

## Die Formierung von Photovoltaik-Clustern in Ostdeutschland

Als eine der Schwächen der ostdeutschen Wirtschaftsstruktur erweist sich der relative Mangel an Führungsfunktionen und Headquartern sowie damit einhergehende vergleichsweise geringe Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen der Betriebe.<sup>38</sup> Um dieser Schwäche zu begegnen, könnte versucht werden, die Headquarter von vorhandenen Unternehmen aus etablierten Branchen zu attrahieren. Dies erweist sich jedoch als schwierig, wenn nicht gar unmöglich.<sup>39</sup> Anders verhält es sich, wenn neue Industriezweige entstehen. Diesen fehlen persistente räumliche Strukturen, was es auch bislang eher strukturschwachen Regionen ermöglicht, vom Wachstum des Sektors zu profitieren.

Die Photovoltaik (PV) ist solch ein neuer Industriezweig und damit ein Hoffnungsträger der regionalen Entwicklung. Infolge des Einsatzes umfangreicher öffentlicher Förderinstrumente<sup>40</sup> ist die PV-Industrie in Deutschland seit dem Jahr 2000 durch ein starkes Produktions- und Umsatzwachstum gekennzeichnet.<sup>41</sup> Dabei haben die ostdeutschen Regionen überproportional vom Wachstum des Sektors profitiert.<sup>42</sup> So waren im Jahr 2008 in den Neuen Bundesländern etwa 14 000 direkte Industriebeschäftigte in der Photovoltaik-Industrie tätig.<sup>43</sup>

Neben diesen Arbeitsmarkteffekten ermöglichen die Unternehmensgründungen den Regionen die Attrahierung neuer, technologisch starker Unternehmen, die alle wertschöpfenden Tätigkeiten am Standort realisieren. Diese umfassen außer der Produktion und dem Vertrieb auch höherwertige Funktionen wie Forschung und Entwicklung, Marketing sowie Führungsfunktionen, eben jene Tätigkeiten, die einen entscheidenden Beitrag zur Steigerung regionaler Einkommen leisten können.<sup>44</sup>

Die räumlichen Strukturen der Photovoltaik-Industrie befinden sich im Gegensatz zu traditionellen Branchen derzeit noch im Aufbau. Der vorliegende Beitrag untersucht ausgehend von einer evolutorischen Perspektive die bisherige Entwicklung der Branche in Ostdeutschland bis zum Jahr 2008. Anhand des Konzepts des *Window of Locational Opportunity* (WLO) wird gezeigt, wie sich die PV-Industrie an den jeweiligen Standorten lokalisiert hat, und dass sich im Zuge anhaltenden Wachstums sowie stetiger Unternehmensgründungen eine Konzentration der Entwicklung auf einige bestimmte Standorte in Ostdeutschland abzeichnet.

Der folgende Abschnitt beschreibt zunächst das Konzept des WLO, einem Phasenmodell industrieller Entwicklung, das Aussagen über die räumliche Evolution neuer Industriezweige trifft. Nach einer kurzen Beschreibung der historischen Entwicklung der PV-Industrie wird anschließend der Modellrahmen auf die Branche übertragen und die Entwicklung der ostdeutschen Standorte analysiert. Im abschließenden Abschnitt werden die wirtschaftspolitischen Implikationen der empirischen Befunde diskutiert.

<sup>38</sup> Vgl. BLUM, U.: Der Einfluß von Führungsfunktionen auf das Regionaleinkommen: Eine ökonometrische Analyse ostdeutscher Regionen, in: IWH, Wirtschaft im Wandel 6/2007, S. 187-194. – RAGNITZ, J.: Humankapital und Produktivität in Ostdeutschland, in: IWH, Wirtschaft im Wandel 6/2007, S.178-187.

<sup>39</sup> Vgl. BLUM, U., a. a. O., S. 194.

<sup>40</sup> Vgl. FRONDEL, M.; RITTER, N.; SCHMIDT, C. M.: Photovoltaik: Wo viel Licht ist, ist auch viel Schatten, in: List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik, Band 34, Heft 1, 2008, S. 28-44.

<sup>41</sup> Vgl. BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT: Statistische Zahlen der deutschen Solarstrombranche (Photovoltaik). Berlin 2008.

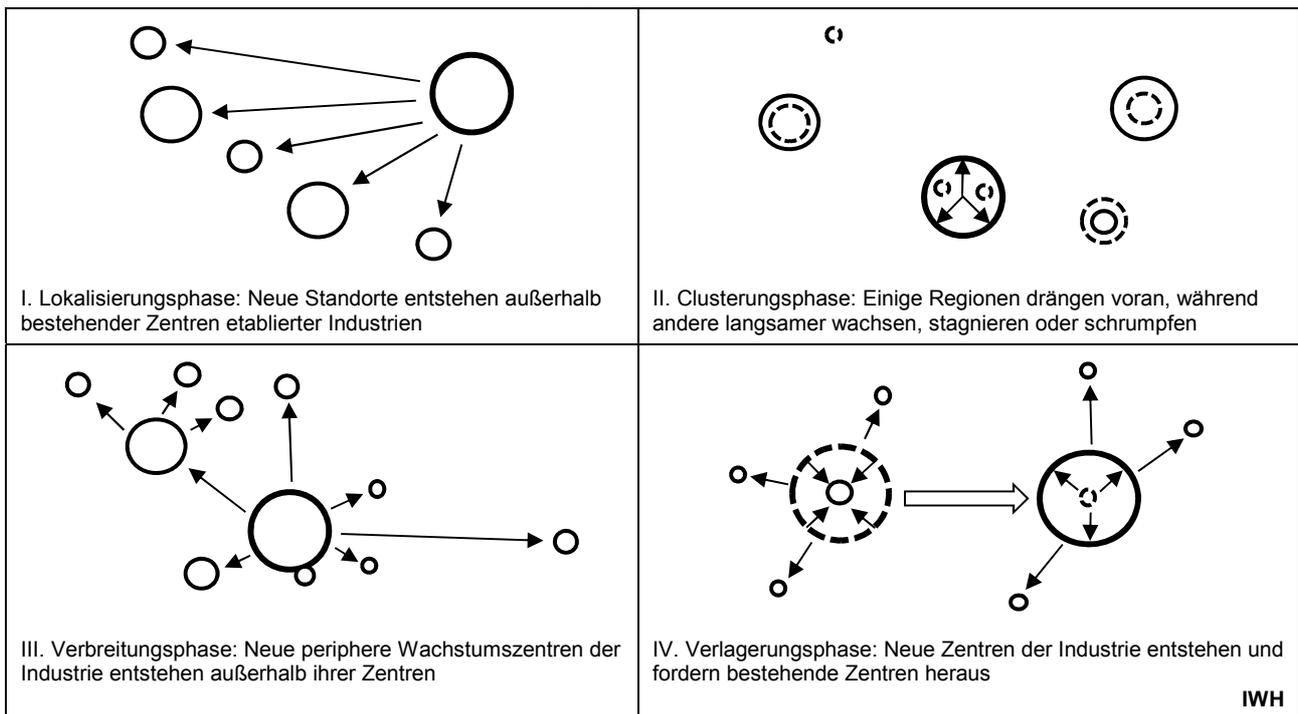
<sup>42</sup> Etwa 60% der Industriearbeitsplätze der deutschen PV-Industrie sind in den Neuen Bundesländern entstanden. Vgl. RUHL, V.; LÜTTER, F.; SCHMIDT, C.; WACKERBAUER, J.; TRIEBSWETTER, U.: Standortgutachten Photovoltaik in Deutschland. Kurzfassung. EuPD Research. ifo: Bonn, München 2008, S. 14.

<sup>43</sup> Die Angaben zu Beschäftigtenzahlen und Gründungsdaten reiner Photovoltaik-Unternehmen bzw. zu Markteintrittszeitpunkten der Zulieferbetriebe stammen aus der IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik, die auf eigenen Erhebungen des IWH basiert. Als PV-Industrie wird die Gesamtheit der Unternehmen definiert, die entlang der Wert-

schöpfungskette (Silizium>Ingots>Wafer>Zellen>Module; außerdem Hersteller von Komponenten und Solarglas sowie integrierte Anbieter und Dünnschichtproduzenten) agieren (siehe hierzu auch die Abbildungen 2 bis 5; für eine detaillierte Beschreibung der Wertschöpfungskette der PV siehe beispielsweise STAISS, F.; SCHMIDT, M.; KRATZAT, M.: Wertschöpfung und Arbeitsplatzeffekte durch die Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, in: Forschungsverbund Sonnenenergie, Bundesverband Solarwirtschaft (Hrsg.), Produktionstechnologien für die Solarenergie. 2007, S. 24-35). Zudem wurden Zulieferer berücksichtigt, die spezielle Produkte für die PV-Industrie herstellen. Die Segmente des Handels, der Installation und der Betreibung von Solarparks wurden nicht einbezogen.

<sup>44</sup> Vgl. BLUM, U., a. a. O.

Abbildung 1:  
Die vier Phasen der räumlichen Industrialisierung



Quelle: Darstellung des IWH in Anlehnung an Storper und Walker (1989), S. 71.

### Räumliche Evolution neuer Industrien

Innerhalb der Diskussion um die Entstehung von Standortmustern neuer Industriezweige existieren verschiedene Erklärungsansätze.<sup>45</sup> Die folgenden Ausführungen fokussieren auf das WLO-Konzept

von Storper und Walker.<sup>46</sup> Grundlage ist hier ein Phasenmodell der Entstehung neuer Industriezweige (vgl. Abbildung 1). Der vorliegende Beitrag widmet sich insbesondere der Lokalisierungs- und Wachstumsphase des Modells, da sie den Analyserahmen der folgenden empirischen Untersuchung bilden.

Ausgangspunkt des WLO-Konzepts ist die Entstehung neuer Industriezweige aufgrund von Produkt- oder Prozessinnovationen sowie infolge staatlicher (Markt-)Anreizprogramme. Neue Industriezweige weisen dem Modell entsprechend zwei wesentliche Eigenschaften auf: erstens unterscheidet sich ihr institutionelles Umfeld grundlegend von dem bestehender Industrien, zweitens sind sie durch hohe Wachstumsraten gekennzeichnet.<sup>47</sup>

Infolge der Neuheit des Industriezweigs existieren in der ersten Phase der Entwicklung (Lokalisierungsphase, vgl. Abbildung 1) keine sie direkt begünsti-

<sup>45</sup> So sieht beispielsweise *Vernon* den Produktionsstandort durch den jeweiligen Stand der Produkte im Lebenszyklus bestimmt. Zudem existieren stochastische Ansätze zur Erklärung der Entstehung räumlicher Strukturen neuer Industriezweige auf Basis der Modelle von *Arthur* sowie des Zentrum-Peripherie-Modells von *Krugman*. Diese begründen die initialen Standortentscheidungen mit Zufallsprozessen und erscheinen aufgrund der Bedeutung der später im Text aufgezeigten generischen Faktoren als weniger geeignet. Vgl. VERNON, R.: *International Investment and International Trade in the Product Cycle*, in: *The Quarterly Journal of Economics* 80 (2), 1966, pp. 190-207. – ARTHUR, W. B.: *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. University of Michigan Press: Ann Arbor 1994. – KRUGMAN, P.: *Geography and Trade*. Leuven University Press: Leuven 1991. Für eine allgemeine Darstellung dieser Modelle siehe BOSCHMA, R.: *Path Creation, Path Dependence and Regional Development*, in: J. Simmie; J. Carpenter (eds), *Path Dependence and the Evolution of City Regional Development*. Oxford Brookes University: Oxford 2007, pp. 40-55. – MENZEL, M.-P.: *Zufälle und Agglomerationseffekte bei der Clusterentstehung*, in: *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie* 52, Heft 2-3, 2008, S. 114-128.

<sup>46</sup> Vgl. STORPER, M.; WALKER, R.: *The Capitalist Imperative – Territory, Technology, and Industrial Growth*. Basil Blackwell: New York 1989. Zum WLO-Konzept siehe auch SCOTT, A.; STORPER, M.: *High Technology Industry and Regional Development: A Theoretical Critique and Reconstruction*, in: *International Social Science Journal*, 1 (12), 1987, pp. 215-232.

<sup>47</sup> Vgl. MENZEL, M.-P., a. a. O., S. 117.

genden Faktoren im Raum. Ihre Entwicklung erfordert Inputs, die innovativ und spezifisch sind.

Da innerhalb der Zulieferindustrie noch keine industriespezifischen Spezialisierungen erfolgt sind, bestehen relativ große Freiheitsgrade in der Standortwahl. Dieses Charakteristikum trifft in gleichem Maß für die Anforderungen an Arbeitskräfte zu. Da diese an keinem Standort in notwendiger Spezifität vorliegen, müssen auch sie von den Unternehmen durch praktische Erfahrungen und Training-on-the-Job selbst erzeugt werden.<sup>48</sup>

Neue Industrien erfahren folglich in der Lokalisierungsphase ein hohes Maß an Freiheit hinsichtlich ihrer Standortwahl (*Window of Locational Opportunity*) und bieten für eine Vielzahl von Regionen neue Entwicklungsmöglichkeiten (siehe Lokalisationsphase in Abbildung 1). Weiterentwicklungen des Konzepts gehen dabei nicht von vollständiger Wahlfreiheit der Unternehmen aus. So genannte generische Faktoren können eine Selektion möglicher Standorte bewirken.<sup>49</sup> Generische Faktoren sind Ressourcen, die zum Entstehungszeitpunkt noch nicht spezifisch genug sind, um den Bedürfnissen des neuen Industriezweigs zu entsprechen, jedoch ihr Wachstum unterstützen oder als notwendige Bedingung dafür angesehen werden können.<sup>50</sup> Sie stellen allerdings keineswegs eine hinreichende Bedingung für das Wachstum der neuen Industrie dar und finden sich typischerweise an mehreren Punkten im Raum. Infolgedessen entwickelt sich in der Lokalisationsphase ein disperses Standortmuster von neuen Unternehmen des betreffenden Industriezweigs.<sup>51</sup>

### ***How Industries Produce Regions***

Das an die Lokalisierungsphase anschließende Wachstum der Branche trägt wesentlich zur Weiter-

entwicklung des Standortmusters bei. In der Clusterungsphase bilden sich neue räumliche Schwerpunkte der Industrie heraus (siehe auch Abbildung 1). Nach *Storper* und *Walker* erlauben die mit dem Wachstum verbundenen hohen Gewinne den Unternehmen, die notwendigen Bedingungen für ihr Wachstum selbst zu generieren, indem sie Produktionsfaktoren attrahieren oder sich den Zugang zu ihnen sichern. Innerhalb des Produktionsprozesses bewirkt das Wachstum die Entstehung dynamischer Skaleneffekte. Diese ergeben sich durch die im Zeitverlauf kumulierten Ausbringungsmengen und können in Lernkurveneffekte, technischen Fortschritt (beispielsweise Prozessinnovationen) und Rationalisierungen in der Produktion unterteilt werden. Weiterhin können Aus- bzw. Neugründungen sowie Ansiedlungen verwertbare wirtschaftliche Potenziale nutzen und entstehende institutionelle Strukturen die Entwicklung an den jeweiligen Standorten unterstützen.

In der Clusterungsphase zeigt sich der dem WLO-Konzept inhärente evolutorische Charakter des Wachstumsprozesses, d. h., nicht alle Standorte, die sich in der Lokalisierungsphase gebildet haben, entwickeln sich zu industriellen Clustern, einige stagnieren in ihrer Entwicklung, andere verschwinden wieder. Die Ursachen dieser selektiven Clusterung werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Während *Storper* und *Walker* den fehlenden Zugang zu Produktionsfaktoren sowie unterschiedlich starke Ausprägungen von Agglomerations-effekten an den Standorten für heterogene Wachstumsprozesse verantwortlich machen,<sup>52</sup> führt *Klepper* voneinander abweichende Entwicklungen auf Unterschiede innerhalb der Unternehmen am Standort zurück.<sup>53</sup> Firmen benötigen demnach besondere Fähigkeiten, um innerhalb des Wettbewerbs in neuen Industrien zu bestehen. Zu diesen Fähigkeiten zählen Erfahrungen aus unternehmerischen Aktivitäten in bestehenden verbundenen Industriezweigen und somit in Diversifikationsstrategien bereits etablierter Betriebe. Weiterhin betont *Klepper* die Rolle führender Firmen des neuen Industriezweigs als Quelle wettbewerbsfähiger Spin-offs durch Über-

<sup>48</sup> Vgl. STORPER, M.; WALKER, R., a. a. O., p. 74.

<sup>49</sup> Vgl. BOSCHMA, R., a. a. O.

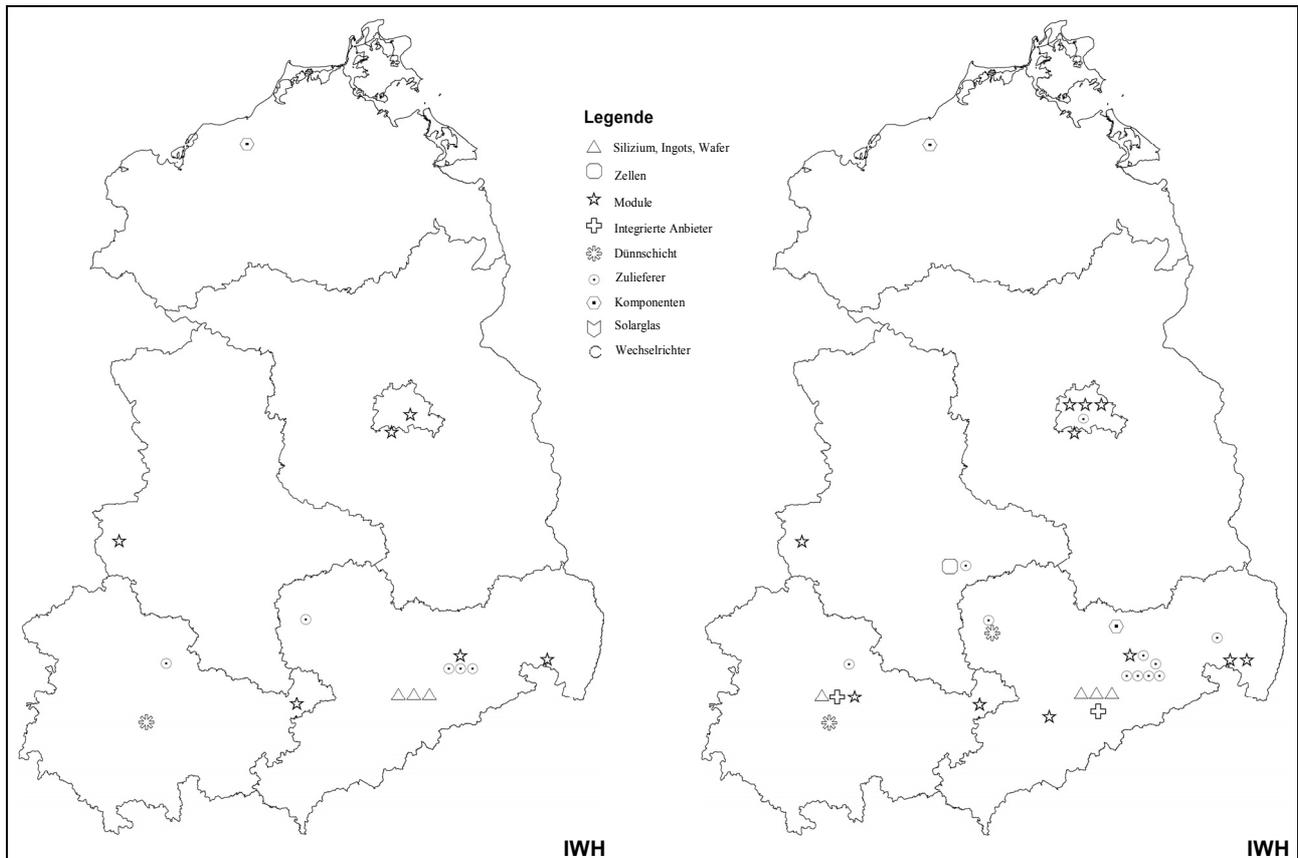
<sup>50</sup> Generische Ressourcen unterscheiden sich dabei von Industrie zu Industrie. So wird der Zugang zu einer technischen Universität als Voraussetzung für die Herausbildung der Biotechnologiebranche angesehen, während die technische Wissensbasis (u. a. Fachkräfteverfügbarkeit, Forschungsinfrastruktur) als besonders relevant für die Elektrotechnik angesehen werden kann. Vgl. BOSCHMA, R., a. a. O.

<sup>51</sup> Weisen Industriezweige die genannten modellexogenen Eigenschaften auf (Produktinnovation, starkes Marktwachstum, Notwendigkeit der Herausbildung eines neuen institutionellen Umfelds), so kann der Ansatz auch auf weitere Branchen übertragen werden.

<sup>52</sup> Vgl. STORPER, M.; WALKER, R., a. a. O., p. 76.

<sup>53</sup> Vgl. KLEPPER, S.: The Evolution of Geographic Structure in New Industries, in: K. Frenken (ed.), *Applied Evolutionary Economics and Economic Geography*. Edward Elgar: Cheltenham 2007, pp. 69-92.

Abbildung 2:  
Standorte der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie  
1996



Quelle: IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

Abbildung 3:  
Standorte der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie  
2000

Quelle: IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

nahme erfolgreicher Routinen aus dem Mutterunternehmen. Da Spin-offs die räumliche Nähe der Herkunftsunternehmen suchen, können so Agglomerationen um erfolgreiche Firmen entstehen. Ebenso stellen etablierte Firmen die Quelle wichtiger Expertise für regionale Zulieferbetriebe dar, die sich durch ihre räumliche Nähe frühzeitig Wissen über die Anforderungen der neuen Industrie aneignen und so Spezialisierungen vornehmen können.<sup>54</sup>

Die genannten Mechanismen können relative Bedeutungsgewinne einzelner Standorte bewirken. Tritt diese Situation ein, beginnt sich das WLO zu schließen. Eine Verfestigung der neuen Standortmuster mit der Etablierung neuer industrieller Zentren ist die Folge. Die Möglichkeiten anderer Regionen, an der Entwicklung des neuen Industriezweigs zu partizipieren, werden deutlich limitierter.<sup>55</sup>

<sup>54</sup> Vgl. KLEPPER, S., a. a. O.

<sup>55</sup> In Anschluss an die Clusterungsphase erschließt sich die Industrie nach *Storper* und *Walker* zunächst neue, von den

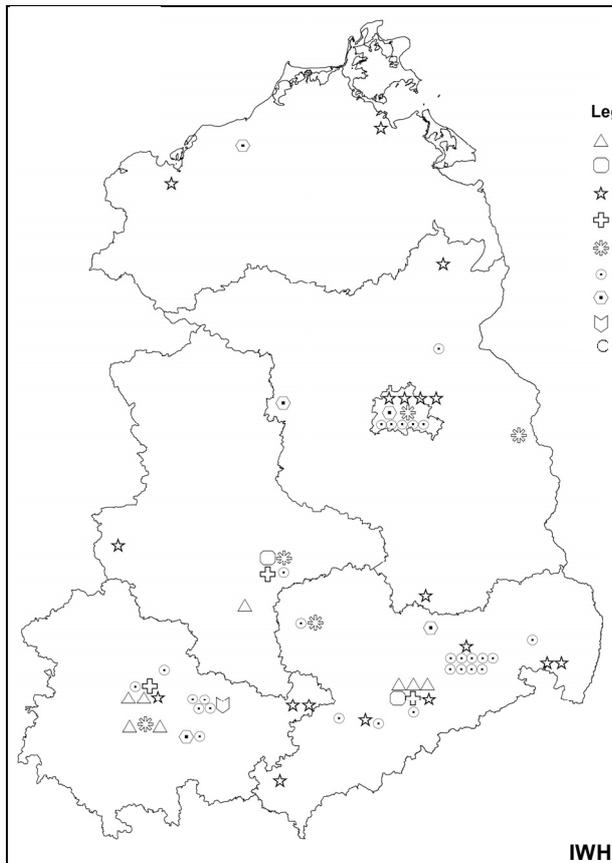
### ***Eine Branche formiert sich***

Die Öffnung des WLO sowie die Entwicklung entsprechend des dargelegten Phasenmodells benötigt eine breite Kommerzialisierung der neuen Technologie. In der Photovoltaik-Industrie bedurfte es dazu eines längeren Zeitraums, der durch verschiedenste Förderinitiativen geprägt war.<sup>56</sup> Erste Anwendun-

Zentren unabhängige Produktionsstandorte, bis schließlich in der Restrukturierungsphase die Rückbildung der Cluster und das Erstarken neuer Zentren beginnt. Der aktuelle Entwicklungsstand der Photovoltaik erlaubt jedoch noch keine Einordnung in diese Entwicklungsphasen, daher wird von einer weiteren Erläuterung der Verbreitungs- und Verlagerungsphase abgesehen. Für eine detaillierte theoretische Darstellung vgl. STORPER, M.; WALKER, R., a. a. O., pp. 83-97.

<sup>56</sup> Für einen detaillierten Überblick über die Faktoren, welche die Entstehung der Photovoltaik-Industrie in Deutschland einleiteten, vgl. JACOBSSON, S.; SANDÉN, B. A.; BANGENS, L.: Transforming the Energy System – The Evolution of the German Technological System for Solar Cells, in: *Technology Analysis & Strategic Management* 16 (1), 2004, pp. 3-30.

Abbildung 4:  
Standorte der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie  
2004



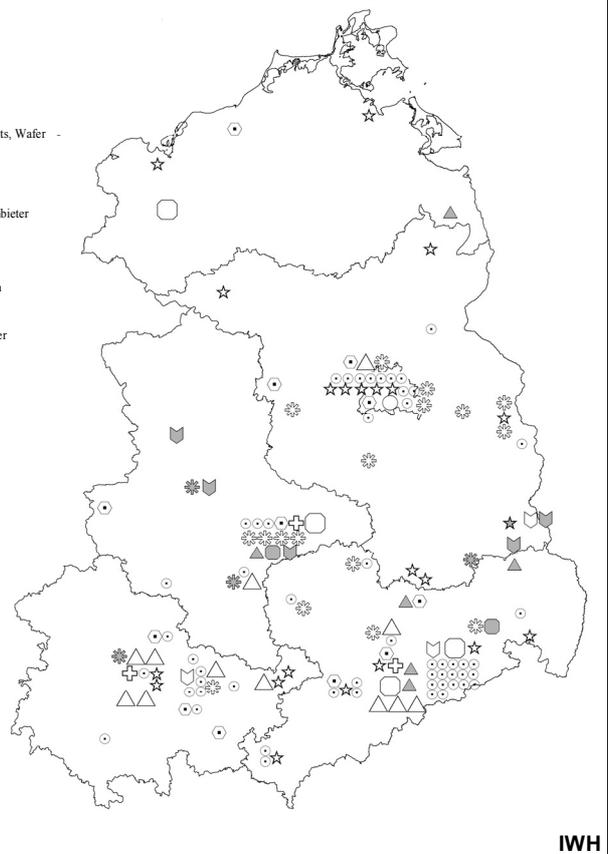
IWH

Quelle: IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

Abbildung 5:  
Standorte der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie  
2008

Legende

- △ Silizium, Ingots, Wafer
- Zellen
- ☆ Module
- ⊕ Integrierte Anbieter
- ❄ Dünnschicht
- Zulieferer
- Komponenten
- ▽ Solarglas
- Wechselrichter



IWH

Quelle: IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik. Dunkel hinterlegte Symbole stellen geplante Investitionen dar.

gen der PV-Technologie fanden sich bereits 1958 in der Raumfahrtindustrie, jedoch blieb weiteren PV-Anwendungen aufgrund der hohen Kosten der Anlagen für Jahrzehnte nur ein Nischenmarkt.<sup>57</sup> Zur ersten nennenswerten Installation von Erzeugungskapazitäten in Deutschland kam es Anfang der 1990er Jahre im Rahmen des 1 000-Dächer-

Programms der Bundesregierung, in dem erstmalig eine Marktförderungsmaßnahme für netzgekoppelte Anlagen aufgelegt wurde. Zu diesem Zeitpunkt waren unternehmerische Aktivitäten im Bereich der Photovoltaik in Deutschland auf große westdeutsche Unternehmen wie etwa Wacker (Burghausen), AEG Telefunken (Heilbronn) oder Siemens begrenzt. Nach dem Auslaufen des Programms 1994 sowie dem Fehlen anschließender Breitenprogramme ergab sich jedoch eine Phase industrieller Stagnation, die durch Marktaustritte oder Verlagerungen der Produktion ins Ausland durch deutsche Unternehmen gekennzeichnet war.<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Vgl. RICHTER, U.; HOLST, G.; KRIPPENDORF, W.: Solarindustrie als neues Feld industrieller Qualitätsproduktion – das Beispiel Photovoltaik. OBS-Arbeitsheft 56, 2008, S. 4. – Vgl. RÄUBER, A.: Photovoltaik in Deutschland – eine wechselvolle Geschichte, in: S. Jannsen (Hrsg.), Auf dem Weg in die solare Zukunft. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. München 2005, S. 151-170. Infolge der Ölkrise von 1973 und 1979/80 stellte zunächst die Förderung von Forschung und Entwicklung ein wichtiges Instrument zur Weiterentwicklung der PV in Deutschland dar. Verbunden mit einem steigenden Interesse an der PV kam es zur ersten Herausbildung eigenständiger Märkte im Bereich der nicht an das Stromnetz angeschlossenen Inselanlagen. Vgl. STRYI-HIPP, G.: Die Entwicklung des Solarmarktes in Deutschland, in: S. Jannsen, a. a. O., S. 171-187.

Erst mit der Auflegung des 100 000-Dächer-Programms (1999 bis 2003) wurde die Phase der Massenproduktion in Deutschland eingeleitet. Zusätzlich und verstärkend wirkten die garantierten Einspeisevergütungen für Solarstrom im Rahmen

<sup>58</sup> Vgl. RÄUBER, A., a. a. O.

des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) aus dem Jahr 2000 und dessen Novellierung 2003. Diese machten den Betrieb von PV-Anlagen wirtschaftlich und induzierten somit weitere positive Nachfrageimpulse.<sup>59</sup> Durch die industrielle Stagnation der deutschen Photovoltaik-Branche Mitte der 1990er Jahre waren die verbliebenen Hersteller jedoch der enormen Marktausweitung zunächst nicht gewachsen, sodass sich Deutschland zu einem Importland für Photovoltaik-Produkte entwickelte. Dennoch bot sich in Deutschland eine günstige Phase des Markteintritts, von der insbesondere die ostdeutschen Regionen profitierten. Die Entwicklung der PV in Ostdeutschland wird nun in den folgenden Abschnitten nachgezeichnet.

### *Lokalisationsphase (1992 bis 2001)*

Im Zeitraum von 1992 bis 2001 kann eine erste Markteintrittswelle<sup>60</sup> von PV-Produzenten in Ostdeutschland und somit die Lokalisationsphase der PV-Industrie konstatiert werden (vgl. Abbildung 6). Diese konzentrierte sich zunächst auf die Bundesländer Sachsen (u. a. Solarwatt in Dresden, Solarworld in Freiberg), Thüringen (Ersol in Erfurt) sowie Berlin (Solon, SolarWerk) (vgl. Abbildungen 2 und 3).

Für die Ansiedlung an diesen Standorten lassen sich oben genannte generische Faktoren anführen. Freiberg als Sitz des ehemaligen VEB Spurenmehalle sowie Dresden und Erfurt als Zentren der Mikroelektronik wiesen Grundvoraussetzungen (beispielsweise Wissen im Umgang mit Silizium, vorhandene freigesetzte Fachkräfte, industriennahe Infrastruktur) für die Gründung neuer (z. B. Solarwatt) oder die Übernahme bestehender Unternehmen (z. B. der Freiburger Elektronikwerkstoffe GmbH durch Bayer Solar)<sup>61</sup> im Bereich der PV auf. Ferner gab es Grün-

dungen, die weniger auf bereits bestehenden generischen Faktoren der Standorte aufbauten, sondern vielmehr der aktiven Ansiedlungspolitik der jeweiligen Regionen geschuldet waren (z. B. Q-Cells in Thalheim).<sup>62</sup> Die Lokalisierungsphase führte so zu einem dispersen Standortmuster von PV-Unternehmen in Ostdeutschland (vgl. Abbildung 3).

Aufgrund ihrer geringen Größe fielen die damaligen Produktionsstätten hinsichtlich ihrer regionalen Bedeutung für Wachstum und Beschäftigung kaum ins Gewicht.<sup>63</sup> Das geringe Marktvolumen für PV-Produkte beschränkte zudem das Entstehen einer spezifischen Zulieferindustrie. Auch konnte an keinem Standort auf Arbeitskräfte mit Erfahrungen im Solarbereich zurückgegriffen werden. Da entsprechende Bildungseinrichtungen fehlten,<sup>64</sup> fand die Qualifizierung der Mitarbeiter durch die Unternehmen selbst statt.

Eine sich spezialisierende Zulieferindustrie ließ sich in ersten Ansätzen im Jahr 2000 erkennen (vgl. Abbildung 3). Diese wurde durch Diversifizierung bestehender Betriebe im Bereich des Sonderanlagen- und Maschinenbaus betrieben und war vorrangig in Sachsen (vgl. Abbildung 3) zu finden, da das Vorhandensein verbundener Branchen wie der Halbleiterindustrie die Herausbildung von Zulieferern positiv beeinflusste.<sup>65</sup>

So war das Zusammenspiel verschiedener Faktoren ursächlich für die Lokalisierung der Branche in Ostdeutschland: (i) die Förderung der Erzeugung von solarer Strahlungsenergie durch Marktanzreizprogramme sowie das Inkrafttreten des EEG, (ii) das Vorhandensein generischer Faktoren (siehe oben) sowie (iii) das institutionelle Umfeld, das weniger stark durch etablierte Wirtschaftszweige geprägt war als in den Alten Bundesländern. Ferner ist zu

<sup>59</sup> Vgl. REMMERS, K. H.: Engineering the Solar Age – Maschinenbau und Ausrüster für die Photovoltaikindustrie. Solarpraxis AG (Hrsg.). Berlin 2007. – RÄUBER, A., a. a. O., S. 163 ff.

<sup>60</sup> Die Studie definiert den Markteintritt wie folgt: Bei PV-Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette entspricht das Gründungsdatum des Unternehmens dem Markteintritt. Im Bereich der Komponentenhersteller und Zulieferer erfolgte eine individuelle Befragung der Unternehmen über den Zeitpunkt der erstmaligen Produktion spezifischer Photovoltaik-Produkte.

<sup>61</sup> Vgl. WILLECKE, G.; RÄUBER, A.: Kristalline Silicium-Solarzellen, in: Forschungsverbund Sonnenergie (Hrsg.), Photovoltaik – Neue Horizonte. FVS Themen. Berlin 2003, S. 12-16.

<sup>62</sup> Vgl. MÜLLER, J.: Q-Cells in der internationalen Photovoltaikforschung. Vortrag anlässlich des Workshops „Globalisierung von Forschung und Entwicklung – der Technologiestandort Deutschland“ am Institut für Wirtschaftsforschung Halle. Halle (Saale), 12.11.2008.

<sup>63</sup> Der Umsatz der gesamten deutschen Photovoltaik-Industrie wird für das Jahr 2000 mit 201 Mio. Euro angegeben. Vgl. BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT, a. a. O.

<sup>64</sup> Vgl. FRANZ, P.: Regionale Innovationssysteme, in: IWH, Wirtschaft im Wandel 12/2008, S. 460-467.

<sup>65</sup> Vgl. MARSCH, H.: Der Arbeitskreis Photovoltaik im Silicon Saxony e. V. Vortrag anlässlich des Workshops „Photovoltaic Meets Microtechnology“. Erfurt, 29. und 30.10.2008.

vermuten, dass auf Basis der beiden letztgenannten Faktoren und des zügigen Ausbaus der Produktionskapazitäten der Industrie die allgemeine Wirtschaftsförderungspolitik in Ostdeutschland, insbesondere die Investitionsförderung, einen stärkeren Einfluss auf die Lokalisationsentscheidungen der anlagenintensiven Photovoltaik-Industrie ausübten, als dies in anderen Branchen möglich war.

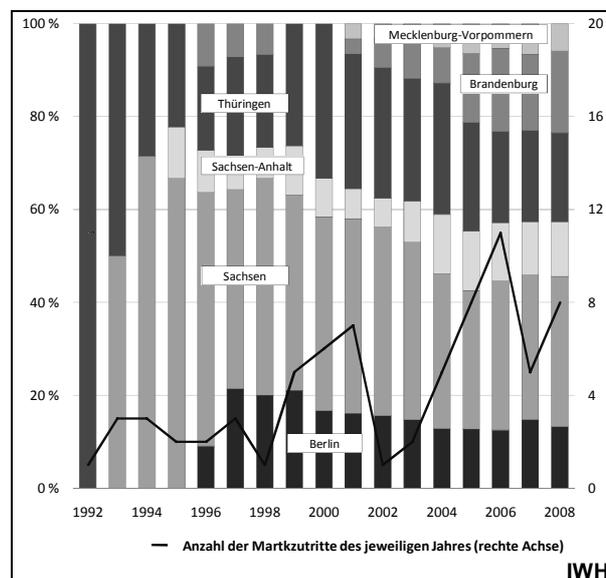
### Clusterungsphase (ab 2001)

Bedingt durch das starke Marktwachstum<sup>66</sup> sowie die Entwicklung neuer technologischer Lösungen (z. B. der Dünnschicht-Technologie) kam es nach 2003 zu einer zweiten Welle von Markteintritten neuer Unternehmen (vgl. Abbildung 6).<sup>67</sup> Dabei führten unterschiedliche Unternehmensstrategien zu spezifischen Entwicklungen der verschiedenen Standorte.

Im Zuge der Bestrebungen zur vertikalen Integration von Teilen der Wertschöpfungskette in Unternehmen kam es vielerorts zur Gründung von Tochterunternehmen oder Joint Ventures durch bereits bestehende PV-Unternehmen (beispielsweise Solarworld in Freiberg<sup>68</sup>). Die vertikale Integration bietet Vorteile eines ganzheitlichen Ansatzes zur Kostensenkung von PV-Anlagen und erlaubt die Inter-

Abbildung 6:

Zahl der Markteintritte und räumliche Verteilung der Unternehmen der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie 1992 bis 2008



Quelle: Berechnung und Darstellung auf Basis der IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

nalisation der Profitmargen aller Wertschöpfungsstufen.<sup>69</sup>

Konkurrierende Technologiepfade tragen zu einem zweiten Entwicklungsmuster in der Clusterungsphase bei. Die PV-Industrie ist heute durch unterschiedliche technologische Lösungen gekennzeichnet, die sich in unterschiedlichen Stadien der Kommerzialisierung befinden.<sup>70</sup> Bisher ist nicht abzusehen, welche Technologie sich in den jeweiligen Marktsegmenten durchsetzen wird.<sup>71</sup> In der Folge wählen einzelne Unternehmen eine Strategie der technologischen Diversifikation, durch die es zur Generierung von Tochterunternehmen in Ostdeutschland kommt. Am Standort Thalheim beispielsweise ist die Unternehmenskonzentration hauptsächlich durch die Gründung von Tochterunternehmen der Q-Cells SE gekennzeichnet. Diese weisen jeweils unterschiedliche technologische Ausrichtungen aus

<sup>66</sup> Die Entstehung räumlich konzentrierter Unternehmensstrukturen im WLO-Modell ist gebunden an starke Marktwachstumsprozesse des jeweiligen Industriezweigs (vgl. *Storper und Walker*). Diese Annahme kann für den Fall der Photovoltaik als gegeben angesehen werden. So steigen die Umsätze der Industrie von 201 Mio. (Jahr 2000) auf 5,741 Mrd. Euro (im Jahr 2007) an. Projektionen gehen von einer Fortschreibung dieses Wachstums aus. Vgl. BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT, a. a. O.

<sup>67</sup> *Heuß* spricht in diesem Zusammenhang von spontan imitierenden Unternehmern, die den Pionierunternehmern folgen und in der Wachstumsphase in den Markt eintreten. Vgl. HEUSS, E.: *Allgemeine Markttheorie*. Mohr: Tübingen 1965.

<sup>68</sup> Die Tochterunternehmen am Standort Freiberg sind beispielsweise Sunicon (Hersteller von Silizium), Deutsche Cell (Solarzellen), Solar Factory (Module); Joint Ventures ergeben sich durch Joint Solar Silicon (Silizium) und Scheuten SolarWorld Solicium (Silizium). Vgl. z. B. SOLARWORLD AG: Konzernbericht 2007 und Abbildung 6 im vorliegenden Beitrag). Auch andere Standorte zeigen diese Eigenschaften, beispielsweise Sovello AG als Joint Venture von Q-Cells in Thalheim. Ersol in Erfurt verfolgt diese Strategie durch die Integration bestehender Betriebe (z. B. ASi Industries und aimex Solar). Vgl. ERSOL: Geschäftsbericht 2007.

<sup>69</sup> Vgl. CONKLING, J.; ROGOL, M: *The True Cost of Solar Power*. Photon Consulting: Boston 2007.

<sup>70</sup> Für eine Übersicht siehe RUHL, V. et al., a. a. O.

<sup>71</sup> Vgl. HOLZAPFEL, F.: *Competition on the Technology Routes: Thin Film and Umg-Si Approaches*. – LÜDEMANN, R.: *Competition of Technology Routes: Sog-Si and Eg-Si Approaches*. Vorträge anlässlich des Solar Summits Freiburg. Freiburg, 22. bis 24.10.2008.

und bilden ein Portfolio, das den Standort gegen technologische Lock-in-Effekte sichert.<sup>72</sup>

Auffallend ist somit die Rolle, die jeweils etablierte erfolgreiche PV-Unternehmen für die Herausbildung regionaler Unternehmenskonzentrationen in Freiberg und Thalheim bilden (vgl. Abbildungen 4 und 5). Wie Klepper bereits in Studien zur Entstehung räumlicher Strukturen anderer Industriezweige dargelegt hat,<sup>73</sup> suchen auch in der PV-Industrie Ausgründungen oder Joint Ventures in der Regel die räumliche Nähe zu den Mutterunternehmen. Das erlaubt die vermehrte Interaktion entlang der Wertschöpfungskette oder zwischen verschiedenen PV-Technologien, sodass aus theoretischer Perspektive Steigerungen der Produktivität bzw. der Innovationstätigkeiten<sup>74</sup> und die Herausbildung vertikaler Cluster<sup>75</sup> zu erwarten sind.

Ferner bewirkten die konkurrierenden Technologiepfade die Gründung neuer PV-Unternehmen in Ostdeutschland. Insbesondere die Dünnschicht-Technologie verzeichnet seit 2001 mit 22 Unternehmensgründungen (und rund 2 000 Industriebeschäftigten im Jahr 2008) enorme Markt- und Beschäftigungszuwächse.<sup>76</sup> Hier zeigen sich neben der genannten Konzentration in Sachsen-Anhalt insbesondere in Berlin-Brandenburg Schwerpunkte dieser Technologie (siehe Abbildung 5).

Ebenso wird deutlich, dass auch ausländische Investoren die steigende Attraktivität ostdeutscher Standorte nutzen<sup>77</sup> und für die Errichtung ihrer Produktionsstätten in der Regel die räumliche Nähe zu den bereits etablierten Standorten suchen (beispiels-

<sup>72</sup> Am Standort Thalheim sind u. a. Calyxo (Anwendung der Dünnschicht-Technologie auf Basis von Cadmium Tellurid), Sontor (Dünnschicht auf Basis von mikromorphem Silizium), Solibro (CIGS-Technologie) sowie CSG Solar (Dünnschicht auf Basis von kristallinem Silizium) ansässig. Vgl. beispielsweise Q-CELLS AG: Konzernbericht 2007 sowie Abbildung 6.

<sup>73</sup> Vgl. KLEPPER, S., a. a. O.

<sup>74</sup> Vgl. FELDMAN, M. P.: The New Economies of Innovation, Spillovers and Agglomeration: A Review of Empirical Studies, in: Economics of Innovation and New Technology 8, 1999, p. 16.

<sup>75</sup> Vgl. BLUM, U.: Institutions and Clusters, in: B. Johansson; C. Karlsson. (eds), Handbook on Research on Innovation and Clusters. Edward Elgar: Cheltenham 2008, pp. 361-373.

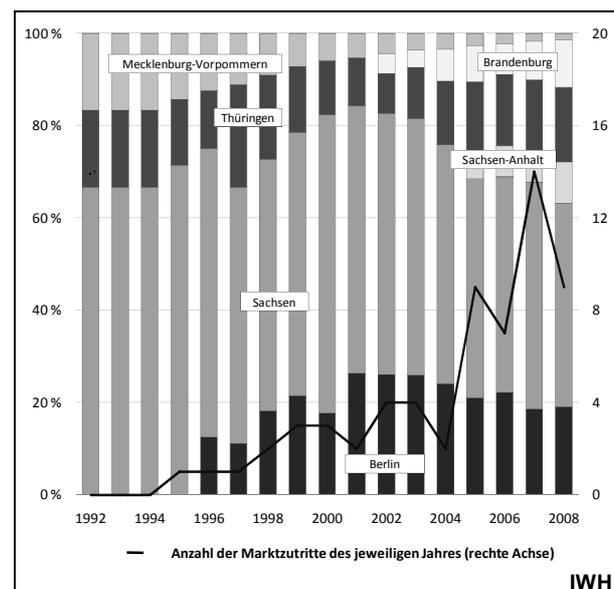
<sup>76</sup> Daten aus der IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

<sup>77</sup> Vgl. auch GÜNTHER, J.; JINDRA, B.; STEPHAN, J.: Ostdeutsches Innovationssystem attraktiv für ausländische Investoren, in: IWH, Wirtschaft im Wandel 1/2008, S. 35-44.

weise Signet Solar in Mochau, Masdar PV in Erfurt) oder auf generischen Faktoren der Regionen aufbauen (z. B. First Solar in Frankfurt (Oder)).

Infolge des steigenden Marktvolumens ergibt sich eine weitere Verstärkung der vertikalen Dimension der Clusterungsphase.<sup>78</sup> So kann die Herausbildung regionaler Zulieferstrukturen als weiteres Muster der Clusterungsphase der Photovoltaik angeführt werden. Speziell seit dem Jahr 2005 sind verstärkte Markteintritte in diesem Segment zu beobachten (vgl. Abbildung 7).<sup>79</sup> Dabei scheint sich Sachsen als ostdeutsches Zentrum der Zulieferindustrie zu etablieren, während gerade Sachsen-Anhalt trotz bedeutender Produktionskapazitäten durch einen geringen Besitz an Zulieferern gekennzeichnet ist (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 7:  
Zahl der Markteintritte und räumliche Verteilung der Unternehmen in der ostdeutschen Photovoltaik-Zulieferindustrie 1992 bis 2008



Quelle: Berechnung und Darstellung auf Basis der IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

Komplementär zu den Unternehmensaktivitäten entstehen verstärkt auch institutionelle Arrangements, die den Clusterungsprozess begleiten. So bildet die Entstehung regionaler Unternehmensnetzwerke ein

<sup>78</sup> Siehe hierzu BATHELT, H.; MALMBERG, A.; MASKELL, P.: Clusters and Knowledge: Local Buzz, Global Pipelines and the Process of Knowledge Creation, in: Progress in Human Geography 28 (1), 2004, pp. 31-56.

<sup>79</sup> Vgl. auch STRYI-HIPP, G., a. a. O., S. 20-21.

Element zur Herausbildung erfolgreicher Standorte. Die Kooperationen innerhalb der Branche haben stark zugenommen.<sup>80</sup> Während frühe Beispiele wie etwa die Interessengemeinschaft PV und Umwelt (heute SolarInput e. V.) oder Forschungs Kooperationen wie „SiThin Solar“ und „Innocis“ die Grundlagen für die Vernetzung von Wissenschaft und regionaler Wirtschaft geschaffen haben, lässt sich heute die Einbindung derartiger Netzwerkbeziehungen in feste institutionelle Arrangements beobachten. Das durch den Spitzenclusterwettbewerb geförderte Netzwerk „Solarvalley Mitteldeutschland“ sowie auch das „Silicon Saxony – Arbeitskreis Photovoltaik“ sind Ausdruck der zunehmenden Bestrebungen zur Verfestigung regionaler Interaktion.

Ein weiterer Aspekt der Clusterungsphase liegt in den Möglichkeiten der PV, sie unterstützende institutionelle Strukturen selbst zu schaffen. Das zeigt sich insbesondere in der Einrichtung von Ausbildungskapazitäten, um den steigenden Fachkräftebedarf der Industrie zu befriedigen. Nahezu alle Regionen zeigen hier die Bereitschaft, entsprechende Kapazitäten aufzubauen.<sup>81</sup> Es seien hier beispielsweise geplante PV-Studiengänge an den Technischen Universitäten Bergakademie Freiberg, Ilmenau, Berlin, der Fachhochschule Jena und der Fachhochschule Anhalt, die Einrichtung diverser Stiftungsprofessuren, beispielsweise an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und der Technischen Universität Ilmenau, verschiedene Ausbildungsprogramme der Länder („Fachkräftesicherung Photovoltaik“ in Thüringen) sowie der Aufbau spezialisierter Forschungsinfrastruktur (Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle (Saale)) genannt.<sup>82</sup>

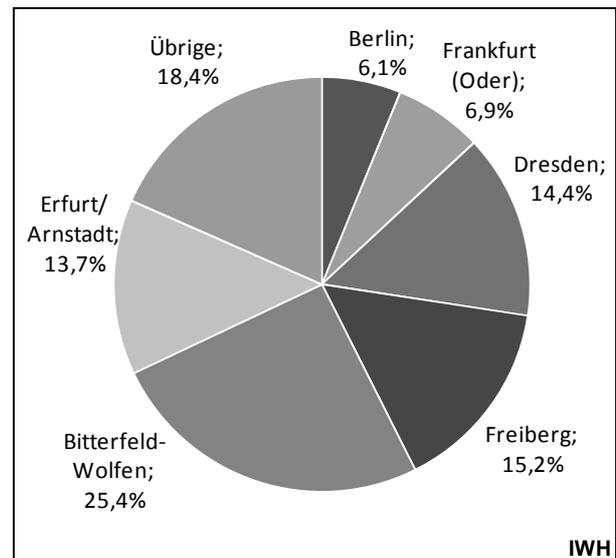
So haben sich infolge der Clusterungsphase einige führende Standorte in Ostdeutschland entwickelt. Von den etwa 14 000 Beschäftigten der PV-Industrie entfallen ca. zwei Drittel auf die vier Standorte Bitterfeld-Wolfen (inklusive Thalheim), Freiberg, Dresden und Erfurt/Arnstadt (vgl. Abbildung 8). Weitere Schwerpunkte der Branche sind in Frankfurt (Oder) und Berlin zu finden.

<sup>80</sup> Vgl. RICHTER, U. et al., a. a. O., S. 13.

<sup>81</sup> Vgl. FRANZ, P., a. a. O.

<sup>82</sup> Vgl. BAGDAHN, J.: Solarvalley Mitteldeutschland. Vortrag anlässlich der Konferenz „Zwischen Fachkräftemangel und Solarboom“. Wolfen, 13.09.2008.

Abbildung 8:  
Räumliche Verteilung der Beschäftigung der Photovoltaik-Industrie in Ostdeutschland 2008



Quelle: Berechnung und Darstellung auf Basis der IWH-Unternehmensdatenbank Photovoltaik.

Folgt man der Theorie von *Storper* und *Walker*, bedeuten diese relativen Bedeutungsgewinne das Schließen des WLO. War in der Lokalisationsphase die Wahl des Standorts noch von untergeordneter Bedeutung für die Unternehmen, beginnen sich nun die Partizipationsmöglichkeiten an Agglomerationsvorteilen, neben den oben genannten positiven regionalen Wirkungen führender PV-Unternehmen, zu einem wichtigen Standortfaktor der Unternehmen zu entwickeln.

### **Zusammenfassung und Implikationen**

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Evolution räumlicher Strukturen der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie. Das WLO-Konzept scheint für die eingennommene Ex-post-Perspektive einen geeigneten Rahmen zu bieten und diene für die Beschreibung der Lokalisations- und Clusterungsphase der ostdeutschen Photovoltaik-Industrie.

Folgt man den Aussagen der Theorie von *Storper* und *Walker* zur gegenwärtigen Entwicklungsphase der Photovoltaik, dann verlieren die sekundären Standorte in der gegenwärtigen Clusterungsphase gegenüber den Zentren der neuen Industrie an Boden. Wie gezeigt wurde, ist dies ein Entwicklungsmuster, das sich in der ostdeutschen PV derzeit beobachten lässt. Aussagen zu spezifischen Standorten erlaubt das Konzept jedoch nicht. Langfristig über-

leben können die sekundären Standorte annahmegemäß nur dann, wenn einzelne, vertikal stark integrierte, Anbieter existieren, die in geringerem Maß auf Agglomerationsvorteile angewiesen sind.<sup>83</sup> Aus der vorhergesagten Entwicklung der räumlichen Standortmuster ergeben sich zudem Implikationen für die Ansiedlungspolitik. Nach *Storper* und *Walker* nimmt die Bedeutung von Agglomerationsvorteilen in der Clusterungsphase zu. Eine Unterstützung sich entwickelnder Cluster wirkt hierbei möglicherweise nachhaltiger als auf isolierte Ansiedlungen zu setzen, da fehlende Agglomerationseffekte die Wachstumsmöglichkeiten von Standorten beschränken könnten. Wird eine spezielle Förderung von Zentren der ostdeutschen PV-Industrie präferiert, ist die Entwicklungsdynamik der Branche zu beachten. Im gegenwärtigen Prozess der Clusterogenese sollte die Aufzeigung möglicher Synergieeffekte und Kooperationsmöglichkeiten zwischen den Akteuren einer Region erfolgen, um noch unverbundenen Unternehmen die Kommunikation untereinander zu erleichtern oder Wettbewerb zu stimulieren.<sup>84</sup> Insbesondere sollten mögliche Zulieferbranchen einbezogen werden, um mit Hilfe von Querschnittstechnologien (Optik, Mikroelektronik, Materialwissenschaften etc.) neue Potenziale in der Produktionstechnologie zu entfalten.

In Anschluss an die Clusterungsphase prognostiziert das WLO-Konzept das Wachstum neuer, peripherer Standorte außerhalb der nun etablierten Zentren.<sup>85</sup> Wenngleich es für eine derartige Entwicklung in der PV-Industrie bislang kaum Hinweise gibt, könnte durch eine Stärkung der regionalen Integration der PV-Unternehmen künftigen Abwanderungen entgegengetreten werden. Die Ausweitung der regionalen Wissensbasis durch Schaffung von Ausbildungs- und Forschungskapazitäten in den betreffenden Regionen stellt hierfür ein geeignetes Instrument dar.

Unabhängig vom Rahmen des WLO-Konzepts ist die beschriebene, starke Abhängigkeit der Nachfrage nach PV-Produkten von öffentlichen Fördermaßnahmen zu berücksichtigen. Mittelfristig werden andere Staaten als Deutschland eine zunehmende

Bedeutung als Absatzmärkte erlangen. Die weitere Internationalisierung der ostdeutschen Produktionsunternehmen scheint daher zwingend notwendig, da sie einen Großteil ihres zukünftigen Absatzes durch Exporte realisieren muss. In diesem Zusammenhang ist auch vor künftig möglichen technologischen Lock-in-Effekten zu warnen. Eine zu große Konzentration von Regionen auf die PV-Industrie bedeutet – in Anbetracht der starken Abhängigkeit der Branche von staatlichen Förderprogrammen – eine nicht unerhebliche Risikoanfälligkeit der Wirtschaftsstruktur.

*Matthias Brachert*  
(*Matthias.Brachert@iwh-halle.de*)

*Christoph Hornych*  
(*Christoph.Hornych@iwh-halle.de*)

---

<sup>83</sup> Vgl. STORPER, M.; WALKER, R., a. a. O., S. 76.

<sup>84</sup> Vgl. HENN, S.: Formierung und Wirkungsgefüge regionaler Technologiecluster, in: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie, Heft 2-3, 2008, S. 109.

<sup>85</sup> Vgl. STORPER, M.; WALKER, R., a. a. O., S. 83 ff.