

Zeitschrift: Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia

Herausgeber: Verband Geographie Schweiz ; Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich

Band: 66 (2011)

Heft: 4

Artikel: Branchen- und Standortentwicklung der Windindustrie in globaler Perspektive : kontinuierliche Pfadentwicklung und die Rolle der Politik

Autor: Campos Silva, Pedro / Klagge, Britta

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-872732>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Branchen- und Standortentwicklung der Windindustrie in globaler Perspektive: kontinuierliche Pfadentwicklung und die Rolle der Politik

Pedro Campos Silva, Britta Klagge, Osnabrück

1 Einleitung und konzeptioneller Rahmen

Eine der Kernfragen der modernen Wirtschaftsgeographie beschäftigt sich mit der Entstehung und Dynamik von Branchen und ihren Standortmustern. Die prozessorientierte Perspektive auf wirtschaftliches Wachstum und räumliche Strukturen wurde in den letzten Jahren vor allem von Vertretern der evolutionären Wirtschaftsgeographie (u.a. BOSCHMA & FRENKEN 2006; GRABHER 2009; MACKINNON et al. 2009; STORPER & WALKER 1989) weiter entwickelt. Im Zentrum ihrer Erklärungen steht das Konzept der Pfadabhängigkeit mit der *key idea* (MARTIN 2010: 3) des regionalen bzw. technologischen *lock-in*. Wichtige Kritikpunkte an dieser Idee sind die starke Überbetonung von Stabilität bzw. der Verkrustung von Strukturen und die daraus abgeleitete Notwendigkeit externer Schocks für wirtschaftlichen bzw. standörtlichen Wandel, die dann als das Aufbrechen von *lock-ins* und Auslöser für grundlegende Veränderungen interpretiert werden. Damit, so MARTIN (2010: 7 ff.), wird der eigentliche Kern des Pfadabhängigkeitskonzeptes nur unzureichend erfasst: Entwicklungspfade seien durch Vielfalt auf der Ebene der Unternehmen charakterisiert und unterliegen permanent kleinen Veränderungen. Die Aneinanderreihung von solchen inkrementellen Veränderungen kann auch ohne abrupten Wandel Regionen bzw. Branchen und ihre Standortmuster grundlegend verändern.

Den kontinuierlichen Wandel, etwa durch veränderte Wettbewerbsbedingungen, neue Konkurrenzunternehmen, technologischen Fortschritt oder neue Standorte, bezeichnet MARTIN (2010: 9) mit dem Begriff der *on-path evolution*. Er interpretiert ihn als Kombination der folgenden drei – keinesfalls trennscharfen – Prozesstypen, die Veränderungen auf der Ebene der Unternehmen beschreiben: (1) *layering*, d.h. das graduelle und kumulative Hinzufügen von Neuem sowie das Verschwinden von Vorhandenem, insbesondere beim sich durch *entry*, *exit* und *survival* ständig verändernden Mix der Unternehmensstruktur beispielsweise hinsichtlich Grösse, Herkunft; (2) *conversion*, d.h. die Anpassungs- und Innovationsprozesse bestehender Unternehmen bezüglich Produkten und Technologien, Organisationsformen und Absatzmärkten, z.B. als Reaktion auf neue Marktchancen und Wettbewerbsveränderungen; (3) *recombination*, d.h. die Schaffung und Erneuerung von Entwicklungspfaden

durch die Neukombinierung und Umwidmung von Ressourcen und Kompetenzen, die aus verwandten Branchen bzw. anderen oder früheren Entwicklungspfaden stammen.

Als dynamisierende Faktoren der Branchen- und Standortentwicklung gelten gemäss der evolutionären Perspektive vor allem Lernprozesse und Innovationen, wobei insbesondere radikale technologische Neuerungen als Auslöser von abruptem Wandel gesehen und für das Aufbrechen von technologischen, aber auch regionalen *lock-ins* verantwortlich gemacht werden. In Bezug auf die Entstehung neuer Technologien und Branchen verweist Martin ausserdem auf beschränkende und ermöglichende wirtschaftliche, soziale, kulturelle und institutionelle (Rahmen-) Bedingungen, die aus vorherigen Entwicklungspfaden bzw. aus der industriellen Geschichte einer Region «vererbt» sind (vgl. MARTIN 2010: 20 f., Fig. 5). Für ein besseres Verständnis wirtschaftlicher und standörtlicher Entwicklung ist es zentral, sich diesen Bedingungen näher zu widmen und die dynamisierenden Faktoren jenseits von Innovationen und Lernprozessen in Unternehmen genauer zu bestimmen. Weitgehend vernachlässigt bzw. in ihrer Bedeutung nicht ausreichend gewürdigt wird – auch im Konzept der *on-path evolution* – die Rolle der Politik als Treiberin industrieller Entwicklung. Hier setzt der vorliegende Beitrag an und widmet sich mit der Windindustrie einer dynamisch wachsenden *emerging industry*, die von der Politik stark gefördert und in ihrer Entwicklung beeinflusst wird.

Der Beitrag skizziert die Evolution der Windindustrie, konkret die Hersteller von Windenergieanlagen (WEA), als inkrementelle Branchen- und Standortentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der politisch-institutionellen Kontextbedingungen. Es wird gezeigt, wie Aufstieg und Internationalisierung der Windindustrie eng mit staatlicher Einflussnahme und Förderung, also dem strategischen Handeln politischer Akteure, verbunden sind. Mit Fokus auf Deutschland, das hinsichtlich der Förderung erneuerbarer Energien und der damit verbundenen Industrieentwicklung seit den 1990er Jahren als Modellstaat gilt, wird zunächst der historische Entwicklungspfad der Windindustrie skizziert (Kap. 2). Anschliessend werden die jüngsten Internationalisierungsprozesse sowie die aktuellen Branchen- und Standortentwicklungen in globaler Perspektive und mit Blick auf industriepolitische Massnahmen analysiert (Kap. 3). Zusammenfassend wird die dynamische Branchen- und Standortentwicklung

der Windindustrie als ein stetiger Veränderungsprozess im Sinne der *on-path evolution* interpretiert, und es wird diskutiert, wie Politik als Treiberin für die rasche – auch räumliche – Expansion und Schwerpunktverschiebung mit verantwortlich ist (Kap. 4).

Die Ergebnisse basieren auf einer sorgfältigen Literaturrecherche, die neben wissenschaftlichen Beiträgen auch branchenspezifische Daten und Dokumente berücksichtigt. Zum Bereich der Industriepolitik wurden insbesondere Informationen aus insgesamt 30 Gesprächen mit Experten aus der Branche selbst und dem institutionellen Umfeld einbezogen. Die Interviews wurden seit 2009 in Deutschland (6), Dänemark (4), Portugal (8) und Spanien (12) geführt.

2 Der Entwicklungspfad der Windindustrie mit Fokus auf Deutschland

Der in den vergangenen Dekaden anhaltende Boom der Windenergie ist auch die Erfolgsgeschichte einer neuen Branche – der Windindustrie. Die historischen Wurzeln der Energiegewinnung in Form von Strom durch Wind reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück (vgl. HEYMANN 1995; SIMMIE 2010). Zu einer Wachstumsbranche entwickelte sich die Windindustrie jedoch erst im letzten Quartal des 20. Jahrhunderts. Mit einem weltweiten Kapazitätszuwachs von knapp 1,5 GW installierter Leistung (1990) auf über 194 GW (2010) (vgl. Abb. 1; GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC 2011; INTERNATIONALES WIRTSCHAFTSFORUM REGENERATIVE ENERGIEN - IWR 2008) gehört die Windindustrie zu den global am schnellsten wachsenden Industrien, die ausserdem durch einen rasanten Internationalisierungsprozess geprägt ist. Dabei sind in der jüngeren Entwicklung weder Ansätze zu räumlichen Konzentrationsprozessen, wie im phasenweisen Ablauf der «langfristigen industriellen Wachstumspfade» nach STORPER und WALKER (1989) dargestellt, noch «Verkrustungen» bzw. *lock-ins* zu erkennen. Vielmehr ist die dynamische Entwicklung der Windindustrie überwiegend durch die Abfolge vieler inkrementeller Veränderungen im Sinne einer *on-path evolution* geprägt, denen sich verändernde politische Bedingungen zugrunde liegen. Die Einteilung in vier Phasen reflektiert die Veränderung der politischen Bedingungen und der Prozesse auf der Ebene der Unternehmen, aber auch des Verhältnisses zwischen Unternehmen aus Deutschland und anderen Ländern.

2.1 Das 19. Jahrhundert bis 1970/80er Jahre: Von Pionieren zur staatlich finanzierten Forschung in grossen Technologieunternehmen

Bereits im 19. Jahrhundert entwickelten die ersten Windenergiepioniere aus der Landwirtschaft bzw. Landtechnik in ländlich-peripheren Regionen, u.a. in

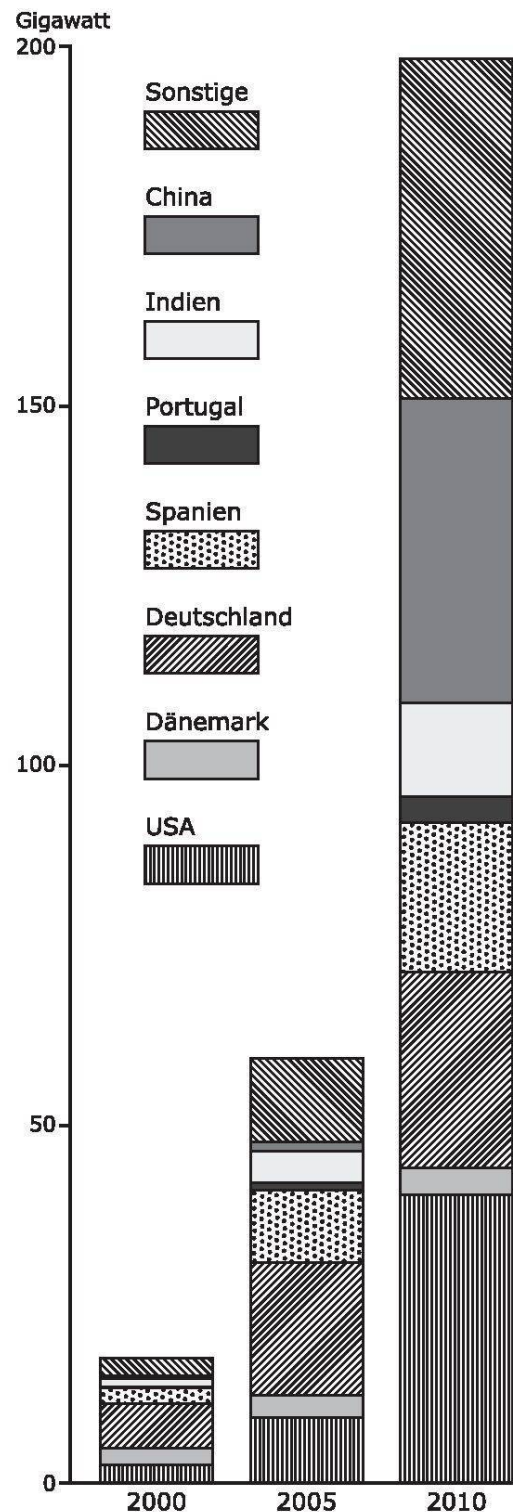


Abb. 1: Weltweite installierte Gesamtleistung von Windenergieanlagen (in GW), 2000-2010

Total installed capacity of wind energy turbines worldwide (in GW), 2000-2010

Capacité éolienne installée dans le monde (en GW), 2000-2010

Quelle: GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC 2011

Dänemark, vom öffentlichen Versorgungsnetz losgelöste Anlagen (SIMMIE 2010). Gerade in der Zwischen- und Nachkriegszeit konnten solche «Insellösungen» mit geringer Leistung nicht die hohe Energienachfrage während des Wiederaufbaus und des folgenden deutschen Wirtschaftswunders bedienen. Die schnelle, grossflächige und vor allem wirtschaftliche Stromversorgung wurde durch fossile Energieträger gewährleistet. Später kam auf politischen Wunsch die Atomenergie hinzu.

Nach den Ölkrisen der 1970er Jahre und dem Tschernobyl-Vorfall 1986 erfuhr die Windenergie – zusammen mit anderen alternativen Energiequellen – erneut öffentliches Interesse. Zudem formierte sich eine breite Umweltbewegung gegen die Atomkraft (vgl. BRUNS et al. 2008; HEYMANN 1995; OELKER 2005). Die Bundespolitik setzte in den 1970er Jahren mit dem Rahmenprogramm für Energieforschung auf die Entwicklung von Grossanlagen der Windenergie, die in diversen Forschungsprojekten (u.a. GROWIAN = GROSSWINDANLAGE) vom Bundesforschungsministerium finanziell unterstützt wurden. Das Ziel war die Erforschung wirtschaftlicher und für die Serienproduktion geeigneter Grossanlagen der Windenergie (mit einer Nennleistung >1 MW), weshalb vorwiegend grosse Technologieunternehmen (z.B. MAN, Dornier) von einer 100%igen Förderung profitierten (vgl. OELKER 2005; PULCZYNSKI 1991). Obwohl die Technologiekonzerne über viel technisches Wissen verfügten, scheiterte die Entwicklung einer für die damalige Zeit übertrieben grossen WEA aufgrund der unzureichenden Erfahrungen mit der anspruchsvollen Windtechnik und den erforderlichen Werkstoffen.

Die Entstehung und frühe Entwicklung der Windindustrie in dieser ersten Phase fand überwiegend jenseits politischer Einflussnahme statt. Insbesondere in Deutschland war die Dynamik angesichts anderer politischer Prioritäten (auf fossil-nukleare Stromversorgung) bzw. einer Förderpolitik, die nicht die gewünschten Resultate hervorbrachte, sehr gering. Dies änderte sich in den 1980er Jahren, als sich die Windindustrie als *emerging industry* etablierte.

2.2 Die 1980er/1990er Jahre: Vom Eigenbau und Kleinstfirmen zu erfolgreichen KMUs – Entwicklung der «kleinen Schritte»

Abseits der Grossanlagen-Förderung hatten sich in Deutschland in den 1980er Jahren kleine Betriebe in Eigeninitiative und ohne staatliche Förderung mit der Entwicklung kleinerer WEA beschäftigt und diese kontinuierlich leistungstärker und grösser werden den Anlagen bis zur Marktreife entwickelt (vgl. BRUNS et al. 2008; GRAUTHOFF & KUTTLER 1988; OELKER 2005; OHLHORST et al. 2008).

Parallel zu dieser Entwicklung in Deutschland hatten sich auch Unternehmen in anderen Ländern mit der Windenergie befasst, allen voran in Dänemark und den USA. Während die politisch forcierte Entwicklung von Grossanlagen in den USA ebenso wie in Deutschland scheiterte, waren die dänischen Hersteller den Weg der «kleinen Schritte» bereits in den 1970er und 1980er Jahren gegangen und mit dem technologisch ausgereifteren Danish Design von WEA auch wirtschaftlich erfolgreich (vgl. GARUD & KARNØE 2003; OELKER 2005; REDLINGER et al. 2002). Als in Kalifornien Mitte der 1970er bis Mitte der 1980er Jahre durch Steuervergünstigungen und hohe Einspeisevergütungen ein Markt für WEA entstanden war (sog. *Californian Rush*), konnten die deutschen Hersteller nicht – ebenso wenig wie die US-amerikanischen – mit den Dänen konkurrieren, die Kalifornien als Lernstandort für ihre technisch einfacheren, aber zuverlässigeren WEA benutzten (vgl. EST 1999; GARUD & KARNØE 2003; MENZEL & KAMMER 2011; SIMMIE 2010).

Die deutschen Tüftler-Modelle der 1980er Jahre waren weiterhin ausschliesslich für Insellösungen konzipiert, da es keine Anreize für die Stromeinspeisung gab. Dies änderte sich ab 1991 mit dem Stromeinspeisegesetz, welches neben der Abnahmepflicht von Strom aus erneuerbaren Energiequellen erstmals die Höhe der Vergütung regelte (vgl. 2.3). Der Schwenk von einer gescheiterten Herstellerförderung zu einer betreiberorientierten Politik machte die mittlerweile in ihrer Grösse für private Investoren (v.a. Landwirte) interessanten WEA bekannter (vgl. BRUNS et al. 2008; HOPPE-KILPPER 2004; OELKER 2005). Der resultierende Boom trieb aufbauend auf dem Danish Design die Weiterentwicklung der WEA schrittweise voran und führte zu einer Verbesserung der Nennleistung auf heute bis zu 7,5 MW (vgl. Abb. 2).

Das kontinuierliche Wachstum der deutschen, aber auch der dänischen Windindustrie in dieser zweiten Phase ist vor allem durch den Ein- und Aufstieg kleiner Unternehmen geprägt. Dieser Prozess lässt sich in erster Linie als *layering* beschreiben, wobei die Nutzung von Kompetenzen aus anderen Branchen (*recombination*) ebenfalls von Bedeutung war (vgl. GARUD & KARNØE 2003). Neben umweltbezogenen Motiven waren für diese Entwicklung vor allem politische Fördermassnahmen verantwortlich, deren Ausweitung und geographische Diffusion auch den weiteren Pfadverlauf stark beeinflussen.

2.3 Die 1990er/2000er Jahre: Von KMUs zu global agierenden Konzernen

Parallel zur Vergrösserung und inkrementellen Weiterentwicklung der Anlagen kam es zu erheblichen Veränderungen innerhalb der Windindustrie. Aus Kleinstunternehmen entwickelten sich zunächst zahl-

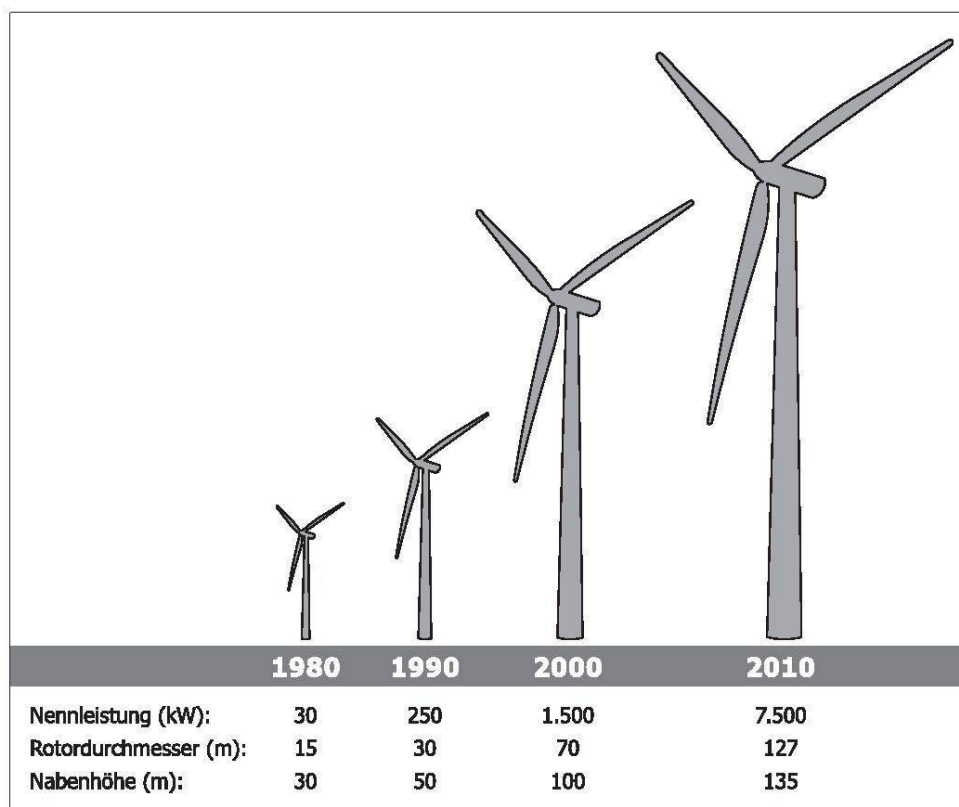


Abb. 2: Leistungssteigerung von Windenergieanlagen, 1980-2010

Performance increase of wind energy turbines, 1980-2010

Accroissement du rendement des éoliennes, 1980-2010

Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von BUNDESVERBAND WINDENERGIE E.V - BWE 2010: 8 und eigenen Recherchen

reiche kleine und mittelgroße Unternehmen (KMUs), die auf Windenergie spezialisiert waren. Diese KMUs, teilweise von den Pionieren und Erfindern gegründet, entwickelten sich so rasant, dass sie andere Unternehmen übernahmen oder sich mit diesen zusammenschlossen bzw. selbst zu Übernahmeobjekten und -kandidaten wurden (vgl. BRUNS et al. 2008; REDLINGER et al. 2002). Zudem beförderte der Einstieg großer Industriekonzerne (z.B. Siemens) und Energieunternehmen (z.B. General Electric - GE) in die Branche – zumeist durch Übernahmen – den organisatorischen Wandel hin zu global agierenden WEA-Herstellern (vgl. BRUNS et al. 2008). Gleichzeitig kamen vor allem auf der iberischen Halbinsel neue Produktionsstandorte hinzu, aus denen sich in Spanien beheimatete neue und inzwischen global tätige WEA-Hersteller entwickelten.

Die dynamische Entwicklung der deutschen und europäischen Windindustrie wäre nicht ohne die seit Mitte der 1990er Jahre EU-weite Liberalisierung der Ener-

giemärkte sowie eine gezielte staatliche Unterstützung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen möglich gewesen. Abnahmeverpflichtungen und festgelegte Vergütungen für Windstrom (und Strom aus anderen erneuerbaren Quellen) wurden u.a. in Portugal (bereits 1988), Deutschland (1991), Dänemark (1992-2008), Spanien (1994) und sogar China (2009) per Gesetz eingeführt und spiegeln sich u.a. in der Entwicklung der neu installierten Leistung für die jeweiligen Länder wider (vgl. Abb. 1). Hierbei diente das Stromeinspeisegesetz (1991) und das Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG; 2000) im «Modellstaat» Deutschland vielen anderen Ländern als Vorlage für die eigene Politik (Politikdiffusion; vgl. BUSCH 2003; KERN et al. 2001; REICHE 2004; REICHE & BECHBERGER 2004).

Neue politische Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland, aber zunehmend auch in anderen Staaten, stellen die Rahmenbedingungen und Treiber einer sehr dynamischen Entwicklung der

Windindustrie in der dritten Phase dar. So setzen sich die oben skizzierten *layering*-Prozesse fort. Angeichts des stark wachsenden Marktvolumens spielen, u.a. als Folge des Einstiegs von branchenfremden Unternehmen, ausserdem neue Organisationsformen und die Fokussierung auf neue Märkte (*conversion*) sowie die Nutzung von Ressourcen und Kompetenzen aus verwandten Branchen (*recombination*) eine immer grössere Rolle. Das damit einhergehende Wachstum der existierenden, aber auch neu entstandener Unternehmen der Windindustrie geht – vor allem gesteuert durch entsprechende politische Anreize – mit einer räumlichen Expansion der Produktionsstätten einher.

2.4 Seit den 2000er Jahren: Internationalisierung und Finanzialisierung der Windindustrie

Im Zuge der internationalen Diffusion umweltpolitischer Regulierung und insbesondere des EEG ist die Windindustrie seit den 1990er Jahren nicht nur gewachsen, sondern hat sich in der vierten Phase auch zu einer stark internationalisierten Branche entwickelt. Dies betrifft zum ersten die Exportaktivitäten, so liegen z.B. die Exportquoten deutscher und dänischer Hersteller inzwischen bei über 80% (vgl. MOLLY 2008; DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION - DWIA 2011). Zum zweiten haben viele WEA-Hersteller nicht nur ihre Vertriebs-, sondern auch ihre Produktionsaktivitäten im Ausland auf- und ausgebaut (z.B. in den USA oder China). Zum dritten treten neue Unternehmen aus jüngeren Entwicklungsregionen der Windindustrie, z.B. China und Indien, auf den Weltmarkt und konkurrieren mit den etablierten Herstellern. Zum vierten ist seit einigen Jahren im Zuge von teilweise grenzüberschreitenden Übernahmen und Zusammenschlüssen eine Internationalisierung der Anteilseignerschaft von WEA-Herstellern zu beobachten.

Diese Entwicklungen, aber auch Börsengänge von WEA-Herstellern (z.B. GOLDWIND 2010; VESTAS 1998), die Aktienentwicklungen börsennotierter Windindustrieunternehmen und die Aufnahme in Aktienindizes wie den TecDAX (Nordex 2006) sind deutliche Hinweise auf die Finanzialisierung der sehr kapitalintensiven Windindustrie. Durch die «Entwicklungsdelle» im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise, die sich in der Windindustrie v.a. in der Rücknahme bzw. Verschiebung der Finanzierung geplanter Windparks zeigt, ist die Finanzialisierung ein wenig ins Stocken geraten. Dennoch werden die organisatorische Dynamik sowie die Veränderung der Steuerungs- und der Standortstrukturen inzwischen immer stärker von Entwicklungen auf den Finanzmärkten sowie von internationalen Finanzakteuren beeinflusst, nicht zuletzt weil die Expansion immer höhere Investitionssummen erfordert (vgl. GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC 2010).

Einen wichtigen Beitrag zu diesen jüngsten Entwicklungen leistet – vor dem Hintergrund einer entsprechenden politischen Förderung – die Entwicklung des Offshore-Bereichs, dessen Ausbau deutlich teurer ist als die bisher dominierenden Onshore-WEA. Wichtig ist der Offshore-Bereich jedoch nicht nur für die Finanzialisierung der Windindustrie, sondern aufgrund spezifischer technologischer und organisatorischer Anforderungen auch für die Branchen- und Technologieentwicklung insgesamt (vgl. MOSSIG et al. 2010). In diesem Kontext sind neue Akteure aus verschiedenen Ländern und Branchen in die Windbranche eingetreten (u.a. Siemens, aber auch grosse asiatische Technologiekonzerne wie Hyundai und Daewoo aus Korea; vgl. MAY et al. 2009). Die durch den Offshore-Bereich induzierten Entwicklungen und die politisch stimulierte Internationalisierung und Vergrösserung der Nachfrage bilden den Hintergrund für die zunehmend globale Reichweite von *layering*-, *conversion*- und *recombination*-Prozessen in der Windindustrie.

3 Die Windindustrie und ihr Standortmuster in globaler Perspektive

3.1 Schwerpunktverschiebung nach Asien

Der weltweite Markt für WEA wird heute unter Herstellern aufgeteilt, die nur noch teilweise in den Pionierländern Dänemark, Deutschland und USA beheimatet sind (vgl. Abb. 3). Trotz des frühen Windenergiebooms in Kalifornien Mitte der 1970er Jahre (vgl. 2.2) ist heute nur noch ein US-Unternehmen (GE Energy) unter den global führenden Anlagenherstellern vertreten. Auch die bis zur Jahrtausendwende bestehende Dominanz europäischer, mit der Windenergie gewachsener Firmen – v.a. aus Dänemark, Deutschland und Spanien – schwindet unter dem Einfluss neuer Hersteller aus Asien. So gehörten 2009 bereits drei chinesische und ein indisches Unternehmen zu den zehn führenden Herstellern. Diese Verschiebungen und räumlichen Veränderungen in der Windindustrie spiegeln den Wandel der Absatzmärkte wider (vgl. u.a. INTERNATIONALES WIRTSCHAFTSFORUM REGENERATIVE ENERGIEN - IWR 2008 sowie Abb. 1).

Während deutsche und dänische Unternehmen den weitaus überwiegenden Teil ihrer heimischen Produktion bereits seit längerem exportieren (vgl. 2.4), produzieren die asiatischen Unternehmen bislang überwiegend für ihre jeweiligen Heimatmärkte. Dies gilt insbesondere für China, wo der allgemeine wirtschaftliche Aufschwung und damit verbunden eine hohe Energienachfrage zusammen mit einer entsprechenden Förderung der Windenergie die Nachfrage und das Marktvolumen vervielfacht haben (vgl. Abb. 1). Die Produkte der neuen Hersteller sind an die spezifischen Anforderungen von Schwellen- und Ent-

Marktanteile der WEA-Hersteller (in %) und Unternehmenszusammenschlüsse			
1998			2009
NEG Micon (DK)	24,1	→	Vestas (DK) 12,5
Enron (US)	16,8	→	GE Energy (US) 12,4
Vestas (DK)	15,3	→	Sinovel (PRC) 9,2
Enercon (D)	13,2	→	Enercon (D) 8,5
Gamesa (ES)	6,8	→	Goldwind (PRC) 7,2
Bonus (DK)	5,9	→	Gamesa (ES) 6,7
Nordex (D)	5,2	→	Dongfang Electric (PRC) 6,5
Made (ES)	4,2	→	Suzlon (IND) 6,4
Ecotecnia (ES)	1,9	→	Siemens (DK) 5,9
Mitsubishi (JP)	1,5	→	REpower (D) 3,4
Sonstige	5,1	→	Sonstige 21,3
Marktvolumen 1998: 2.600 MW; 2009: 38.447 MW			

Abb. 3: Marktanteile der Herstellerunternehmen von Windenergieanlagen (neu installierte Kapazität) sowie Unternehmenszusammenschlüsse, 1998-2009

Market share of manufacturers of wind energy turbines (newly installed capacity) and company mergers, 1998-2009

Parts de marché des fabricants d'éoliennes (nouvelle capacité installée) et fusions d'entreprises, 1998-2009

Quelle: REDLINGER et al. 2002; BTM 2010

wicklungsländern angepasst, z.B. in Preis, Leistung oder Standards (Netz, Wartung). Zunehmend konkurrieren v.a. (halb-) staatliche chinesische Unternehmen mit ihren Anlagen aber auch in den USA oder Europa um Marktanteile, was für eine gewisse Marktreife spricht (vgl. PRIDEAUX & QI 2010). Dem weltweiten Aufbau von Produktionsstätten liegen in vielen Ländern industriepolitische Massnahmen zugrunde, die vor allem in China neben dem Markteinstieg ausländischer Unternehmer auch und gerade den Aufbau eigener Windindustrieunternehmen zum Ziel hatten.

3.2 Staatliche Einflussnahme durch Industriepolitik

Für den Aufbau einer heimischen Windindustrie in Spanien und vor allem in Asien spielt staatliche Einflussnahme nicht nur im Bereich der Energiemarktregulierung, sondern auch im Bereich der Industriepolitik eine wichtige Rolle. Dabei greifen viele Länder vor allem auf zwei Instrumente

zurück: 1) *tendering*, also die öffentliche Ausschreibung und Vergabe von Windkapazitäten, und häufig damit verbunden 2) *local content*-Regeln, die einen Wertschöpfungsanteil der vor Ort zu erbringenden Leistungen oder Kooperationen mit einheimischen Partnern vorschreiben.

Die Verfahren und Zuständigkeiten in den jeweiligen Ländern unterscheiden sich. So steuern der langjährige Pionier Dänemark sowie das Vereinigte Königreich die Offshore-Entwicklung durch *tendering*, fordern dabei aber, anders als Portugal und Spanien, keinen *local content* ein. Der portugiesische Staat knüpft die Kapazitätsvergabe an die Bedingung, ein industrielles Cluster mit entsprechenden lokalen Partnern zu entwickeln. Hingegen sind es in Spanien die autonomen Regionen, die bei der Vergabe industrielle Ausbaupläne einfordern, um einen bestimmten Anteil regionaler Wertschöpfung zu gewährleisten. Dies führte in Spanien zu der interessanten Konstel-

lation, dass Unternehmen an verschiedenen Standorten Produktionsstätten aufbauen mussten (vgl. ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA - AEE 2010). Um den Technologietransfer in die heimische Industrie zu beschleunigen, stimulierten die spanischen Regionen auch Kooperationen mit lokalen Partnerunternehmen durch Joint-Ventures. So entstand das inzwischen zu einem Weltmarktführer aufgestiegene Unternehmen Gamesa 1994 als Joint-Venture der Region Navarra und eines spanischen Unternehmens aus der Luftfahrttechnik mit der dänischen Vestas, deren Anteile die spanischen Anteilseigner 2001 aufkauften.

In China wurde von staatlicher Seite der Aufbau einer Windindustrie forciert, wobei europäische Unternehmen als angeworbene Joint-Venture-Partner oder als (Auftrags-) Entwickler zum notwendigen Wissenserwerb und Technologietransfer beitrugen (vgl. MAY & WEINHOLD 2007). Die in diesem Kontext 2005 eingeführte Vorschrift für einen *local content* von 70% für neu ausgeschriebene Windparks wurde aber schon Ende 2010 wieder aufgehoben, nachdem chinesische WEA-Hersteller zu den Weltmarktführern aufgeschlossen hatten (MEYER 2010; ZHAO 2009: 2886). China stellt ein Beispiel für ein Land dar, in welchem die Politik sehr zielgerichtet und flexibel Massnahmen zum Aufbau einer eigenen Windindustrie ergriffen hat und damit bisher sehr erfolgreich ist (vgl. KLAGGE et al. 2011).

Insgesamt wird deutlich, dass Politik nicht nur durch Forschungsförderung und Stimulierung der Nachfrage nach Windenergie, sondern in vielen Ländern auch durch konkrete industriepolitische Vorgaben Einfluss auf die Windindustrie, vor allem ihre Standortentwicklung, nimmt. Das heute vorzufindende Standortmuster ist damit das Ergebnis einer *on-path evolution* mit vielen einzelnen Veränderungsschritten, die Reaktionen auf eine komplexe Gemengelage unterschiedlicher und sich schrittweise verändernder politischer Bedingungen in verschiedenen national(staatlichen) Kontexten darstellen.

4 Fazit und Ausblick

Die Windindustrie ist eine dynamische Wachstumsbranche, deren technologische und standörtliche Entwicklung bislang ohne abrupten Wandel bzw. *lock-ins* verlaufen ist. Vielmehr ist sie durch einen stetigen, inkrementellen Wandel geprägt und kann mit dem Konzept der *on-path evolution* treffend beschrieben werden. Ausgehend von den Pionierländern Dänemark, Deutschland und USA hat sich das Standortmuster der Produktionsstätten, aber auch der Unternehmenssitze seit den 1990er Jahren sukzessive ausgeweitet, zunächst nach Südeuropa und seit den «Nuller-Jahren» auch nach Asien.

Treiber dieser Entwicklungen ist vor allem die politische Förderung der Windenergie durch Stromabnahmeverpflichtungen, Einspeisevergütungen und Steuervergünstigungen auf nationalstaatlicher Ebene. Dabei erweisen sich Ausmass und Richtung der Diffusion dieser Politiken als bestimmende Faktoren für die Entwicklung der Absatzmärkte, aber auch für die räumliche Dynamik der Windindustrie selbst. Neben der seit vielen Jahren erfolgreichen und überwiegend umweltpolitisch motivierten Nachfrageförderung zielen in jüngerer Zeit direkte industriepolitische Massnahmen und Instrumente, v.a. *local content*-Vorschriften, explizit auf die standörtliche Entwicklung der Windindustrie. Besonders erfolgreich sind in dieser Hinsicht Spanien und China gewesen, wo heute ein bzw. drei der Weltmarktführer beheimatet sind.

Auf der Ebene der Unternehmen ist die frühe *on-path evolution* der Windindustrie vor allem durch den Aufstieg vieler kleiner, mit der Windenergienutzung gewachsener Unternehmen (*layering*) charakterisiert. Im Zeitverlauf gewinnen, u.a. im Kontext des Einstiegs branchenfremder Grossunternehmen und der wachsenden Bedeutung des Offshore-Bereichs, die Nutzung von Ressourcen und Kompetenzen aus verwandten Branchen (*recombination*) sowie neue Organisationsformen und Märkte (*conversion*) an Bedeutung. Mit der Diffusion von unterstützenden Politikansätzen hat sich die geographische Reichweite dieser Prozesse vergrössert. Zu Beginn konzentrierten sie sich auf eine Kernregion, die aus den Pionierländern Dänemark und Deutschland, daneben zeitweise auch den USA, bestand. WEA-Hersteller waren ausschliesslich hier beheimatet, politische Vorgaben aus diesen Ländern bestimmten Marktchancen, und die Produktionsstrukturen waren – wenn überhaupt – lediglich auf den Export in weitere Länder ausgelegt.

Mit der Entwicklung neuer Expansionsmärkte, vorwiegend in Asien, aber auch in Nordamerika, und v.a. mit dem politisch unterstützten Aufstieg neuer Anlagenhersteller löst sich das ursprüngliche Zentrum-Peripherie-Muster zunehmend auf. Auch wenn Deutschland und Dänemark als Forschungs- und Entwicklungsstandorte (bisher) weiterhin eine grosse Bedeutung haben, so verlieren die Pionierländer zumindest hinsichtlich der Produktions-, Absatz- und Entscheidungsstrukturen an Bedeutung. Damit stellt die Windindustrie ein Beispiel dafür dar, wie es Unternehmen aus Schwellenländern im Kontext einer auf *emerging industries* fokussierenden Politik gelingen kann, zu Weltmarktführern aufzusteigen und dabei traditionelle Zentrum-Peripherie-Strukturen aufzubrechen. Allgemeiner lässt sich festhalten, dass also auch grundlegende Veränderungen in

der Branchenstruktur einer *emerging industry* das Ergebnis einer *on-path evolution* sein können. Weitere Forschung muss zeigen, inwieweit die Kontinuität der Entwicklung von der Politik abhängig ist. Interessant ist vor allem die Frage, ob ein Zurückfahren der politischen Förderung in einen Konsolidierungs- bzw. Schrumpfungsprozess der Windindustrie – und damit in einen weniger kontinuierlichen Entwicklungspfad – münden würde.

Literatur

- ASOCIACIÓN EMPRESARIAL EÓLICA - AEE (2010): Eólica 2010. – Madrid: AEE.
- BOSCHMA, R.A. & K. FRENKEN (2006): Why is economic geography not an evolutionary science? Towards an evolutionary economic geography. – In: Journal of Economic Geography 6, 3: 273-302.
- BRUNS, E., KÖPPEL, J., OHLHORST, D. & S. SCHÖN (2008): Die Innovationsbiographie der Windenergie. Absichten und Wirkungen von Steuerungsimpulsen. – Berlin: Lit Verlag.
- BTM (2010): International Wind Energy Development. World Market Update 2009. – Ringkøbing: BTM Consult.
- BUSCH, P.-O. (2003): Die Diffusion von Einspeisevergütungen und Quotenmodellen: Konkurrenz der Modelle in Europa. – = FFU-Report 03-2003, Berlin: Forschungszentrum für Umweltpolitik.
- BUNDESVERBAND WINDENERGIE e.V. - BWE (2010): A bis Z. Fakten zur Windenergie. – http://www.wind-energie.de/sites/default/files/download/publication/z-fakten-zur-windenergie/bwe_a-z.pdf 30.11.2011.
- DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION - DWIA (2011): Denmark. Wind Power Hub. Jahresbericht 2011. – Copenhagen: DWIA (im Erscheinen).
- EST, R. VAN (1999): Winds of change. A comparative study of the politics of wind energy innovation in California and Denmark. – Utrecht: International Books.
- GARUD, R. & P. KARNØE (2003): Bricolage versus breakthrough: distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. – In: Research Policy 32, 2: 277-300.
- GRABHER, G. (2009): Yet another turn? The evolutionary project in economic geography. – In: Economic Geography 85, 2: 119-127.
- GRAUTHOFF, M. & W. KUTTLER (1988): Windenergie in der Bundesrepublik Deutschland. – In: Geographische Rundschau 40, 2: 14-22.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC (2011): Global Wind Report 2011. – <http://www.gwec.net/index.php?id=180> 30.11.2011.
- GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL - GWEC (2010): Global Wind Energy Outlook 2010. – <http://www.gwec.net/fileadmin/documents/Publications/GWEO%202010%20final.pdf> 30.11.2011.
- HEYMANN, M. (1995): Die Geschichte der Windenergienutzung 1890-1990. – Frankfurt am Main, New York: Campus Verlag.
- HOPPE-KILPPER, M. (2004): Perspektiven der Windenergienutzung in Deutschland. Zukünftige Anforderungen an Forschung, Entwicklung und Markterschließung. – Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- INTERNATIONALES WIRTSCHAFTSFORUM REGENERATIVE ENERGIEEN - IWR (2008): Zur Struktur der Windenergieforschung in Deutschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). – http://www.iwr.de/buch/windforschung/windforschung_endbericht2008.pdf 30.11.2011.
- KERN, K., JÖRGENS, H. & M. JÄNICKE (2001): The diffusion of environmental policy innovations. A contribution towards globalising environmental policy. – = Discussion Paper FS II 01-302, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.
- KLAGGE, B., LIU, Z. & P. CAMPOS SILVA (2011): Constructing China's wind energy innovation system. – Manuskript im Review bei Energy Policy.
- MACKINNON, D., CUMBERS, A., PIKE, A., BIRCH, K. & R. McMASTER (2009): Evolution in economic geography: institutions, political economy, and adaptation. – In: Economic Geography 85, 2: 129-150.
- MARTIN, R. (2010): Rethinking regional path dependence: beyond lock-in to evolution. – In: Economic Geography 86, 1: 1-27.
- MAY, H., WEBER, T. & N. WEINHOLD (2009): Schöner, grösser, besser. Bericht von der Husumer Messe «Husum Wind Energy». – In: Neue Energie, 2009/5: 42-54.
- MAY, H. & N. WEINHOLD (2007): China: ein Hersteller pro Provinz. – In: Neue Energie 2007/9: 37-39.
- MENZEL, M.-P. & J. KAMMER (2011): The spatial evolution of the global wind turbine industry: the influence of pre- and post-entry experiences as well as national factors. – Unpublished Paper presented at the 7th European Meeting on Applied Evolutionary Economics, February 14th-16th, 2011, Pisa.
- MEYER, S. (2010): Relaxing the rules of supply. – In: Windpower Monthly, Special Report, October 2010: 9-11.
- MOLLY, J.P. (2008): Ermittlung der deutschen Wertschöpfung im weltweiten Windenergiemarkt für 2007. – http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Statistics%20Pressemitteilungen/30.06.08/Statistik_1HJ_2008.pdf 30.11.2011.
- MOSSIG, I., FORNAHL, D. & H. SCHRÖDER (2010): Heureka oder Phönix aus der Asche? Der Entwicklungspfad der Offshore-Windenergieindustrie in Nordwestdeutschland. – In: Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie 54, 3-4: 222-237.
- OHLHORST, D., BRUNS, E., SCHÖN, S. & J. KÖPPEL (2008): Windenergieboom in Deutschland: eine Erfolgsgeschichte. – In: BECHBERGER, M., MEZ, L. & A. SOHRE (Hrsg.): Windenergie im Ländervergleich. Steuerungs-

impulse, Akteure und technische Entwicklungen in Deutschland, Dänemark, Spanien und Grossbritannien. – Frankfurt am Main, Berlin, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang: 5-60.

OELKER, J. (Hrsg.) (2005): Windgesichter. Aufbruch der Windenergie in Deutschland. – Dresden: Sonnenbuch.

PRIDEAUX, E. & W. QI (2010): Chinese wind sector takes on the world. – In: Windpower Monthly 26, 12: 47-50.

PULCZYNSKI, J. (1991): Interorganisationales Innovationsmanagement. Eine kritische Analyse des Forschungsprojektes GROWIAN. – Kiel: Vauk.

REDLINGER, R., ANDERSEN, P.D. & P.E. MORTHORST (2002): Wind energy in the 21st century. Economics, policy, technology and the changing electricity industry. – Basingstoke: Palgrave.

REICHE, D. (2004): Rahmenbedingungen für erneuerbare Energien in Deutschland. Möglichkeiten und Grenzen einer Vorreiterpolitik. – Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.

REICHE, D. & M. BECHBERGER (2004): Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member states. – In: Energy Policy 32, 7: 843-849.

SIMMIE, J. (2010): New path creation: an evolutionary perspective on the emergence of the wind power industry. – Workshop on New Path Creation, Trinity College Oxford, September 2010, <http://planning.brookes.ac.uk/staff/resources/New%20Path%20Creation%20Workshop%20proceedings.pdf> 30.11.2011.

STORPER, M. & R. WALKER (1989): The capitalist imperative. Territory, technology, and industrial growth. – New York: Basil Blackwell.

ZHAO, Z.Y. (2009): Performance of wind power industry development in China: a diamond model study. – In: Renewable Energy 34, 12: 2883-2891.

Danksagung

Die Forschungen wurden mit Forschungsmitteln des Landes Niedersachsen gefördert.

Zusammenfassung: Branchen- und Standortentwicklung der Windindustrie in globaler Perspektive: kontinuierliche Pfadentwicklung und die Rolle der Politik

Mit der Windenergienutzung ist auch die Windindustrie, also die Produktion von Windenergieanlagen, rasant gewachsen und internationaler geworden. In nur zwei Dekaden hat sich die Windindustrie von einer durch Pioniere und KMU geprägten zu einer von grossen multinationalen Konzernen dominierten Branche entwickelt. Dieser tiefgreifende Wandel – und allgemein die Evolution der Windindustrie und ihrer Standortmuster – ist ein Beispiel kontinuierlicher Pfadentwicklung und illustriert die begrenzte Reichweite von auf *lock-in* fokussierten Konzepten

der Pfadabhängigkeit. Treiber der dynamischen Branchen- und Standortentwicklung ist in erster Linie die Politik, vor allem die umweltpolitisch motivierte Förderung der Windenergie. Insbesondere für die jüngsten Internationalisierungsprozesse und die fortschreitende Schwerpunktverschiebung nach Asien spielen jedoch ausserdem explizit industriepolitische Ansätze eine wichtige Rolle.

Schlüsselwörter: Windindustrie, Internationalisierung, kontinuierlicher Entwicklungspfad, Umweltpolitik, Industriepolitik

Summary: Evolution of the wind industry and its location structure in global perspective: continuous on-path development and the role of politics

With the increasing significance of wind power generation, the wind industry, i.e. the production of wind turbines, has grown quickly and become increasingly internationalized. Within two decades, the wind industry has developed from an industry characterized by pioneers and SMEs to one which is dominated by large multinational companies. This profound change – and more generally the evolution of the wind industry and its geographical structure – is an example of continuous on-path development and illustrates the limited scope of path dependency concepts focusing on lock-in. The driving force behind the dynamic development of the wind industry and its location structure is politics, primarily environmental policies promoting wind energy. However, recently industrial policies also play a major role, especially for the internationalization of the industry and the locational shift towards Asia.

Keywords: wind industry, internationalization, continuous on-path development, environmental politics, industrial politics

Résumé: Evolution sectorielle et géographique de l'industrie éolienne globalisée: innovation continue et rôle de la politique

L'utilisation accrue de l'énergie éolienne a conduit à une forte croissance de l'industrie de la fabrication des éoliennes et à son internationalisation au cours du temps. En vingt ans, l'éolien est passé d'une industrie caractérisée par des pionniers et des PME à un secteur aujourd'hui dominé par de grandes entreprises multinationales. Cette transformation profonde ainsi que l'évolution générale de l'industrie éolienne et sa répartition géographique sont un exemple d'innovation continue et illustrent les limites du concept de «dépendance au sentier» (*path dependency*). La politique est à l'origine du développement de l'industrie éolienne et de ses stratégies de localisation géographique, en particulier les politiques environnementales qui font la promotion de l'énergie issue du vent.

Certaines politiques industrielles récentes jouent aussi un rôle majeur, notamment dans l'internationalisation de l'industrie et sa réorientation vers l'Asie.

Mots-clés: industrie éolienne, internationalisation, sentier de développement continu, politique environnementale, politique industrielle

Dipl.-Geogr. **Pedro Campos Silva**, Prof. Dr. **Britta Klagge**, Institut für Geographie, Universität Osnabrück, Seminarstrasse 19 a/b, D-49074 Osnabrück, Deutschland.

e-mail:

pcampos@uos.de

bklagge@uos.de

*Manuskripteingang/received/manuscrit reçu le
7.6.2011*

*Annahme zum Druck/accepted for publication/accepté
pour publication: 19.1.2012*