezogen und angeschrieben wurden. 10 Interessenvertretungen - mehrheitlich aus Betrieben in den neuen Bundesländern - beantworteten den umfangreichen Fragebogen. Erste Ergebnisse wurden im Rahmen eines Workshops Mitte Februar 2010 Interessenvertretern und Beschäftigten der Branche präsentiert sowie einzelne Themenfelder mit ihnen diskutiert.

Da einige PV-Betriebe in den neuen Bundesländern keine Interessenvertretung haben, erhebt die Informationsgrundlage keinen Anspruch auf Repräsentativität. Im Folgenden werden dennoch, wo sinnvoll, einzelne Ergebnisse der Fragebogenaktion wiedergegeben.

Die arbeitspolitische Analyse wurde durch die Auswertung ausgewählter Geschäftsberichte abgerundet.

### 5.1 Strukturen der Interessenvertretung - Mitbestimmung

Wie bereits in Kapitel 4.2 skizziert entstammen Firmen des industriellen Kerns der Photovoltaik in den alten Bundesländern mehrheitlich traditionellen Unternehmensverbänden, wohingegen in den neuen Bundesländern die Komponenten-, Zell- und Modulhersteller überwiegend neu mittels Unterstützung von Finanzakteuren aufgebaut wurden. Als Folge der vielgestaltigen Entwicklungen sind arbeitspolitische Aspekte wie Mitsprache in Betrieb und Unternehmen, (koordinierte) Lohnfindung und Mitwirkung von Gewerkschaften bis heute unterschiedlich ausgeprägt.

- Aus traditionellen Unternehmen stammende PV-Firmen gehören teilweise noch den alten Arbeitgeberverbänden an, bzw. haben Regelungen der Vorgängerunternehmen mittels haustarifvertraglicher Regelungen übernommen. In der Regel existiert eine Mitbestimmungskultur bundesrepublikanischer Prägung (Aufsichtsrat, Betriebsrat u.a.).
- Bis vor kurzem hatten demgegenüber die unter starkem Einfluss von Finanzeinrichtungen stehenden Geschäftsführer und Vorstände „reiner“ PV-Hersteller in den neuen Bundesländern vielfach die Bemühungen der Beschäftigten zum Aufbau von Mitbestimmungsstrukturen „systematisch unterlaufen und die Wahl von Betriebsräten durch Druck und Sozialtechniken verhindert“ (Richter u.a. 2008, S. 28; eine andere Deutung findet sich unten im Abschnitt Kapitalbeteiligungen). Neuere Entwicklungen auf betrieblicher Ebene zeigen indes, dass diese Strategien immer weniger von Erfolg gekrönt sind.

Dank stetigen und dynamischen Wachstums der Unternehmen sowie eines durch Strukturschwäche gekennzeichneten Arbeitsmarktumfeldes konnten in der Vergangenheit auftretende Konflikte in den Beziehungen zwischen Management und Arbeitnehmern in der Regel zielgenau und flexibel gelöst werden. Da die Entwicklungsperspektiven der Firmen insgesamt positiv waren, ließen sich Spannungen auch aus Sicht vieler Beschäftigten schnell zum Wohle des Gesamtsystems bereinigen.

Die positive Grundstimmung der Belegschaften dürfte allerdings weniger auf diffizile „Sozialtechniken“ zurückzuführen sein. Die Basis für die weitest gehende Zustimmung der Beschäftigten zu Managemententscheidungen sollte vielmehr primär im immensen Wachstum der „jungen“ Unternehmen und den wirtschaftlichen Erfolgen verortet werden. Zu beiden Entwicklungen trugen die Beschäftigten „der ersten Stunden“ wesentlich bei und es entstand entsprechendes Bewusstsein („Wir sind die Firma“). Die auch von Externen wahrgenommenen „Erfolgsgeschichten“ führten überdies zum Gefühl sicherer Arbeitsplätze und - mittels Erfolgs- und Kapitalbeteiligungssystemen (siehe Kap. 5.5.3 und 5.5.4) – zu finanziellen Vorteilen für die Mitarbeiter.

Die nachlassende Entwicklungsdynamik sowie Restrukturierungs- und Konzentrationsprozesse haben die industriellen Beziehungen in vielen PV-Firmen in den vergangenen drei Jahren verändert. Vielerorts führte das Erlahmen sog. Erfolgsgeschichten zu einem Bewusstseinswandel in der Belegschaft. Die Bindung zum Management hat in zahlreichen Unternehmen abgenommen; auch weil Vorstände angesichts schlechter werdender Ergebnisse gezielt ausgetauscht wurden bzw. auf Druck der Kapitalgeber ihren Rücktritt erklären mussten. Darüber hinaus wurden von vielen Beschäftigten vermehrt Restriktionen einer nicht professionellen Interessenvertretung wahrgenommen. Beispielsweise kann bei Personalabbau/Entlassungen ein finanzieller Interessenausgleich nur durch gewählte Betriebsräte erstritten werden.

In den letzten Geschäftsberichten der PV-Unternehmen wird verstärkt über die Wahl von Interessenvertretungen und die Einrichtung von Betriebsratsgremien berichtet. Teilweise mussten die Voraussetzungen für die Durchführung von Betriebsratswahlen per Gerichtsbeschluss erstritten werden. Objektive, nicht mehr individuell zu lösende Interessengegensätze scheinen verstärkt professionelle Aushandlungsmöglichkeiten zumindest auf betrieblicher Ebene zu erfordern.

Mit anderen Worten: Angesichts sich stark ändernder Rahmenbedingungen ist in den Photovoltaik-Unternehmen beachtliche Bewegung gekommen, die industriellen Beziehungen neu zu ordnen sowie Interessenvertretungen auf zu bauen. Verstärkt möchten Beschäftigte auf der Mikro-Ebene an Entscheidungsprozessen beteiligt werden und gemeinsam mit dem Management zukunftsorientierte Lösungen erarbeiten. Mitbestimmung wird als wesentlicher Parameter gesehen.

Diese Wertschätzung der Mitbestimmung wird auch im Rahmen der Fragebogenaktion zum Ausdruck gebracht; insbesondere bei der Beurteilung der Arbeitgeberseite. Die antwortenden Betriebsräte unterstellen dem Management zu großen Teilen, dass es hohen Wert auf die Mitbestimmung legt. Mehrheitlich wird berichtet, dass die Unternehmensleitungen regelmäßig und vollständig über aktuelle Entwicklungen anhand wirtschaft-

licher und finanzieller Kenngrößen informieren. Die Hälfte der zehn Antwortenden fühlt sich sehr gut bzw. gut über die operativen und strategischen Planungen ihres Unternehmens aufgeklärt. (Dieses Ergebnis könnte allerdings auf die ohnehin notwendige Transparenz Börsen notierter Aktiengesellschaften zurückzuführen sein.)

Sieben Antwortende berichten, dass die Unternehmensführung Vorschläge der Arbeitnehmerseite „voll“ (2) bzw. „teilweise“ (5) in Entscheidungssituationen aufgreift und umsetzt. Die Arbeitnehmerseite wird regelmäßig über Aspekte der Personalplanung (8) informiert; in einem Fall ebenfalls über die Produktplanung. Den Führungsstil der Arbeitgeberseite kennzeichnen die Betriebsräte überwiegend als aufgaben- und ergebnisorientiert.

Obwohl auch die Arbeitgeberseite potenziell von tarifvertraglichen Regelungen profitieren könnte, lehnt sie derartige Bestrebungen weiterhin mehrheitlich ab. Da auch der Bundesverband Solarwirtschaft seinem Selbstverständnis nach kein möglicher Tarifpartner ist, befindet sich die Solarbranche überwiegend in einem „tariflosen“ Zustand.

Arbeitnehmerorientierte Interessenvertretung auf unternehmerischer Ebene versucht die Managementseite laut IMU zudem durch Bildung gesellschaftsrechtlich eigenständiger Gesellschaften zu begegnen. Es wird darauf geachtet, dass diese eine Betriebsgröße von 500 Beschäftigten nicht überschreiten. Erst dann würde die Unternehmensmitbestimmung in Form des Drittelbeteiligungsgesetzes von 2004 greifen; rechtlich müsste in diesen Fällen ein Drittel der Aufsichtsräte durch Beschäftigte gewählt werden. (Richter u.a. 2008, S. 29)

Zu fragen ist allerdings, ob diese Vorgänge nicht auch wirtschaftlichen Kriterien sowie Flexibilitätserfordernissen geschuldet sind und allgemein junge, sich etablierende Wirtschaftszweige kennzeichnen. Insbesondere der hohe Finanzbedarf scheint ursächlich für die Herausbildung von Gesellschaften auf den jeweiligen Produktionsstufen, die im Falle eines Falles auch an die Börse gebracht werden können. Erst wenn bestimmte Entwicklungs- und Konsolidierungsphasen überschritten sind, rücken Fragen der betrieblichen und unternehmerischen Mitbestimmung ins Zentrum der Beschäftigten. Von Seiten der Gewerkschaften gilt es, diesen Zeitpunkt möglichst weit nach vorne zu schieben.

Trotz erkennbarer arbeitspolitischer Fortschritte ist die PV-Wirtschaft zusammenfassend nach wie vor durch Asymmetrien gekennzeichnet. Die Arbeitgeberseite ist über unternehmerische Beteiligungen sowie Forschungs- und Entwicklungsverbände personell hochgradig verflochten und vernetzt (Hornych/Brachert 2010). Auf Arbeitnehmerseite findet überbetriebliche Netzwerkbildung und kollektives Handeln bis auf wenige Ausnahmen bislang nur unzureichend statt. In tarifvertraglicher Hinsicht bestehen Defizite; einzelvertragliche Lösungen dominieren die Ausgestaltungen der Arbeitsverhältnisse.

## **5.2 Arbeitsverhältnisse und Arbeitszeiten**

Trotz sich wandelnder Rahmenbedingungen hatten die PV-Unternehmen auf der Ebene der gewerblichen Facharbeiter (insbesondere Operatoren) bislang keine erkennbaren

Schwierigkeiten, entsprechende Fachkräfte zu finden und einen dynamischen Beschäftigungsaufbau zu gestalten. Zur Überwindung von Qualifizierungsengpässen der Bewerber wurden oftmals arbeitsmarktpolitische Unterstützungs- sowie kurzfristige Qualifikationsmaßnahmen eingesetzt. Ergänzung fanden diese öffentlich geförderten Maßnahmen der Arbeitsagentur häufig durch unternehmensspezifische Aktivitäten, insbesondere um fachliche Detailkompetenzen zu vermitteln.

Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen gab die überwiegende Mehrheit der antwortenden Betriebsräte an, dass Qualifizierung und Weiterbildung der Beschäftigten einen „sehr hohen“ bis „hohen“ Stellenwert in ihrem Unternehmen einnimmt. Vier der zehn Antwortenden bezifferten, dass jeweils über 10 Prozent der Belegschaft an Qualifizierungsseminaren und Lehrgängen pro Jahr teilnimmt!

Durch die arbeitsmarktpolitischen und qualifikatorischen Maßnahmen ist eine interessante Alters- und Sozialstruktur in den Betrieben entstanden. (zum folgenden: Richter u.a. 2008, S. 30) In den photovoltaischen Fabriken finden sich einerseits verstärkt jüngere Beschäftigte, die aufgrund ihrer aktuellen körperlichen Fitness und ihres Wohnens bei den Eltern bereit sind, trotz langer Fahrtzeiten für relativ geringes Einkommen (ausgiebig) zu arbeiten. Andererseits vervollständigen ältere Mitarbeiter die Belegschaft. Diese Beschäftigtengruppe bringt oftmals entsprechende Berufserfahrungen mit, obwohl sie z.T. auch längere Zeiten von Arbeitslosigkeit erleben mussten. Die älteren Mitarbeiter sind indes häufig froh darüber, überhaupt noch eine sozialversicherungspflichtige Arbeit gefunden zu haben. Angesichts regional hoher Arbeitslosigkeit dürften sie bestrebt sein, sich den jeweiligen Arbeitsbedingungen schnell anzupassen.

Diese Strukturen werden auch durch die Betriebsrätebefragung im Hinblick der Arbeitszeiten bestätigt. Überwiegend (6 Antworten) gaben die Betriebsräte an, dass die regelmäßige wöchentliche Arbeitszeit im Prinzip 40 Stunden betragen würde. In einem Fall lag sie mit 40,5 Std. sogar höher. In zwei Betrieben in den alten Bundesländern praktizierten die gewerblichen Arbeitnehmer bei kontinuierlichen Schichtsystemen eine durchschnittliche Arbeitszeit in Höhe von 32 Stunden die Woche. Die beiden anderen Betriebe wiesen regelmäßige Wochen-Arbeitszeiten von 38,5 bzw. 39,5 Stunden auf.

In unzähligen Unternehmen der PV-Industrie wird ganzjährig ohne Unterbrechungen – also 365 Tage 24 Stunden am Tag - gefertigt. Teilweise basieren diese langen Betriebsnutzungszeiten auf technischen Erfordernissen. In der Regel überwiegen laut IMU-Institut indes wirtschaftliche Motive. Wenn bei längeren Betriebszeiten im Ausland sowie bei höheren inländischen Fertigungskosten die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Deutschland beeinträchtigt sein könnte, hat die entsprechende Aufsichtsbehörde im Rahmen des Arbeitszeitgesetzes das Verbot der Sonntags- und Feiertagsarbeit auf Antrag zu lockern bzw. aufzuheben. (vgl. Richter u.a. 2008, S. 31 f.) Diese Ausnahmebewilligung wurde vor allem für in der Photovoltaik aktive Unternehmen in den neuen Bundesländern erteilt.

In acht der befragten Unternehmen werden Arbeitszeitkonten mit unterschiedlichen Schwankungskorridoren angewandt. Drei Firmen praktizierten zum Zeitpunkt der Befragung Kurzarbeit; ein Zustand, der sich in Folge der durch die EEG-Kürzungsdiskussion

ausgelösten Sonderkonjunktur im Photovoltaik-Bereich bereits wieder geändert haben dürfte.

In den letzten Jahren hatten Leiharbeiter große Bedeutung in der PV-Industrie. Anteilig an der Normalbeschäftigung wurde ihre Höhe im Rahmen der Befragung teilweise mit bis zu 20 Prozent angegeben!

Im Rahmen der Kurzexpertise war es leider nicht möglich, die Hintergründe dieser Praxis genauer auszuleuchten. Schließlich ist zu fragen, ob der relativ hohe Einsatz von Leiharbeitern in der Photovoltaik vorrangig auf die erheblichen Schwankungen der Nachfrage im Jahresverlauf zurück zu führen ist. Oder sind die Gründe im extrem dynamischen Beschäftigungsaufbau der letzten Jahre zu suchen, den die Branche zu bewältigen hatte und deren Perspektive größtenteils unsicher war?

Oder spielten Praktiken finanzmarktgesteuerter Unternehmen eine entscheidende Rolle, die Personalkosten möglichst gering auszuweisen? Schließlich werden Löhne und Gehälter der Leiharbeiter unter „Sonstige betriebliche Aufwendungen“ oder „Aufwendungen für bezogene Leistungen“ verbucht. Sie erscheinen somit nicht im Personalaufwand. Durch die hohe Leiharbeiter-Praxis ist es dem externen Analytiker kaum möglich, Produktivitäten von Unternehmen zu errechnen und präzise Vergleichskennzahlen zu bilden.

Oder handelt es sich beim hohen Einsatz von Leiharbeitern letztendlich doch – wie vom IMU-Institut angenommen – überwiegend um „subtile unternehmerische Sozialtechniken“, die die Belegschaften spalten und kollektives Bewusstsein verhindern? (Richter u.a. 2008, S. 30)

Nach Meinung vieler Interessenvertretungen schöpft das Management die Möglichkeiten des Einsatzes von Leiharbeitern sowie der Befristung von Arbeitsverträgen bis an die gesetzlich festgelegten Grenzen aus. Da sich der industrielle Kern der Photovoltaik heutzutage überwiegend in strukturschwachen Gegenden der neuen Bundesländer befindet, können die Unternehmen auf ein umfangreiches Potenzial gewerblicher Arbeitskräfte zurückgreifen. Kennzeichen vieler gewerblicher Arbeitsverhältnisse in der PV-Wirtschaft sind bislang jahrelange prekäre Arbeitsbedingungen, ständiger Bewährungsdruck und - damit verbunden – relativ starke Unsicherheiten. Dem IMU-Institut ist dahingehend zusammenfassend zuzustimmen, dass dieses keine Rahmenbedingungen sind, „die Innovationsbereitschaft und Kreativität der Beschäftigten fördern“ sowie „Mitwirkung und Mitgestaltung stimulieren“. (Ebd.)

Indes sieht die Situation bei Technikern, Ingenieuren und anderen hochqualifizierten Fachkräften seit einiger Zeit anders aus. Hier bestehen vielfach personelle Engpässe. Insofern haben die Jobsuchenden bessere Ausgangsbedingungen in den Verhandlungsprozessen. Die PV-Unternehmen müssen zu anderen Wettbewerbern vielfach attraktive Entgeltsysteme anbieten; inklusive der Möglichkeit, am Erfolg oder Kapital des Unternehmens beteiligt zu werden.

Auf die fachlichen Verknappungen haben viele Hochschulen und Universitäten inzwischen reagiert und bieten entsprechende, auf die Photovoltaik bezogene Studiengänge an. (vgl.

die Übersicht in: Photon Heft 5/2010, S. 102 - 117) Mittel- bis langfristig ist zu erwarten, dass dadurch weitere Dynamik in die industriellen Beziehungen der PV-Unternehmen kommt.

### 5.3 Entlohnung und tarifliche Strukturen

Seit dem Zweiten Weltkrieg verfolgte die gewerkschaftliche Tarifpolitik in Deutschland die Strategie einer „solidarischen Lohnpolitik“ in Form des „gleichen Lohns für gleiche Arbeit“. Durch die Fixierung eines in der Fläche gültigen Standards, in dem Tätigkeiten mit Entgeltgruppen verknüpft werden, wurde gewährleistet, dass Entgelt als Instrument im Wettbewerbsprozess nicht eingesetzt werden konnte. Löhne und Gehälter sollten zudem unabhängig vom (Finanz-)Markterfolg der Unternehmen – also vom Börsenkurs der Gesellschaften - bestimmt sein. Von diesem „Idealbild“ ist die junge Photovoltaik-Industrie noch weit entfernt.

Entgelte werden in der Mehrzahl der Unternehmen des industriellen Kerns der Photovoltaik einzelvertraglich geregelt. Entsprechend vielfältig sind Entgeltformen und Entgelthöhen - nicht nur zwischen den Unternehmen gleicher Wertschöpfungsstufe, sondern auch innerhalb der Betriebe.

Selten sind mit dem Betriebsrat ausgehandelte Entgeltsysteme wie bei Schott Solar anzutreffen, die eine Verknüpfung von Tätigkeiten und Entgeltstufen sicherstellen. Auch in diesem Falle existieren allerdings Differenzierungen nach alten und neuen Bundesländern.

Die Errechnung durchschnittlicher Brutto-Entgelte (Arbeitgeber-Personalaufwand dividiert durch Anzahl der Beschäftigten) anhand der Informationen aus den Geschäftsberichten verdeutlicht die Breite der Entgeltniveaus in der Photovoltaik. Bruttoaufwendungen pro Mitarbeiter in Höhe von nicht einmal 25 TEUR (!! ) stehen Zahlungen in Höhe von fast 50 TEUR gegenüber (vgl. Tabelle 17).

**Tabelle 17: Entgeltzahlungen bei führenden PV-Unternehmen**

Personalaufwand pro MA in TEUR	2009	2008	2007	2006
Q-Cells SE	39,0	36,3	38,9	45,1
Solarworld AG	49,9	49,4	52,8	42,9
Bosch Solar Energy AG	k.A.	37,6	37,3	39,0
Aleo Solar AG	28,4	24,7	21,4	22,3
Schott Solar AG	k.A.	35,8	43,2	k.A.
Solon SE	46,7	41,4	37,8	42,2
Solarwatt AG	k.A.	30,9	32,1	30,7
Solar-Fabrik AG	33,9	31,8	28,6	26,7
Sunways AG	48,6	39,6	42,6	40,2

**Quelle:** Eigene Berechnungen anhand der Geschäftsberichte

Ergänzend ist bei Bewertung dieser Daten indes anzumerken, dass in den Veröffentlichungen der Unternehmen vielfach keine durchschnittliche jährliche Beschäftigungsangabe erfolgt, sondern der Personalbestand am Ende des Berichtsjahres genannt wird. Erfolgt indes ein Beschäftigungsaufbau im Zuge dieses Zeitraums (wie in der PV-Branche lange Jahre üblich), werden die Personalaufwendungen pro Mitarbeiter unterschätzt.

In diesem Kontext ist des Weiteren die Frage bedeutsam, wie die Entgeltstrukturen qualifizierter und hochqualifizierter Arbeit aussehen. In der Photovoltaik sind im Vergleich zu den anderen Wirtschaftszweigen der Erneuerbaren Energien überproportional qualifizierte Mitarbeiter tätig. Müssen diese Arbeitnehmergruppen aufgrund oben beschriebener Engpässe besser entlohnt werden, verringern sich die durchschnittlichen Einkünfte anderer Beschäftigtengruppen.

Trotz derartiger Verzerrungen ist dennoch festzuhalten, dass das Arbeitgeber-Bruttoentgelt pro Mitarbeiter in den betrachteten Unternehmen niedrig, teilweise extrem niedrig ist. In einzelnen Fällen scheint es für gewerbliche Arbeitnehmer nur unwesentlich über dem Hartz-IV-Niveau zu liegen. Angesichts dieses Umstandes überrascht das Ergebnis einer Online-Befragung in 2010 nicht, dass jeder fünfte Arbeitnehmer der Solarwirtschaft unzufrieden mit seinem Entgelt war. (Meine Solar GmbH, PM vom 28.04.2010)

In der Photovoltaik werden sowohl Urlaubsansprüche (24 bis 30 Tage) als auch Urlaubsgeld sehr heterogen gehandhabt. Auch bei diesen Faktoren sind Tendenzen zum Niedrigsten erkennbar. Drei der 10 Betriebsräte gaben an, dass in ihrem Betrieb überhaupt kein Urlaubsentgelt gezahlt wird. Vier Antwortende fixierten das Urlaubsgeld zwischen 420 und 650 Euro; in einem Fall auf durchschnittlich 818 Euro. Das Spitzenunternehmen zahlt 1.800 Euro Urlaubsgeld.

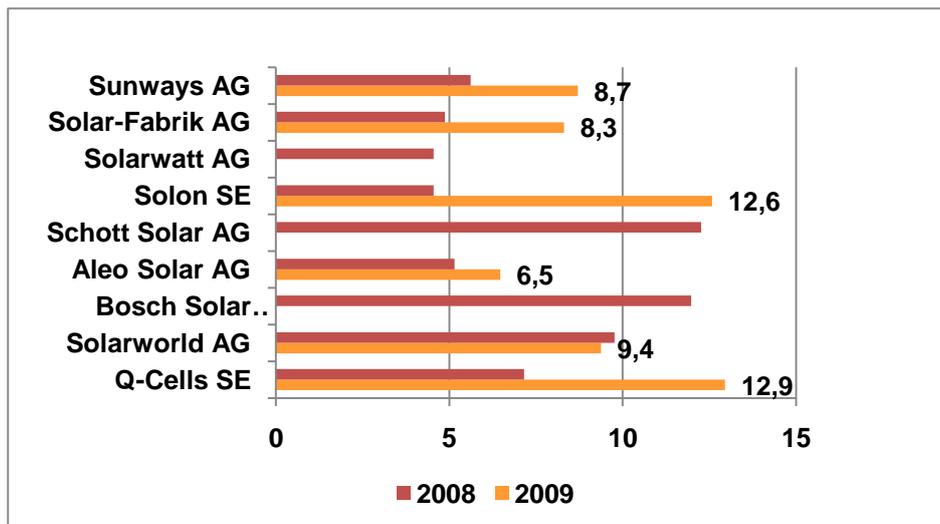
Die Folge: Vier von fünf Arbeitnehmer wünschten sich in 2010 bessere Urlaubsregelungen! Im Rahmen der bereits oben erwähnten Online-Befragung zeigten sich nur 19,74 Prozent der Beschäftigten in der Solarwirtschaft zufrieden mit der Anzahl ihrer Urlaubstage! (Meine Solar GmbH, PM vom 28.04.2010)

Die Frage, ob Ansprüche auf vermögenswirksame Leistungen für die Mitarbeiter geregelt seien, bejahten 7 Betriebsräte. Die Höhe ist wiederum sehr heterogen ausgestaltet und schwankt zwischen 13,29 und 40,00 Euro monatlich.

In 6 der 10 antwortenden Unternehmen wird eine Erfolgsbeteiligung praktiziert. Da diese Zahlungen im Personalaufwand der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer verbucht sind, wären diese Beteiligungen in den oben errechneten durchschnittlichen Brutto-Entgelten pro Mitarbeiter bereits enthalten. Folglich sind die garantierten Einkommensbestandteile niedriger als oben ausgewiesen.

Da in 2009 einige Betriebe wirtschaftlich weniger erfolgreich waren, müssten die Entgeltzahlungen gesunken sein. Die entsprechenden Berechnungen deuten eher darauf hin, dass dieses nur zu einem geringen Teil erfolgte. Somit kann gefolgert werden, dass bislang glücklicherweise nur ein geringer Teil der Löhne und Gehälter der Beschäftigten erfolgswirksam flexibilisiert sind.

Abbildung 6: Personalaufwand zu Gesamtleistung in Prozent



Quelle: Eigene Berechnungen anhand der Geschäftsberichte, für Bosch Solar Energy sowie Schott Solar AG fehlen für 2009 die Daten.

In Anbetracht geringer Wertschöpfungsquoten drückt das geringe Entgeltniveau allerdings auch die äußerst eingeschränkten Verteilungsspielräume auf betrieblicher Ebene aus.

Ein Teil der Unternehmen hat dieses Dilemma versucht konstruktiv zu bearbeiten, indem es Aktienoptionsmodelle nicht nur für Führungskräfte, sondern für Mitarbeiter allgemein auflegte. Die Beschäftigten konnten folglich an dem – eventuellen - finanzwirtschaftlichen Erfolg der Gesellschaft partizipieren.

### 5.4 Kapitalbeteiligungen

Aktienorientierte Vergütungen – insbesondere in Form von Aktienoptionen - stellen in der Regel wesentliche Elemente Finanzmarkt- bzw. Shareholder-Value-orientierter Konzepte dar. Insofern war es nicht erstaunlich, dass 3 der 10 antwortenden Betriebsräte angaben, dass ihr Unternehmen sowohl für Führungskräfte als auch für wesentliche Teile der Belegschaft Kapitalbeteiligungsmodelle praktizieren.

Im Vergleich zum Durchschnitt der deutschen Wirtschaft ist diese Quote überproportional hoch. Die Koppelung von Vergütungsbestandteilen an den Aktienkurs trägt allerdings nicht beeinflussbare Marktprozesse – sowohl im Guten wie im Schlechten - in die Unternehmen und Arbeitsverhältnisse.

Beginnend mit dem New Technology-Boom Anfang dieses Jahrtausends werden Kapitalbeteiligungen insbesondere in jungen Technologie-Unternehmen praktiziert zwecks

- Förderung einer kooperativen Unternehmenskultur (höhere Identifikation mit dem Unternehmen, stärkeres unternehmerisches (Mit-)Denken, höheres Kostenbewusstsein sowie stärkeres Interesse am Erfolg),
- Erreichung spezieller personalpolitischer Ziele wie Bindung qualifizierter Fach- und Führungskräfte, Verringerung der Mitarbeiterfluktuation und Abrundung des Sozialleistungspakets sowie
- finanzwirtschaftlicher Zielsetzungen (Banken unabhängiges Fremdkapital, eigenkapitalähnliche Mittel oder echtes Eigenkapital).

Wie aus den Geschäftsberichten der PV-Gesellschaften hervorgeht, dienten die aufgelegten Aktienoptionsprogramme vor allem den unternehmenskulturellen sowie personalpolitischen Zielsetzungen.

Die Erfolge der Aktienoptionsprogramme scheinen indes sehr heterogen gewesen zu sein. Während sehr früh aufgelegte Mitarbeiterbeteiligungen (sehr) erfolgreich verlaufen sind, berichten andere Unternehmen, die den Realisierungszeitpunkt eher zum Ende des Jahrzehnts festgelegt hatten, davon, dass es nicht zur Wahrnehmung der Optionen kam.

Ungeachtet des Ausgangs dürfen die Aktienoptionsprogramme die Bereitschaft der Beschäftigten, Interessenvertretungen zu bilden bzw. sich um tarifvertragliche Regelungen zu bemühen, zeitweise beeinflusst zu haben. Die sich ab 2008 häufenden negativen Erfahrungen dürften beschleunigend auf die Bildung entsprechender Vertretungsorgane gewirkt haben.

## 5.5 Geringe Forschungs- und Entwicklungsausgaben

Trotz der in der Öffentlichkeit stark diskutierten Erfordernisse innovativer Produkte und Produktionsverfahren sind die Forschungs- und Entwicklungsausgaben der führenden PV-Hersteller ausgesprochen gering. Auf Unternehmensebene wird in der Regel höchstens die vom BSW angegebene Quote von 1,8 Prozent am Umsatz erreicht. In 2008 wiesen die Schott Solar AG mit 3,1 Prozent sowie aleo Solar AG mit über 6 Prozent deutlich höhere Forschungsquoten aus. (vgl. jeweilige Geschäftsberichte)

Häufig wird sich zudem auf fertigungsnahe Aspekte konzentriert. (DPG 2010, S. 102; vgl. auch die regelmäßig veröffentlichten Projektlisten des BMU zu den laufenden Forschungsvorhaben, BMU 2010)

Die Hintergründe der geringen Forschungs- und Entwicklungsbereitschaft sind indes unklar. Zu vermuten ist, dass der Aufbau der Kapazitäten viele Ressourcen band und für eine strategische Weiterentwicklung des Produktportfolios nur eingeschränkte Finanzmittel zur Verfügung standen. Zweitens weist Deutschland eine breite Forschungslandschaft im Bereich der Photovoltaik auf. Unternehmen könnten folglich durch Patentkauf oder durch gemeinsame Projekte von deren Ergebnissen profitieren. Drittens dürften die betrieblichen Forschungsaufwendungen niedriger sein, wenn in öffentlich geförderten

Gemeinschaftsprojekten geforscht wird und der offizielle Auftragnehmer die Forschungseinrichtung ist.

Trotz dieser Einschränkungen ist die Forschungs- und Entwicklungsquote im Bereich des industriellen Kerns der Photovoltaik deutlich zu gering. Auch vor dem Hintergrund des intensivierten Wettbewerbs werden die Unternehmen zukünftig verstärktes Augenmerk auf Innovationen legen müssen. Eine starke Marktstellung kann langfristig nur mit innovativen, kostengünstigen Photovoltaik-Systemen erhalten und ausgebaut werden. Eine beschleunigte Weiterentwicklung Silizium-basierter Konzepte und Dünnschichttechnologien ist ebenso notwendig wie die Verfolgung neuartiger Ansätze im Bereich der Farbstoff- und organischer Photovoltaik. (vgl. nächstes Kapitel)

## 6 Aktuelle Herausforderungen in der Photovoltaik

Die ökologischen Herausforderungen – Klimawandel, Knappheiten fossiler Ressourcen, nachholende Industrialisierung der sog. Schwellenländer – werden die kommenden Jahrzehnte prägen. Deutschland hat sich im Rahmen der Europäischen Kommission bindend darauf verpflichtet, bis zum Jahre 2020 den Anteil Erneuerbarer Energien auf 18 Prozent auszudehnen. In den sogenannten „Meseberger Beschlüssen“ vom 24. August 2007 wurden zudem nationale Eckpunkte fixiert, die darüber hinaus gehen und den Ausbau der Erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung von 12 Prozent in 2006 auf 25 bis 30 Prozent bis zum Jahre 2020 vorsehen. Die konservativ-liberale Bundesregierung hat sich ebenfalls dem regenerativen Ziel verpflichtet und will „die Technologieführerschaft bei den Erneuerbaren Energien ausbauen“. (Koalitionsvertrag 2009)

### Ausgewählte klima- und energiepolitische Ziele der Bundesregierung und der EU

#### Bis 2020:

##### Deutschland

- CO<sub>2</sub>-Emissionen: Verringerung um 40 % gegenüber 1990
- Primärenergieverbrauch: 18 % aus erneuerbaren Energien
- Stromerzeugung: Anteil erneuerbarer Energien soll auf 25 –30 % erhöht werden

##### Europäische Union

- CO<sub>2</sub>-Emissionen: Verringerung um 20 % gegenüber 1990
- Primärenergieverbrauch: 20 % aus erneuerbaren Energien
- Energieeffizienz: Steigerung um 20 %

#### Bis 2030:

##### Deutschland

- CO<sub>2</sub>-Emissionen: Verringerung um 50 % gegenüber 1990
- Primärenergieverbrauch: 25 % aus erneuerbaren Energien
- Stromerzeugung: 47 % aus erneuerbaren Energien (davon sollen 15 % des gesamten Strombedarfs aus Offshore-Windanlagen stammen)

Die Anforderungen an eine nachhaltige Energieversorgung – Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umwelt- und Klimaverträglichkeit sowie Zugangsgerechtigkeit – sind laut den „Leitlinien zur Weiterentwicklung der Energieforschungspolitik der Bundesregierung“ der Helmholtz-Gemeinschaft weder global noch national ausreichend gesichert. „Eine nachhaltige und zukunftssichere Energieversorgung ist nicht kurzfristig erreichbar. Über längere Zeit wird

deshalb ein Energiemix die Versorgung sicherstellen müssen, der unter Nutzung innovativer und hocheffizienter Technologien sukzessive optimiert werden muss.“ (Helmholtz-Gemeinschaft 2010, S. 41)

In einem zukünftigen Energiemix wird der Photovoltaik eine zentrale Rolle zugeschrieben. (IEA 2010) Sie bietet mittel- bis langfristig ein nahezu unbegrenztes Potenzial für eine klimafreundliche und CO<sub>2</sub>-mindernde Stromerzeugung. Entscheidend für die breitere Durchdringung des Strommarktes durch Photovoltaik wird letzten Endes die Verringerung der derzeit noch relativ hohen Kosten sein. Die Aufwendungen für eine Solarzelle werden sowohl von den Produktions- und Installationskosten als auch vom Wirkungsgrad und der Lebensdauer bestimmt. In jedem Fall sind für die notwendigen Kostenminderungen Technologiesprünge erforderlich. Global wird deshalb intensiv an der Weiterentwicklung bestehender Zell- und Modul-Systeme sowie an der Erforschung völlig neuer Solartechnologien gearbeitet. Dieses wird strukturelle Herausforderungen auf die derzeitige PV-Wirtschaft in Deutschland haben.

## 6.1 Forschungspolitische Herausforderungen

### 6.1.1 Vielfalt der PV-Technologien erfordert breiten Förderansatz

Obwohl kristalline Siliziumzellen den Markt derzeit mit über 80 Prozent determinieren, ist das aktuelle Photovoltaik-Portfolio durch Technologievielfalt gekennzeichnet. Von 1999 bis 2009 wird eine Verschiebung von Silizium basierten Zellen hin zu Dünnschichtzellen deutlich. CdTe-Module haben seit einiger Zeit die Kostenführerschaft inne. Folglich ist ihr Anteil auf mittlerweile 9 Prozent in 2009 gestiegen. (vgl. Abbildung 3)

**Tabelle 18: Technologien zur photovoltaischen Stromerzeugung**

**Stand der Technik sowie langfristige Entwicklungsziele (bis 2050) für Modulwirkungsgrad und Lebensdauer**

	Wafer-basiertes Silizium		Dünnschicht		"Neue Konzepte"	
	Mono-kristallin	Multi-kristallin	a-Si/μc-Si	CiS, CdTe	III-V Halbleiter Konzentrazorzelle	Organische Zelle
<b>HEUTE</b>						
Wirkungsgrad Labor	25%		13%	CiS: 19,9 % CdTe: 16,5 %	41,1%	7%
Wirkungsgrad indust. Produktion	16 - 18 %	13 - 16 %	6 - 8 %	CiS: 11-13 % CdTe: 9-10 %		
<b>LANGFRISTIGE ENTWICKLUNGSZIELE</b>						
Wirkungsgrad	24 - 26 %	20 - 26 %	> 15 %	22 - 25 %	45%	10 - 17 %
Lebensdauer	> 25 a	> 25 a	> 25 a	> 25 a	> 25 a	10 - 15 a

Quelle: ISI, Energietechnologien 2050, S. 384.

Trotz der bereits existierenden Vielfalt erwarten Experten, dass zukünftig je nach Anwendungsgebiet weitere Technologie-Lösungen hinzukommen werden. (vgl. z.B. IEA 2010, S. 22; VCI 2009, S. 26, DPG 2010, S. 99ff.) Mittelfristig dürften je nach Anwendung und spezifischen Kosten bestehende Technologien in verbesserter Form sowie neue Zellkonzepte nebeneinander koexistieren und additiv wirken.

Tabelle 18 listet den derzeitigen Stand der Technik sowie die laut Institut für Systemtechnik und Innovation (ISI) bis 2050 anzustrebenden Entwicklungsziele für die traditionellen und neuen PV-Technologiestränge hinsichtlich Modulwirkungsgrad und Lebensdauer auf.<sup>13</sup>

Drastische Kostenreduktionen von 15 Prozent p.a. gepaart mit deutlichen Leistungsverbesserungen werden sowohl von Seiten der Forschung als auch der Industrie selbst bei den bestehenden Siliziumwafer- und Dünnschicht-basierten Modulen für realistisch gehalten. Im Hinblick der noch nicht in der Massenproduktion befindlichen Farbstoffsolarzelle erwartet ihr Erfinder, der deutsche Chemiker Michael Grätzel, sogar, dass eine Kilowattstunde für drei Cent produziert werden könnte. (FAZ vom 16.06.2010, S. N2)

Um die Entwicklungspotenziale der Photovoltaik zeitgerecht zu erschließen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der PV-Industrie in Deutschland zu erhalten, empfehlen die ISI-Experten die Technologiezyklen von der Materialentwicklung über Fertigungsprozesse bis hin zur Systemintegration zu beschleunigen. (ISI, Energietechnologien 2050, Politikempfehlungen, S. 66)

Die Förderung sollte nach Ansicht der Experten die gesamte Wertschöpfungskette abdecken, also „von der Grundlagenforschung zum besseren Verständnis der grundlegenden physikalischen Effekte über die Entwicklung neuer Zellkonzepte und die Systemeinbindung bis hin zur Erforschung meteorologischer Prognoseverfahren und der Wechselwirkungen mit dem Netz. Forschung und Entwicklung für intelligente PV-Systemintegration (Gebäudeintegration, Netzeinbindung) sollte in Zukunft ein stärkeres Gewicht bekommen.“ (ISI, Energietechnologien 2050, Technik S. 403) Um Technologiesprünge zu ermöglichen, kommt der Grundlagenforschung im Bereich neuer Materialien und Zellkonzepte große Bedeutung zu. Es wird erwartet, dass „durch eine stärker interdisziplinäre Forschungsausrichtung und durch engere Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie themenübergreifende Synergien erschlossen werden können.“ (Ebd.)

Den derzeitigen Stand der Technik sowie den daraus abzuleitenden Forschungs- und Innovationsbedarf für die jeweiligen Technologiestränge der Photovoltaik hat eine Arbeitsgruppe beim Verband der Chemischen Industrie im Jahr 2009 im Rahmen einer quantitativen Potentialanalyse konkretisiert. (VCI 2009, S. 23 ff.) U.a. wird ein „Investitionsprogramm“ für Deutschland erörtert. In diesem Szenario wird die Photovoltaik nicht überwiegend privaten Investoren überlassen, sondern ein deutliches Engagement der Stromindustrie - hiermit dürften überwiegend Stadtwerke gemeint sein - unterstellt. Als Zielgröße wird eine Modulfläche von 300 km<sup>2</sup> für 2030 angenommen. Daraus würde ein

---

<sup>13</sup> Andere Einrichtungen kommen zu leicht abweichenden, aber von den Größenordnungen ähnlichen Ergebnissen.

potentieller PV-Anteil von 12,2 Prozent am Stromverbrauch Deutschlands resultieren. Der jährliche Investitionsbedarf läge bei rund 9 Mrd. Euro (bzw. mit Degression 4,8 Mrd. Euro). (Ebd., S. 26)

Die ISI-Empfehlungen decken sich weitestgehend mit den mittel- und langfristigen Forschungsschwerpunkten, die die European Photovoltaic Technology Platform im Rahmen der Strategic Research Agenda for Photovoltaic Solar Energy Technology identifiziert und erarbeitet hat. (vgl. Tabelle Anhang 2) An diesen fachlich-inhaltlichen Rahmen sollte sich laut ISI die deutsche Forschungsförderung orientieren.

Relevanz für alle Zelltypen haben nachstehende allgemeine Forschungsschwerpunkte:

- Verbesserung des Wirkungsgrades, Entwicklung neuer Zell- und Modulkonzepte;
- Entwicklung integrierter industrieller Fertigungsprozesse mit hohem Durchsatz und hohem Ertrag;
- Materialverbesserung, Entwicklung neuer Materialien;
- Intelligente PV-Systemintegration;
- Erhöhung der Lebensdauer von Modulen und Leistungselektronik. (Fraunhofer Politik, S. 66. Im Anhang 2 sind die zu bearbeitenden Themenfelder im Detail wieder gegeben.)

Die Fraunhofer ISE-Gesellschaft empfiehlt für den Zeitraum 2009 bis 2013 mittels Forschungsförderung folgende konkrete Ziele für die Photovoltaik anzustreben.

- Entwicklung der nächsten Solarzellen- und Modulgeneration der kristallinen Siliziumwafer-Technologie mit Steigerung der Modulwirkungsgrade auf über 20 Prozent und Reduzierung der Modulkosten um 50 Prozent;
- Entwicklung der nächsten Generation von Modulen mit dünnen, nicht selbsttragenden Absorberschichten und Wirkungsgraden von über 50 Prozent sowie einer Reduzierung der Modulkosten von 50 Prozent;
- Steigerung des Gesamtenergieertrags von PV-Modulen um 50 Prozent durch verbessertes Alterungs- und Gesamtsystemverhalten;
- Reduzierung der sonstigen Anlagekosten um mehr als 20 Prozent durch Fortschritte in der Wechselrichterentwicklung und Montagetechnik sowie
- Entwicklung der konzentrierenden Photovoltaik mit Steigerungen der Systemwirkungsgrade von 25 bis 28 Prozent. (Fraunhofer ISE 1/2009, S. 10)

Beim Ausbau der Nutzung von Photovoltaik zur Stromerzeugung – wie von fluktuierenden Erneuerbaren Energien im Allgemeinen – muss zudem besonderes Augenmerk auf die Integration ins Stromnetz gelegt werden. Verlustarme Übertragungstechniken über große Strecken, neue (dezentrale) Netzkonzepte und innovatives Lastenmanagement (Smart Grids) sowie neue Stromspeichertechnologien werden dringendst für den Umbau der

Energieversorgung benötigt. Diese Elemente werden ebenfalls im Rahmen der deutschen PV-Forschungsstrategie einbezogen.

Deutschland verfügt über eine international gut aufgestellte Hochschul- und Forschungslandschaft. Eine Vielzahl universitärer Studiengänge rund um Erneuerbare Energien (vgl. Photon Heft 5/2010, S. 102 ff.) sowie mehrere große außeruniversitäre Einrichtungen im Bereich der PV-Forschung (Fraunhofer ISE Freiburg, ISFH Hameln, FZJ Jülich, Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie, ZAE Bayern, ZSW Stuttgart) decken die Photovoltaik – teilweise in ihrer gesamten Breite – ab. (ISI, Energietechnologien 2050, S. 387) Die Institute des Forschungsverbands Erneuerbare Energien (FVEE) sind weltweit führend einzustufen.

### 6.1.2 Nationale Förderung der Photovoltaik

Öffentliche Forschungsförderung erfolgt in Deutschland sowohl auf Ebene der Länder, des Bundes und der EU-Kommission. Daten konnten im Rahmen des Projektes nur für die letzten beiden Ebenen recherchiert werden.

Auf Bundesebene sank der Anteil der Energieforschung des Bundes an der gesamten Forschungsförderung des Bundes von 5.0 Prozent in 2000 auf 4,8 Prozent in 2008. Dennoch erhöhten sich die öffentlichen Energie-Forschungsausgaben absolut um 18,1 Prozent von 416,0 Mio. Euro in 2000 auf 491,1 Mio. Euro in 2008. Während die Ausgaben für nukleare Technologien in diesem Zeitraum um 17,5 Prozent auf 197 Mio. Euro abnahmen (aber damit immer noch über 40 Prozent des Gesamtetats in 2008 ausmachten!), wuchsen die Forschungsaufwendungen auf Bundesebene für Erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendungen um 64,9 Prozent auf 265,1 Mio. Euro in 2008. Wesentlich stärker erhöhten sich die Ausgaben für Kohle und andere fossile Energieträger. Von 2000 auf 2008 stiegen sie um 73,5 Prozent auf 29,5 Mio. Euro in 2008 an. (BMWi 2010) Insgesamt lagen die F&E-Zahlungen des Bundes für nicht-nukleare Energieforschung somit bei nicht einmal 300 Mio. Euro. Dieser Betrag ist im Vergleich zu der EEG-Marktunterstützung für die Photovoltaik in Höhe von rund 2,8 Mrd. Euro in 2008 ausgesprochen gering!

Ausgaben für den Mittelabfluss im Bereich Erneuerbare Energien liegen im Detail für das Bundesministerium für Umwelt für die Jahre 2002 bis 2008 vor. Das BMU unterstützt im Wesentlichen angewandte Forschung und Demonstrationsvorhaben (auch konzentrierende Photovoltaik und CdTe-Zellentwicklung).<sup>14</sup> Auf dieses Ressort entfielen rund ein Drittel der Energieforschungsausgaben des Bundes. Mit über 40 Prozent wurden die Mittel im Segment Erneuerbare Energien überwiegend für photovoltaische Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte eingesetzt; im Durchschnitt 32,8 Mio. Euro p.a. (vgl. Tabelle 19)

---

<sup>14</sup> Die Grundlagenforschung zu organischen Solarzellen wird durch das BMBF gefördert.

**Tabelle 19: Mittelabfluss Forschungsförderung des Bundesministerium für Umwelt**

Bereich	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Änderung 2008/2002 in %
Photovoltaik	23,6	29,7	24,4	42,0	37,6	32,1	39,9	69,1
Niedertemperatur-Solarthermie	2,7	2,7	3,5	4,9	6,6	5,7	5,7	111,1
Solarthermische Kraftwerke	4,8	4,7	5,5	5,1	5,9	5,9	7,1	47,9
Wind	14,4	12,1	7,4	16,9	9,8	15,7	29,9	107,6
Geothermie	10	11,4	5,9	10,7	14	14,4	7,4	-26,0
Sonstiges	4,7	7,5	3,5	6,2	6,5	6,4	7,3	55,3
<b>SUMME</b>	<b>60,2</b>	<b>68,1</b>	<b>50,2</b>	<b>85,8</b>	<b>80,4</b>	<b>80,2</b>	<b>97,3</b>	<b>61,6</b>

Quelle: Fraunhofer ISE, Jan 2009, S. 33.

Im Zuge der zusätzlichen Absenkung der EEG-Vergütungssätze wurde von der Bundesregierung der Vorschlag unterbreitet, die Mittel für Forschung und Entwicklung im Bereich der Photovoltaik um 100 Mio. Euro im Rahmen einer Innovationsallianz für die nächsten 3-4 Jahre zu erhöhen. Angesichts obiger Relationen ist zu fragen, ob dieser Betrag ausreichend ist, um die für die Kostenreduzierung notwendigen Technologiesprünge in der Photovoltaik wirklich zu generieren. Für den Erhalt einer internationalen Spitzenstellung sowie Innovationen „Made in Germany“ scheint es notwendig, die Forschung und Entwicklung deutlicher zu verstärken.

### 6.1.3 Die europäische Solar Industry Initiative

Des Weiteren findet Forschung und Entwicklung im Rahmen mehrjähriger Rahmenprogramme in der Europäischen Union statt. Gemeinschaftliche Forschungsaktivitäten haben eine lange Tradition. Das derzeitige 7. Rahmenprogramm (RP 7) läuft von 2007 bis 2013. Da es vor den intensiven öffentlichen energie- und klimapolitischen Debatten entwickelt wurde, waren für die nicht-nukleare Energieforschung nur rund 2,35 Mrd. Euro für den gesamten Zeitraum vorgesehen. Die Ausgaben für die Erforschung der Kernfusion wiesen in etwa den gleichen Betrag auf. (IEA 2008, S. 193)

Angesichts der klimapolitischen Herausforderungen, der Dringlichkeit, klimaschonende Wege zu beschreiten und der Erwartung, dass die Kernfusion sehr wahrscheinlich erst nach 2050 Beiträge zur Energieversorgung leisten wird, bemerkte die IEA zur Struktur des EU-Forschungsprogramms an, dass obige Verteilung der Mittel „schwer zu verstehen sei“. (IEA 2008, S. 194) Die Empfehlungen liefen darauf hinaus, neue Balancen sowohl zwischen nuklearer und nicht-nuklearer Forschungsförderung als auch zwischen Angebots-orientierter und Nachfrage-seitiger Unterstützung zu entwickeln.

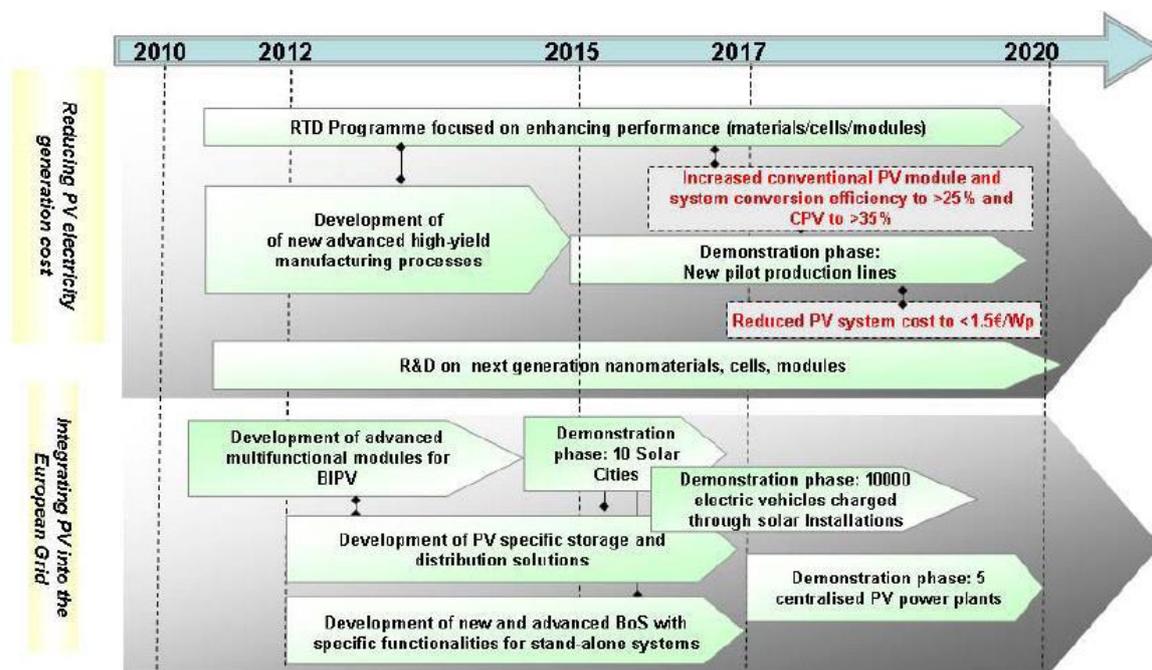
Seit einiger Zeit bemüht sich die EU-Kommission, die europäische Förderlandschaft in Richtung Erforschung von Kohlendioxid-armen Technologien im FP 7 umzusteuern. Für die Energieforschung hat sie als zentrales Element den Strategischen Energietechnologieplan „Investing in the Development of Low-Carbon Technologies“ entwickelt. Im

Rahmen des SET-Plans wurden sowohl Prioritätsthemen für die europäische Energieforschung - wobei eines der Felder die Solarenergie ist - als auch neue Instrumente für die programmbezogene Forschung vorgeschlagen. (EU-Kommission 2009)

Unglücklicherweise ist die Datenlage über solare F&E-Forschung in Europa ausgesprochen unbefriedigend. Im Rahmen eigener Recherchen hat die EU-Kommission ermittelt, dass ungefähr 270 Mio. Euro in 2007 im Rahmen von Forschungs- und Demonstrationsprogrammen der EU und der Mitgliedsstaaten in Solarenergien (Photovoltaik sowie CSP-Technologien) investiert wurden.

Zur Herausbildung einer europäischen „Solar Industry Initiative“ wird für die nächsten zehn Jahre ein öffentlicher und privater Investitionsbedarf in Höhe von 16 Mrd. Euro veranschlagt (EU-Kommission 2009, S. 17) also eine Steigerung um rund das 6-fache jährlich! Mittels eines solch ausgestatteten Programms und ergänzenden marktorientierten Anreizen erwartet die Kommission, dass bis zu 15 Prozent der europäischen Stromerzeugung in 2020 durch Solarenergie erbracht werden könnten. Bei diesen Angaben erfolgt jedoch keine Differenzierung der Ausgaben nach Photovoltaik oder CSP-Technologien.

Abbildung 7: Die europäische Photovoltaik Roadmap



Quelle: EPIA May 2010, S. 8.

Als Input für den SET-Plan und der Entwicklung von EU-Forschungszielen bis 2020 hat der Europäische Dachverband der Photovoltaikindustrie im Mai 2010 einen Implementationsplan für die Jahre 2010 bis 2012 vorgelegt. (EPIA May 2010) Im Rahmen der „Solar Europe Industry Initiative“ wird die Vision entwickelt, den Anteil des aus Photovoltaik erzeugten Stroms auf 12 Prozent der europäischen Elektrizitätsnachfrage bis 2020 sowie auf 20 Prozent bis 2030 zu steigern. (Ebd. S. 3) Erreichbar sind die ange-

streben Ziele nach Angaben von EPIA, wenn sich die PV-Märkte außerhalb von Europa ebenfalls angemessen entwickeln.

Bei der Realisierung dieser Vision sind vorrangig zu lösende Fragestellungen sowohl Kostenreduktionen entlang der Wertschöpfungskette als auch die Integration ins Netz. (vgl. Abb. 7)

Die Themen sollen insbesondere in Grundlagenforschungen sowie Demonstrationsprojekten näher erforscht und Praxis nah vorangebracht werden. Die im Kontext der Solar Europe Industry Initiative von Seiten der Industrie definierten Meilensteine sind in Tabelle 20 aufgelistet. Der Forschungsrahmen berücksichtigt sowohl Angebots-orientierte Fragestellungen als auch Nachfrage-seitige Förderung.

Darüber hinaus wird ein konkreter Budget-Vorschlag für den Zeitraum 2010 bis 2012 unterbreitet. 1,235 Mrd. Euro sollen danach für photovoltaische Forschung und Entwicklung sowie Demonstrationsobjekte ausgegeben werden. 52 Prozent der Mittel entfallen auf Maßnahmen zur Kostenreduktion (650 Mio. Euro); 39 Prozent der Mittel sind für Themen der Systemintegration reserviert (475 Mio. Euro). Für Grundlagenforschungen, also für Entwicklungen, die erst nach 2020 Relevanz besitzen würden, wird ein Budget von 110 Mio. Euro veranschlagt. Dabei schwankt der laut Industrie zu erbringende öffentliche Anteil in den jeweiligen Programmfeldern zwischen 30 und 90 Prozent.

**Tabelle 20: Meilensteine im Rahmen der Solar Europe Industry Initiative**

<b>PV Technology state-of-the-art und Ziele/ Meilensteine für die nächsten 10 Jahre</b>	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	
Turn-key-Preis für Großanlagen (Euro/Wp)	5	2,50-3,50	2	1,5	
PV Stromentstehungskosten in Süd-EU (Euro/kWh)	0,3-0,6	0,13-0,25	0,10-0,20	0,07-0,14	
Typischer Wirkungsgrad eines PV-Moduls (in Prozent)	kristallines Silizium	13-18%	15-20%	16-21%	18-23%
	Dünnschicht	5-11%	6-12%	8-14%	10-16%
	Konzentrator	20%	20-25%	25-30%	30-35%
Lebenszyklus Wechselrichter (Jahre)	10	15	20	>25	
Lebenszyklus Modul (Jahre)	20-25	20-25	25-30	35-40	
Energie-Amortisationszeit (Jahre)	2-3	1-2	1	0,5	
PV-Kosten plus kleiner Speicher (Euro/kWh) in Süd-EU (Netzanbindung)	k.A.	0,35	0,22	<0,15	

Quelle: EPIA, May 2010, S. 7

Damit liegen auf gemeinschaftlicher Ebene konkrete Vorschläge für ein europaweites gemeinschaftliches Forschungsförderprogramm vor. Dieser Rahmen könnte durch darüber hinaus gehende Maßnahmen der Mitgliedsstaaten ergänzt werden.

Ob diese Anstrengungen ausreichend sein werden, sowohl die klimapolitischen Ziele zu erreichen als auch die deutsche und europäische Solarindustrie wettbewerbsfähig zu erhalten, ist schwer zu beurteilen. Die Internationale Energieagentur hat in einer Studie zu den Defiziten bisheriger Forschungsanstrengungen 2009 ermittelt, dass die Staaten des „Major Economies Forum“ – womit im Kern die EU-Länder, USA, Japan, Indien und China

gemeint sind - 2007 öffentliche Mittel für Solarenergie in Höhe von 663,8 Mio. US-Dollar ausgegeben haben. Für die Erreichung des von der IEA entwickelten klimaverträglichen Blue Map-2050-Szenarios müssten die MEF-Staaten indessen zwischen 1.640 bis 3.280 Mio. US-Dollar p.a. für Forschung, Entwicklung und Demonstrationen im Solarsegment aufbringen. Folglich ergibt sich eine „Finanzierungslücke“ in Höhe von 976 bis 2.616 Mio. US-Dollar p.a. (IEA Dec 2009, S. 41)

Unter der Annahme, dass rund ein Drittel dieser Forschungsaufwendungen von den EU-Staaten erbracht werden müssten, befindet sich der obige EPIA-Budget-Vorschlag am unteren Ende dieser Finanzierungslücke. Folglich bestünde nationaler Ergänzungsbedarf. Letztendlich entscheidet allerdings nicht allein die Höhe öffentlicher Förderung über den Erfolg einer Branche. Ein wesentlicher Faktor für eine nachhaltige Zukunft der Solarindustrie ist vielmehr auch die Bereitschaft der Unternehmen, kurz- und mittelfristig in Produkt- und verfahrenstechnische Innovationen zu finanzieren. Derzeit sind die Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen des industriellen Kerns der Photovoltaik zu gering (vgl. Kap. 5.5.5). Eine starke Marktstellung kann mittelfristig nur mit innovativen, hocheffizienten Modulen erreicht werden. Um diese Ziele zu erreichen, sind oft stabile Rahmenbedingungen und Zugänge zu den Finanzmärkten wichtiger als öffentliche Förderprogramme.

## 6.2 Strukturelle Herausforderungen zu Beginn des neuen Jahrzehnts

Trotz aktuell hoher Kosten und obwohl nach derzeitigen Prognosen die Strom-Preise aus PV-Erzeugung in Deutschland mittelfristig über den Großhandelspreisen liegen dürften, ist „die Bedeutung der Photovoltaik als technische Schlüsseloption für eine nachhaltige Energieversorgung“ wegen der langfristig erschließbaren Kostenreduktionsmöglichkeiten und des sehr großen Potenzials der weltweiten PV-Stromerzeugung unbestritten. (Krewitt, W./Nitsch, J. u.a., Febr. 2008, S. 44)

Im letzten Jahrzehnt hat die Photovoltaik-Industrie in Deutschland die mit dem EEG geschaffenen Rahmenbedingungen ausgenutzt. Auf allen PV-Wertschöpfungsstufen zählten Hersteller in Deutschland jahrelang zur weltweiten Spitze. Es entstand eine leistungsstarke und innovative Branche in Deutschland, die im industriellen Kern (Silizium-, Wafer-, Zellen- und Modulherstellung) in 2009 rd. 30.000 direkte industrielle Arbeitsplätze - vor allen Dingen in den neuen Bundesländern - aufwies. Hinzu kommen noch mindestens 60.000 indirekte Arbeitsplätze.

Das mehrjährige, dynamische Wachstum der photovoltaischen Industrie ist indes spätestens seit 2009 ins Stocken geraten. Obwohl global und auch in Deutschland noch ein Wachstum von über 40 Prozent von 2008 auf 2009 verzeichnet wurde, erodierte die Marktstellung vieler wafer-, zell- und modulherstellenden Unternehmen aus Deutschland wegen des Auftretens neuer US-amerikanischer, chinesischer und anderer asiatischer Wettbewerber deutlich.

Vor allem der drastische Preisverfall machten zahlreichen Herstellern in Deutschland zu schaffen. Die hohe Nachfrage nach photovoltaischen Systemen in Deutschland wurde in

2009 nur noch zu höchstens 50 Prozent mittels Modulen aus heimischer Produktion gedeckt. Gleichzeitig litten viele Firmen in Deutschland unter einer mangelhaften Auslastung der Produktionskapazitäten. Letztendlich verzeichneten unzählige Betriebe negative Ergebnisse.

Roland Berger schätzt, dass in asiatischen Produktionsstätten kristalline Module in der Regel derzeit etwa 50 Prozent günstiger produziert werden können als in Deutschland bzw. Europa. (Roland Berger 2010, Folie 36) Für einen 30-prozentigen Kostenvorteil macht das Fraunhofer Institut folgende Gründe verantwortlich (Fraunhofer Institut ISE 1/2009, S. 12 f.):

- Unternehmen in Deutschland haben sich in den letzten Jahren vielfach verstärkt auf den Ausbau von Fertigungskapazitäten konzentriert; dabei wurde das Öffnen der Kostenoptimierung vernachlässigt;
- Häufig führten langfristige Lieferverträge mit Zulieferunternehmen dazu, dass Materialkosten bei deutschen PV-Unternehmen nur nach langwierigen Verhandlungen gesenkt werden konnten; internationale Wettbewerber waren hingegen in der Lage, unmittelbar Vorteile aus sinkenden Spotmarktpreisen zu ziehen;
- Deutsche Produzenten fertigen überwiegend mittlere Mengen auf Maschinen der ersten, zweiten und dritten Generation; demgegenüber produzieren chinesische Konkurrenten hohe Stückzahlen auf modernsten Produktionsanlagen (wobei letztere in der Regel von deutschen Maschinenbauern stammen);
- Photovoltaische Hersteller haben - wie andere Firmen in Deutschland auch - gegenüber chinesischen Konkurrenten strukturelle Kostennachteile z.B. bei Energie, Steuern, Entgelten sowie - insbesondere seit Ausbruch der Finanzkrise – beim Zugang zu Krediten und Kapital.

Wegen der geänderten Wechselkursrelationen dürfte sich die Wettbewerbssituation wieder etwas zugunsten deutscher Hersteller verschoben haben. Darüber hinaus haben fast alle Unternehmen in Deutschland Maßnahmen ergriffen, sich kostenmäßig günstiger aufzustellen. Dass dennoch nicht Entwarnung für viele industrielle Produzenten in Deutschland gegeben werden kann, hängt mit dem Wirken eines zweiten strukturellen Trends zusammen; nämlich der Technologiediversifizierung. Spezifische Arten der Dünnschichttechnologie konnten in den letzten Jahren zunehmend Marktanteile gewinnen.

Obwohl das aktuelle Technologie-Portfolio der Photovoltaik bereits durch ausgesprochene Vielfalt gekennzeichnet ist, erwarten Experten, dass zukünftig noch weitere Technologie-Konzepte je nach Anwendungsbereich hinzukommen, um die nach wie vor relativ hohen Kosten der Solarenergie zu reduzieren. Dabei stehen sowohl Wirkungsgrad und Lebensdauer einer Solarzelle als auch die Verringerung der Produktions- und Installationskosten im Fokus. Die Vielfalt der PV-Technologien erfordert einen breiten forschungspolitischen Förderansatz. Entsprechend mittelfristig ausgerichtete Programme sind sowohl von der Wissenschaft als auch der Industrie konkretisiert worden (vgl. Kapitel 6).

Während sich ein Kosten orientierter Preiswettbewerb zeitlich nur befristet aufrechterhalten lässt, wird sich die technologische Konkurrenz in den Folgejahren auf allen Wertschöpfungsebenen fortsetzen. Innovationsorientierte, kleine Start-Up-Unternehmen, die durch Venture Capital sowie Private-Equity-Mittel unterstützt werden, dürften in diesem Kontext auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen. Insgesamt ist folglich weiterhin mit sinkenden Zell- und Modulpreisen zu rechnen. Diese Verringerungen werden von Roland Berger - wie in der Vergangenheit realisiert - mittelfristig mit 15 Prozent p.a. veranschlagt.

Die beiden grundlegenden Trends Technologieentwicklungen gepaart mit Kostendruck werden sowohl die Strategien und Geschäftspolitiken der Unternehmen als auch die politischen Steuerungsmöglichkeiten determinieren. Die verschiedenen Märkte für PV-Produkte werden hart umkämpft bleiben.

### 6.3 Der Blick nach vorne

Angesichts dieser Rahmenbedingungen rücken auf Unternehmensebene verstärkt Wettbewerbskriterien in den Vordergrund. Hierzu zählen unter anderem:

- technologische Alleinstellungsmerkmale;
- Globalisierungsgrad des Geschäftsmodells;
- Größenvorteile in der Fertigung sowie
- Flexibilisierungspotenziale in der Produktion.

Des Weiteren verspricht der Zugang zum Endkundengeschäft Überlegenheit; insbesondere wenn Kooperationen zu größeren Energieversorgungsunternehmen angebahnt werden können. Viele Hersteller wie Q-Cells SE, Solon SE u.a. haben ihre Strategie diesbezüglich bereits verändert und sind in das Projektierungsgeschäft eingestiegen.

Spitzenpositionen werden insbesondere durch Produkt- und Prozess-Innovationen erreicht und gehalten. Die öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben für Photovoltaik sind im letzten Jahrzehnt deutlich erhöht worden. Vor allen Dingen, um die Kostenreduktionspotenziale mittels Technologiesprünge zu erschließen und Restriktionen bei der Netzintegration zu beseitigen, sind weiterhin erhebliche Anstrengungen notwendig. Speziell wegen der Vielzahl großer außeruniversitärer Einrichtungen im Bereich der PV-Forschung sind die Voraussetzungen für dieses Unterfangen ausgesprochen günstig.

Mit den industrieseitigen Vorschlägen zur Ausgestaltung der „Solar Industry Initiative“ bis 2012 liegen auf europäischer Ebene konkrete programmatische Elemente zur Bearbeitung wesentlicher photovoltaischer Innovationsfelder vor. Auch für die nationale Ebene hat die Fraunhofer ISE-Gesellschaft konkrete Zielsetzungen einer PV-Forschungsstrategie bis 2013 definiert. Diesen Rahmen gilt es nun finanziell und inhaltlich mit Forschungs- und Demonstrationsprojekten zu unterfüttern.

Viele PV-Unternehmen in Deutschland sind technologisch (noch) weltweit in oder zumindest dicht an der Spitzengruppe positioniert. Sie verfügen über umfangreiche Entwick-

lungs- und Fertigungskenntnisse. Technologieverschiebungen, der Preiswettbewerb mit asiatischen Konkurrenten sowie die Internationalisierung der Fertigung stellen allerdings aktuell und zukünftig neue Anforderungen. Deutschland wird eine führende Stellung im Export nur durch Technologieführerschaft und innovativen, kostengünstigen PV-Systemen erhalten können.

Dafür ist nicht nur die öffentliche Forschung und Entwicklung deutlich zu verstärken. Parallel müssen sich auch die Unternehmen finanziell um ein Vielfaches stärker engagieren als in der Vergangenheit.

Ein ausschlaggebender Wettbewerbsfaktor für die wafer-, zellen- und modulproduzierenden Betriebe in Deutschland wird indes der kurz- und mittelfristige Zugang zu günstigem Finanzkapital bleiben. Viele PV-Unternehmen haben in letzter Zeit Refinanzierungsverhandlungen führen müssen, bzw. stehen kurz davor. Und zusätzliche Finanzmittel sind notwendig, um innovationsorientierte Geschäftspolitiken rasch umsetzen zu können.

Für den Zugang zu günstigen Finanzmitteln werden langfristig vorausschauende und stabile Rahmensetzungen im Bereich der Klima- und Energiepolitik sowohl auf internationaler, europäischer sowie auf nationaler Ebene entscheidend sein. Um genügend Investitionen für die Weiterentwicklung des Energiesystems zu generieren, sind langfristige Rückzahlungszeiträume und angemessene Verzinsungen unter Beachtung der Risiken notwendig.

Angesichts der Vielfalt der Herausforderungen – Finanzierung, Klimapolitik, Umwelt- und Arbeitsstandards u.a. - erscheint es empfehlenswert, dass Gewerkschaften direkte Gespräche mit ausgewählten Fonds im Bereich Erneuerbarer Energien führen sollten.

Unter dem Einfluss der Finanzeinrichtungen waren die Arbeitsbeziehungen im PV-Wirtschaftssegment in der letzten Dekade teilweise durch Besonderheiten gekennzeichnet. Beispielsweise wurden überproportional Aktienoptionsprogramme für weite Teile der Beschäftigten aufgelegt. Nachdem der Erfolg dieses Mittels gegen Ende des Jahrzehnts nachgelassen hat sowie Restrukturierungsprozesse in den Betrieben begonnen wurden, sind verstärkt Interessenvertretungen gebildet worden. Mitbestimmung als zukunftsorientiertes Lösungsinstrument hat an Bedeutung gewonnen.

Damit dürften sich die Voraussetzungen verbessert haben, die Innovationsbereitschaft und Kreativität der Beschäftigten zu fördern sowie Mitwirkung und Mitgestaltung zu stimulieren. Die verbesserten Ansatzpunkte sollten Interessenvertretungen pro-aktiv nutzen und versuchen, Innovationen anzustoßen.

Obwohl die Arbeitgeberseite potenziell von tarifvertraglichen Regelungen profitieren könnte, lehnt sie derartige Lösungen derzeit noch mehrheitlich ab.

In der politischen Debatte um die zusätzliche Absenkung der EEG-Vergütungssätze Anfang 2010 konnte indes teilweise beobachtet werden, dass sich dieser Tarifzustand negativ auf das öffentliche Image der Branche auswirkt(e). Soziale Standards zählen wie Umweltzertifikate bei weiten Teilen der Gesellschaft und auch bei einigen Finanzinvestoren (vgl. z.B. Henderson 2010) zu Nachhaltigkeitskriterien. Nichterfüllung hat deshalb

häufig sowohl den Entzug politischer als auch finanzieller Unterstützung zur Folge. In tarifvertraglicher Hinsicht bedarf es deshalb langfristig angemessener Lösungen.

Was die Branche angesichts des aufgezeigten Wettbewerbs- und Margendrucks sowie Refinanzierungsbedarfs aktuell nicht benötigt, sind hingegen Debatten über exorbitant hohe, außerplanmäßige Absenkungen von Einspeisevergütungen. Diese Diskussionen lösen zwar „Sonderkonjunkturen“ aus und tragen kurzfristig zur besseren Auslastung von Herstellern bei. Mittelfristig führen sie jedoch nicht zu stabilen Erwartungshaltungen der verschiedenen Akteure. Potenzielle Einspareffekte dürften durch die Destabilisierungen der Erwartungshaltungen der Handelnden mehr als konterkariert werden.

Von daher sollte sich Politik in Deutschland an folgenden Leitlinien orientieren (vgl. insbesondere IEA 2010, S. 3).

- Zusätzlich zu dem EEG-Anreizsystem könnte es sinnvoll sein, hinsichtlich der Photovoltaik konkrete Mindest-Ausbauziele auf der Ebene von Kommunen, Ländern und des Bundes für 5-Jahreszeiträume aufzustellen (in Prozent der Stromerzeugung oder in zu installierender Leistung), um weiterhin Vertrauen für Investitionen in Produktionskapazitäten sowie Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu generieren.
- Zweitens sind die öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben für Photovoltaik zu erhöhen, um einerseits das Leistungs-/Kostenverhältnis der Anlagen zu steigern und andererseits die Integration (sowie Speicherung) PV-erzeugten Stroms ins Netz zu verbessern. Des Weiteren ist die Grundlagenforschung für neue Materialien, Komponenten sowie Zell- und Modulkonzepte zu intensivieren.
- Drittens gibt es verstärkten internationalen Bedarf, gemeinschaftliche Forschung, Entwicklung sowie den Aufbau und die Finanzierung von Kapazitäten zu forcieren (insbesondere in sich entwickelnden Staaten), um Lerneffekte zu erhöhen und „Doppelaktivitäten“ zu vermeiden. Zu prüfen ist, ob hierfür zusätzliche finanzielle Unterstützung der entwickelten Staaten nötig ist.
- Bei Erreichen von Netzparität – also bei ungefährrer Gleichheit des Endverbraucherpreises mit den Stromerzeugungskosten aus Photovoltaik-Anlagen - sollten die ökonomischen Anreizsysteme viertens dahingehend weiter entwickelt werden, mittels progressiv gestaffelter Ausstiegsstufen selbsttragende Märkte zu generieren. Auch in diesem Falle sollte sowohl der garantierte Netzzugang als auch eine ausreichende Forschungs- und Entwicklungsunterstützung beibehalten werden.

Unter Beachtung dieser Leitlinien dürfte Deutschland in den kommenden Jahren weiterhin Lead-Nation in der Photovoltaik bleiben. Eine derartige Entwicklung bietet Chancen für innovative und Kosten günstig produzierende Hersteller in Deutschland. Dennoch ist zu erwarten, dass die erzielbaren Wachstumsraten und Unternehmensrenditen zukünftig niedriger sein werden als Mitte dieser Dekade. Speziell mittelständische Unternehmen dürften deshalb vor gewaltigen Herausforderungen stehen, insbesondere was Fragen der (Wachstums-)Finanzierung betrifft.

Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass diese Restriktionen zu einer Fokussierung auf Kernkompetenzen sowie Übernahmen und Konzentrationen führen werden. Neben international agierenden PV-Konzernen und Finanzakteuren könnten in Anbetracht der nach wie vor günstigen Perspektiven im Markt Unternehmen aus traditionellen Wirtschaftszweigen mit ausreichender Finanzkraft und additiven Kompetenzen - wie z.B. aus der Glas- und chemischen Industrie oder des Baugewerbes – ins Photovoltaik-Geschäft durch Beteiligungen und Übernahmen einsteigen.

Zu Beginn des neuen Jahrzehnts steht die Photovoltaik-Industrie in Deutschland folglich vor weiteren Umbrüchen. Nicht nur auf die Vorstände und Geschäftsführungen, sondern auch auf die Beschäftigten, Interessenvertretungen und gewerkschaftliche Akteure dürfte in nächster Zeit viel Arbeit zukommen.

Übergeordnete, unternehmensübergreifende Handlungsmöglichkeiten für Interessenvertretungen sowie gewerkschaftliche Akteure sind insbesondere in folgenden Feldern zu verorten:

- den existierenden Branchenausschuss weiter zu führen, um so Interessenvertretungen in der Photovoltaik-Industrie in ihren zukünftigen Aufgaben zeitnah und effektiv unterstützen zu können;
- eventuell regionale gewerkschaftliche Netzwerke der Photovoltaik-Unternehmen auszubauen, bzw. zu initiieren;
- neben politischen Gesprächen auf Bundes- und Landesebene (politische Akteure, Umweltverbände usw.)
- insbesondere den Dialog zu ausgewählten Finanzakteuren sowie der Wissenschaft aufzunehmen bzw. auszudehnen.

## Anhang

Anhang 1:

Führende Hersteller von PV-Maschinen und Anlagen in 2008

Unternehmen	Staat	Umsatz PV 2008 in Mio. €	Produkte für PV	Basistechnik	bisherige Branchen	Alleinstellungsmerkmal (laut Unternehmen)
Applied Materials	USA	600,0	Turnkey TFSI	PECVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter	setzt Standards: fertigt 5,6 qm große Module, Kostenführer bei TFSI
Oerlikon Solar	CH	412,0	Turnkey TFSI	PECVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter	niedrigste TFSI-Herstellkosten
Centrotherm Photovoltaics AG, Blaubeuren	D	374,4	Turnkey vollintegrierte Solarfabrik (Silizium, Wafer, Zelle, Modul), Turnkey CIGS	Diffusions-, PECVD- sowie Sinter und Trockenöfen (zur Antireflexbeschichtung von Zellen)	PV	einziger Anbieter einer vollintegrierten Solarfabrik, Kostenführer bei Siliziummodulen
Gebr. Schmid GmbH + Co., Freudenstadt	D	300,0	Turnkey Wafer-, zelle-, -modul	nasschemische Anlagen (Zellenprozesstechnik)	Leiterplatten, Bildschirme	"Könnenskultur" im Unternehmen: eigenes Technology Center Schmid (TCS) für Grundlagenforschung sichert Technologieführerschaft
Ulvac	J	nicht bekannt	Turnkey TFSI	PECVD- und PVD-Anlagen (zur TFSI-Beschichtung)	Halbleiter, Bildschirme	Ingenieurkultur Lieferung innerhalb von sechs Monaten
Meyer Burger	CH	278,0	Turnkey Wafer	Wafersägen	Halbleiter, Optik	weltweit führende Trenntechnologien und Systeme
Roth&Rau AG, Hohenstein-Ernstthal	D	257,0	Turnkey Zelle, Turnkey CdTe	PECVD-Anlagen (zur Antireflexbeschichtung von Zellen)	Halbleiter, Automobil	deckt mit Kooperationspartner Manz 100% der gesamten Wertschöpfungskette einer kompletten Zellen-Fertigungslinie mit eigenen Produkten und Dienstleistungen ab
Manz Automation AG, Reutlingen	D	189,0	Turnkey Zelle, Strukturierung CIS, Automation	Anlagen für die Metallisierung und Laserkantenisolierung von Zellen, Zellenteiler	Automobile, Bildschirme	deckt mit Kooperationspartner Roth & Rau 100% der gesamten Wertschöpfungskette einer kompletten Zellen-Fertigungslinie mit eigenen Produkten und Dienstleistungen ab
RENA GmbH, Gutenbach (Schwarzwald)	D	150,0	nasschemische und galvanische Anlagen (Zellenprozesstechnik), Nasschemie Dünnschicht	nasschemische Anlagen	Halbleiter, Leiterplatten, Medizin, Mikrosysteme	Weltmarktführer in nasschemischen Prozessen für die Zellenherstellung
Von Ardenne Anlagentechnik GmbH, Dresden	D	86,0	Beschichtungsanlagen (TCO, Rückkontakte sowie CdTe- und CIS-Halbleiter	Beschichtungsanlagen	Architekturglas	Fähigkeit, moderne PV-Kleinserien schnell für die Serienproduktion reif zu machen

Quelle: VLSI Research, Neue Energie 05/2009, S. 60

Legende:

CdTe: Cadmiumtellurid

CIS: Kupfer-Indium-Selenid

CIGS: Kupfer-Indium-Gallium-Selenid

PECVD: plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung

PVD: physikalische Verdampfung

TCO: transparent leitfähiges Oxid (leitfähige

Fensterschicht in der Dünnschicht)

TFSI: Dünnschichtsilizium

**Anhang 2:****Mittel- und langfristige Schwerpunkte der Photovoltaik-Forschung laut European Photovoltaic Technology Platform****Kristalline Siliziumzellen**

- Reduzierung des spezifischen Materialverbrauchs (Ziel: 1 g/Wp, 5 g/Wp bis 2020); ultradünnes Silizium; Silizium-Recycling
- Neue und verbesserte Rohstoffe: Solarsilizium; Metallisierung: Cu oder Al statt Ag
- Materialverbesserung: einkristalline Blockkristallisation, Solar Floatzone
- Verbesserung des Wirkungsgrades, neue Zell- und Modulkonzepte
- Entwicklung integrierter industrieller Fertigungsprozesse mit hohem Durchsatz und hohem Ertrag

**Dünnschichtzellen****(gemeinsame F&E-Schwerpunkte für alle Dünnschichttechnologien)**

- Entwicklung von Equipment für zuverlässige und kosteneffiziente industrielle Produktion mit hohem Durchsatz und hoher Ausbeute
- Erhöhung des industriellen Wirkungsgrades (Stromsammlung, Shunts, Homogenität)
- Reduzierung der Materialkosten (Ausbeute, Verunreinigungsgehalt, Filmdicke)
- Reduzierung der Kosten für die Verkapselung sowohl für steife als auch für flexible Module
- Erhöhung der Produktlebensdauer: besseres Verständnis von Degradationsmechanismen, angepasste beschleunigte Alterungstests, Verkapselung.

**Dünnschichtzellen – Si**

- Entwicklung von Fertigungsprozessen für großflächige Plasmadeposition von mikro-/nanokristallinen Zellen bei niedrigen Kosten
- Entwicklung von hoch qualitativen TCOs (Transparent Conductive Oxide)
- Demonstration hoher Wirkungsgrade (> 15 % im Labor)
- Besseres Verständnis von Materialeigenschaften.

**Dünnschichtzellen – CIS**

- Verbesserte Modulverkapselung, reduzierte TCO-Kosten
- Wirkungsgraderhöhung (> 20 %): Verständnis der Verlustmechanismen (Inhomogenitäten, optische und elektrische Verluste, Messverfahren)
- Stapelzellen, innovative Zell- und Modulkonzepte (Lichteinfangkonzepete, quantitative Bauelementsimulation, Implementierung neuer Third-Generation-Konzepete)
- Entwicklung neuer Produktionskonzepte (Rolle-zu-Rolle-Prozesse, neue vakuumfreie Konzepte, z.B. Druck, Sprühverfahren).

**Dünnschichtzellen – CdTe**

- Zuverlässiger und effizienter Rückkontakt
- Reduktion der CdTe-Dicke ( $> 1 \mu\text{m}$ , fundamentales Verständnis des Wachstums)
- Kinetisch kontrollierte Nukleation und Wachstumsmodelle
- Alternative, neue Bauelementstrukturen für hohe Effizienz und niedrige Kosten.

#### **Konzentratorsysteme**

- Entwicklung von Materialien und Produktionsprozesse für hocheffiziente Konzentratorzellen. Multi-Junction-Zellen mit III-V-Halbleitern auf Si mit Wirkungsgrad  $> 35 \%$  (45 % im Labor)
- Entwicklung optischer Systeme (Spiegel, Linsen) zu niedrigen Kosten bei hoher Lebensdauer
- Systemtechnologie: optimierte Nachführsysteme.

#### **Neue Solarzellenkonzepte (neue anorganische Dünnschichtkonzepte, organische Solarzellen)**

- Entwicklung neuer theoretischer und experimenteller Werkzeuge, um die morphologischen und optoelektronischen Eigenschaften neuer Materialien im Nanobereich besser verstehen zu können
- Entwicklung von Technologien zur Deposition von Nanopartikeln
- Erhöhung der Lebensdauer organischer Materialien.

#### **Übergreifende Fragestellungen**

- Intelligente PV-Systemintegration
- Erhöhung von Lebensdauer von Modulen und Leistungselektronik
- Verbesserung der Modultechnologien, um die Wirkungsgraddifferenz zwischen Labor und Modulendfertigung zu verkleinern
- Vermeidung von umwelt- und gesundheitsbelastenden Stoffen
- Verwertung und Recycling.

**Quelle:** ISI, Energietechnologien 2050. Technologiebericht, Karlsruhe 2010, S. 403 ff.

## Literaturverzeichnis

bdew 2010: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, Presseinformation „Erneuerbare erzeugten 16 Prozent des Stroms“ vom 28. Dezember 2009, Berlin 2009.

BMU März 2010: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU°KI°III°1, Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahre 2009 (unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik), Berlin März 2010.

BMU 2010: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Lfd. Forschungsvorhaben des BMU im Bereich der erneuerbaren Energien, lfd. Fortschreibung.

BMU, Leitszenario 2009: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), „Leitszenario 2009“. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland unter Berücksichtigung der europäischen und globalen Entwicklung, (Fachliche Erarbeitung: J. Nitsch, DLR Stuttgart sowie B. Wenzel, IfnE Teltow), Berlin August 2009.

BMU 2007: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), Innovation durch Forschung. Jahresbericht 2007 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, Berlin 2007.

BMWi 2010: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Energieforschung in Deutschland, Energiedaten, Tabelle 43, (letzter Stand: 26.05.2009), Berlin 2010.

BSW 2010: Bundesverband der Solarwirtschaft, Pressemitteilung vom

BSW 2010a: Bundesverband der Solarwirtschaft, Stellungnahme im Rahmen der öffentlichen Anhörung zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes Bundestagesdrucksache 17/1147 des Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestag, Berlin am 21. April 2010.

BVK Okt. 2009: Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften – German Private and Venture Capital Association e.V., Private Equity und grüne Technologien in Deutschland – Mit Private Equity auf Wachstumskurs, Berlin Oktober 2009.

Czisch 2005: Gregor Czisch, Szenarien zur zukünftigen Stromversorgung. Kostenoptimierte Variationen zur Versorgung Europas und seiner Nachbarn mit Strom aus erneuerbaren Energien. Dissertation, Kassel 2005.

Coenenberg u.a. 2009: Coenenberg, A.G./A. Haller/W. Schultze, Jahresabschluss und Jahresabschlussanalyse, 21. überarbeitete Auflage, Stuttgart 2009.

Dewald, U. 2007: Innovationssystem Photovoltaik in Deutschland, in: Forschungsverbund Solarenergie (Hrsg.), Themen 2007. Produktionstechnologien für die Solarenergie. Tagungsband zur Jahrestagung des Forschungsverbundes Sonnenenergie (FVS), Hannover, S. 130 – 135.

DLR 2006: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik e.V. (DLR) Institut für Technische Thermodynamik. Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung, Trans-Mediterraner Solarstromverbund. Im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart 2006.

DPG 2010: Deutsche Physikalische Gesellschaft, Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem, Bad Honnef, Juni 2010.

EPIA May 2010: European Photovoltaic Industry Association/Photovoltaic Plattform, Solar Europe Industry Initiative. Implementation Plan 2010-2012, o.O. May 2010

EU-Kommission 2009: Commission of the European Communities, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan), COM(2009) 519 final, Brüssel 07.10.2009.

EuPD/ifo März 2008: EuPD Research Energy & Utilities/ifo Institut für Wirtschaftsforschung, Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland (Kurzfassung; Autoren: J. Wackerbauer/U. Triebswetter/V. Ruhl/F. Lütter/C. Schmidt), Bonn,/München März 2008.

Fischedick, M. /M. Bechberger, Die ökologische Industriepolitik Deutschlands am Beispiel der Solar- und Windindustrie: Musterschüler oder Problemkind? Friedrich Ebert Stiftung aus der Schriftenreihe moderne Industriepolitik, Berlin 02/2009.

Fraunhofer ISE 1/2009: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme, Innovationen stimulieren: Regenerative Energien-Forschung steigern. Empfehlungen des Fraunhofer ISE für die Forschungspolitik Regenerative Energien in der Legislaturperiode 2009-2013. Positionspapier 1/2009, Freiburg Oktober 2009.

Fraunhofer ISE Febr. 2010: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Ermittlung einer angemessenen zusätzlichen Absenkung der Einspeisevergütung für Solarstrom im Jahre 2010, Freiburg Februar 2010.

Germany Trade and Invest Oct. 2009: Germany Trade and Invest, The Photovoltaic Industry in Germany, Berlin October 2009.

Hall/Soskice 2001: Hall P.A./D. Soskice, An Introduction to Varieties of Capitalism, in: P.A. Hall/D. Soskice (Hrsg.), Varieties of Capitalism: Institutional Foundations of Comparative Advantage, Oxford 2001, S. 1-68.

Helmholtz-Gemeinschaft 2009, Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Eckpunkte und Leitlinien zur Weiterentwicklung der Energieforschungspolitik der Bundesregierung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin, 1. September 2009.

Henderson 2010: Henderson Global Investors, How sustainable is solar? Solar briefing paper March 2010, London 2010.

Hoepner 2003: Hoepner, M., Wer beherrscht die Unternehmen? Shareholder Value, Managerherrschaft und Mitbestimmung in Deutschland, Frankfurt a.M. 2003.

Hornych/Brachert 2010: Hornych, C./M. Brachert, Unternehmensnetzwerke in der Photovoltaik-Industrie – starke Verbundenheit und hohe Kooperationsintensität, in: IWH, Wirtschaft im Wandel 1/2010, S. 57 - 64.

Hummels 2010: W. Hummels, Subventionen und Sonnenschein, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 11.01.2010.

IEA 2010: International Energy Agency, Technology Roadmap. Solar photovoltaic energy, Paris 2010.

IEA Dec. 2009: International Energy Agency, Global Gaps in Clean Energy Research, Development, and Demonstration, Prepared in Support of the Major Economies Forum (MEF) Global Partnership by the International Energy Agency, Paris December 2009.

IEA Oct 2009: International Energy Agency, How the energy sector can deliver on a climate agreement in Copenhagen. Special early excerpt of the World Energy Outlook 2009 for the Bangkok UNFCCC meeting, Paris/Bangkok October 2009.

IEA 2009: International Energy Agency, Ensuring Green Growth in a Time of Economic Crisis: The Role of Energy Technology, Paris 2009.

IEA 2008: International Energy Agency, The European Union, IEA Energy Policies Review, Paris 2008.

IEA 2008a: International Energy Agency, Deploying Renewables. Principles for Effective Policies, In support of the G8 Plan of Action, Paris 2008.

IEA 2008b: International Energy Agency, Deploying Renewables. Country Profiles, Facts and Figures, In support of the G8 Plan of Action, Paris 2008.

IPPC 2007: 4. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) über Klimaveränderungen, Genf 2007.

ISI Energietechnologien 2050: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung, Technologienbericht, Stuttgart 2010.

ISI Energietechnologien 2050, Politikempfehlungen: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung, Politikbericht, Stuttgart 2010.

ISI Energietechnologien 2050: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung, Technologienbericht, Stuttgart 2010.

Krewitt, W./J. Nitsch, u.a., Febr. 2008: Krewitt, W./J. Nitsch/U. Lehr/U. Leprich/J. Diekmann, Kapitel 6: Vorschläge für die Weiterentwicklung des EEG im Rahmen des Forschungsvorhabens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Analyse und Bewertung der Wirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus gesamtwirtschaftlicher Sicht, Berlin, Stuttgart, Saarbrücken, Februar 2008.

IE Leipzig/ZSW 2010: Leipziger Institut für Energie GmbH/ZSW – Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, Analyse zur möglichen Anpassung der EEG-Vergütung für Photovoltaik-Anlagen, erstellt im Rahmen des Vorhabens „Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichtes gemäß § 65 EEG – Vorhaben IIc – Spartenspezifisches Vorhaben Solare Strahlungsenergie für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Aktualisierter Bericht vom 05.03.2010, Leipzig, Stuttgart den 05.03.2010.

Meine Solar GmbH, Pressemitteilung vom 28.04.2010)

Neue Energie 09/2009: J. Bettzieche, Die Ruhe nach dem Sturm, in: Neue Energie Nr. 9/2009, S. 88-92.

Neue Energie 05/2009: J. Heup/S. Rentzing, Der Schlüssel zur Solarfabrik, in: Neue Energie Nr. 5/2009, S. 51-61.

Neue Energie 05/2005a: J. Heup, Schlüsselfertig an die Spitze, in: Neue Energie Nr. 5/2009, S. 64-66.

Neue Energie 04/2009: S. Rentzing, Strom aus der Druckerei, Neue Energie Nr. 4/2009, S. 54-58.

Neue Energie 04/2008: J. Bettzieche, Höhenflug beendet, in: Neue Energie Nr. 4/2008, S. 58-65.

Öko-Invest 2010: Öko-Invest, Solaraktien-Studie 2010, Wien/München, 2010.

Photon. Das Solarstrom-Magazin, Heft 1 – 6/2010.

Private Equity Investor Brief Nr. 2 August 2009.

Prognos AG 2009: Schlesinger, M./M. Deutsch/S. Mellahn/F. Peter, Anpassung der Vergütungs- und Degressionssätze für solare Strahlungsenergie, Endbericht nach §§ 32, 33 EEG i.V.m. § 20 Abs. 2 Nr. 8 und Abs. 2a EEG im Rahmen des Forschungsprojektes 59/08 „Energiepolitische Optionen“ des BMWi, Berlin 10. Dezember 2009.

Richter u.a. 2008: Richter, U./G. Holst/W. Krippendorf, Solarindustrie als neues Feld industrieller Qualitätsproduktion – das Beispiel Photovoltaik, OBS-Arbeitsheft 56. Eine Studie im Auftrag der Otto Brenner, Stiftung Frankfurt/Main 2008.

Roland Berger Juni 2010: Roland Berger Strategy Consultants, Licht und Schatten. Deutsche PV-Unternehmen im globalen Wettbewerb, Berlin Juni 2010.

Seeliger 2010: Seeliger, W., Institutional Equity Research (4142/H), Landesbank Baden-Württemberg, Stellungnahme zur Öffentlichen Anhörung zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes Bundestagesdrucksache 17/1147 des Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestag am 21. April 2010.

Sonne, Wind & Wärme 5/2010: O.V., Dünnes Silizium in Not, Sonne, Wind & Wärme, Heft 5/2010, S. 144

Trischler, H./R. vom Bruch 1999: Trischler, H./R. vom Bruch, Forschung für den Markt. Geschichter der Fraunhofer-Gesellschaft, München 1999.

Verbraucherzentrale Bundesverband, Pressemitteilung vom 23.02.2010.

VCI 2009: Koordinierungskreis Chemische Energieforschung (EBG, DECHEMA, DGMK, GDCh, VCI, VDI-GVC), Positionspapier Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie – eine quantitative Potentialanalyse, o.O. Oktober 2009.

Wannöfel, M. u.a., Juni 2007: IG Metall Vorstand (Hrsg.)/Wannöfel, M. u.a. (Autoren), „Öko-Branche“ im Aufwind. Konsolidierungsphase der regenerativen Energiewirtschaft und Folgewirkungen für Beschäftigung und Mitbestimmung, Erkenntnisse aus einer explorativen Bestandsaufnahme, Bochum/Frankfurt Juni 2007.

Weber, E. 2009: Weber, E. R., Entwicklung des PV-Marktes aus Sicht der Forschung, Präsentation auf dem Photovoltaik-Symposium, Staffelstein vom 04.03.2009.

Welter 2010: Welter, P., Stellungnahme zur Öffentlichen Anhörung zum Gesetzentwurf der Fraktionen der CDU/CSU und FDP eines Gesetzes zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes Bundestagesdrucksache 17/1147 des Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestag am 21. April 2010.

## **Autorenhinweis:**

**Werner Voß**, Dipl. Ökonom, Mitarbeiter der arbeco GmbH (Arbeitnehmer Berater Cooperation), Mülheim. Derzeitiger Arbeitsschwerpunkt: Restrukturierungsberatung. Veröffentlichungen zu Chemische Industrie/Chemieparks, wehrtechnische Industrie sowie Mitbestimmung.