

Ruhl, Volker; Wackerbauer, Johann

**Article**

## Struktur und Entwicklungspotential der Photovoltaikindustrie in Deutschland

ifo Schnelldienst

**Provided in Cooperation with:**

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

*Suggested Citation:* Ruhl, Volker; Wackerbauer, Johann (2008) : Struktur und Entwicklungspotential der Photovoltaikindustrie in Deutschland, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 61, Iss. 14, pp. 14-28

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/164578>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Struktur und Entwicklungspotential der Photovoltaikindustrie in Deutschland

14

Volker Ruhl\* und Johann Wackerbauer

Vorangetrieben von der klimapolitischen Zielsetzung der Bundesregierung, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung deutlich zu erhöhen, und begünstigt durch die hohen Einspeisevergütungen für Solarstrom nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz hat die Photovoltaikindustrie in Deutschland in den letzten Jahren ein rasantes Wachstum erlebt. Viele Staaten setzen auf den Ausbau der erneuerbaren Energien und die meisten EU-Mitgliedsländer fördern sie durch Einspeisevergütungen ähnlich dem deutschen Modell, woraus sich erhebliche Exportpotentiale für die deutsche Solarindustrie ergeben. Trotzdem fehlte es bisher an einer umfassenden Bestandsaufnahme dieser Branche, weshalb der Bundesverband Solarwirtschaft das Marktforschungsinstitut EuPD Research und das ifo Institut für Wirtschaftsforschung beauftragte, ein »Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland« zu erstellen. Ein zusätzlicher Schwerpunkt lag dabei auf der besonderen Bedeutung dieser Branche für Ostdeutschland (vgl. Ruhl, Wackerbauer et al. 2008).

Die Meseburger Beschlüsse der Bundesregierung vom August 2007 beinhalten unter anderem das Ziel, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von derzeit 14% bis zum Jahr 2020 auf 25 bis 30% auszubauen. Bereits seit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 mit seiner Novellierung im Jahr 2004 wird der Solarstrom durch sehr hohe Einspeisevergütungen begünstigt, die nach Anlagengröße und Jahr der Inbetriebnahme gestaffelt sind. Die Vergütung beträgt z.B. für in 2004 errichtete Photovoltaikanlagen bis einschließlich 30 kW Leistung 57,40 ct/kWh und sinkt für neu errichtete Anlagen jährlich um 5%. Infolge einer erneuten Novellierung des EEG steigt diese Degression auf 8% für die Jahre 2009 und 2010 an, im Anschluss wird die Vergütungssumme um jährlich 9% reduziert. Für größere Anlagen und Freiflächenanlagen sind die Einspeisevergütungen niedriger, und es gelten zum Teil abweichende Degressionshöhen. Entscheidend ist, dass der Vergütungszeitraum, in dem der Mindestvergütungssatz in unveränderter Höhe gewährt wird, 20 Jahre beträgt und damit eine erhebliche Investitionssicherheit gegeben ist. Die Einspeisevergütung wird von den Netzbetreibern erstattet und auf die Stromkunden umgelegt. Für Strom aus anderen erneuerbaren Energiequellen gilt dasselbe Prinzip, allerdings sind die Vergütungssätze dort wesentlich niedriger: Während die Durchschnittsvergütung für Solarstrom im vergangenen Jahr 49,9 ct/kWh betrug, lag sie für Windenergie bei 8,9 ct/kWh, für Biomasse bei

9,7 ct/kWh und für Wasserkraft bei 7,2 ct/kWh. Von der gesamten EEG-Vergütung in Höhe von 7,7 Mrd. € in 2007 entfielen 3,7 Mrd. € auf die Windenergie und jeweils 1,7 Mrd. € auf Solarstrom und Strom aus Biomasse; allerdings war die Stromerzeugung aus Windkraft mit 41,4 TWh zwölfmal so hoch wie die Solarstromerzeugung mit 3,4 TWh (vgl. Verband der Netzbetreiber 2007). Da die Durchschnittsvergütung für Solarstrom etwa das Zehnfache der Stromgestehungskosten konventioneller Kraftwerke ausmacht, steht diese De-facto-Subventionierung durchaus in der Kritik (vgl. Frondel et al. 2007). Allerdings wirkte die Einspeisevergütung nach dem EEG eindeutig als Anschubfinanzierung für die deutsche Photovoltaikindustrie und weist damit neben der umweltpolitischen Motivation auch eine deutliche industriepolitische Komponente auf. Ohne damit die ordnungspolitische Grundsatzfrage nach der Rechtfertigung einer derartigen Förderung von Solarstrom beantworten zu wollen, wurde mit dem Standortgutachten erstmals umfassend dargestellt, welche Struktur und Entwicklung der deutschen Photovoltaikindustrie sich daraus ergeben hat.

## Befragungs- und Hochrechnungsdesign

Um ein möglichst detailreiches Bild über den solaren Unternehmensmarkt in Deutschland zu gewinnen, wurde eine

\* EuPD Research Bonn; seit Juni 2008 Sal. Oppenheim jr. & Cie.

Primärerhebung entlang des gesamten Upstream- und Downstream-Bereichs der Wertschöpfungskette durchgeführt. Befragt wurden somit nicht nur die klassischen Photovoltaikhersteller von der Siliziumherstellung bis zur Modulfertigung, sondern auch deren Zulieferer, der Großhandel und das Handwerk. Als Erhebungsinstrument dienten jeweils standardisierte Fragebögen mit vorwiegend geschlossenen Fragestellungen. Der Aufbau der Fragebögen für Hersteller, Großhändler und Zulieferer war bis auf einige Detailfragen weitestgehend deckungsgleich. Schwerpunkte waren jeweils aktuelle und auf einen Fünfjahreshorizont prognostizierte Zahlen zu den Themen: Umsätze, Außenhandel, Investitionen, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, Standortfaktoren sowie Wachstumskriterien und Risiken.

Im Rahmen der von August bis Oktober 2007 durchgeführten Umfrage wurden 345 Fragebögen vollständig ausgefüllt, unter den Teilnehmern befinden sich 50 Zulieferer, 43 Photovoltaikhersteller, 42 Großhändler und 210 Installateure. Die Rücklaufquote liegt in der Summe der vier Befragungsmodule bei rund 9%, wobei die Rücklaufquoten in den einzelnen Segmenten zwischen 40% bei den Herstellern über 23% bei den Zulieferern und 21% im Großhandel bis zu 7% beim Handwerk variieren. Die vorliegende Befragung stellt die bislang umfangreichste Erhebung im Bereich der Photovoltaik in Deutschland dar. Erstmals wurde dabei die komplette Wertschöpfungskette der Photovoltaik untersucht. Während die befragten Unternehmen vollständige Angaben zum Jahr 2006 machten, wurden die Kennzahlen für die Jahre 2007 bis 2010 von Unternehmensseite geschätzt. Da die kapitalmarktorientierten Unternehmen zwischenzeitlich jedoch die Geschäftsberichte für das Jahr 2007 veröffentlicht hatten, wurden die dort ausgewiesenen Angaben zu Beschäftigten, Umsätzen, Investitionen und Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen bei der Auswertung berücksichtigt.

Unter den Zulieferern und Herstellern haben weit mehr als 50% der im deutschen Markt präsenten Unternehmen an der Erhebung teilgenommen. Gemessen an Umsatz und Mitarbeiteranzahl beträgt die Marktabdeckung bei den Herstellern sogar rund 80 bis 85%, so dass aus den Resultaten der Teilerhebung ein exakter und sicherer Rückschluss auf den Gesamtmarkt möglich war. Dies ist genau dann der Fall, wenn die Teilerhebung »in der Verteilung aller interessierenden Merkmale der Gesamtmasse entspricht, d.h. ein zwar verkleinertes, aber sonst wirklichkeitsgetreues Abbild der Gesamtheit darstellt« (Berekoven 2006).

Von diesem Idealbild mussten in Bezug auf die Befragungen der Großhändler und Installateure Abstriche gemacht werden, da die »interessierenden Merkmale« in der Grundgesamtheit weitestgehend unbekannt sind. Aus diesem Grund wurde an das Kriterium der Repräsentativität der

Anspruch gestellt, dass die Teilgesamtheit in bestimmten Merkmalen (z.B. regionale Verteilung) eine ähnliche Struktur aufweist wie die Grundgesamtheit. Zur Hochrechnung der Befragungsergebnisse der Großhandelsunternehmen und des Handwerks auf den Gesamtmarkt mussten somit zusätzlich die Ergebnisse früherer Befragungen berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang konnte auf eine interne Datenbank von EuPD Research zugegriffen werden, in der kontinuierlich aktualisierte Daten über 100 in der Photovoltaikbranche aktive Großhändler und Systemintegratoren sowie rund 10 000 nachweislich in der Photovoltaik aktiven Handwerksunternehmen verzeichnet sind. Die Informationen aus dieser Datenbank wurden mit den Befragungsergebnissen des Großhandels und insbesondere des Handwerks verknüpft, um eine Hochrechnung auf den Gesamtmarkt zu erstellen.

### Struktur der Photovoltaikbranche

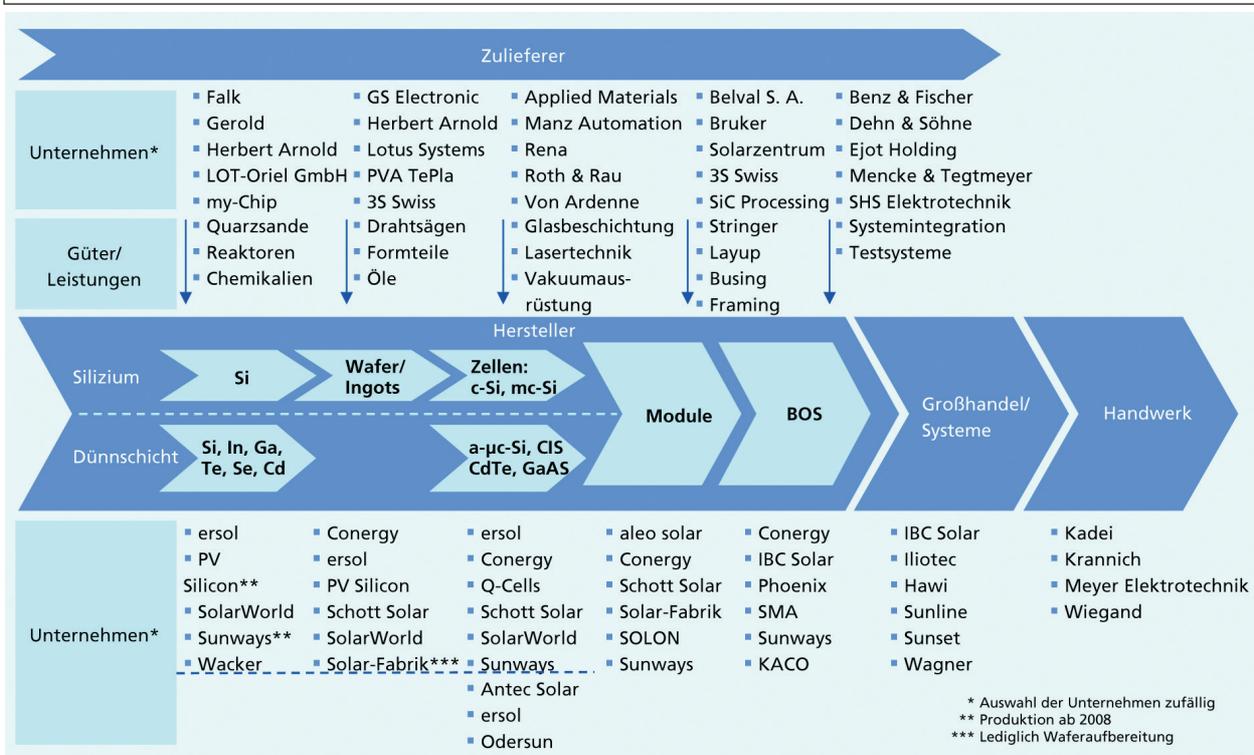
Das Spektrum der in Deutschland vertretenen Photovoltaikunternehmen ist breit: Es reicht von den Rohstofflieferanten und den Silizium-, Wafer-, Zell- und Modulherstellern sowie den Produzenten von Wechselrichtern und Montagegestellen über die Zulieferer von Maschinen, Messinstrumenten und elektronischen Bauteilen bis hin zu den Großhändlern und Handwerksbetrieben. Abbildung 1 gibt einen grundlegenden Überblick über die verschiedenen Wertschöpfungsstufen der Photovoltaik, deren Leistungen und einen Auszug der in Deutschland vertretenen Unternehmen (vgl. Abb. 1).

Gegenüber den in vergleichbaren Arbeiten dargestellten Wertschöpfungsketten, die lediglich den kristallinen Produktionsprozess abbilden, wurde die Fertigungskette hier bewusst um die Zulieferbetriebe und vor allem die Dünnschichttechnologie erweitert, da in diesem Bereich die höchsten Wachstumsraten für die kommenden Jahre erwartet werden. Gleichwohl hat auch die Technologievielfalt innerhalb des Dünnschichtsegments stark zugenommen, so dass die Abbildung nur einen Überblick über die wichtigsten Technologien und deren wichtigste Vorleistungskomponenten geben kann.

### Über 40 000 Beschäftigte

Die in der Solarwirtschaft geschaffenen Stellen lassen sich anhand der Hochrechnung der Befragungsergebnisse auf den Gesamtmarkt quantifizieren. Demnach sind 42 625 Beschäftigte in der Photovoltaikbranche in Deutschland tätig. Die Hälfte dieser Arbeitsplätze ist infolge der hohen Zubauraten der letzten drei Jahre im Handwerk entstanden und hat damit einen Beitrag geleistet, um den Beschäftigungsabbau in den für die Photovoltaik relevanten Gewerke ab-

Abb. 1  
Struktur der Wertschöpfungskette der Photovoltaik



Quelle: EuPD Research 2008.

zufedern. Das Statistische Bundesamt weist innerhalb der Jahre 2000 bis 2006 einen Arbeitsplatzrückgang von rund 132 000 für die Wirtschaftszweige Dachdeckerei, Elektroinstallation und Sanitär-Heizung-Klima aus (vgl. Statistisches Bundesamt 2007). Dies entspricht einem Beschäftigungsverlust von rund 25%.

Einschränkend muss an dieser Stelle jedoch angefügt werden, dass es sich bei den rund 20 000 Photovoltaikbeschäftigten im Handwerk um keine Vollzeitäquivalente bzw. »Erwerbstätige in Vollzeitbeschäftigten-Einheiten« handelt. Zur Ermittlung der Beschäftigten, die unmittelbar der Photovoltaik zuzurechnen sind, werden die Handwerksbetriebe von EuPD Research regelmäßig zur Anzahl ihrer Beschäftigten befragt, die überwiegend, d.h. mehr als 50%, ihrer Arbeitszeit mit Aufgaben und Tätigkeiten aus dem Bereich der Photovoltaik verbringen. Bei dieser Methode besteht auf der einen Seite die Tendenz zur Überschätzung der Beschäftigungswirkung, weil Beschäftigte zu 100% der Photovoltaik zugerechnet werden, obwohl sie beispielsweise nur über einen Photovoltaikbeschäftigungsgrad in Höhe von über 50% verfügen. Auf der anderen Seite kann diese Methode auch eine Möglichkeit der Unterschätzung der Beschäftigungswirkung erzeugen, da Photovoltaikarbeitsanteile unter 50% komplett ausgeblendet werden. Dieser Ansatz ist nachfrageorientiert und entspricht den Konventionen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Hierbei werden Be-

schäftigtenzahlen ausgewiesen, unabhängig davon, ob die Beschäftigten vollzeit-, teilzeit- oder nur geringfügig beschäftigt sind bzw. diese Arbeitszeit für eine bestimmte Branche aufwenden. Der angebotsorientierte Ansatz der Berechnung von Vollzeitäquivalenten würde diese Problematik umgehen, indem die Relation zwischen Vollzeit- und durchschnittlicher Arbeitszeit in Beschäftigte umgerechnet wird. Dies bedingt jedoch die Verfügbarkeit einer möglichst exakten Verteilung der in einem Handwerksbetrieb durchschnittlich mit Photovoltaik verbrachten Arbeitsstunden. Den Erfahrungen vergangener Erhebungen zufolge ist die Ermittlung dieser Verteilung jedoch äußerst schwierig. Handwerksbetriebe führen nur unzureichende Statistiken über den tatsächlichen Aufwand, den die Photovoltaik in ihrem Betrieb einnimmt. So werden beispielsweise Verwaltungs- und Vertriebstätigkeiten nicht immer von den Befragten bedacht und angegeben. Selbst bei Vorlage einer dezidierten Statistik gilt es überdies zu bedenken, dass es sich um vergangenheitsorientierte Werte handelt. In einer historisch über mehrere Jahrzehnte gewachsenen Branche ist dies als unproblematisch einzustufen. Die dynamischen und volatilen Wachstumsraten der Photovoltaik der letzten Jahre lassen diesen Ansatz jedoch als unzureichend erscheinen. Bis zum Zeitpunkt einer Stabilisierung des Marktes mit relativ konstanten Wachstumsraten wird daher der erstgenannte Ansatz zur Ermittlung der Beschäftigten im Photovoltaikhandwerk bevorzugt.

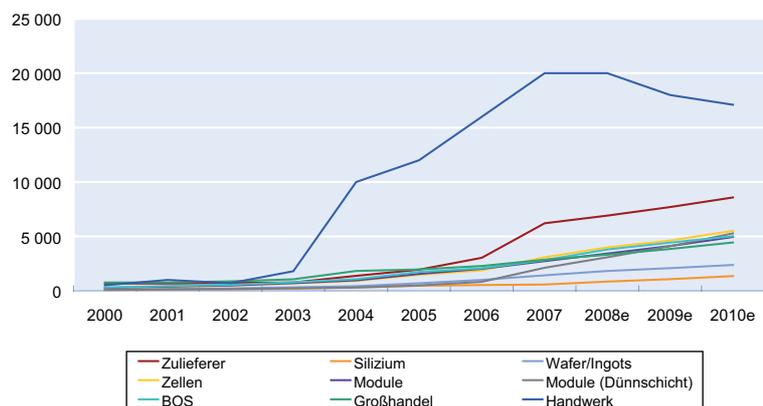
Unabhängig von der Methodenwahl zur Bestimmung der Photovoltaikbeschäftigten im Handwerk bleibt überdies abzuwarten, inwiefern die Solarbranche dauerhaft zu einer Belegung des Handwerkerarbeitsmarktes beitragen kann. Die befragten 210 Betriebe gaben an, dass sie einen Mehrumsatz von durchschnittlich rund 150 000 € im Geschäftsfeld Photovoltaik erzielen müssten, um einen weiteren Mitarbeiter für diesen Bereich einzustellen. Dieser Betrag liegt den Angaben der Betriebe zu Folge gut 40 000 € über dem durchschnittlichen Umsatz, den ein Photovoltaikmitarbeiter im Laufe eines Jahres erwirtschaftet. Lediglich Betriebe aus den neuen Ländern setzen die Barriere mit 60 000 € deutlich niedriger an. Problematisch ist überdies das gegebene Abhängigkeitsverhältnis vom Heimatmarkt Deutschland zu beurteilen, denn die Handwerksunternehmen haben im Gegensatz zu den anderen Wertschöpfungsstufen kaum Ausweichmöglichkeiten ins Ausland. Gerade hier wird jedoch in den kommenden Jahren mit einer starken Zunahme der Nachfrage nach Photovoltaiksystemen gerechnet. So begründen Zulieferer und Herstellerunternehmen ihre Wachstumserwartungen hauptsächlich mit der prognostizierten Nachfrageentwicklung im Ausland. 98% der Hersteller gehen von einer Zunahme der Nachfrage im Ausland aus, während jeweils nur rund die Hälfte von einer Erhöhung der Nachfrage in West- oder Ostdeutschland ausgeht. Ähnlich verhält es sich bei den Zulieferbetrieben. Lediglich ein Unternehmen erwartet eine gleich bleibende Nachfrage auf ausländischen Märkten.

Mittel- bis langfristig ist also aufgrund dieser Nachfragekonstellation davon auszugehen, dass die höchsten Beschäftigungswellen auf den Wertschöpfungsstufen der Zulieferer und Hersteller zu verzeichnen sein werden. Zum Ende des Jahres 2007 waren rund 6 200 Arbeitnehmer bei Zulieferbetrieben im Geschäftsfeld Photovoltaik tätig, eine Steigerung auf über 8 500 Beschäftigte wird bis zum Jahr 2010 erwartet. Eine Verlagerung der Geschäftsaktivitäten ins Ausland ist in diesem Bereich eher unwahrscheinlich. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau, zu dem die meisten der befragten Zulieferunternehmen zu zählen sind, gilt als Branche mit hoher Standorttreue. Dazu trägt die sehr gute Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft bei, die Maschinen und Anlagen »Made in Germany« zu einem internationalen Gütesiegel werden lassen. Positiv für das weitere Beschäftigungswachstum der Zulieferer ist zudem das frühzeitige Entstehen eines Binnenmarktes für Photovoltaik inklusive der dadurch erwachsenden Hersteller-Anwender-Beziehungen zu beurteilen. Im internationalen Vergleich kann dies in Zukunft zu einem wichtigen Vorteil für die Zulieferunternehmen werden.

Bei Photovoltaikherstellern, d.h. auf einer der Wertschöpfungsstufen zur Herstellung von Silizium, Wafern/Ingots, Zellen, Modulen oder Balance-of-System-Komponenten (BOS) wie Wechselrichter oder Montagegestelle, sind zum Ende des Jahres 2007 12 746 Beschäftigte zu verzeichnen. Damit sind im Jahr 2007 insgesamt über 4 000 Arbeitsplätze geschaffen worden, nachdem im Jahr 2006 bereits rund 2 000 Arbeitsplätze neu hinzugekommen sind. Seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 sind insgesamt über 9 500 neue Beschäftigungsverhältnisse entstanden, verglichen mit der Einführung des EEG im Jahr 2000 sind es über 11 000 neue Arbeitsplätze. Der größte Anteil an diesen Arbeitsplätzen ist in der Zellherstellung entstanden. Allein der Weltmarktführer Q-Cells AG beschäftigte zum Ende des Jahres 2007 1 707 Beschäftigte in Deutschland. Aufgrund der Vielzahl an kleineren Unternehmen und der hohen Mitarbeiterzahl des weltweit größten Wechselrichterherstellers, der SMA Technologie AG, sind die weitaus meisten Arbeitsplätze im Bereich der Hersteller von BOS-Komponenten entstanden, gefolgt von den Modulherstellern. Rund 2 000 Arbeitsplätze sind bis dato schon bei Dünnschichtproduzenten entstanden. Insbesondere in diesem Bereich ist in den nächsten Jahren mit einer starken Beschäftigungszunahme zu rechnen, so dass im Jahr 2010 die größte Beschäftigungswirkung von den vorgenannten Wertschöpfungsstufen inklusive der Dünnschicht prognostiziert wird. Die Arbeitsplätze in den einzelnen Wertschöpfungsstufen summieren sich den Erwartungen der Unternehmen zufolge auf knapp 56 000 Arbeitnehmer im Jahr 2010 (vgl. Abb. 2).

Insgesamt war das Wachstum der Beschäftigung in der Photovoltaikindustrie beachtlich und lässt auch für die Zukunft noch Steigerungen erwarten. Man muss aber wie immer bei solchen partialökonomischen Analysen davor warnen, die Zuwächse der Beschäftigung bestimmter Branchen als Nettowachstum für die Volkswirtschaft zu interpretieren. Das

Abb. 2  
Photovoltaikbeschäftigte in Deutschland



Quelle: EuPD Research 2008.

**Tab. 1**  
**Entwicklung der globalen Photovoltaikmärkte bis 2012 (Megawatt)**

Land	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Deutschland	850	1 100	1 500	1 500–1 750	1 500–2 000	1 650–2 200	1 800–2 400
Spanien	97	300	300–500	300–500	400–600	400–600	400–600
Italien	12	40	80–150	130–300	200–400	270–540	360–730
Griechenland	1	2	10–20	50–100	100–200	130–270	180–360
Frankreich	14	45	60–150	120–250	200–300	270–400	360–540
Portugal	2	10	15–20	20–40	30–50	40–70	50–90
USA	141	259	350–400	600–800	1 000–1 400	1 350–1 900	1 800–2 550
China	12	20	25–35	35–70	50–100	70–140	90–180
Japan	286	230	200–300	200–400	200–500	270–680	360–910
Südkorea	21	50	100–150	250–300	400–500	540–680	730–910
Indien	12	20	100–150	200–300	300–400	410–540	545–730
Rest der Welt	150	170	200–250	250–350	300–500	410–680	545–910
<b>Gesamt</b>	<b>1 598</b>	<b>2 246</b>	<b>2 940–3 625</b>	<b>3 655–5 160</b>	<b>4 680–6 950</b>	<b>5 810–8 700</b>	<b>7 220–10 910</b>

Quelle: European Photovoltaic Industry Association (EPIA 2007).

ist schon deshalb nicht möglich, weil das dort ausgegebene Geld und die dort eingesetzten Produktionsfaktoren anderen Verwendungen entzogen werden. Die Beschäftigungszahlen eignen sich deshalb auch nicht als Belege für die Sinnhaftigkeit der staatlichen Förderung. Solche Belege sind aus ganz anderen Erwägungen herzuleiten, die jenseits dieses Beitrages liegen.

### 10 Milliarden € Umsatz

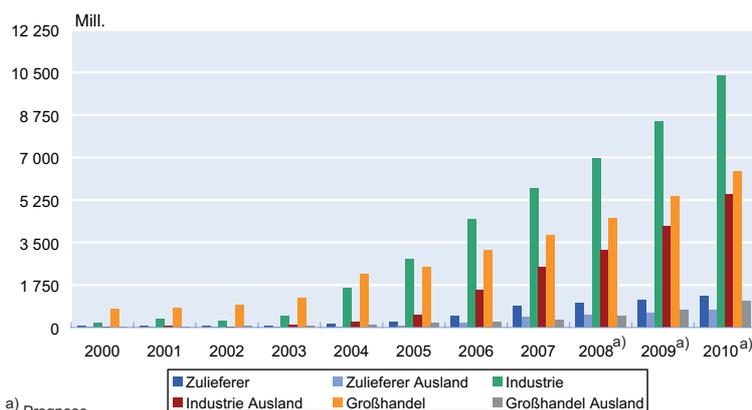
Die kontinuierliche Erhöhung der Umsätze in den letzten Jahren bildet die Grundlage für das Beschäftigungswachstum in der deutschen Photovoltaikbranche. Nachdem der Binnenmarkt in den Jahren 2000 bis 2005 der primäre Absatzmarkt für Photovoltaikprodukte »Made in Germany« war, vollzieht sich indes ein sukzessiver Wandel hin zu mehr Internationalität. Dieser Trend wird sich voraussichtlich in den kommenden Jahren noch verstärken. Die Ländermarktprognosen der European Photovoltaic Industry Association (EPIA) deuten auf eine signifikante Erhöhung der weltweit installierten Leistung bis zum Jahr 2012 hin (vgl. Tab. 1). Wurden nach EPIA-Angaben 2006 rund 1 600 MW bzw. rund 2 200 MW in 2007 weltweit installiert, werden für das Jahr 2012 7 200 bis knapp 11 000 MW erwartet (vgl. EPIA 2007). Der Verband geht davon aus, dass die Vereinigten Staaten in punkto Neuinstallationen bis zu diesem Jahr mit Deutschland gleichziehen können. Italien, Spanien, Frankreich, Japan, Südkorea und Indien gelten ebenso als Kandidaten für einen interessanten Exportmarkt für deutsche Unternehmen.

Die Exportleistungen der deutschen Solarbranche umfassen dabei nicht nur die Lieferung von Komponenten wie Silizium, Wafer, Zellen und Module, sondern auch Pla-

nung, Bau, Ausrüstung, Anlagentechnik, Betrieb, Überwachung, Finanzierung und Schulungen. Dazu kommen bereichsübergreifende Beratungsleistungen wie technische Beratung, Machbarkeitsstudien, Umweltverträglichkeitsuntersuchungen und Audits sowie die Ausrüstung mit Messtechnik.

Den größten Anteil am kumulierten Branchenumsatz hat die Industrie (vgl. Abb. 3). Im Jahr 2007 erzielten deutsche Photovoltaikhersteller einen kumulierten Umsatz von rund 5,7 Mrd. €. Den Prognosen der befragten Unternehmen zufolge wird sich dieser Trend bis zum Jahr 2010 fortsetzen, so dass ein Umsatz von über 10 Mrd. € in Aussicht gestellt wird. Da es auch innerhalb der Branche zu Lieferungen von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Waren und Dienstleistungen aus dem In- und Ausland kommt, wurden die Unternehmen auch zu ihren Vorleistungsvolumina und -strukturen befragt. Die daraus resultierende Wertschöpfung, gemessen als Summe der Umsätze minus der Summe der Vorleistungen aus fremder Produktion aus dem In- und Ausland, betrug circa 2,4 Mrd. € für das Jahr 2006. Unter der Annahme einer relativ gleich bleibenden Vorleistungssum-

**Abb. 3**  
**Inlands- und Auslandsumsätze von Zulieferbetrieben, Industrie und Großhandel**



a) Prognose.

Quelle: EuPD Research 2008.

me bedeutet dies für 2007 eine Wertschöpfung von rund 3 Mrd. €. Rund 43% des Umsatzes, d.h. knapp 2,5 Mrd. €, wurden in 2007 im Ausland erzielt. Den Erwartungen der befragten Unternehmen zufolge steigen die Auslandsumsätze bis zum Jahr 2010 auf knapp 5,5 Mrd. € bzw. auf eine Quote von über 50%.

Der Großhandel erwirtschaftete einen Umsatz von knapp 3,8 Mrd. € im Jahr 2007. Innerhalb der letzten Jahre ist damit auch der Großhandel stetig gewachsen, im Vergleich zur Industrie verlief das Wachstum aber eher gemäßigt. Nichtsdestotrotz erwarten die im Rahmen der Erhebung erfassten Großhandelsunternehmen weiter steigende Umsätze bis zum Jahr 2010. Prognostiziert wird ein Umsatz von knapp 6,5 Mrd. €, rund ein Sechstel davon soll im Ausland erwirtschaftet werden. Gegenüber den im Jahr 2007 erzielten Auslandsumsätzen bedeutet dies eine Steigerung um rund 700 Mill. €.

Die Zulieferbetriebe haben mit 449 Mill. € bereits im Jahr 2007 über 50% ihrer Umsätze im Ausland erzielt. Insgesamt erwirtschafteten die Betriebe 2007 Umsätze von knapp 900 Mill. € im Bereich der Photovoltaik. Für das Jahr 2010 werden knapp 1,3 Mrd. € Umsatz prognostiziert.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Relation der kumulierten Auslandsumsätze zu den kumulierten Gesamtumsätzen als Exportquote zu verstehen. Unberücksichtigt bleibt bei dieser vereinfachten Vorgehensweise allerdings, dass es auch innerhalb der Branche zu Lieferungen aus dem In- und Ausland kommt. Doppelzählungen sind also sowohl auf der Umsatz- als auch auf der Auslandsumsatzseite vorhanden. Da die Unternehmen jedoch auch zum Anteil von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen sowie Waren und Dienstleistungen am Gesamtumsatz und zur Bezugsquelle befragt wurden, kann die Exportquote auch über den Anteil der direkten Exporte an der inländischen Wertschöpfung abgeleitet werden. Dazu ist zunächst die Aufstellung des Handelsbilanzsaldos erforderlich.

In diesem Zusammenhang liegen gleichwohl nur Daten für das Jahr 2006 vor. Der kumulierte Auslandsumsatz von Zulieferbetrieben, Herstellern und Großhändlern betrug hier 1,87 Mrd. € (vgl. Abb. 4). Hierin enthalten sind den Unternehmensangaben zufolge importierte Vorleistungen in Höhe von knapp 900 Mill. € sowie exportierte ausländische Waren mit einem Wert von rund 100 Mill. €. Damit ergibt sich eine Importabhängigkeit der Exporte von 52%. Die Photovoltaikbranche weicht mit diesem Anteil nicht wesentlich von gesamtwirtschaftlichen Zahlen ab, in denen ausländische Wertschöpfungsanteile einen immer höheren An-

**Abb. 4**  
**Zusammensetzung der Exporte in der Photovoltaikbranche 2006**



- \* Bei der Produktion für den Export sowie auf vorgelagerten Produktionsstufen im Inland entstandene Bruttowertschöpfung.
- \*\* Export von Waren ausländischen Ursprungs aus reiner Handelstätigkeit.
- \*\*\* Bei der Produktion für den Export sowie auf vorgelagerten Produktionsstufen eingesetzte importierte Vorleistungen.

Quelle: EuPD Research 2008.

teil an deutschen Exporten aufweisen. Es handelt sich hierbei um Waren, die als Handelsware vorübergehend nach Deutschland eingeführt werden oder als Vorleistungen bei der Produktion von inländischen Exportgütern verwendet werden. Zum Vergleich: Bei den Exporten von chemischen Erzeugnissen stammten 53,3% der Wertschöpfungskette aus dem Ausland. Im Durchschnitt aller Exportwaren liegt der enthaltene ausländische Wertschöpfungsanteil bei 44,8% (vgl. Loschky 2007).

Bei einer Importabhängigkeit der Exporte von 52% in der Photovoltaikbranche ergibt sich folglich, dass im Jahr 2006 Waren im Wert von rund 900 Mill. € aus deutscher Wertschöpfung direkt ins Ausland geliefert wurden. Setzt man dies in Beziehung zur gesamten inländischen Wertschöpfung von rund 2,6 Mrd. €<sup>1</sup>, so entspricht dies einer Exportquote von rund 34,5% für das Jahr 2006. Verglichen mit dem Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz der Zulieferer und Hersteller ergibt sich damit keine große Veränderung. Hier lag die Quote bei 34,4%. Aus der Konvergenz der beiden Methoden resultierend wird daher die Auslandsumsatzquote synonym zum Begriff der Exportquote verwendet.

Die Hauptabsatzmärkte für deutsche Ausfuhren von Photovoltaikprodukten liegen nach Unternehmensangaben in Europa. Insgesamt flossen 2006 knapp zwei Drittel der Exporte in europäische Länder. Dies entspricht der Struktur der gesamtwirtschaftlichen Ausfuhren aller Waren in Deutschland, von denen ebenfalls zwei Drittel in die Mitgliedstaaten der Europäischen Union gingen. Wichtigster Handelspartner für die Solarbranche ist Spanien, gefolgt von

<sup>1</sup> Der Wert von 2,6 Mrd. € ergibt sich aus der zuvor beschriebenen Wertschöpfung der Industrie in Höhe von 2,4 Mrd. €, ergänzt um konservativ geschätzte 200 Mill. € inländische Wertschöpfung von Seiten der Zulieferer.

Griechenland und Frankreich. Für die kommenden Jahre bietet darüber hinaus der italienische Photovoltaikmarkt gute Wachstumsperspektiven. Asiatische Länder vereinen rund ein Fünftel der deutschen Photovoltaikexporte, der Kontinent Amerika hat einen Anteil von knapp 8%. Die Ausfuhren nach Afrika sowie nach Australien/Ozeanien haben lediglich eine marginale Bedeutung.

### Zunehmende Investitionstätigkeit

Investitionen sind für die Entwicklung neuer Produkte und Herstellverfahren, zur Erschließung neuer Märkte und Geschäftsfelder sowie zur Erweiterung der Produktionsmöglichkeiten unabdingbar. Derzeit wird das Investitionsgeschehen im weltweiten Photovoltaikmarkt insbesondere vom letztgenannten Punkt, den Erweiterungsinvestitionen, dominiert.

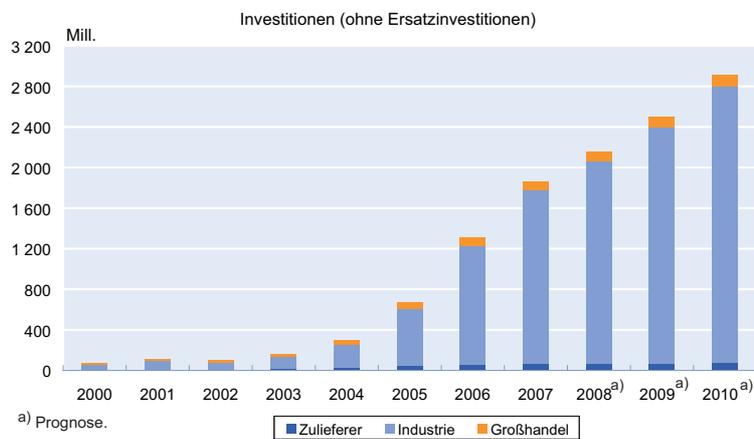
Die folgenden Angaben zur Höhe der Investitionen in der deutschen Photovoltaikbranche wurden für die Jahre 2006 bis 2010 der durchgeführten Unternehmensbefragung entnommen. Der Fokus der Befragung lag dabei auf der Ermittlung der Nettoinvestitionssumme, gegeben durch die Bruttoinvestitionen minus Abschreibungen. Ausgewiesen werden demzufolge nur Aufwendungen, die voll und ganz zur Erweiterung der gegebenen Produktionsmöglichkeiten<sup>2</sup> genutzt werden. Ersatz- und Rationalisierungsinvestitionen bleiben außen vor. Die historischen Daten der Jahre 2000 bis 2005 wurden aus Sekundärquellen, u.a. aus ZSW (2007) und IÖW (2004), rekonstruiert.

Den Ergebnissen der Befragung zufolge betrug die Nettoinvestitionssumme der Photovoltaikhersteller im Jahr 2007 rund 1,7 Mrd. €. Dies entspricht einer sehr hohen Investitionsquote, gemessen als Anteil der Investitionen am Umsatz, von fast 30%. Diese Investitionssumme übertrifft bei weitem diejenige aller anderen erneuerbaren Energien, und zwar die kumulierte Investitionssumme aller anderen erneuerbaren Energien in der Summe der Jahre 2004 bis 2006 (vgl. ZSW 2007). Auch in den kommenden Jahren beabsichtigt die Photovoltaikindustrie die Investitionen weiter zu erhöhen. Für das Jahr 2010 wird eine Investitionssumme von rund 2,7 Mrd. € prognostiziert (vgl. Abb. 5).

Im Vergleich zu den Investitionssummen der Industrieunternehmen planen die Zulieferbetriebe und die traditionell investitionsarmen Großhändler dagegen einen weniger starken Anstieg der Investitionen.

<sup>2</sup> Dies kann auch über Unternehmenserwerbe erfolgen.

**Abb. 5**  
**Nettoinvestitionen der deutschen Photovoltaikbranche**



Der Großteil der Investitionen in der Photovoltaikbranche wurde getätigt, um die Produktionskapazitäten zu erweitern.

Während die folgenden Kapazitätsszahlen auf Angaben der Unternehmen beruhen, müssen die Produktionsmengen für die Jahre 2008 bis 2010 geschätzt werden. Zu diesem Zweck kann auf den einzelnen Wertschöpfungsstufen ein Erfahrungsfaktor angesetzt werden, um von der Kapazität auf die zu erwartende Produktion zu schließen. Im Rahmen dieser Analyse wurde zwischen Unternehmen mit einer Kapazität von über 50 MWp, zwischen 20 und 50 MWp und weniger als 20 MWp unterschieden. Für die erste Kategorie wird eine schon vorhandene Massenproduktion unterstellt, während Unternehmen der zweiten Kategorie sich auf dem Weg dorthin befinden. Unternehmen der dritten Kategorie sind entweder Neueinsteiger oder Unternehmen mit einer kleinen Produktionslinie, die sich zum Teil auf Spezialanwendungen der Photovoltaik fokussiert haben. Grundlage für diese Einteilung war die jeweilige Kapazitätsangabe für das Jahr 2007. Des Weiteren wurde ein Abzug für Bruch oder Wartung der Anlage vorgenommen und ein Korrekturfaktor für den Fall der unterjährigen Produktionsaufnahme einkalkuliert. Unter Anwendung dieser Systematik ergeben sich die in Tabelle 2 abgebildeten Kapazitäts- und Produktionszahlen für die Jahre 2005 bis 2010.

Demnach werden die Produktionsmöglichkeiten am Standort Deutschland auf allen Wertschöpfungsstufen erweitert. Im Vergleich zum Jahr 2007 wird zum Ende des Jahres 2010 mit mehr als einer Verdopplung der Kapazitäten auf allen Stufen des kristallinen Produktionsprozesses gerechnet. Im Segment der Dünnschichtfertigung wird sogar eine Verfünfachung der Produktionsmöglichkeiten in Aussicht gestellt.

Mit Ausnahme der Modulproduktion gehen damit trotz dieser Erweiterungspläne die Weltmarktanteile der Produktion in Deutschland zurück. Dieser Rückgang ist jedoch nicht

**Tab. 2**  
**Produktionskapazitäten und Produktionszahlen in Deutschland und entsprechende Weltmarktanteile im Zeitraum von 2005 bis 2010**

	2005		2006		2007		2008 <sup>a)</sup>		2009 <sup>a)</sup>		2010 <sup>a)</sup>	
	Kap.	Prod.	Kap.	Prod.	Kap.	Prod.	Kap.	Prod.	Kap.	Prod.	Kap.	Prod.
Siliziumproduktion (in t)												
in Deutschland	5 500	5 500	6 500	6 500	11 230	8 016	12 050	10 380	19 250	13 581	27 250	20 385
Weltmarktanteile (in %)	17	18	17	19	21	19	12	16	12	13	11	14
Waferproduktion (in MWp)												
in Deutschland	420	356	583	450	1 217	528	1 688	1 004	2 078	1 513	2 908	1 950
Weltmarktanteile (in %)	21	27	18	23	21	16	20	18	16	18	19	18
Zellproduktion (in MWp)												
in Deutschland	530	313	762	516	1 411	767	1 802	1 136	2 377	1 595	2 972	1 864
Weltmarktanteile (in %)	21	20	16	19	17	16	15	15	15	15	16	14
Modulproduktion (in MWp)												
in Deutschland	404	188	615	336	908	584	1 534	931	1 883	1 392	2 223	1 660
Weltmarktanteile (in %)	12	9	12	11	11	12	13	13	13	14	14	14
Modulproduktion (D) (in MWp)												
in Deutschland	14	6	40	14	276	75	759	312	1 097	600	1 539	863
Weltmarktanteile (in %)	6	5	9	6	21	13	22	21	21	21	19	20
BOS-Produktion (in MWp)												
in Deutschland	572		919		1 193		k.A.		k.A.		k.A.	
Weltmarktanteile (in %)	53		57		49		k.A.		k.A.		k.A.	

*Anmerkung:* Abzug von 10 bis 15% für Wartung, Reparatur der Anlage etc. für etablierte Unternehmen. Wahrscheinlichkeit der Vollausslastung bzw. Realisierung der Ausbaupläne für andere Unternehmen: 50 bis 70%. Ramp-up-Faktor jeweils: 30 bis 45%. -<sup>a)</sup> Prognose.

Quelle: EuPD Research 2008.

gleichzusetzen mit einem relativen Verlust von Wertschöpfung in Deutschland. Bezieht man nämlich zusätzlich die Expansionsbestrebungen deutscher Unternehmen im Ausland mit in die Berechnung der Weltmarktanteile ein, so bleiben die Anteile relativ konstant über die nächsten zwei Jahre.

An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass selbst diese Prognosen über einen relativ kurzen Zeitraum als unsicher bezeichnet werden können. Dies liegt u.a. daran, dass Produktionsprognosen von Seiten der Unternehmen in der Regel von der aktuellen Situation geprägt werden (sog. adaptive Erwartungen). Oftmals unberücksichtigt bleibt dabei die weltweite Nachfragesituation. Gerade in diesem Zusammenhang ergeben sich jedoch Zweifel, ob die Erweiterungspläne der weltweit über 500 produzierenden Photovoltaikunternehmen allesamt in die Tat umgesetzt werden können. Während die EPIA von 4,7 bis 7 GW installierter Photovoltaikleistung im Jahr 2010 ausgeht, deuten die Produktionspläne der Modulproduzenten auf eine Menge von über 16 GW hin. Das im Jahr 2010 zur Verfügung stehende Angebot – gegeben durch die Summe aus kristalliner und Dünnschichtproduktion – liegt damit deutlich über den Prognosen der weltweiten Nachfrage. Abzuwarten bleibt, inwieweit sich das Angebot über den Preis mittelfristig eine eigene Nachfrage schafft.

**Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten vor allem durch die Branchenführer**

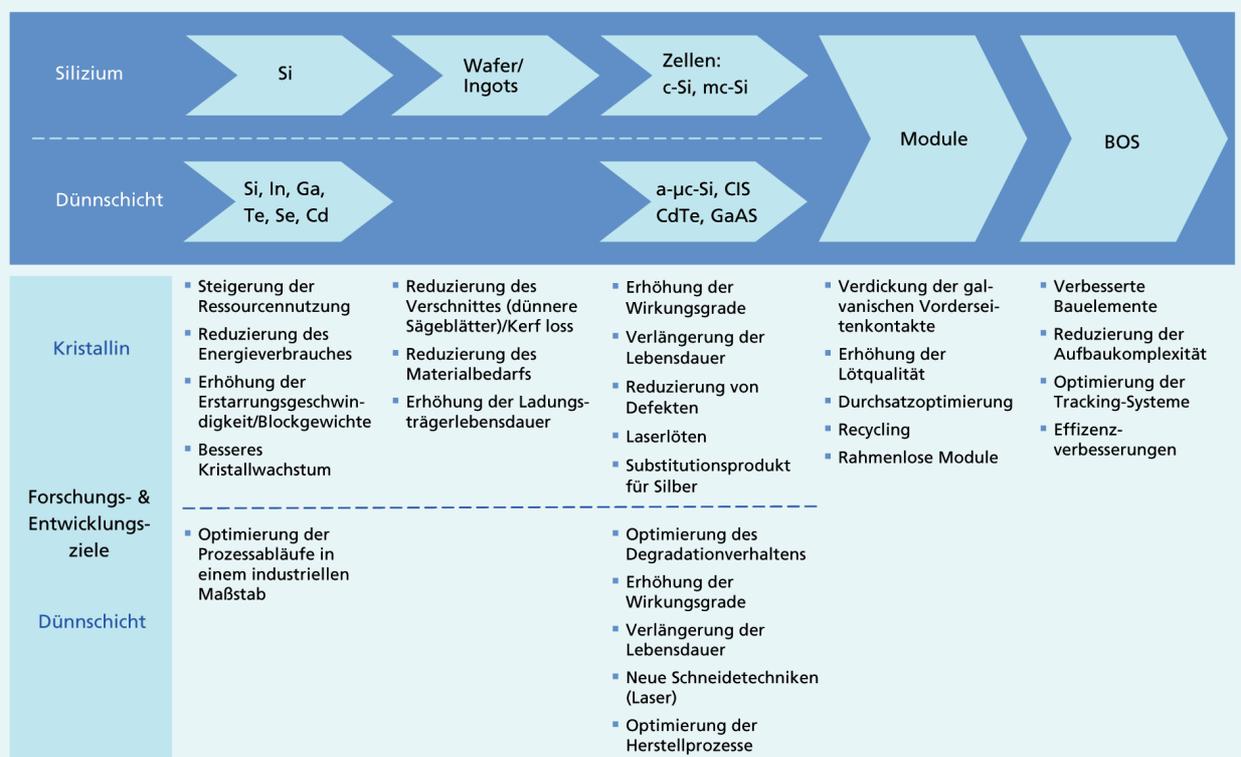
Neben den Investitionen in neue Produktionsmöglichkeiten gelten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als die

Grundlage für ein langfristiges Unternehmenswachstum in einem internationalen Markt. Insbesondere in einem dynamischen Umfeld, in dem die frühzeitige Präsenz mit innovativen Produkten gefragt ist, haben die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung (FuE) einen hohen Stellenwert.

Vor dem Hintergrund der Schlagwörter Economy of Scales, Lernkurveneffekte, Wirkungsgradverbesserungen, reduzierter Materialeinsatz, Standardisierung der Produkte und Produktionsanlagen verwundert es nicht, dass die meisten aktuellen Investitionen auf Basis der kristallinen Technologie erfolgen. Bis dato haben die eingeleiteten Forschungsaktivitäten bereits zu signifikanten Fortschritten auf allen kristallinen Wertschöpfungsstufen geführt. Dennoch ist die Liste der Innovations- und Optimierungsmöglichkeiten lang. Abbildung 6 enthält einige Forschungsschwerpunkte für die einzelnen Wertschöpfungsstufen und Technologien.

Zur Erreichung dieser Forschungsziele haben deutsche Photovoltaikhersteller im Jahr 2007 knapp 150 Mill. € in die Forschung und Entwicklung investiert. Hinzu kommen weitere 25 Mill. €, die von Zulieferern aufgewendet wurden (vgl. Abb. 7). Getrieben werden diese Investitionen hauptsächlich von den Branchenführern. Gerade von diesen Unternehmen wird in Zukunft eine Intensivierung ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erwartet. Der Grund liegt in den wachsenden Markteintritten aus dem Ausland. Entscheidend für die Reaktion der heimischen Anbieter auf diese Markteintritte ist, wie weit die führenden Unternehmen der Branche von den weltweiten Leadern entfernt sind. Aghion (2005) hat dies definiert über den Begriff der

Abb. 6  
Wertschöpfungsspezifische Forschungsschwerpunkte



Quelle: EuPD Research 2008.

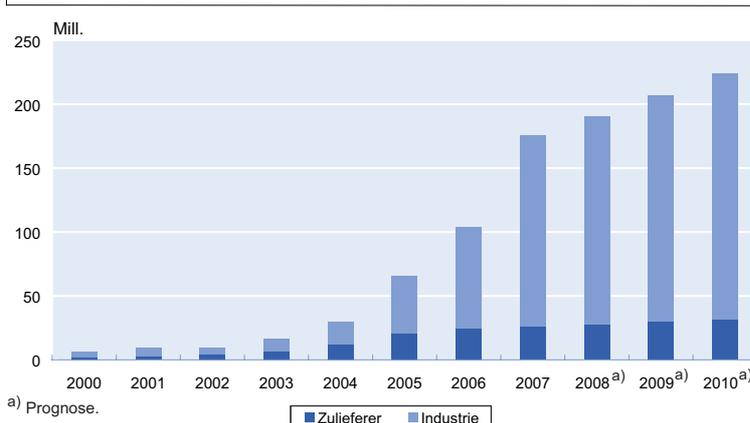
»technological frontier«, die durch die modernsten und besten Produktionsprozesse gekennzeichnet ist. In technologisch im internationalen Vergleich führenden Branchen wie der deutschen Photovoltaikbranche steigen durch Wettbewerbsintensität die Innovationsanstrengungen der Branchenführer. Die Rentabilität von Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen dieser Branchen – messbar über das Produktivitätswachstum – ist bei höherer Konkurrenz doppelt so hoch wie in durchschnittlichen Wirtschaftszweigen.

Dieser Argumentation folgend kann mit einer deutlichen Erhöhung der FuE-Aktivitäten der Clusterunternehmen gerechnet werden.

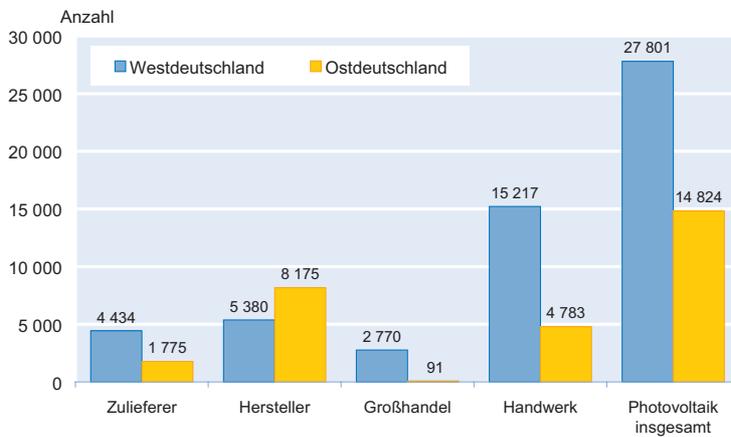
### Die Bedeutung der Photovoltaikindustrie für Ostdeutschland

Die relative Bedeutung des Photovoltaik-Clusters für die ostdeutsche Wirtschaft wurde durch den Vergleich der Erhebungsergebnisse der EuPD Research mit den entsprechenden Daten der amtlichen Statistik für Ostdeutschland wie auch für Gesamtdeutschland herausgearbeitet. Bei der Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung einzelner Branchen ist in der wirtschaftspolitischen Diskussion der Beitrag zum gesamtwirtschaftlichen Beschäftigungsvolumen von besonderem Interesse. Bei Verwendung der Beschäftigtenzahlen ist auch eine trennscharfe Abgrenzung der einzelnen Wirtschaftszweige möglich, im Gegensatz zur Verwendung von Umsatzzahlen, bei denen es zu Doppelzählungen kommen kann, wenn die Ergebnisse von Unternehmen aus verschiedenen Wertschöpfungsstufen addiert werden. So ge-

Abb. 7  
Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen deutscher Photovoltaikunternehmen



**Abb. 8**  
**Beschäftigte in der deutschen Photovoltaikindustrie, 2007**



Quelle: EuPD-Research; ifo Institut.

hen die Umsätze der Zulieferer der Photovoltaikunternehmen wiederum in die Umsatzzahlen der Hersteller ein und deren Umsätze wiederum in das Umsatzvolumen des Großhandels. Werden dagegen die Beschäftigtenzahlen aufaddiert, so treten keine Doppelzählungen auf, da die Beschäftigten unmittelbar und eindeutig an die Wertschöpfung auf den einzelnen Produktionsstufen gebunden sind.

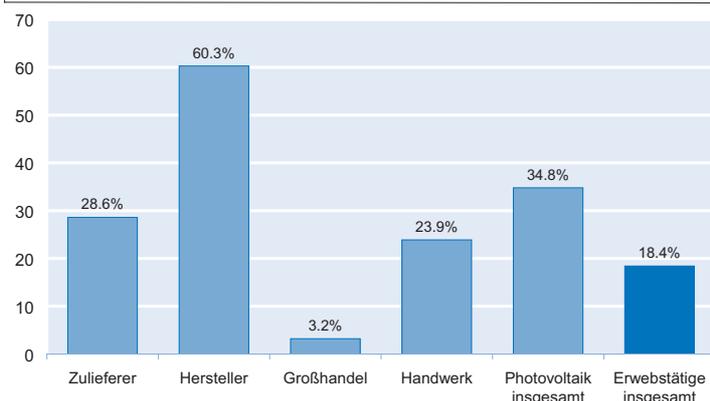
In Abbildung 8 wird die Verteilung der Beschäftigten in der Photovoltaikindustrie gemäß der an Hand der Umfrageergebnisse der EuPD Research vorgenommenen Hochrechnung nochmals zusammengefasst: Demnach entfallen von den insgesamt 42 625 Beschäftigten in der deutschen Photovoltaikindustrie insgesamt 27 801 auf Westdeutschland und 14 824 auf Ostdeutschland (neue Länder und Berlin).

Ein etwas anderes Bild ergibt sich bei der Differenzierung nach den einzelnen Wertschöpfungsstufen: So ist bei den Zulieferern und im Großhandel, die stärker in Süddeutsch-

land vertreten sind, ein deutliches Übergewicht Westdeutschlands zu konstatieren mit 4 434 Beschäftigten gegenüber 1 775 in Ostdeutschland (Zulieferer) bzw. 2 770 gegenüber 91 in Ostdeutschland (Großhandel). Die Zulieferer stammen überwiegend aus der Halbleitertechnologie und haben mit der Photovoltaik erst in den letzten Jahren ein neues Geschäftsfeld etabliert, ohne jedoch sofort ihren Standort zu ändern. Nichtsdestotrotz zeigen die Entwicklungen der letzten Monate, dass immer mehr Zulieferer die Nähe zu den Herstellern im Osten Deutschlands suchen. Verstärkt werden könnte dieser Prozess durch den Erhalt von Fördermitteln im Spitzenclusterwettbewerb des BMBF. Die Region »Solarvalley Mitteldeutschland« befindet sich in diesem Auswahlprozess in der letzten Runde.

Mit einer Entscheidung wird im Herbst dieses Jahres gerechnet. Der Großhandel ist stärker an den Regionen orientiert, in denen die Photovoltaik eingesetzt wird, und das ist vor allem Süddeutschland. Dagegen zeigt sich für die industriellen Photovoltaikhersteller ein Übergewicht der Beschäftigtenzahlen für Ostdeutschland. Dort konzentriert sich die Photovoltaikindustrie an den ostdeutschen Zentren Berlin/Brandenburg, Erfurt/Jena und Dresden/Leipzig/Chemnitz. Hierbei handelt es sich um strukturschwache Gebiete mit hoher Arbeitslosigkeit. 8 175 Arbeitsplätze konnten im Herstellersegment für Ostdeutschland identifiziert werden gegenüber 5 380 für Westdeutschland. Die Beschäftigten im Handwerk sind wiederum in den Regionen deutlich stärker vertreten, in denen die Photovoltaikanlagen zum Einsatz kommen, und das ist West- und hier vor allem Süddeutschland: nach der Hochrechnung 15 217 Beschäftigte gegenüber 4 783 in Ostdeutschland. An Hand der Verteilung der Photovoltaikbeschäftigten auf West- und Ostdeutschland, lässt sich darstellen, welches Gewicht diese Branche im Osten im Vergleich zur Gesamtwirtschaft hat. In Abbildung 9 werden die Anteile Ostdeutschlands an der Photovoltaikindustrie dargestellt und mit dem Anteil an allen Erwerbstätigen verglichen.

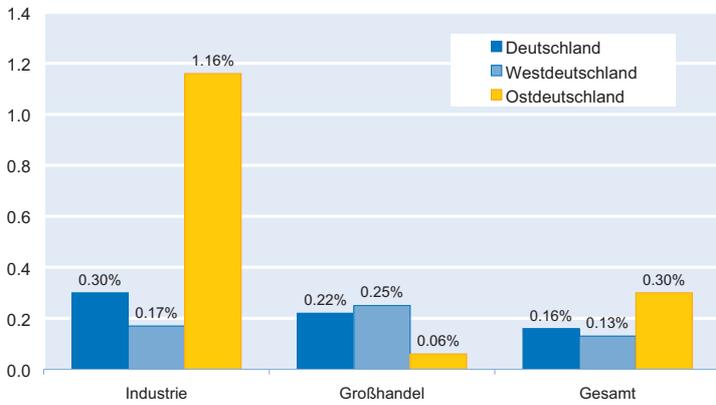
**Abb. 9**  
**Anteil Ostdeutschlands an den Beschäftigten in der Photovoltaikindustrie sowie an den gesamten Erwerbstätigen in Deutschland, 2007**



Quelle: EuPD-Research; BA (Stand: 30. Juni 2007); ifo Institut.

Während auf Ostdeutschland nur 18,4% aller Erwerbstätigen in Deutschland entfallen, sind für die Photovoltaikbranche deutlich überproportionale Anteile zu erkennen, hier befinden sich 34,8% der Arbeitsplätze in Ostdeutschland. Bei den industriellen Herstellern ist das Gewicht Ostdeutschlands mit 60,3% noch deutlicher und auch der ostdeutsche Anteil an den Zulieferern liegt mit 28,6% über dem gesamtwirtschaftlichen Referenzwert, ebenso der Anteil der Arbeits-

**Abb. 10**  
**Anteil der Photovoltaikbeschäftigten an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, 2007**



Quelle: EuPD-Research; BA (Stand: 30. Juni 2007); ifo Institut.

plätze im Handwerk mit 23,9%. Nur der Großhandel ist mit 3,2% gegenüber dem Gewicht Ostdeutschlands an der Gesamtwirtschaft deutlich unterrepräsentiert.

In Abbildung 10 wird dargestellt, welches Gewicht die Photovoltaikbranche innerhalb der Gesamtwirtschaft hat, wiederum gemessen an den Beschäftigtenzahlen. Als Vergleichsmaßstab werden hier die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten herangezogen. Dies ist gerechtfertigt, da nach den Befragungsergebnissen der EuPD Research 97% der erfassten Mitarbeiter in der Photovoltaikbranche Angestellte, Arbeiter oder Auszubildende sind, und nur 3% »Sons-tige« (worunter sowohl selbständig Tätige wie auch geringfügig Beschäftigte fallen können).

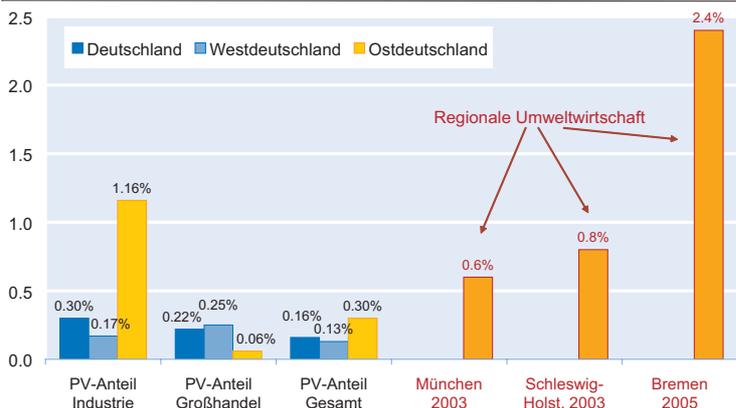
Auf den ersten Blick scheinen die Beschäftigtenanteile in der Photovoltaikbranche im Vergleich zur Gesamtwirtschaft marginal zu sein. Immerhin ist festzustellen, dass in Ostdeutschland die Photovoltaikbeschäftigten mit 0,3% ein

deutlich höheres Gewicht hat als in Westdeutschland (0,13%) bzw. in der gesamten Bundesrepublik (0,16%). Besonders kommt dieser Effekt bei den industriellen Herstellern (inklusive der Zulieferer, die auch dem verarbeitenden Gewerbe angehören) zur Geltung, die in Ostdeutschland zusammen 1,16% zur Gesamtbeschäftigung beitragen, in Westdeutschland dagegen nur 0,17% und im Gesamtdurchschnitt 0,30%. Auf den ersten Blick mögen diese Anteile gering erscheinen, jedoch ändert sich das Bild, wenn man diese Größenordnungen mit den Ergebnissen aus den Regionalstudien zum Umweltschutzmarkt in Beziehung setzt. Die Ergebnisse der letzten drei entsprechenden Untersuchungen des ifo Instituts werden in Abbildung 11 dargestellt. Danach entfielen

auf die Umweltwirtschaft in der Region München im Jahr 2003 lediglich 0,6% aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, in Schleswig-Holstein waren es 0,8% und im Bremen (2005) immerhin 2,4%. Da es sich bei der Photovoltaikbranche aber wiederum nur um ein Teilsegment der Umweltwirtschaft handelt, ist festzuhalten, dass die erreichten Anteile nicht unerheblich sind, vor allem der 1,16%-Anteil an der Industriebeschäftigung ist damit als eher überproportional einzustufen.

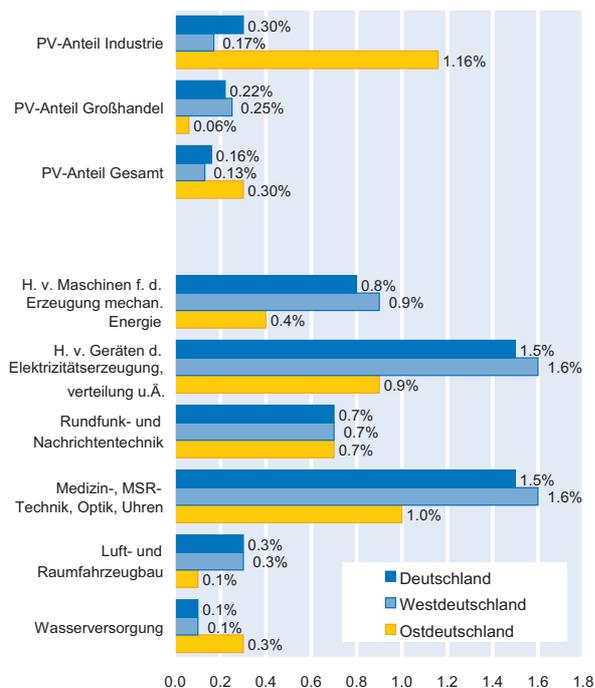
Nicht zuletzt ist darauf hinzuweisen, dass es auch andere wirtschaftlich nicht unbedeutende Branchen gibt, deren Anteil an den gesamtwirtschaftlichen Beschäftigtenzahlen in ähnlichen Größenordnungen liegt wie bei der Photovoltaikbranche. In Abbildung 12 werden einige Beispiele dargestellt. So entfallen auf die Herstellung von Maschinen für die Erzeugung mechanischer Energie 0,8% aller Beschäftigten in Deutschland, in Westdeutschland sind es 0,9% und in Ostdeutschland 0,4%. Für die Herstellung von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u.Ä. sind es 1,5% gesamtdeutsch, 1,6% in Westdeutschland und 0,9% in Ostdeutschland. Für die Rundfunk- und Nachrichtentechnik liegen die Anteile jeweils bei rund 0,7%, im Luft- und Raumfahrtzeugbau bei rund 0,3% für West- und Gesamtdeutschland und bei nur 0,1% in Ostdeutschland. Der Anteil der Beschäftigten in der Wasserwirtschaft liegt dagegen in Ostdeutschland mit 0,3% höher als in West- bzw. Gesamtdeutschland (jeweils rund 0,1%). Im Hinblick auf die ordnungspolitischen Rahmenbedingungen ist vor allem der Luft- und Raumfahrtzeugbau von Interesse. Er hängt ähnlich wie die Photovoltaikindustrie deutlich stärker als andere Branchen von staatlichem Einfluss ab, wobei es hier vor allem das staatliche Beschaffungswesen war, das die

**Abb. 11**  
**Anteil an den Gesamtbeschäftigten: Photovoltaik 2007 im Vergleich zur Umweltwirtschaft in verschiedenen Regionen**



Quelle: EuPD-Research; BA (Stand: 30. Juni 2007); ifo Institut.

**Abb. 12**  
**Anteil an den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten Photovoltaik im Vergleich mit Branchen, 2007**



Quelle: EuPD-Research; BA (Stand: 30. Juni 2007); ifo Institut.

Entwicklung vorangetrieben hat, bei der Photovoltaik war es dagegen die gesetzlich garantierte Einspeisevergütung. Im Luft- und Raumfahrzeugbau liegt der Beschäftigtenanteil gesamtdeutsch mit 0,3% in derselben Größenordnung, wie sie die Photovoltaik in Ostdeutschland aufweist.

Das Fazit dieser Analyse bezüglich der Bedeutung der Photovoltaikindustrie für Ostdeutschland lautet demnach: Die ostdeutschen Standorte haben innerhalb der deutschen Photovoltaikindustrie eine überproportionale Bedeutung und innerhalb der Region Ostdeutschland leistet die Photovoltaikbranche einen im Vergleich zu westdeutschen Regionen deutlich höheren Beitrag zur Gesamtbeschäftigung. Der Beitrag zu den gesamtwirtschaftlichen Arbeitsplatzzahlen ist zwar relativ gering, liegt aber in einer vergleichbaren Größenordnung wie sie auch für andere kleinere Branchen der deutschen Wirtschaft festzustellen ist.

**Der Photovoltaik-Cluster im Vergleich mit anderen Umwelttechnik-Clustern**

Aus regionalpolitischer Sicht macht der relativ hohe staatliche Einfluss den Umweltschutzsektor und seine einzelnen Segmente wie die Photovoltaikindustrie zu einem attraktiven Objekt der regionalen Wirtschaftspolitik. Dabei ist in vielen Fällen die Hoffnung auf eine Verbindung von umweltpo-

litischen und beschäftigungspolitischen Zielsetzungen gerichtet. Schon Ende der achtziger Jahre begannen einzelne Bundesländer, wie Berlin, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen, Entwicklungsstrategien für die Umweltschutzwirtschaft zu erarbeiten. Im Verlauf der neunziger Jahre nahm dann auch in einzelnen Großstädten das Interesse an Informationen über die regionale Umweltwirtschaft und die spezifischen Fördermöglichkeiten dieses Sektors in der jeweiligen Region (Region Köln, Großraum Hannover, Region München, Raum Leipzig, Region Augsburg-Schwaben) zu (vgl. Lemke und Wackerbauer 2000). Im neuen Jahrhundert wurden Studien für Schleswig-Holstein, Bremen und wiederum für die Region München durchgeführt.

Da die Entwicklung des Umweltschutzsektors deutlich von der bundesdeutschen und europäischen Umweltschutzgesetzgebung abhängig war, verblieben für die Regionalpolitik vor allem folgende strategische Ansatzpunkte für eine Förderung der Umweltwirtschaft:

- der Vollzug der Umweltschutzgesetzgebung durch die unteren Gebietskörperschaften und die Beseitigung von Vollzugsdefiziten;
- das öffentliche Beschaffungswesen von Ländern und Kommunen;
- Förderprogramme und Subventionen für Umweltschutzmaßnahmen;
- Aktivitäten zur Verbesserung der Exporttätigkeit der Umweltwirtschaft;
- Innovationsorientierte Wirtschaftspolitik;
- Förderung des Umweltbewusstseins der Unternehmen sowie der privaten Haushalte.

Die regionalen Entwicklungsstrategien waren dabei stets auf einen Mix der verschiedenen Instrumente ausgerichtet, wobei in zeitlicher Hinsicht der Schwerpunkt zunächst auf Instrumenten wie dem Abbau von Vollzugsdefiziten und Entwicklungshemmnissen lag, wogegen in den letzten Jahren eine Verlagerung auf freiwillige Vereinbarungen wie z.B. regionale Umweltpakte stattfand. Entwicklungshemmnisse waren vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen und Existenzgründern im Umweltschutz in Gestalt eines Eigen- und Fremdkapitalmangels und einer fehlenden bzw. unzulänglichen FuE-Infrastruktur bzw. einem Mangel an FuE-Personal festzustellen und unterschieden sich damit nur wenig von den Problemen der kleinen und mittelgroßen Unternehmen und der Marktneulinge in anderen innovativen Branchen. Dem Problem des Kapitalmangels wird durch die zahlreichen Förderprogramme für die Anbieter von Umweltschutzgütern und den betrieblichen Umweltschutz begegnet, die immer eine bedeutende Rolle für die Entwicklung dieses Sektors spielten. Engpässe im Bereich der Forschung und Entwicklung versuchten viele Bundesländer und Regionen durch eine innovationsorientierte Wirtschaftspolitik zu beseitigen, die auf Informati-

**Tab. 3**  
**Gegenüberstellung der Ergebnisse für Photovoltaik- und Umweltwirtschaft (Stichprobenergebnisse)**

	n	Rücklaufquote (in %)	Durchschnitt Beschäftigte	Durchschnitt Umsatz (in Mill. €)	Durchschnitt Exporte (in Mill. €)	Exportquote (in %)	Durchschnitt FuE-Ausgaben	FuE-Quote (in %)
Photovoltaik 2007 <sup>a)</sup>	345	9	–	–	–	–	–	–
Hersteller	43	40	303	119,0	40,5	34	3,3	2,8
Zulieferer	50	23	77	6,7	2,5	37	0,5	7,4
Großhandel	42	21	14	19,3	1,5	7,6	–	–
Handwerk	210	7	3	0,3	–	–	–	–
Regionale Umweltwirtschaft in ...								
Bremen 2005	96	40	47	10	1,2	12	1,1 Mill.	11,0
München 2003	143	45	27	4,5	1,0	22	73 000	1,6
Schleswig-Holstein 2003	149	38	17	2,8	0,15	5,5	33 560	1,2

<sup>a)</sup> Die Befragungsergebnisse beziehen sich auf das Jahr 2006, außer Anzahl der Unternehmen und Beschäftigte, die sich auf 2007 beziehen.

Quelle: EuPD Research; ifo Institut.

onsaustausch, Qualifikationsmaßnahmen und Einrichtung von Technologietransferstellen und Umwelttechnikzentren basierte. Dagegen schied das öffentliche Beschaffungswesen mit der Zeit als Impulsgeber für die Nachfrage nach regionalen Umweltschutzleistungen aus, da im Rahmen der einschlägigen Vergaberichtlinien die entsprechenden Aufträge zunehmend bundes- und europaweit ausgeschrieben werden müssen. Als Ausgleich für die stagnierende Inlandsnachfrage versuchte man daher, den regionalen Umweltfirmen den Zugang zu internationalen Umweltschutzmärkten zu erleichtern.

Als Ausgangspunkt für einen Vergleich des Photovoltaik-Clusters kommen als heranzuziehende Umwelttechnik-Cluster aufgrund der zeitlichen Vergleichbarkeit vor allem die Regionalstudien für Bremen (vgl. Schönert, Wackerbauer et al. 2007), Schleswig-Holstein (vgl. Glasow, Schulz-Kleinfeldt und Wackerbauer 2006) und München (vgl. Triebswetter und Wackerbauer 2005) in Frage (vgl. Tab. 3). Für die beiden erstgenannten Regionen spricht auch deren Angebotsschwerpunkt bei Technologien zur Nutzung regenerierbarer Energien, für die letztgenannte Region deren generelle Ausrichtung auf hochinnovative Umwelttechnik.

Aus dem Vergleich der aktuellen Befragungsergebnisse für die Photovoltaikindustrie mit den Umweltwirtschaft-Studien wird deutlich:

- Die Befragungsergebnisse der EuPD Research bieten ein umfassendes Bild der Photovoltaikindustrie in Deutschland für das Jahr 2006. Die Rücklaufquote ist im Durchschnitt mit 9,5% zwar sehr niedrig, dies liegt aber am großen Gewicht des Handwerks an der Grundgesamtheit (von insgesamt 3 636 Kontaktdaten waren 3 023 Handwerksbetriebe, also 83%). Umfragen im Handwerk bringen nach den Erfahrungen aus den Umweltmarkt-Studien des ifo Instituts immer äußerst geringe Rücklaufquo-

ten mit sich (bei den jüngsten ifo-Umfragen in der Umweltwirtschaft wurde das Handwerk daher nicht mehr einbezogen).

- Bei den Herstellern liegt die Rücklaufquote mit 40% in der Größenordnung vergleichbarer Erhebungen bei der Umweltwirtschaft (die dort erst nach zwei Befragungswellen erreicht wurden).
- Die Durchschnittswerte für Beschäftigte und Umsatz im Photovoltaikbereich liegen bei den Herstellern weit über denen der Umweltwirtschaft insgesamt, auch bei den Zulieferern liegen sie darüber; beim Handel sind die Durchschnittsumsätze naturgemäß höher. Das Handwerk wurde in den ifo Studien zur Umweltwirtschaft nicht erfasst.
- Die Exportquote ist bei den Photovoltaikherstellern und -zulieferern deutlich höher als in der Umweltwirtschaft (bedingt durch ein hohes Gewicht der Dienstleister bei letzterer): 34% bei Herstellern bzw. 37% bei Zulieferern gegenüber 12% in der Umweltwirtschaft Bremen und 22% in der Umweltwirtschaft München. Das Photovoltaikhandwerk exportiert naturgemäß nicht und der Photovoltaikgroßhandel wenig (7,6% – ein höherer Wert als in der exportschwachen Umweltwirtschaft Schleswig-Holsteins mit insgesamt 5,5% Exportquote).

Die FuE-Quote (Anteil der FuE-Ausgaben am Umsatz) liegt bei den Photovoltaikzulieferern mit 7,4% deutlich höher als in der Umweltwirtschaft Schleswig-Holsteins (1,2%) und der Umweltwirtschaft Münchens (1,6%). Die ebenfalls hohe FuE-Quote von 11,0% in Bremen beruht auf dem Sondereinfluss, dass die Großforschungseinrichtung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) ihren Standort in Bremen hat. Bei den für Bremen erfassten Umwelt-FuE-Aufwendungen handelt es sich daher fast ausschließlich um solche, die im wissenschaftlichen Bereich erbracht wurden. Die industriellen FuE-Aufwendungen im Umwelttechnikbereich des Landes Bremen führen nur zu

einer FuE-Quote von etwa 1%. Auch im Vergleich zum gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt schneidet die Photovoltaikindustrie gut ab. Die Forschungsausgaben von Staat, Hochschulen und Unternehmen in Deutschland lagen im Jahr 2005 nach Angaben des Stifterverbands für die deutsche Wissenschaft bei 2,49% der Wirtschaftsleistung (vgl. Stifterverband 2007). Da hier allerdings die Bezugsgröße das Bruttoinlandsprodukt ist und nicht wie bei der Befragung der Photovoltaikindustrie der Umsatz, ist eine direkte Vergleichbarkeit der jeweiligen Quoten nicht gegeben. Würde man für die gesamtwirtschaftliche FuE-Quote als Annäherungswert für den Umsatz den Bruttoproduktionswert als Bezugsgröße verwenden, so würde diese nur etwa halb so hoch ausfallen. Entsprechend höher wäre der Abstand der Photovoltaikindustrie.

**Bedeutung der Standortfaktoren**

Von hoher Bedeutung für die Wettbewerbssituation eines Industrieclusters sind v.a. die Standortfaktoren in der jeweiligen Region. Hierzu wurden sowohl bei der Befragung der Unternehmen der Photovoltaikindustrie wie auch bei den Umfragen zur Umweltwirtschaft die Beurteilung verschiedener Standortfaktoren durch die Unternehmen erfasst. Die fünf Standortfaktoren, die in den jeweiligen Clustern am häufigsten als positiv eingeschätzt wurden, werden in folgender Übersicht 1 dargestellt.

Beim Vergleich der Einschätzung der Standortfaktoren in den verschiedenen Untersuchungen ist festzuhalten, dass sich die Absatzmarktnähe in allen Befragungen als wichtig herausgestellt hat, von der Photovoltaikindustrie allerdings etwas niedriger eingestuft wird als von der Umweltwirtschaft in den verschiedenen Regionen. Die Tatsache, dass die Standorte der Photovoltaikhersteller sich in Ostdeutschland befinden, die Absatzmärkte dagegen vor allem in Süddeutschland liegen, scheint insofern kein besonderes Entwicklungshemmnis darzustellen. Die Umweltwirtschaft insgesamt ist offensichtlich deutlich stärker von der Nähe zu

ihren Kunden abhängig als die Photovoltaikindustrie. Zudem wird die Verkehrsinfrastruktur durch die Photovoltaikindustrie eher besser eingestuft als durch die Umweltwirtschaft. Aus beiden Ergebnissen lässt sich folgern, dass der Standort Ostdeutschland im Hinblick auf Absatzmärkte der Photovoltaikindustrie keinen Wettbewerbsnachteil darstellt. Auch die Bedeutung des wissenschaftlichen Umfelds rangiert in der Photovoltaikindustrie höher als in München oder Schleswig-Holstein, woraus ein weiterer Standortvorteil für die Photovoltaikindustrie abzulesen ist. Lediglich das Fachkräfteangebot wird etwas schlechter beurteilt als in München oder Schleswig-Holstein, woraus ein potentielles Entwicklungshemmnis für die Photovoltaikindustrie resultieren könnte.

Der Wohn- und Freizeitwert der jeweiligen Region ist vor allem für die Umweltwirtschaft-Cluster von hoher Bedeutung, er trägt insbesondere dazu bei, dass qualifizierte Arbeitskräfte für den jeweiligen Standort gewonnen werden können. Teilweise wird vor einem drohenden Fachkräftemangel für technologieintensive Branchen wie die Photovoltaikindustrie gewarnt. Allerdings dürfte sich dieses potentielle Entwicklungshemmnis im Osten Deutschlands weniger dramatisch darstellen als im Westen, u.a. auch deshalb, weil eine Rekrutierung von Fachkräften aus der Halbleiterbranche möglich ist. Trotzdem sollte die Tatsache als Warnung aufgefasst werden, dass die Qualifikation der Arbeitskräfte in den Umwelttechnik-Clustern in München und Schleswig-Holstein durchwegs höher eingestuft als durch die Photovoltaikindustrie. Die Einstufung des Standortfaktors »Rechtssicherheit« an erster Stelle ist sicherlich im Sinne einer Kontinuität des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zu verstehen, ohne das die bisherige rasante Entwicklung der Photovoltaikindustrie nicht denkbar gewesen wäre und das die wesentliche Voraussetzung für eine weiterhin stabile Inlandsnachfrage darstellt.

**Fazit**

Vorangetrieben durch die gesetzlich garantierten Einspeisevergütungen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz hat die deutsche Photovoltaikbranche in den vergangenen Jahren eine stürmische Wachstumsphase durchlaufen, die nach den Erwartungen der Unternehmen für die kommenden Jahre anhalten wird. Dabei haben sich gerade im Vergleich zum Westen strukturschwache Regionen in Ostdeutschland als Standorte vor allem der Hersteller etabliert. Die bereits deutlich ausgeprägte Exportorientierung der Branche lässt auch für die Zukunft ein Wachstum über die Auslandsmärkte erwarten, wengleich zu erwarten ist, dass sich der Konkurrenzdruck zwischen den weltweit über 500 Herstellern von Photovoltaikanlagen noch deutlich erhöhen wird.

**Übersicht 1**  
**Beurteilung von Standortfaktoren in verschiedenen Clustern**

<b>Photovoltaikindustrie</b>	<b>Umweltwirtschaft Bremen</b>
1. Rechtssicherheit	1. Wissenschaftliches Umfeld
2. Verkehrsinfrastruktur	2. Absatzmarktnähe
3. Absatzmarktnähe	3. Wohn- und Freizeitwert
4. Wissenschaftliches Umfeld	4. Wirtschaftsförderung
5. Fachkräfteangebot	5. Verkehrsinfrastruktur
<b>Umweltwirtschaft München</b>	<b>Umweltwirtschaft Schleswig-Holstein</b>
1. Absatzmarktnähe	1. Wohn- und Freizeitwert
2. Wohn- und Freizeitwert	2. Absatzmarktnähe
3. Verkehrsinfrastruktur	3. Fachkräfteangebot
4. Fachkräfteangebot	4. Verkehrsinfrastruktur
5. Wissenschaftliches Umfeld	5. Kosten für Gewerbeflächen

Quelle: Befragungen von EuPD-Research und ifo Institut.

**Literatur**

- Aghion, P., R. Blundell, R. Griffith, P. Howitt und S. Prantl (2005), »The effects of entry on incumbent innovation and productivity«, CEPR Working Paper Nr. 5323.
- Berekoven, L., W. Eckert und P. Ellenrieder (2006), *Marktforschung: Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*, 11. Auflage, Gabler, Wiesbaden.
- Frondel, M., N. Ritter und Ch.M. Schmidt (2007), *Photovoltaik: Wo viel Licht ist, ist auch viel Schatten*, RWI, Positionen 18.2 vom 10. Dezember 2007, Essen.
- Glasow, P., M. Schulz-Kleinfeldt und J. Wackerbauer (2006), *Umweltwirtschaft Schleswig-Holstein 2004 – Bestandsaufnahme und Entwicklungsperspektiven*, Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt u. ländliche Räume, Schleswig-Holstein.
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (2004), *Die deutsche Photovoltaik-Industrie-Industriereport 2003/2004*, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.
- Lemke, M. und J. Wackerbauer (2000), *Handbuch der Umweltschutzwirtschaft*, Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- Loschky, A. und L. Ritter (2007), »Konjunkturmotor Export«, *Wirtschaft und Statistik* (5), Wiesbaden, 478–488.
- Ruhl, V., J. Wackerbauer, F. Lütter, C. Schmidt und U. Triebswetter (2008), *Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland*, Bonn, München.
- Schönert, M., J. Wackerbauer, G. Stenke, H. Albers, St. Langer, U. Triebswetter und M. Wittmaier (2007), *Umweltwirtschaft im Land Bremen – Bestandsaufnahme und Entwicklungsperspektiven*, Regionalwirtschaftliche Studien 23, REGIOVERLAG, Berlin.
- Statistisches Bundesamt (2007), *Bauhauptgewerbe/Ausbaugewerbe – Lange Reihen der jährlichen Betriebserhebungen*, Wiesbaden.
- Stifterverband für die deutsche Wissenschaft (2007), *Zahlen und Fakten aus der Wirtschaftsstatistik GmbH im Stifterverband*, Essen.
- Triebswetter, U. und J. Wackerbauer (2005), *Die Umweltwirtschaft in der Region München*, Veröffentlichung des Referats für Arbeit und Wirtschaft 183, Landeshauptstadt München, Referat für Arbeit und Wirtschaft, München.
- Verband der Netzbetreiber (2007), VDN beim BDEW, *EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2000 bis 2013*, Stand: 8. Juni 2007, o. O.
- Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung (ZSW), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH (2007): *Erneuerbare Energien – Bruttobeschäftigung 2006. Teilbericht zum Abschlußbericht des Vorhabens »Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up«*, Stuttgart, Berlin, Osnabrück.