

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 26, 109-118. Hannover 2014

Contested Space – Herausforderung „Offshore-Windenergie“ – Nutzen und Wirkungen

– Torsten Schlurmann, Hannover –

Abstract

The so-called “Energiewende” in Germany denotes the political and societal willingness for a gradual transition from conventional energy sources towards environmentally friendly, reliable and durable operation of renewable energy sources. Wind energy is a cornerstone of this energy system transition and sets requirements and expectations in prolonged and intensified cooperation between industry and research institutions. It moreover calls for ongoing networking activities and significant growth of the maritime industry (i.e. shipping, ports and shipyards) with particular attention to specific environmental conditions of the modern commons, i.e. the resources from North and Baltic Seas. The use of wind energy at sea, as a novel kind of a *contested space*, therefore, requires a radical and sustainable approach to comply with competing uses in the exclusive economic zone (EEZ) in the North and Baltic Seas. Competing and sometimes conflicting needs in regard of shipping and aviation, nature and environmental protection, as well as economic and military uses should be considered and potential conflicts in advance have to be dispelled. Both planned and ongoing expansion projects must be environmentally and ecologically sound and economically feasible, while attempting to resolve technical, economic and legal uncertainties as part of separate research and development framework (R&D) programs. In the following engineering solutions of wind energy at sea in an interdisciplinary network are presented and discussed.

Zusammenfassung

Die Energiewende in Deutschland hängt maßgeblich mit dem Ausbau sowie dem umwelt-schonenden, zuverlässigen und dauerhaften Betrieb der Erneuerbaren Energieträger zusammen. Die Windenergie ist ein tragender Pfeiler der Energiewende und setzt Voraussetzungen und Erwartungen in eine verstetigte und intensiviertere Kooperation zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen sowie eine fortwährende Vernetzung und ein signifikantes Wachstum der maritimen Wirtschaft (Schifffahrt, Häfen, Werften) mit besonderem Augenmerk auf umweltspezifische Randbedingungen einer *modernen Allmende*. Die Windenergienutzung auf See, als eine Art *contested space*, verlangt daher ein wegweisendes und nachhaltiges Konzept zur Beachtung konkurrierender Nutzungen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nord- und Ostsee. Konkurrierende und teilweise sich widersprechende Belange von Schifffahrt und Luftfahrt, des Natur- und Umweltschutzes sowie der wirtschaftlichen und militärischen Nutzungen sollen berücksichtigt und mögliche Nutzungskonflikte im Vorfeld ausgeräumt werden. Geplante Ausbauprojekte müssen umwelt- und naturverträglich sowie volkswirtschaftlich nachsichtig vorgenommen werden und dem Ausräumen technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Unsicherheiten wird im Rahmen eines gesonderten Forschungs- und Entwicklungsrahmens (F&E-Programm) Priorität eingeräumt. Ingenieurtechnische Lösungsansätze der Windenergienutzung auf See in einem interdisziplinären Verbund werden vorgestellt und diskutiert und im Lichte dieser Erkenntnisse zu intensivierende Schwerpunkte in einem *contested space* der Nord- und Ostsee aufgezeigt.

Motivation „Offshore Windenergie“ in der Deutschen Nord- und Ostsee

In Zuge der Etablierung einer Strategie zur Umsetzung der so genannten „Energiewende“ wird die Realisierung einer nachhaltigeren Energieversorgung in den Sektoren Strom, Wärme und Mobilität derzeit mit erneuerbaren Energien diskutiert. Trotz fortwährender Kritik und Ablehnung wird diese „Energiewende“ hinlänglich auch als Chance für nachhaltige Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit der Deutschen Industrie anerkannt. Während in Deutschland und einigen weiteren Staaten die Senkung von CO₂-Emissionen zum Klimaschutz und die Ablösung fossiler Energieträger und nuklearer Energieträger als Ziele der „Energiewende“ genannt werden, wollen andere Staaten die Erneuerbaren Energien zusammen mit den verschiedenen Technologien auf der Basis fossiler Brennstoffe und nach wie vor auch mit der Kernenergie nutzen. Die einzelnen Fördermaßnahmen zum Ausbau der Erneuerbaren Energien, der Steigerung der Energieeffizienz und der Einsparung von Energie sind heute nach wie vor politisch umstritten, zumal umweltrelevante Bedenken und gesellschaftliche Konflikte (z.B. Netzausbau und Trassenführung) nicht hinreichend diskutiert oder ausgeräumt sind. Dennoch scheint zumindest über die letzten Jahre hinweg ein einigermaßen stabiler Konsens über mögliche Potenziale der Erneuerbaren Energien und auch über Chancen zur Innovationssteigerung in Deutschland parteiübergreifend zu wachsen.

Bereits zu Anfang des Jahres 2002 formulierte die Bundesregierung unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem damaligen Minister Jürgen TRITTIN eine interministeriell abgestimmte und verabschiedete Strategie zur Windenergienutzung auf See (BUNDESREGIERUNG 2002). Die medial umfassend beleuchtete Vision des Projektes „Erneuerbare Energien und effiziente Energienutzung in Brennstoffzellen“ der damaligen nationalen Nachhaltigkeitsstrategie hatte zum Ziel, im Bereich der Energieerzeugung Abhängigkeiten von Energieimporten zu verringern und die Umweltverträglichkeit – vor allem unter Klimaschutzgesichtspunkten – weiter zu verbessern. Schon damals bestand zwischen den einzelnen beteiligten Ressorts in der ehemaligen rot-grünen Koalition Einigkeit darüber, dass die Umstrukturierung der Energieversorgung auf eine nachhaltige Basis gestellt werden sollte und darüber hinaus Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit für Anbieter und Verbraucher sowie Umwelt- und Ressourcenschutz gleichrangig zu realisieren sind. Dazu sollte der Ausbau erneuerbarer Energien auf der Angebotsseite optimal mit Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz auf der Nutzerseite verknüpft werden. Das damals initiierte Teilprojekt „Offshore-Windparks“ sah deshalb vor, auf der Angebotsseite zügig die wichtigen Voraussetzungen für die Errichtung von Off-shore-Windparks zu schaffen.

Im Jahr 2002 hatte sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von damals ca. 6 % bis 2010 mindestens zu verdoppeln. Bezogen auf das Ausgangsjahr bedeutete dies bis zum Jahr 2010 einen Anteil von etwa 12 % an der damals aktuellen Stromgewinnung zu erzielen. Dieses Ziel gilt als deutlich erreicht; betrug der Anteil der Erneuerbaren Energien am Stromverbrauch in 2013 bereits nahezu 25 Prozent (BDEW 2014). Die schrittweise Erschließung der Windenergienutzung auf See (BUNDESREGIERUNG 2002) sah gleichzeitig vor, dass in einer Startphase (2003/4-06) ca. 500 MW installiert und ein jährlicher Stromertrag von ca. 1,5 TWh/a in der Deutschen Nord- und Ostsee erzielt werden könnten und dass sich in einer weiteren Ausbaustufe (2007-10) mögliche installierte Kapazitäten von 2-3 GW bei einem Ertrag von 7-10 TWh/a erzielen ließen. Kühne Kalkulationen avisierten damals bis ins Jahr 2030 installierte Kapazitäten von bis zu 20-25 GW mit jährlichen Erträgen zwischen 70-85 TWh/a. Dass diese ehrgeizigen Ziele nicht annähernd eingehalten und später zwangsläufig korrigiert werden mussten und bis heute scheinbar fortwährende Umsetzungs- und Zielkonflikte vorherrschen, zeigten dann erste

Erfahrungswerte in der Umsetzung der Strategie zur Windenergienutzung auf See. Das waren technologische und umweltbedingte Hemmnisse, fehlende Netzanbindungen und Netzinfrastrukturen an Land, aber auch Defizite attraktiver Anreizmechanismen zur Tätigung von Investitionen durch die Industriewirtschaft (KPMG 2010).

In dieser Folge blieb die Zielerreichung hinter den einst hochgesteckten Zielen der in Deutschen Küstengewässern installierten Leistungen der Offshore-Windenergie deutlich zurück und offenbarte eine eklatante Lücke zwischen gesetzten und erreichten Zielen. So wurde erst im Frühjahr 2010 der erste Deutsche Windpark „*alpha ventus*“ mit einer installierten Leistung von 60 MW (12 Anlagen mit je 5 MW) feierlich unter dem damaligen Bundesumweltminister Norbert RÖTTGEN in Betrieb genommen und blieb mit dieser und nachfolgend weiteren, nur zögerlich vollzogenen Installationen weit hinter den ursprünglich formulierten Zielen zurück. Die Ende 2013 installierte Leistung von Windenergieanlagen betrug ca. 2,8 GW und hat damit das ursprünglich für das Jahr 2007 gesetzte Ziel erfüllt – die Zielerreichung ist momentan um ca. 5-6 Jahre verzögert. Im Lichte dieser Erfahrungen und der weiteren ernüchternden Erkenntnissen wurde in 2010 eine angepasste Ausbaustrategie in einem „Nationalen Aktionsplan Erneuerbare Energien“ (NAP 2010) vorgenommen. Dieser revidierte die strategischen Ziele der Offshore-Windenergie. Demzufolge werden in 2020 ca. 10 GW installierte Leistung mit einem Jahresertrag von 30-50 TWh/a vorgehalten und eine weitere Ausbaustufe zwischen 2025/30 sieht ein Leistungsvermögen von 20-25 GW und mögliche Erträge von 70-80 TWh/a vor.

Unter dem Eindruck der verheerenden japanischen Natur-Technik-Katastrophe von Fukushima in 2011 wurde dieser Ausbauplan von der Deutschen Bundesregierung mit Nachdruck unterstrichen und erzielt in der gesellschaftlichen Diskussion in Deutschland auch nach wie vor weitgehende Unterstützung in der Fortführung einer Umsetzung der Energiewende, so dass die Ausbaustrategie der Bundesrepublik Deutschland sich weiterhin an dem Ziel orientiert, bis 2030 einen Anteil der Windenergie (davon ½ Offshore) von 30 % an der Stromproduktion vorzusehen; ausgehend von einem Anteil von 8 % im Jahr 2011. Dieses Ziel definiert die Windenergie als einen wesentlichen, tragenden Pfeiler in der Energie- und Klimapolitik der Bundesregierung und setzt Voraussetzungen und Erwartungen in vielerlei Hinsicht, dass z.B. eine verstetigte und intensiviertere Kooperation zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen vorgehalten wird, und dass eine Vernetzung sowie ein signifikantes Wachstum der maritimen Wirtschaft (Schifffahrt, Häfen, Werften) fortgeführt wird.

Indes sah die ursprünglich bereits in 2002 verabschiedete Strategie zur „Windenergienutzung auf See“ (BUNDESREGIERUNG 2002) ein wegweisendes und nachhaltiges Konzept zur Beachtung konkurrierender Nutzungen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) in der Nord- und Ostsee vor und formulierte bis heute gültige Schwerpunkte zur Erschließung der Windenergie auf See. Dies geschah trotz neuer Minister und wechselnder Koalitionen. So sollten die Belange der Schifffahrt und Luftfahrt, des Natur- und Umweltschutzes sowie wirtschaftliche und militärische Nutzungen berücksichtigt und mögliche Nutzungskonflikte in diesem neuen „*contested space*“, also einem durch neue Nutzer umworbenen, umkämpften Raum, der Nord- und Ostsee im Vorfeld ausgeräumt werden. Die Strategie sah unter anderem bereits vor, dass der geplante Ausbau umwelt- und naturverträglich sowie volkswirtschaftlich nachsichtig vorgenommen und dass dem Ausräumen technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Unsicherheiten im Rahmen eines gesonderten Forschungs- und Entwicklungsrahmens (F&E-Programm) höchste Priorität eingeräumt werden sollte. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Hamburg wurde als Genehmigungsbehörde bestimmt; im jeweiligen Einzelfall wird die Eignung des konkret zur Genehmigung gestellten Standortes jedoch sorgfältig geprüft und genehmigt.

Hintergründe der Umsetzungshemmnisse – Technik und Umwelt

Dass der Ausbau der erneuerbaren Energien insgesamt und insbesondere die Umsetzung der in 2002 verabschiedeten „Strategie zur Windenergienutzung auf See“ zwar bis heute anhaltende Euphorie auslöst, aber praktisch nur sehr schleppend vorangekommen ist, wird eindrucksvoll in einem Interview des ehemaligen E.ON-Vorstandsvorsitzenden, Wulf BERNOTAT, in einem Beitrag des Politmagazins CICERO (2009) begründet. BERNOTAT äußerte sich in dem Interview zur globalen Finanz- und Wirtschaftskrise unter anderem zur allgemeinen Energiewirtschaft und Offshore-Windenergie in Deutschland:

CICERO: „Was machen Sie denn nun wirklich in der Nordsee? Man hört von gigantischen Windmühlenparks auf hoher See. Kommt das?“

BERNOTAT: „Mit unseren Offshore-Windparks gehören wir zu den führenden Unternehmen in diesem Bereich. In der deutschen Nordsee haben wir als erstes Unternehmen das ambitionierte Pilotprojekt „Alpha Ventus“ gestartet. Wir machen dabei die Erfahrung, dass die Realisierung unter den dortigen Bedingungen äußerst schwierig ist. Leider haben wir in Deutschland ein politisch motiviertes, teures Konzept der Offshore-Technik gewählt, und müssen weit hinaus ins Meer...“

CICERO: „wegen der Wattenmeer- und Vogelschutzgebiete...“

BERNOTAT: „...oder auch wegen des Tourismus. Jeder findet Windenergie toll, aber niemand will die Windräder sehen. Wenn man deshalb weit draußen in relativ tiefem Wasser bauen muss, wird die Errichtung solcher Windparks eine riesige Herausforderung an die Ingenieure. Und es wird sehr teuer.“

Dieser Interviewauszug beschreibt in bemerkenswert offener Weise warum der Ausbau und die Installationen auf offener See nur beschwerlich vorangekommen sind. Augenscheinlich wurden die technischen Realisierungen und die damit verbundenen Wechselwirkungen sowie der Netzanschluss vermeintlich unterschätzt. Finanzstarke Investoren wurden ferner abgeschreckt und seitens der Industrie wurde nur bedingt in Kooperationen mit Forschungseinrichtungen oder Verbände mit Umweltverbänden investiert. Passend dazu wird an dieser Stelle auszugsweise ein Beitrag der Berliner Zeitung aus dem Sommer 2013 (BZ, 2013) angeführt, der im Zuge der Umsetzung der Energiewende die Offshore Windenergie erst am Anfang der Entwicklung sieht und daher konstatiert:

„Derzeit fallen Offshore-Windanlagen vor allem durch Krisenmeldungen auf. Dabei steht die Windkraft auf hoher See erst am Anfang ihres Wachstums, mit dem auch die Kosten sinken. Im Energiekonzept der Bundesregierung spielte im Jahr 2010 Offshore noch eine Hauptrolle: Der Windkraft auf dem Meer wurde zugetraut, die Atom- und Kohlemeiler als Grundlastanlagen zu ersetzen – also Dauerlieferanten großer Strommengen zu werden, die kaum den Schwankungen der Natur unterliegen. (...) derzeit fällt Offshore vor allem durch Krisenmeldungen auf: Bauverzögerungen; überfällige Anschlüsse ans Stromnetz; Kostenrisiken, die von den Investoren auf die Stromverbraucher umgelegt werden. Statt 20 Gigawatt geht etwa Netzbetreiber Tennet eher von sieben Gigawatt Offshore-Leistung für 2020 aus. (...) Offshore hat ein Kostenproblem, das Investoren abschreckt. Mit bis zu zwei Milliarden Euro Kosten muss ein Betreiber eines Offshore-Windparks [mit 80-100 Windenergieanlagen] in der deutschen Nordsee rechnen. Andererseits belegen die Kalkulationen, dass die Kosten der Energiewende vor allem Investitionskosten sind: Tragstrukturen, Bauteile und Installation werden im Lauf der Zeit und dank technischer Innovationen billiger. Größere Turbinen steigern Energieerträge – und senken ebenfalls die Kosten. (...) dass Offshore – anders als etwa die Windkraft an Land – erst am Anfang ihres Wachstums steht, mit dem die Kosten erst sinken.“

Begleitende Forschungs- und Entwicklungsprogramme und Bezüge zur Allmende

Nach Verabschiedung der Strategie zur Windenergienutzung auf See (BUNDESREGIERUNG 2002) befasst sich in einer Reihe von bereits laufenden Forschungsvorhaben der Bundes- und Landesministerien u.a. auch die von Ingenieurwissenschaftlern geprägte Forschergruppe GIGAWIND an der Leibniz Universität Hannover (GIGAWIND 2014) bereits seit dem Jahr 2000 in verschiedenen interdisziplinär ausgerichteten F&E-Projekten wissenschaftlich und in enger Kooperation mit der Offshore-Industrie mit bau- und umwelttechnischen Problemstellungen der Offshore-Windenergieanlagen (OWEA). In einem speziellen Zukunftsinvestitionsprogramm wurde die Erforschung und Entwicklung umweltschonender Energieformen im Bereich der nichtnuklearen Energienutzung mit einem Schwerpunkt auf der Offshore-Windenergienutzung von der Bundesregierung initiiert und bis heute fortwährend umgesetzt.

Um den Herausforderungen der Nutzung und (möglichen) umweltbelastenden Wirkungen der Offshore-Windenergie frühzeitig zu begegnen, wurden in drei potenziellen Eignungsgebieten und in unmittelbarer Nähe von geplanten und beim BSH beantragten größeren Offshore-Windparks drei Forschungsplattformen in der Deutschen Nord- und Ostsee (FINO 2014) bereits seit Anfang der 2000er Jahre errichtet. An diesen drei FINO-Standorten werden seither meteorologische, ozeanographische und umweltrelevante Daten kontinuierlich erhoben, prozessiert und frei zugänglich zur Verfügung gestellt. Unter anderem werden folgende umweltrelevante Parametersätze vorgehalten: Windstärke, Windrichtung und Turbulenzen in Abhängigkeit von der Höhe über dem Meeresspiegel, der Wellenhöhe und Wellenausbreitung, Stärke der Meeresströmungen, Beschaffenheit des Meeresuntergrundes und Messungen von Blitzen.

Außerdem finden auf diesen Plattformen regelmäßig ökologische Begleitforschungsprojekte unter anderem zu Fragen des Vogelzugs, des Schweinswalvorkommens, der Benthosgemeinschaften sowie der Vermeidung von Umweltschäden durch Schiffskollisionen statt. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, Wissenslücken und bestehende Unsicherheiten bezüglich der Auslegung und implizierten Wirkungen solcher technischen Anlagen zu klären und die geobotanischen Kenntnislücken über die Biotope in diesen Gebieten sowie ihre Veränderung während des Baus von Offshore-Windparks zu schließen.

Um des Weiteren gezielt derartige Wechselwirkungen für die deutsche Windenergieindustrie zu erkunden, wurde das Offshore-Testfeld „*alpha ventus*“, ein Offshore-Windpark mit zwölf Windkraftanlagen ca. 45km nordwestlich von Borkum in der Deutschen Bucht, in Betrieb genommen. Um weit reichende Erkenntnisse aus diesem Testfeld zu ziehen, fördert das BMU von Inbetriebnahme des Testfelds an verschiedene Forschungsprojekte zur Entwicklung neuer Technologien und umfassende Programme zum Monitoring der Offshore Windenergieanlagen (OWEA) mit ca. 50 Mio. Euro seit dem Jahr 2008, die den Bau und den Betrieb der Anlagen im Testfeld begleiten. Das Testfeld und seine einzelnen Anlagen der installierten OWEA wurden dabei mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet, um die im Rahmen des vom BMU geförderten Forschungsinitiative „*Research at alpha ventus*“ (RAVE) beteiligten Projekte mit ausreichend detaillierten Daten versorgen zu können.

Das von der Leibniz Universität Hannover (LUH) durchgeführte Vorhaben GIGAWIND „*alpha ventus*“ (2008-2011) war ein assoziiertes Projekt dieser Forschungsinitiative RAVE und hatte damit Zugriff auf ein umfangreiches Messprogramm im Testfeld „*alpha ventus*“. Das Projekt stellte die Entwicklung eines ganzheitlichen Dimensionierungskonzepts für OWEA-Tragstrukturen anhand von Messungen im Offshore-Testfeld „*alpha ventus*“ in den Fokus, um das vorrangige Ziel einer Kostenminimierung bzw. Effizienzsteigerung von

OWEA zu erreichen. Auf der einen Seite bedeutete dies die Entwicklung leichter und effizienter Tragstrukturen, um beispielsweise die Materialkosten für eine Massenproduktion von OWEA zu minieren, und auf der anderen Seite auch die Optimierung des Entwurfsprozesses voranzutreiben. Das Projekt war interdisziplinär ausgerichtet und umfasste die gesamte Bandbreite der konstruktiven Disziplinen im Bauingenieurwesen und sprach demnach die unterschiedlichen fachspezifischen Aufgabenstellungen hinsichtlich der Lasteinwirkungen, der Langlebigkeit und der Gründung sowie eines zu entwickelnden Gesamtstrukturmodells an, um Methoden und Produkte einer ganzheitlichen Dimensionierung von OWEA zu entwickeln. Es wurde angestrebt, den Bemessungsaufwand von OWEA durch die Integration unterschiedlicher Software-Tools in ein benutzerfreundliches Simulations- und Bemessungspaket mit den erforderlichen Schnittstellen erheblich zu reduzieren. Die Implementierung von Erweiterungen wird durch einen modularen Aufbau im ganzheitlichen Dimensionierungskonzept ermöglicht. In dem darauf aufbauenden, neuen Projekt GIGAWIND Life (2014-17) werden Lebenszyklen von Offshore Windenergieanlagen im Testfeld untersucht und sowohl Degradierungs- als auch Alterungseffekte von Tragstrukturen und deren Landzeitauswirkungen in den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchungen gestellt.

Gerade im Zusammenhang mit diesen F&E-Vorhaben und den kontinuierlich zumeist vom BSH verantworteten Mess- und Monitoringprogrammen von Umweltauswirkungen werden also durchaus Bezüge auf eine moderne Form der Nutzung der Allmende gezogen und spiegeln sich darin wider, dass die von Politikwissenschaftlerin, Umweltökonomin und Nobelpreisträgerin Prof. Elinor Ostrom kritisch formulierte Privatisierung und Ressourcennutzung globaler Allmenden (OSTROM 1990; OSTROM et al. 1994; OSTROM 2005; MORAN & OSTROM 2005, OSTROM & HESS 2006 und OSTROM & HELFRICH 2011) praktisch auch in den einzigartigen unberührten und wissenschaftlich zu einem Großteil unverstandenen Ökosystemen Nord- und Ostsee vollzogen wird.

Mittlerweile ist eine Vielzahl von ökologischen Begleitforschungsprojekten mit umfangreichen Erkenntnisgewinnen durchgeführt worden, die vor allem Untersuchungen und Erfahrungen im Offshore-Testfeldvorhaben „*alpha ventus*“ dokumentieren und zur Implementierung eines obligatorischen von potenziellen Betreibern eines Windparks einzuhaltenden Standarduntersuchungskonzeptes (BSH, 2013a) geführt haben. Dieses verpflichtende Untersuchungskonzept ergänzt ein betreiberseitig zu finanzierendes ökologisches Untersuchungsprogramm gemäß eines speziell abgestimmten Standarduntersuchungskonzept die Effekte von Offshore-Windparks auf die Meeresumwelt wie marine Säugetiere (inkl. Schallmessungen), Rast- und Zugvögel, Fische und Benthos (Bodenorganismen) im Vorfeld zu untersuchen und darauf basierend zur Genehmigungsplanung dem BSH vorzulegen. In diesem Zusammenhang hat das BSH zwischenzeitlich u.a. auch wichtige Berichte zu Forschungsprojekten zur Untersuchung der Effekte von Windenergieanlagen auf mobile demersale Megafauna (BSH 2014a), Auswertungen von Daten zu Benthos und Fischen für das ökologische Effektmontoring (BSH 2013b) und Untersuchung der Effekte von Windenergieanlagen auf Fische und vagile Megafauna im Testfeld „*alpha ventus*“ (BSH 2014b) publiziert und dokumentiert. Durch diese Vorgaben und darin angestellten Restriktionen werden schließlich die Grundzüge der Aufrechterhaltung eines einzigartigen, ökologisch wertvollen natürlichen, zum Teil unberührten und vor allem wissenschaftlich nicht gänzlich durchdrungenen Systems Nord- und Ostsee, also einer *modernen Allmende*, in einem ersten Ansatz gewährleistet. Das Gleiche gilt für die Einbeziehung der Flora-Fauna-Habitat-Typen (FFH-Biotope) und deren Vegetationsinventar (POTT 1995, 1996; PETERSEN et al. 2003).

Ingenieurtechnische Erfahrungsschätze und Lösungsansätze

Das bereits erwähnte, vom BMU geförderte Forschungsprojekt GIGAWIND „*alpha ven-*

tus“ (2008–2011) sah vor, den Bemessungsaufwand von OWEA durch die Integration unterschiedlicher Software-Tools in ein benutzerfreundliches Simulations- und Bemessungspaket mit den erforderlichen Schnittstellen erheblich zu reduzieren. Die Implementierung von Erweiterungen wurde durch einen modularen Aufbau im ganzheitlichen Dimensionierungskonzept ermöglicht. Das Konsortium GIGAWIND „*alpha ventus*“ umfasste neben den wissenschaftlichen Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover auch das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES sowie die Kooperationspartner der Industrie (AREVA Multibrid GmbH und Senvion AG) und garantierte somit den unmittelbaren Austausch und die gemeinsame abgestimmte Entwicklung von ganzheitlichen Dimensionierungskonzepten für OWEA.

In einem Teilprojekt stand die Entwicklung von neuen Laststrukturmodellen infolge Wellenbelastung und deren Korrelation mit Windbelastung im Vordergrund. Für die Bestimmung der hydrodynamischen Wellenlasten auf Strukturelemente einer OWEA wurde die Übertragung bestehender Lastansätze, die vielfach in Wellenkanälen gewonnen wurden, auf die Bedingungen in der Natur übertragen, wobei aufgrund der dreidimensionalen Struktur des natürlichen Seegangs diese Korrelation nicht in vollem Umfang möglich ist, so dass die einwirkenden Lasten durch Wellen, zumal brechende Wellen, oftmals überschätzt werden und unwirtschaftlich sind. Konventionelle Lastkoeffizienten wurden teilweise aus Untersuchungen mit regelmäßigen, im Rahmen des Projektes zugänglichen Daten evaluiert: So wurde ein Vergleich zwischen den Naturmessungen und den gängigen Berechnungsverfahren gezogen, sowohl mit linearen als auch mit nichtlinearen Ansätzen. Weiterhin wurden für die Kombination von Wind- und Seegangslasten Ansätze zur Ermittlung und Kombination beider Lasten weiterentwickelt. Die hoch aufgelöste Wind- und Seegangsmessung im Testfeld „*alpha ventus*“ bei gleichzeitiger Aufzeichnung der Lasteinwirkung bot erstmals die Möglichkeit der Verbesserung und Validierung bestehender Modelle (MAI & SCHLURMANN 2012). Lokale Lasteinwirkungen wurden zudem für Detailuntersuchungen an der Tragstruktur benötigt, z.B. zur Untersuchung des Beulens oder des Spannungsverlaufs in Knoten. Dazu muss die Verteilung des dynamischen Drucks über den Umfang und die Höhe der Struktur ermittelt werden, um möglichst genaue lokale Strukturmodelle erstellen zu können. Dies wurde insbesondere auch für steile und brechende Wellen mit Berücksichtigung des Wellenaufbaus an der Tragstruktur untersucht. Letzteres ist beispielsweise für die Dimensionierung einer Zugangsplattform an der Anlage von entscheidender Bedeutung. Die für die Validierung solcher Modelle notwendigen Daten lieferten die geplanten Messungen an der Testanlage im Offshore-Testfeld „*alpha ventus*“. HILDEBRANDT und SCHLURMANN (2012) zeigen diese Berechnungsmethoden und Auswertungen im Vergleich von hydronumerischen Simulationen mit Labormessungen im Großmaßstab, die der Optimierung von Wellenlastmodellen dienen.

In einem weiteren Teilprojekt wurden die bereits oftmals angeführten Phänomene zu Kolkvorgängen an Gründungsstrukturen wie „Monopiles“ untersucht. Erkenntnisse wurden bisher überwiegend aus physikalischen Modellversuchen gewonnen. Eine Validierung der Ergebnisse anhand realer Messdaten aus der Natur konnte jedoch aufgrund der geringen Verfügbarkeit derartiger Daten nur in den seltensten Fällen durchgeführt werden. Innerhalb des Forschungsvorhabens lag daher ein weiterer Fokus der Untersuchungen zur Kolkentwicklung auf den von der Firma Multibrid errichteten und im Testfeld „*alpha ventus*“ installierte Offshore Windenergieanlage vom Typ „Tripod“. Aufgrund der komplexen geometrischen Struktur dieses Gründungstyps können hier Berechnungsansätze zur Kolkentwicklung, die größtenteils für Monopiles oder Pfahlgruppen (Jacket-Plattform) entwickelt wurden, nur sehr bedingt angesetzt werden und allenfalls für erste, sehr vereinfachende Abschätzungen herangezogen werden. Im Rahmen der Forschungsinitiative RAVE wurden an der mit Messsensorik bestückten Windenergieanlage der Fa. Multibrid unter anderem Messungen der Kolkgenese an den Gründungspfählen sowie im näheren Umfeld der Anlage durch ein installiertes Messequipment des

Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie durchgeführt. Die Messungen erfolgten durch permanente Aufnahme der Kolkstiefen über insgesamt 19 Singlebeam-Echolote an der Struktur, jeweils 5 an den drei Standbeinen des Tripods und 4 unterhalb des Zentralrohres. Diese Messungen wurden mehrmals im Jahr durchgeführt und durch großflächige Aufnahmen des Meeresbodens im Nahbereich der Anlage mittels Multibeam-Echolot ergänzt.

Die Analyse und Bewertung der im Rahmen dieses Kolkmonitorings aufgenommenen Naturmessdaten dienten außerdem der Kalibrierung und späteren Validierung eines numerischen Simulationsmodells mittels CFD-Methoden zur Kolkentwicklung unter Wellen- und Strömungsbelastung an der Anlage (STAHLMANN & SCHLURMANN 2012). Weitere Untersuchungen zur Kolkentwicklung, die ebenfalls vornehmlich der Kalibrierung und Validierung des numerischen Modells dienten, erfolgten anhand physikalischer Modellversuche in zwei Modellmaßstäben. Zum einen wurden Untersuchungen am Tripod sowie an vergleichsweise einfachen Strukturen wie dem Monopile im Wellenkanal des Franzius-Instituts (WKS) im Maßstab 1:40 durchgeführt, ebenso wie Untersuchungen am Tripod im Großen Wellenkanal (GWK) im Maßstab 1:10. Die Messungen im Testfeld und die Ergebnisse aus den Modellversuchen und den CFD-Simulationen unterstützten die Verifizierung und Validierung von Bodenmodellen für die numerische Simulation, die im Rahmen des Forschungsprojekts neu entwickelt bzw. optimiert werden konnten. Der Einfluss aus einer Kolkbildung wurde anhand von empirischen Werten durch eine Abminderung der Einbindung in einer Größenordnung von $0,75 D$ bis $3,0 D$ (D = Pfahldurchmesser) berücksichtigt. Zudem wurde der Einfluss eines Kolkes auf die horizontale Tragfähigkeit der Tragstruktur ermittelt.

Im Zuge der Entwicklung innovativer Kolkschutzsysteme sollten des Weiteren innovative Kolkschutzketten aus mit Hochleistungsbeton gefüllten Körpern zum Einsatz kommen. Hierfür werden spezielle textile Schalungen entwickelt, die eine kontinuierliche Betonage zusammenhängender Segmente ermöglichen. Bei der Fertigung ergaben sich besondere betontechnologische Fragestellungen im Hinblick auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie die baupraktische Umsetzung. Im Zusammenhang mit den physikalischen Modellversuchen zur Kolkentwicklung wurde zudem die Wirksamkeit der Strukturgeometrie analysiert und optimiert. Verschiedene Aspekte der Strömungsabschirmung, der Minimierung der Kolkbildung sowie der dauerhaften Funktionalität standen neben der Abschätzung möglicher Umweltrisiken dabei im Vordergrund. Der Umweltsektor – insbesondere Reduktion von Hydroschall beim Rammen von Offshore-Pfählen – wird mittlerweile in eigenständigen Projekten an der LUH durchgeführt. Mit dem Forschungsfeld „OWEA-Tragstrukturen“ hingegen wird heute in der deutschen Windbranche unweigerlich der Name GIGAWIND in Verbindung gebracht. Seit Beginn trägt auch das Fachwissen anderer Forschungseinrichtungen zum Erfolg von GIGAWIND bei, wie die Universität Duisburg-Essen (2000-2007) oder das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES (seit 2008). Die Förderung für das laufende Projekt GIGAWIND „*alpha ventus*“ liegt wie bei den vorherigen Projekten beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU.

Ausblick

Die Energiewende in Deutschland hängt maßgeblich mit dem Ausbau sowie dem umweltschonenden, zuverlässigen und dauerhaften Betrieb der Erneuerbaren Energieträger zusammen. Trotz fortwährender Kritik wird die Energiewende hinlänglich auch als Chance für nachhaltige Innovationen und Wettbewerbsfähigkeit der Deutschen Industrie anerkannt und wird maßgeblich die Senkung von CO_2 -Emissionen und vor allem die Ablösung fossiler und nuklearer Energieträger hervorrufen. Über die letzten 15 Jahre und wechselnde politische Koalitionen hinweg sieht die Bundesregierung die Windenergie als einen tragender Pfeiler der

Energiewende und setzt Voraussetzungen und Erwartungen in eine verstetigte und intensivierte Kooperation zwischen Industrie und Forschungseinrichtungen sowie eine fortwährende Vernetzung und ein signifikantes Wachstum der maritimen Wirtschaft (Schifffahrt, Häfen, Werften) mit besonderem Augenmerk auf umweltspezifische Randbedingungen einer *modernen Allmende*. Es ist daher unabdingbar, dass die Windenergienutzung auf See ein wegweisendes und nachhaltiges Konzept zur Beachtung konkurrierender Nutzungen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) in der Nord- und Ostsee, als eine Art „*contested space*“, vorsieht, was die Beachtung und Lösung der teilweise konkurrierenden oder sich teilweise widersprechender Belange der Schifffahrt und Luftfahrt, des Natur- und Umweltschutzes sowie der wirtschaftlichen und militärischen Nutzungen fordert und mögliche Nutzungskonflikte im Vorfeld ausräumt. Geplante, im Bau und bereits in der Nutzung befindliche Vorhaben müssen umweltverträglich sowie volkswirtschaftlich nachsichtig vorgenommen bzw. betrieben werden. Dem Ausräumen technischer, wirtschaftlicher und rechtlicher Unsicherheiten muss weiterhin im Rahmen gesonderter Forschungs- und Entwicklungsvorhaben Priorität eingeräumt und gemäß eines speziellen Standarduntersuchungskonzepts müssen die Effekte von Offshore-Windparks auf die Meeresumwelt im Vorfeld untersucht werden. Nur durch dieses abgestimmte Vorgehen wird die Aufrechterhaltung eines einzigartigen, ökologisch wertvollen natürlichen, z.T. unberührten und vor allem wissenschaftlich nicht gänzlich durchdrungenen Systems von Nord- und Ostsee, also einer *modernen Allmende*, auch für kommende Generationen gewährleistet werden können.

Literatur

- BDEW (2014): Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2013 nach Energieträgern. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW).
- BSH (2013a): Standard - Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK4), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).
- BSH (2013b): Auswertungen von Daten zu Benthos und Fischen für das ökologische Effektmonitoring im Testfeld „*alpha ventus*“ (BSH 2013b) Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).
- BSH (2014a): Untersuchung der Effekte von Windenergieanlagen auf mobile demersale Megafauna im Testfeld „*alpha ventus*“, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).
- BSH (2014b): Untersuchung der Effekte von Windenergieanlagen auf Fische und vagile Megafauna im Testfeld „*alpha ventus*“, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).
- BUNDeregierung (2002): Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung. http://www.erneuerbare-energien.de/.../windenergie_strategie_br_020100.pdf (Stand: 26.6.2014).
- BZ (2013): Energiewende: Offshore-Wind erst am Anfang. Berliner Tageszeitung (BZ). Ausgabe vom 22.8.2013. <http://www.berliner-zeitung.de/wirtschaft/energiewende-offshore-wind-erst-am-anfang,10808230,24090316.html> (Stand: 30.6.2014).
- CICERO (2009): Hat die Krise Sie verändert? CICERO – Magazin für politische Kultur, Ausgabe 7.5.2009.
- FINO (2014): Forschungsplattformen Nord- und Ostsee (FINO). <http://www.fino-offshore.de/> (Stand: 26.6.2014).
- GIGAWIND (2014): Forschergruppe GIGAWIND an der Leibniz Universität Hannover. <http://www.gigawind.de/gigagroup.html> (Stand: 26.6.2014).
- HILDEBRANDT, A. & T. SCHLURMANN (2012): Wellenbrechen an Offshore Tripod-Gründungen -Versuche und Simulationen im Vergleich zu Richtlinien. – Bautechnik, **89** (5): 301-308.
- KPMG (2010): Offshore-Windparks in Europa – Marktstudie 2010. Energy & Natural Resources, KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft.
- MAI, T. & T. SCHLURMANN (2012): Wave Heights Recovery from Subsurface Pressures upon a Small Vertical Cylinder. – Coastal Engineering Proceedings **1** (33), doi:10.9753/icce.v33.posters.16.
- MORAN, E. F. & E. OSTROM (2005): Seeing the Forest and the Trees. 504 S., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts

- NAP (2010): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Bundesregierung. http://www.erneuerbare-energien.de/.../nationaler_aktionsplan_ee.pdf (Stand: 26.6.14).
- OSTROM, E. (1990): *Governing the Commons. The Evolution of Institution for Collective Action*. 271 S., Cambridge Univ. Press, 13. Aufl. (2003)
- OSTROM, E., GARDNER, R. & J. WALKER (1994): *Rules, games and common Pool Resources*. (Ed. ARBOR, A.): 392 S., Univ. of Michigan Press.
- OSTROM, E. (2005): *Understanding Institutional Diversity*. 384 S., Princeton Univers. Press., Princeton.
- OSTROM, E. & C. HESS (Eds.) (2006): *Understanding Knowledge as a commons: From Theory to Practice*. 3-26. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- OSTROM, E. & S. HELFRICH (2011): Was mehr wird, wenn wir teilen. Vom gesellschaftlichen Wert der Gemeingüter. 128 S., Oekom Verlag.
- PETERSEN, J., POTT, R., JANIESCH, P. & J. WOLFF (2003): *Umweltverträgliche Grundwasserbewirtschaftung in hydrogeologisch und ökologisch sensiblen Bereichen der Nordseeküste*. 384 S. Husum Druck- und Verlagsges. Husum.
- POTT, R. (1995): *Nordseeküste und Nordseeinseln*. 288 S. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- POTT, R. (1996): *Biotoptypen. Schützenswerte Lebensräume Deutschlands und angrenzender Regionen*. 488 S. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- STAHLMANN, A. & T. SCHLURMANN (2012): Kolkbildung an komplexen Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen: Untersuchungen zu Tripod-Gründungen in der Nordsee. –*Bautechnik* **89** (5): 293-300.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Torsten Schlurmann, Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Str. 4, D-30167 Hannover

E-Mail: schlurmann@fi.uni-hannover.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Schlurmann Torsten

Artikel/Article: [Contested Space – Herausforderung „Offshore-Windenergie“ – Nutzen und Wirkungen 109-118](#)