Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Offshore-Windenergie

Ein Überblick über die Aktivitäten in Deutschland

IMPRESSUM

Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat Öffentlichkeitsarbeit · 11055 Berlin
E-Mail: service@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de

Text: Anja Worm, media consulta Deutschland GmbH
Redaktion: Konrad Hölzl, René Karaschewitz, BMU,
Referat E I 6 „Windenergie und Wasserkraft";
Antje Radecke, Projektträger Jülich (PtJ)

Gestaltung: media consulta Deutschland GmbH, Berlin
Druck: Druckhaus Rihn, Blomberg

Abbildungen: Titelseite: DOTI/alpha ventus 2009, Foto Matthias Ibeler
Seite 5: Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Seite 6: BMU/Oberhäuser
Seite 7: EnBW
Seite 8: DOTI/alpha ventus 2010, Foto Matthias Ibeler
Seite 9: EnBW
Seite 10: EnBW/EnBW Baltic 1
Seite 12: BARD-Gruppe
Seite 13: DOTI/alpha ventus 2009, Foto Matthias Ibeler
Seite 15: BARD-Gruppe
Seite 18: BLG Logistics Solutions GmbH & Co. KG
Seite 22: TenneT TSO GmbH; Offshore-Netzanbindung
Seite 23: BMU/Christoph Edelhoff
Seite 24: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Seite 25: BMU/Christoph Edelhoff
Seite 26: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Seite 28: Trianel/Lang
Seite 29: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Seite 30: DOTI/alpha ventus 2011, Foto Matthias Ibeler
Seite 31: EnBW
Seite 32: BMU/Christoph Edelhoff
Seite 33: BMU/Oberhäuser
Seite 34: links: 50 Hertz, rechts: BMU/Oberhäuser
Seite 36: London Array Ltd.
Seite 37: London Array Ltd.
Seite 38: Areva Wind GmbH, 09/2010

Stand: Februar 2013
1. Auflage: 3.000 Exemplare

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 5

1. Stand und Meilensteine – eine Einführung 6

Mit der Energiewende in die Zukunft 6
Den Weg für Offshore-Windenergie ebnen 7
Die ersten Offshore-Windparks 9

2. Offshore-Windparks in Deutschland 10

Das Genehmigungsverfahren 10
Kosten für den Bau und Betrieb eines Windparks 11
Die Möglichkeiten der Finanzierung 13
Das EEG gibt Antrieb 13
Entstehung der Netze gefördert 14

3. Auf dem Weg zum Windpark 18

Die Hauptbestandteile einer Windenergieanlage 18
Die Anbindung eines Windparks 20
Häfen – Knotenpunkte für die Offshore-Windenergie 20
Forschungs- und Entwicklungsstandort, Teststandorte, Training/Schulung 22

4. Die Umwelt profitiert 24

Forschungsinitiative RAVE 24
FINO 1, 2, 3 25
Die Meeresumwelt 26

5. Der Rotor als Motor 30

Wirtschaft kommt in Fahrt 30
Aufschwung für den Arbeitsmarkt 32

6. Internationale Zusammenarbeit 36

VORWORT

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Nachhaltigkeit ist die große Herausforderung unserer und der nachfolgenden Generationen. Mit der Energiewende wollen wir zeigen, dass – und wie – Klimaschutz in einer der führenden Volkswirtschaften der Welt funktionieren kann. Die Herausforderungen sind groß: Versorgungssicherheit, wettbewerbsfähige Strompreise und Technologien, von denen viele kaum erprobt sind – die Energiewende ist Innovation pur! Heute erzeugen wir gute 23 Prozent unseres Stromes aus regenerativen Energien, 2050 sollen es 80 Prozent sein. Die Offshore-Windenergie spielt dabei eine zentrale Rolle. Denn: Auf hoher See herrschen konstante und verlässlich hohe Windgeschwindigkeiten, die eine Energieerzeugung zu jeder Jahres- und Tageszeit zulassen. Genau das ist es, was wir von den erneuerbaren Energien brauchen.

Die ersten Offshore-Windparks sind gebaut und erzeugen mehr Strom, als wir erwartet hatten! Sie dienen über die deutschen Grenzen hinaus als Lernfeld für die neue Technologie. Wichtig sind auch die ökologischen Folgen – bei der Nutzung der fragilen Ökosysteme vor unseren Küsten muss es immer auch um Naturschutz gehen! Forscher untersuchen intensiv, wie die Pflanzen- und Tierwelt des Meeres auf die Windenergieanlagen reagieren, welche Gefahren bestehen und was man machen kann, um diese einzudämmen. Ein Beispiel: Wir haben erkannt, dass Schweinswale durch den bei der Errichtung der Anlagen auftretenden Lärm gestört werden können. Um die Belastungen zu dämpfen, lassen wir nun in großem Umfang Schallschutzmaßnahmen testen.

Die Energieerzeugung auf hoher See eröffnet neue Perspektiven für die Wirtschaft. Gerade die nördlichen Bundesländer, aber auch traditionelle Standorte für Maschinenbau und Stahlerzeugung profitieren erheblich von der Windenergie auf See. Hersteller siedeln sich an der Küste an, Häfen stellen sich auf die speziellen Anforderungen der Offshore-Windenergie ein. Das alles schafft neue Arbeitsplätze: Die Europäische Union rechnet in ihren Mitgliedsländern bis 2020 mit 170.000 Jobs allein in der Offshore-Windenergie.

Die Bundesregierung hat – zuletzt mit der Regelung zur Übernahme der Haftungsrisiken für verspätete Netzanschlüsse – alles getan, um den Ausbau der Windparks voranzutreiben!
Die Offshore-Windenergie ist eine Chance, die wir gemeinsam ergreifen müssen!

Peter Altmaier
Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

KAPITEL 1 STAND UND MEILENSTEINE – EINE EINFÜHRUNG

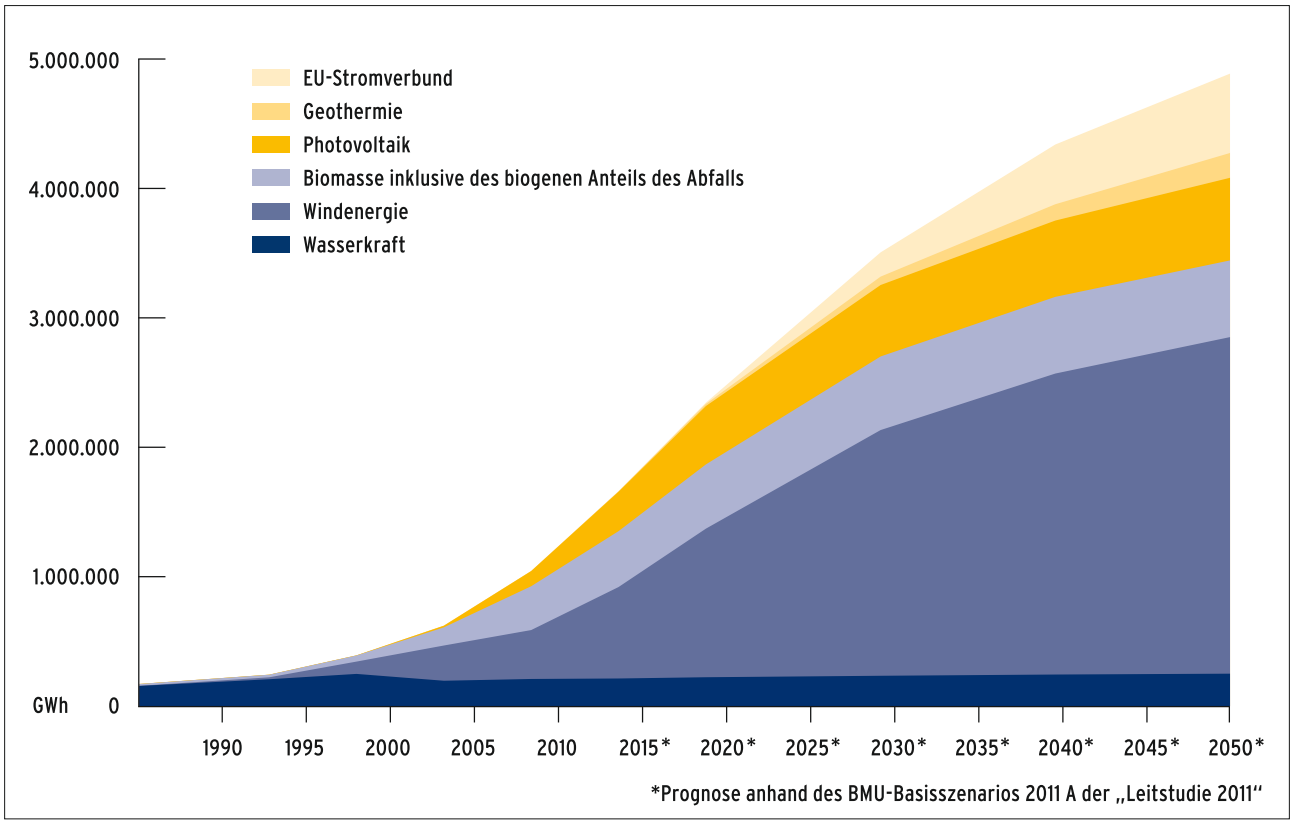
Die Energiewende ist das zentrale politische Ziel unserer Zeit. Dabei geht es um den Umbau des Energiesystems: Deutschland soll in Zukunft bei wettbewerbsfähigen Energiepreisen und hohem Wohlstandsniveau eine der energieeffizientesten und umweltschonendsten Volkswirtschaften der Welt werden. Mit der Energiewende ist auch die Intention verbunden, die Abhängigkeit von Rohstoffen wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran deutlich zu verringern.

Mit der Energiewende in die Zukunft

Wesentliche Rahmenbedingungen für den Ausbau der regenerativen Energien schafft das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Es trägt einen wesentlichen Anteil am Erfolg beim Umbau des Energiesystems und dient zurecht in über 65 Ländern als Vorlage für vergleichbare Regelungen. Die regenerativen Quellen sind bereits heute nach der Braunkohle der zweitwichtigste Energielieferant in Deutschland – noch vor der Steinkohle und der Kernenergie. Mittlerweile beträgt der Anteil der Erneuerbaren an der Stromversorgung rund 25 Prozent, 2000 lag dieser noch bei 6,8 Prozent. Die Zahlen lassen vermuten, dass Deutschland sein Mindest-Ausbauziel von 35 Prozent für 2020 erreichen, wenn nicht sogar überschreiten wird. 2030 sollen 50 Prozent und 2050 insgesamt 80 Prozent des verbrauchten Stromes aus erneuerbaren Energiequellen stammen. Die Energiewende erfordert einen grundlegenden Umbau des Stromnetzes. Dabei soll das Netz nicht nur ausgebaut werden: Durch die Optimierung des bestehenden Stromnetzes können Neubaustrecken vermieden werden, um so die Energieinfrastruktur umweltschonend zu modernisieren.

Die Windenergie beeinflusst maßgeblich die Erfolgsgeschichte der regenerativen Energien. Der Mensch versteht es seit Jahrhunderten, die Kraft des Windes zu nutzen, aber erst mithilfe der jüngsten Erfahrungen und technischen Möglichkeiten gelang es, das enorme Potenzial zuverlässig auszuschöpfen. Schon heute hat die Windenergie einen Anteil von acht Prozent an der deutschen Stromversorgung. Die Nutzung des Windes als Energiequelle spielt daher eine tragende Rolle bei der Entwicklung der erneuerbaren Energien hin zu einer wirtschaftlich tragfähigen und klimaverträglichen Energieversorgung bei angemessenen Preisen und hohem Wohlstandsniveau. Die Windenergie auf See

Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bis 2050 (in GWh)



Quellen: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (Stand Dezember 2012) / BMU-Leitstudie 2011

(Offshore-Windenergie) könnte gemäß einer Studie des Bundesumweltministeriums 2050 fast 25 Prozent der Stromerzeugung Deutschlands abdecken.

Den Weg für Offshore-Windenergie ebnen

Aufgrund der konstanten und verlässlich hohen Windgeschwindigkeiten auf dem Meer nimmt die Offshore-Windenergie eine zentrale Rolle bei der Energiewende ein. Im Jahr 2002 verabschiedete die damalige Bundesregierung ein Strategiepapier zur Nutzung der Windenergie auf See. Mit der Offshore-Windenergie betrat Deutschland zu diesem Zeitpunkt noch Neuland: Das Wissen über die Auswirkungen auf die Meeresumwelt war begrenzt, und es bestanden noch zahlreiche technische, wirtschaftliche sowie rechtliche Unsicherheiten. Das Strategiepapier nannte Maßnahmen, die zur Steigerung der Planungssicherheit für Offshore-Windparks beitrugen.

Den Ausbau vorantreiben

Weitere Schritte in Richtung Energiewende beschloss die Bundesregierung mit dem Energiekonzept 2010. Da der Ausbau der Offshore-Windenergie langsamer voranschritt, als noch im Strategiepapier 2002 angenommen, wurden weitere Maßnahmen im Energiekonzept festgelegt. Dazu gehört etwa das Förderprogramm „Offshore-Windenergie" der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), mit dem Windpark-Betreiber Finanzierungslücken schließen können. Das Programm verfügt über ein Volumen von fünf Milliarden Euro, und unterstützt werden die ersten zehn Windpark-Projekte. Da es sich bei der Offshore-Windenergie um eine relativ neue

Die Netzanbindung stellt eine Herausforderung dar.

Technologie handelt, sind die Investitionsrisiken nur schwer kalkulierbar und die Banken bei ihrer Kreditvergabe zurückhaltend. Die Bundesregierung schuf das KfW-Programm auch, um wichtige technologische Erfahrungen zu sammeln und Möglichkeiten der Kostensenkung beim Bau einer Windenergieanlage zu erkennen.

Die Reaktorkatastrophe von Fukushima gab 2011 den Anlass dafür, den geplanten Umbau des Energiesystems zu beschleunigen. Mit dem Beschluss vom 6. Juni 2011 entschied die Bundesregierung nicht nur, den stufenweisen Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 zügig umzusetzen, sondern auch Maßnahmen wie das KfW-Sonderprogramm und eine verbesserte Netzanbindung, die den Bau von Windenergieanlagen auf dem Meer vereinfachen.

Herausforderung: Netzanbindung

Eine der großen Herausforderungen im Bereich der Offshore-Windenergie ist die Netzanbindung. Um den auf See gewonnenen Strom zu den Endverbrauchern transportieren zu können, bedarf es der Anbindung der Windenergieanlagen auf See an das deutsche Stromnetz sowie der Erweiterung der Netze. Der Gesetzgeber verabschiedete Regelungen, um den Netzausbau zu beschleunigen. Ein Beispiel ist die Regelung der Clusteranbindung, die die Einrichtung von zentralen Kupplungen vorschreibt. Diese „Mehrfachsteckdosen“ haben den Vorteil, dass Windparks gesammelt und umweltschonender ans Netz angebunden werden. Zugleich können die Netzanschlüsse beschleunigt und die Anschlusskosten deutlich gesenkt werden.

Welche Transportwege für den Strom vom Meer gebaut werden sollen, blieb lange Zeit ungeklärt. 2012 begannen die Arbeiten am Offshore-Netzplan. Er wird jährlich aktualisiert, um neueste Erkenntnisse einfließen zu lassen. Der Netzplan legt fest, welche Regionen sich für den Bau von Windparks eignen, die mit einer Sammelanbindung an das Netz angeschlossen werden. Neben diesen Clustern nennt der Plan auch die Trassenverläufe der Anbindungsleitungen und die Standorte für die Umspannplattformen. Mit der Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes Ende 2012 wurde ein sogenannter Systemwechsel vollzogen. Die Entwicklung des Offshore-Netzes wird nun verbindlicher gestaltet und hat einen Zeithorizont von zehn Jahren. Die Übertragungsnetzbetreiber werden im jährlichen Rhythmus einen Offshorenetzentwicklungsplan vorlegen, der einen Zeitplan für die Realisierung der Netzanschlussvorhaben enthält.

alpha ventus war der erste deutsche Offshore-Windpark überhaupt. Er liefert seit 2010 Strom ans deutsche Netz.

Volllaststunden

Volllaststunde ist das Maß, um anzugeben, wie hoch die Auslastung eines Kraftwerkes ist. Ein Beispiel: Eine Windenergieanlage mit einer Maximalleistung von fünf Megawatt, also umgerechnet 5.000 Kilowatt, erzeugt jährlich 22,25 Millionen Kilowattstunden Energie. Dividiert man die erzeugte Energie (22.250.000 Kilowattstunden) durch die Maximalleistung (5.000 Kilowatt), erhält man den Wert der Auslastung: 4.450 Volllaststunden.

Umrechnungstabelle:
1.000.000 Kilowattstunden (kWh) sind umgerechnet
= 1.000 Megawattstunden (MWh)
= 1,0 Gigawattstunden (GWh)
= 0,1 Terrawattstunden (TWh)

Der Gesetzgeber will den Netzausbau beschleunigen.

Die ersten Offshore-Windparks

Die politischen Weichenstellungen fördern den Ausbau auf dem Meer, der in den vergangenen Jahren enorm zugelegt hat. Bis Ende 2015 können etwa drei Gigawatt Offshore-Leistung in Betrieb sein. Nach abschließender Fertigstellung decken die Windparks den Strombedarf von über drei Millionen Haushalten ab – ganz Hessen könnte so bequem versorgt werden. Im Jahr 2013 werden Investitionsentscheidungen für weitere Offshore-Windparks erwartet.

Der erste deutsche Offshore-Windpark überhaupt – alpha ventus – begann im April 2010 seinen Betrieb und ist ein Pilotprojekt der Energieerzeuger EWE, E.ON und Vattenfall unter Begleitung der Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE. Zahlreiche Forschungsprojekte bei alpha ventus werden zudem mit Fördermitteln des Bundesumweltministeriums unterstützt. Der Windpark liegt rund 45 Kilometer vor der Insel Borkum und befindet sich in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee. Die Erfahrungen mit dem Offshore-Testfeld kommen dem weiteren Ausbau der Windenergie auf See zugute. Im Rahmen der Forschungsprojekte bei alpha ventus konnte seit 2010 eine umfangreiche, im internationalen Vergleich einzigartige Datenbasis erarbeitet werden. Sie dient etwa der technischen Optimierung von Anlagenkomponenten und der Entwicklung von Leitsystemen. Der Offshore-Windpark der ersten Stunde ermöglicht es zudem, bereits frühzeitig die mit dem Ausbau der Offshore-Windenergie verbundenen Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu erforschen und geeignete Maßnahmen zur Begrenzung dieser Auswirkungen zu entwickeln.

2011, im ersten kompletten Betriebsjahr, erzeugte alpha ventus mit seinen zwölf Windenergieanlagen – es sind jeweils sechs 5-Megawatt-Anlagen der Firma AREVA Wind und der Firma REpower Systems – etwa 268 Gigawattstunden Strom. Umgerechnet versorgte der Windpark fast 70.000 Haushalte – gemessen am Durchschnittsverbrauch von 3.500 Kilowattstunden pro Jahr. Das ist ein enormer Erfolg, lagen die Zahlen der Prognosen doch weitaus niedriger: Die Betreiber rechneten mit 3.900 Volllaststunden. Tatsächlich produzierte alpha ventus rund 4.450 Volllaststunden.

Auch die ersten kommerziellen Offshore-Windparks liefern Strom an das deutsche Netz. Baltic 1 umfasst 21 Windenergieanlagen der Firma Siemens mit jeweils 2,3 Megawatt Leistung und liegt 16 Kilometer vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns – und somit in der deutschen 12-Seemeilen-Zone der Ostsee. Laut Betreiber EnBW wird der Offshore-Windpark Baltic 1 pro Jahr 185 Gigawattstunden Strom produzieren. Damit kann er den Bedarf von 50.000 Haushalten abdecken. Auch BARD Offshore 1 beeindruckt mit seiner Leistung. Noch sind nicht alle der 80 Windenergieanlagen aufgebaut, um Energie in das deutsche Netz einzuspeisen. Doch nach Bauabschluss kann der erste kommerzielle Windpark mit einer installierten Leistung von 400 Megawatt in der AWZ der Nordsee insgesamt 1.600 Gigawattstunden produzieren und somit rund 400.000 Haushalte mit Strom versorgen.

KAPITEL 2 OFFSHORE-WINDPARKS IN DEUTSCHLAND

Die Anlagen der Offshore-Windparks alpha ventus, Baltic 1 und Bard Offshore 1 produzieren mittlerweile schon so viel Strom, dass rund 200.000 Haushalte komplett versorgt werden können. Das Fernziel lautet, bis 2030 über Windenergieanlagen mit einer Leistung von insgesamt 25.000 Megawatt zu verfügen. Ein ambitioniertes und dennoch machbares Vorhaben. Derzeit befindet sich bereits eine Vielzahl weiterer Windparks in der Bauphase, und ihre Zahl wächst.

Das Genehmigungsverfahren

Das Meer vor der Küste teilt sich in die 12-Seemeilen-Zone, die an der Küste beginnt, und die angrenzende Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ). Für die 12-Seemeilen-Zone erteilt das Bundesland, das an der Küste liegt, die Genehmigung. Für die Ausschließliche Wirtschaftszone ist der Bund zuständig, der durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) vertreten wird.

Die meisten Projekte werden weit entfernt von der Küste geplant, da die AWZ über schlichtweg mehr Raum verfügt. Durch die Verlagerung der Projekte werden zudem die sensiblen Küstenökosysteme wirkungsvoll geschützt: Im Bereich des unter Naturschutz stehenden Wattenmeers dürfen keine Offshore-Windparks errichtet werden. Die rechtliche Grundlage für Genehmigungen in der AWZ sind das Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10. Dezember 1982 und das deutsche Seeaufgabengesetz. Auf diesen beiden Vorschriften beruht die Seeanlagenverordnung, die das Genehmigungsverfahren regelt.

Eine Genehmigung muss erteilt werden, wenn drei Kriterien erfüllt sind:

1. Die Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs sind nicht beeinträchtigt. Es wird etwa geprüft, ob das Vorhaben im Bereich anerkannter oder wichtiger Schifffahrtswege liegt.

2. Die Meeresumwelt ist nicht gefährdet. Das BSH untersucht, ob Schutzgüter – Vögel, Meeressäuger, Benthos, Boden und Wasser – beeinträchtigt oder gefährdet werden.

3. Die Errichtung des Offshore-Windparks steht den Erfordernissen der Raumordnung oder sonstiger öffentlicher Belange nicht entgegen. Raumordnungspläne für die Nordsee und Ostsee legen die

wirtschaftliche und wissenschaftliche Nutzung der Ausschließlichen Wirtschaftszone fest, die mit dem Schutz der Meeresumwelt in Einklang stehen muss. Zu den öffentlichen Belangen gehört die Prüfung, ob ein Windpark mit der Rohstoffsicherung (beispielsweise Öl, Gas, Kies oder Sand), der Fischerei oder der Landesverteidigung konkurriert. Auch der Arbeitsschutz und die Luftverkehrssicherheit sind Gegenstand der Untersuchung.

Soll der Offshore-Windpark mehr als 20 Anlagen umfassen, muss der Antragsteller zusätzlich eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchführen, um eventuelle Umweltrisiken frühzeitig zu erkennen und zu bewerten. Die UVP schließt eine eingehende Untersuchung der Meeresumwelt im Plangebiet ein. Auf dieser Basis können geeignete Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung der zu erwartenden Umweltauswirkungen getroffen werden. In einem Genehmigungsverfahren entscheidet das BSH nicht allein. Die Behörde bezieht in den Entscheidungsprozess zahlreiche Institutionen mit ein, wie etwa die Wasser- und Schifffahrtsdirektionen Nord oder Nordwest, das Bundesamt für Naturschutz und das Thünen-Institut für Fischerei. Aber auch Umwelt- und Naturschutzverbände oder der Verband Deutscher Reeder äußern sich im Genehmigungsprozess.

Kosten für den Bau und Betrieb eines Windparks

Die Windriesen auf dem Meer stellen hohe Ansprüche an Mensch und Technik. In den Kosten für Bau und Betrieb einer Windenergieanlage schlagen sich diese Anforderungen nieder. Die Anlagen und das Fundament, auf dem sie fußen, müssen den Gegebenheiten auf hoher See angepasst sein, damit auf Dauer viel Energie erzeugt werden kann. Auch die Wege, die für Wartung und Reparatur zurückgelegt werden müssen, sind beachtlich.

Das Investitionsvolumen liegt bei einem Windpark zwischen 1,4 und 2 Milliarden Euro. Über 400.000 Haushalte kann ein Offshore-Windpark mit 80 Windenergieanlagen (5-Megawatt-Klasse) mit Strom versorgen – der Einsatz lohnt sich also. Durch die Besonderheiten der Offshore-Windenergie steigen die Kosten für die Errichtung und den Betrieb eines Windparks:

Fundament

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern werden in Deutschland Offshore-Windparks geplant, die tiefer im Meer verankert sind. Dafür mussten neue Fundamenttypen entwickelt werden. Mit einer höheren Wassertiefe steigen auch die Kosten für das Fundament.

Netzanbindung

Zur Netzanbindung gehören die interne Windparkverkabelung und die Anbindung an ein Offshore-Umspannwerk, die bei der Kostenberechnung berücksichtigt werden.

Planung, Gutachten, Versicherung

Diese drei Posten variieren je nach Projekt enorm. Für das Genehmigungsverfahren müssen – abhängig vom Standort und Untersuchungsbedarf – verschiedene Gutachten erstellt werden. Die Risikoeinschätzung

Der Mensch nutzt das Meer nur temporär

Interview mit Christian Dahlke, Leiter des Referates Ordnung des Meeres im Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, das in Genehmigungsverfahren von Offshore-Windparks entscheidet

Wie lange dauert ein Genehmigungsverfahren in der Regel?
Wir hatten Längen von 18 bis 75 Monaten. Wenn ein ordnungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann und alle Schritte ohne größere Verzögerungen gemacht werden können, rechne ich mit einem Durchschnitt von zwei bis zweieinhalb Jahren.

Wurden auch schon Bewerbungen für Offshore-Windparks abgelehnt?
Ja, zwei Vorhaben auf dem sogenannten Adlergrund und in der Pommerschen Bucht wurden 2004 wegen unverhältnismäßig hoher Beeinträchtigung der Meeresumwelt nicht genehmigt. Den Ausschlag dafür gaben zwei gegenüber Windparks sensitive Entenarten, die dort ihr Winterrastgebiet haben und unangemessen viel Lebensraum verloren hätten.

Ein Windpark erhält eine Genehmigung für 25 Jahre. Warum gibt es diese zeitliche Begrenzung?
Im Raumordnungsplan Nord- und Ostsee haben wir die Anforderung, dass der Mensch das Meer nur temporär nutzt und seine Siedlungsreste nach Beendigung der Nutzung wieder entfernen muss. Die 25 Jahre haben sich an der damals angegebenen technischen Lebensdauer der Maschinen orientiert. Da die technische Lebensdauer von Gründungsbauwerken etwa doppelt so lang ist, haben wir im Genehmigungstext eine Option für eine zweite Generation geschaffen. Wir behalten uns aber vor, dann auch erneut zu prüfen, ob die positiven Prognosen im Rahmen der getroffenen Zulassungsentscheidung eine Generation später immer noch Bestand haben.

Offshore-Windparks in Betrieb

Offshore-Windpark	Inhaber Genehmigung	Leistung	Inbetriebnahme
alpha ventus	Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE	60 MW	04/2010
Baltic 1	EnBW Erneuerbare Energien GmbH	48,3 MW	04/2011
BARD Offshore 1	BARD Engineering GmbH	80 MW	laufend

Offshore-Windparks im Bau/mit baldigem Baubeginn

Offshore-Windpark	Inhaber Genehmigung	Leistung	Baubeginn
BARD Offshore 1	BARD Engineering GmbH	400 MW*	03/2010
Borkum West II	Trianel Windkraftwerk Borkum II GmbH & Co. KG	200 MW	09/2011
Riffgat	Offshore-Windpark Riffgat GmbH & Co. KG	108 MW	06/2012
Meerwind Süd/Ost	WindMW GmbH	288 MW	09/2012
Global Tech 1	Global Tech I Offshore Wind GmbH	400 MW	09/2012
Nordsee Ost	RWE Innogy GmbH	295 MW	09/2012
Dan Tysk	Vattenfall Europe Windkraft GmbH	288 MW	02/2013
Amrumbank West	E.ON Climate & Renewables Central Europe GmbH	288 MW	2013
Borkum Riffgrund I	DONG Energy Borkum Riffgrund I GmbH	277 MW	2013
Baltic 2	EnBW Baltic 2 GmbH	288 MW	2013
Gesamt in Betrieb/im Bau/mit baldigem Baubeginn		**2940,3 MW**	
Weitere, bis 08/2012 genehmigte Projekte		**ca. 6000 MW**	**ab 2014**

Quelle: Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE Stand: Februar 2013

*davon 80 MW in Betrieb

Umspannplattform von BARD Offshore 1: Der Windpark speist seit 2010 Strom ins Netz ein.

eines Windparks und der Absicherungsbedarf der Entwickler bestimmen die Höhe der Versicherungskosten. Auch die Planung ist nach dem jeweiligen Projekt ausgerichtet und demnach unterschiedlich teuer.

Betriebskosten

Noch fehlen langjährige Erfahrungen, um die Betriebskosten sicher zu kalkulieren. Sicher ist nur, dass für diesen Posten die Entfernung zur Küste entscheidend ist. Ein Offshore-Windpark in der 12-Seemeilen-Zone bedeutet einen niedrigeren Aufwand, da für Wartung und Reparaturarbeiten ein kürzerer Weg zurückgelegt werden muss. Die meisten Projekte sind jedoch für die Ausschließliche Wirtschaftszone geplant.

Die Möglichkeiten der Finanzierung

Da die Investitionskosten hoch sind, können Projektentwickler und Energieerzeuger die Summe kaum allein tragen. Für die Offshore-Windparks ist eine Mischfinanzierung üblich, die sich aus Eigen- und Fremdkapital zusammensetzt.

Da ein Kreditinstitut oft nur eine begrenzte Summe für einen Offshore-Windpark zur Verfügung stellt, sind häufig mehrere Banken an der Finanzierung beteiligt. Für einige Vorhaben werden Kredite der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) oder der Europäischen Investitionsbank (EIB) in Anspruch genommen, die Finanzierungslücken schließen und den Bau der ersten Windparks auf dem Meer unterstützen. Die KfW-Bank beteiligt sich an der Finanzierung der Offshore-Windparks Meerwind Ost und Meerwind Süd mit 459 Millionen Euro, an Global Tech I mit 330 Millionen Euro und an Butendiek mit insgesamt 239 Millionen Euro. Die EIB finanziert mit 500 Millionen Euro den bisher größten Windpark der Ostsee, EnBW Baltic 2. Oft wird ein Projekt von mehreren Investoren getragen. Für kleine Anteilseigner wie Stadtwerke hat das den Vorteil, dass sie sich beteiligen können, ohne etwa für die Projektsteuerung zuständig zu sein.

Das EEG gibt Antrieb

Schon ab 1991 verpflichtete das Stromeinspeisungsgesetz die Elektrizitätsversorger, Strom aus erneuerbaren Energien abzunehmen. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) folgte dieser Verordnung neun Jahre später und schafft seitdem Anreize für den schnelleren Ausbau der regenerativen Energien. Die systematische Förderung kann durchaus als Erfolg gewertet werden: Nicht nur, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch von 6,8 (2000) auf 25 Prozent (2012) gestiegen ist. Das Gesetz ist auch ein Exportschlager. Bis jetzt diente es in 65 Ländern als Vorlage, um den Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich zu fördern.

Anspruchsvoll: Offshore-Windparks fordern Mensch und Technik heraus.

Im EEG, in der ab 1. Januar 2012 geltenden Fassung, sind die Vergütungssätze festgelegt, mit denen der Strom aus den Erneuerbaren gefördert wird. Nach der letzten Gesetzesänderung liegt die Grundvergütung bei Offshore-Windenergie bei 3,5 Cent pro Kilowattstunde. In den ersten zwölf Betriebsjahren wird eine erhöhte Anfangsvergütung von 15 Cent pro Kilowattstunde gewährt. Die Vergütung dauert umso länger, je tiefer sich eine Anlage im Wasser befindet und je weiter entfernt sie von der Küste ist.

NER 300

Das NER-300-Programm der Europäischen Union fördert Energieprojekte mit einer geringen CO_2-Emmission. Die Europäische Kommission entscheidet in Zusammenarbeit mit der EIB darüber, welche Projekte unterstützt werden. Das Programm finanziert sich durch den Verkauf von 300 Millionen CO_2-Emmissionszertifikaten, die zusammen vier bis fünf Milliarden Euro wert sind. Die deutschen Offshore-Windparks Innogy und Veja Mate erhalten eine Förderung durch das NER-300-Programm.

Diese Regel gilt allerdings erst ab der 12-Seemeilen-Grenze. Nimmt eine Windenergieanlage vor dem 1. Januar 2018 ihren Betrieb auf, kann der Betreiber das sogenannte Stauchungsmodell nutzen: Eine Kilowattstunde wird dann mit 19 Cent vergütet. Dabei sinkt aber auch die reguläre Zeit der Anfangsvergütung auf acht Jahre.

Die Anlagenbetreiber werden auch durch die Degression dazu angespornt, die Windparks effizient und schnell zu errichten und Strom produzieren zu lassen: Ab 2018 sinkt die Vergütung jährlich um sieben Prozent. Je später also eine Anlage ans Netz geht, desto niedriger ist die Förderung pro Kilowattstunde und desto wichtiger ist es, Kostendegressionen aus den ersten Windparks zu generieren.

Die Vergütung wird maximal für 20 Jahre gewährt.

Entstehung der Netze gefördert

Ein großes Hemmnis der Offshore-Windenergie ist der Netzanschluss. Die Übertragungsnetzbetreiber – also die Unternehmen, die die überregionalen Stromnetze betreiben – sind gesetzlich verpflichtet, die Leitungen von den Umspannwerken eines Offshore-Windparks zum technisch und wirtschaftlich günstigsten Verknüpfungspunkt des Netzes zu legen. Die entstehenden Kosten können auf die Netzentgelte umgelegt werden. Die Errichtung der Anbindungsleitungen von Offshore-Windparks ging in den vergangenen Jahren nur schleppend voran, da es eine Vielzahl technischer Herausforderungen gab. Außerdem war die Haftungsfrage noch ungeklärt: Wer kommt für den Schaden auf, wenn ein Windpark Energie produzieren könnte, aber aufgrund fehlender Leitungen nicht in das Stromnetz einspeisen kann? Die ungelöste Haftungsfrage wirkte sich auf die Investitionen für die Netze auf hoher See aus, die nahezu zum Erliegen kamen.

Um den Trend umzukehren, brachte die Bundesregierung eine Haftungsregel auf den Weg, die Ende 2012 in Kraft getreten ist. Danach tragen die Netzbetreiber den Schaden, sobald ein Windpark für mindestens elf Tage keinen Strom einspeisen kann. Diese Kosten können mit maximal 0,25 Cent pro Kilowattstunde auf die Stromverbraucher umgelegt werden – aber nur, wenn der Übergangsnetzbetreiber die Anbindungsprobleme nicht selbst verschuldet hat und eine Schadensminderungsstrategie

EEG in Kurzform

- 15 Cent pro Kilowattstunde in den ersten zwölf Jahren
- Vergütung verlängert sich je nach Wassertiefe (1,7 Monate für je einen vollen Meter über einer Tiefe von 20 Metern) und Entfernung zur Küste (um 0,5 Monate für je eine volle Seemeile ab der 12-Seemeilen-Zone)
- ab 2018 sinkt die Vergütung um jährlich sieben Prozent
- die Vergütung dauert maximal 20 Jahre

Beispielrechnung:
Ein Windpark liegt 18 volle Seemeilen von der Küste entfernt, die Strom produzierende Windenergieanlage ist in einer Wassertiefe von 28 vollen Metern verankert. Da die Anlage seit 2013 Strom produziert, kann der Betreiber die erhöhte Anfangsvergütung von 15 Cent pro Kilowattstunde in Anspruch nehmen. Die Vergütung verlängert sich aufgrund des Standortes:

- 6 volle Seemeilen von der 12-Seemeilen-Grenze entfernt (6 x 0,5 = 3 Monate Verlängerung)
- 8 volle Meter über der Grenze von 20 Metern (8 x 1,7 = 14,4 Monate Verlängerung).

Die Vergütung kann also um 17,4 Monate verlängert werden. Im Falle des Stauchungsmodells wird in dem aus Küstenentfernung und Wassertiefe resultierenden Verlängerungszeitraum eine Vergütung von 15 Cent pro Kilowattstunde gewährt. (Stand: Februar 2013)

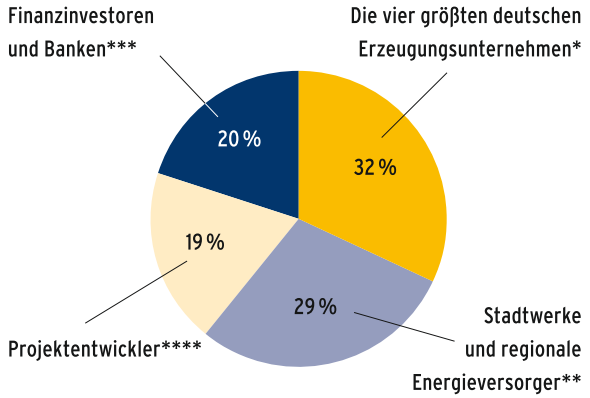
Die Logistik beim Bau der Offshore-Anlagen gestaltet sich alles andere als einfach.

verfolgt. Die Windparkbetreiber haben ihrerseits einen Schadensersatzanspruch in Höhe von 90 Prozent der entgangenen EEG-Vergütung. Allerdings verkürzt sich um diese Zeit auch die reguläre EEG-Vergütung, die für einen Offshore-Windpark gezahlt wird. Damit soll verhindert werden, dass die Strompreise für die Verbraucher in die Höhe schnellen.

Weiterhin wurde mit der Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes Ende 2012 ein neues Instrument zur Netzentwicklung im Offshore-Bereich eingeführt, der Netzentwicklungsplan. Er wird von den Übertragungsnetzbetreibern vorgelegt und enthält einen Zeitplan zur Umsetzung konkreter Netzanschlussvorhaben für die nächsten zehn Jahre. Der Offshore-Netzentwicklungsplan wird von der Bundesnetzagentur genehmigt und ist Grundlage des sogenannten Bundesbedarfsplans. Die Übertragungsnetzbetreiber sind dann verpflichtet, die Maßnahmen, entsprechend dem vorgegebenen Zeitplan, umzusetzen.

Mehr Informationen: www.offshore-windenergie.net

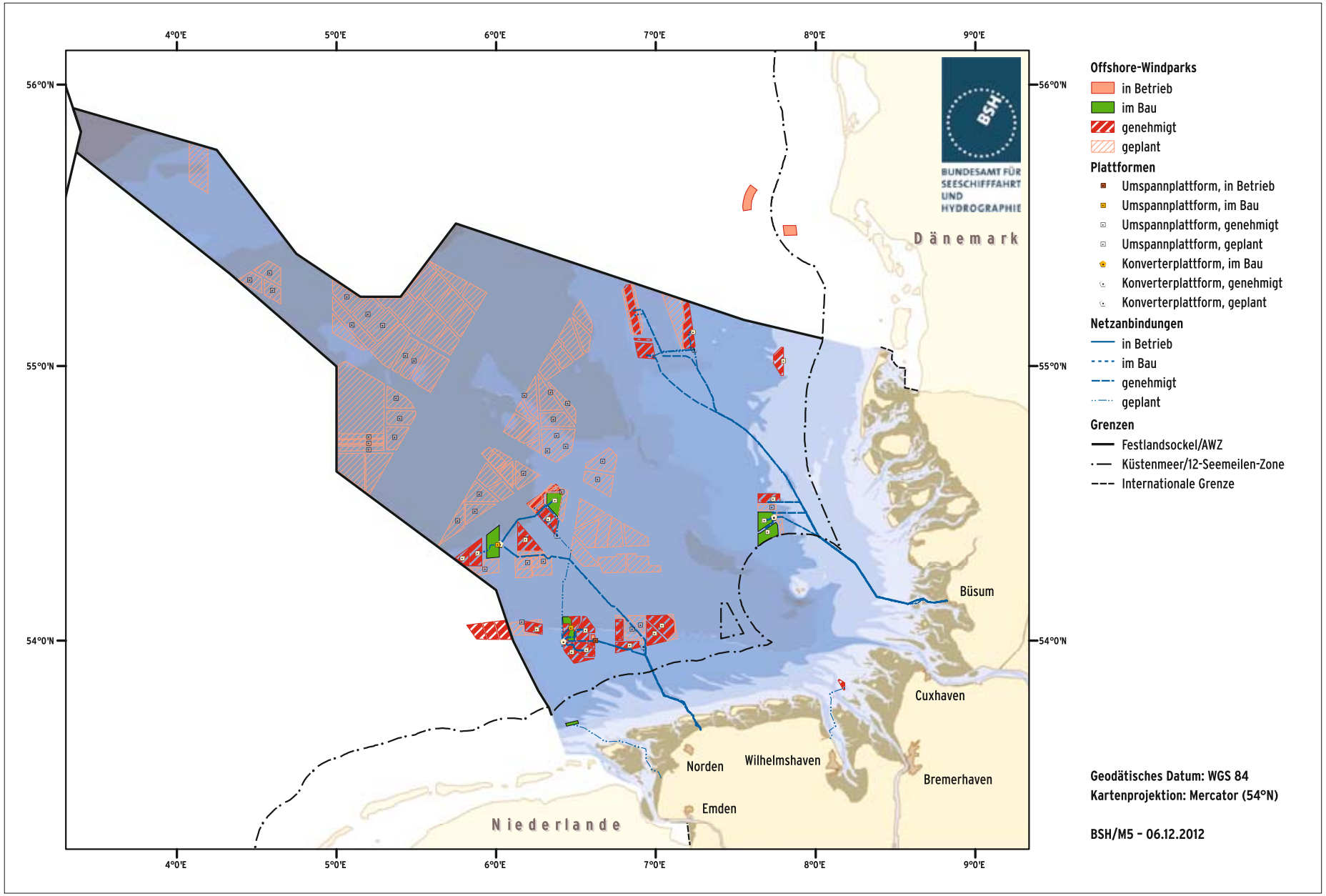
Anteilseigner Offshore-Windkraft-Kapazitäten in Deutschland



Anteile (Megawatt) an Offshore-Windenergie-Kapazitäten in Betrieb, im Bau und im Bau bis 2013, Stand: September 2012

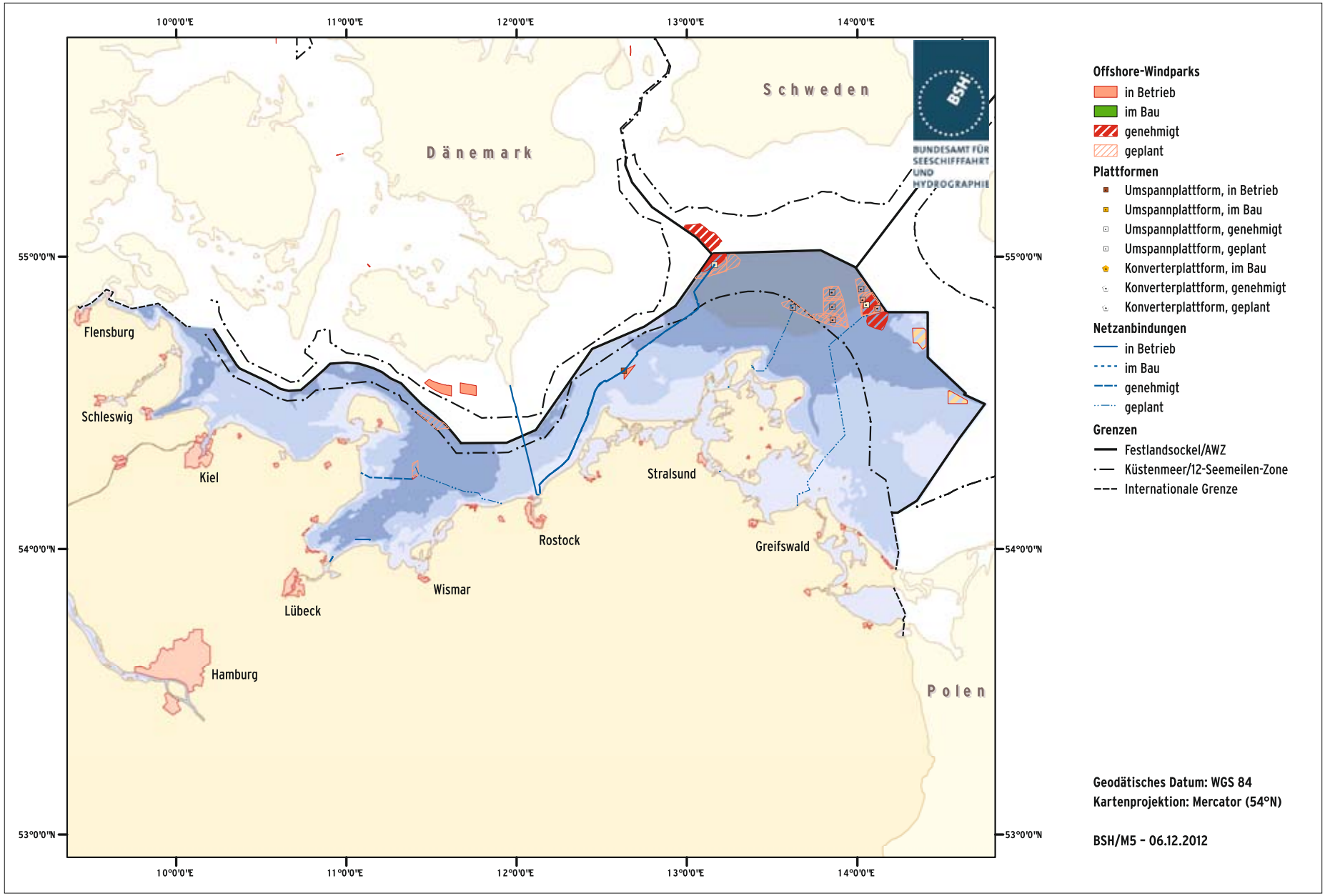
* E.ON, RWE, Vattenfall, EnBW (Definition gemäß Monitoringbericht 2011 der BNetzA)
** SWM, Trianel + 33 Stadtwerke (Borkum West II), EWE, 19 Stadtwerke (Baltic 1), DONG, HSE
*** Blackstone, Hypovereinsbank (UniCredit)
**** Windreich, Windland, ENOVA, div. Projektentwickler (Global Tech 1)

Quelle: Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE



Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

Ostsee: Offshore-Windparks



Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

KAPITEL 3 AUF DEM WEG ZUM WINDPARK

Offshore-Windparks sind auf hoher See extremen Bedingungen ausgesetzt. Eine Windenergieanlage muss so konstruiert sein, dass sie den großen Kräften des Windes und der Wellen sowie den starken Wasserströmungen über 20 Jahre standhält. Die extrem salzhaltige Luft und das Salzwasser wirken auf die Anlagen korrosiv. Insbesondere das Fundament einer Anlage muss gut ausgewählt und konstruiert sein.

Die Hauptbestandteile einer Windenergieanlage

Die Hauptkomponenten einer Windenergieanlage sind das Fundament, der Turm, die Gondel und der Rotor. Auch wenn der Aufbau der Anlagen an Land und auf See gleich ist, unterscheiden sich einige Bestandteile aufgrund verschiedener Bedingungen.

Der Turm ist der längste Teil einer Windenergieanlage. Er trägt die Gondel und den Rotor. Die Gondel, die auch Maschinenhaus genannt wird, beherbergt Komponenten, die für den Betrieb einer Anlage erforderlich sind, wie etwa Hauptlager, Getriebe, Generator, Antriebswelle, Steuerungs- und Sicherungssysteme. Die Nabe und drei Rotorblätter gehören zum Rotor. Erstere verbindet die Rotorblätter mit dem Rest der Maschine und überträgt die gewonnene Energie. Das Gewicht einer Windenergieanlage überschreitet häufig die Grenze von 1.000 Tonnen.

Viele Betreiber planen Anlagen mit einer Leistung von fünf bis sechs Megawatt. Aufgrund der höheren Investitionskosten auf hoher See werden Anlagen mit einer stärkeren Leistung installiert, um mehr Energie aus dem Wind zu nutzen. Verschiedene Hersteller arbeiten daran, den Leistungsbereich weiter zu erhöhen, auf zehn bis fünfzehn Megawatt pro Anlage. Steigt die Nennleistung, so wird auch der Rotordurchmesser größer. Bei deutschen Projekten liegt dieser derzeit zwischen 107 und 126 Metern. Neueste Anlagen haben bereits einen Durchmesser von 150 Metern.

Fundamente für Offshore-Anlagen

Insbesondere an die Fundamente sind besondere Anforderungen zu stellen. Eine Gefahr besteht zum Beispiel in der Auskolkung. Das sind Ausspülungen des Meeresbodens am Fuße der Fundamente. Windenergieanlagen können dadurch ihren Halt verlieren. Gegenmaßnahmen sind etwa die sehr tiefe Verankerung der Anlage im Meeresboden, Steinauf-

schüttungen und die Aufschichtung von Sandsäcken rund um das Fundament. Für Windparks auf dem Meer gibt es unterschiedliche Fundamenttypen, die eine Anlage sicher verankern.

Monopile (Einzelpfahl)

Das Monopile lässt sich am einfachsten konstruieren und weist den geringsten Materialaufwand auf. Das Fundament ist hohl und besteht aus einer Stütze. Eine Vielzahl von europäischen Windparks, die sich in Küstennähe befinden, verwendet das Monopile. Es eignet sich bisher bei Wassertiefen bis zu 20 Metern und kann nicht in steinigen Meeresboden gerammt werden.

Tripod (Dreifuß)

Das Tripod-Fundament entwickelten Hersteller eigens für Offshore-Windenergieanlagen. Eine Dreibein-Konstruktion aus Stahl stützt unter Wasser den Hauptpfeiler. Tripods eignen sich bei Meerestiefen bis zu 50 Metern und können nicht bei steinigem Untergrund genutzt werden.

Tripile (Drei-Pfahl-Gründung)

Ein weiteres Fundament entwickelte die Industrie eigens für Windenergieanlagen auf dem Meer. Bei Tripile sind drei Stahlpfeiler unter Wasser verankert, auf der wiederum über Wasser eine weitere Dreibein-Konstruktion montiert ist. Nach Herstellerangaben ist das Fundament für Wassertiefen von bis zu 50 Metern geeignet.

Jacket (Gittermaststruktur)

Das Fundament ähnelt der Konstruktion eines Strommasts und spart dadurch 40 bis 50 Prozent an Material ein. Ein Jacket steht auf vier Füßen, die mit Pfählen im Boden verankert sind. Die Konstruktion hat sich schon bei Öl-Plattformen bewährt und kann bis zu einer Wassertiefe von 70 Metern genutzt werden. Da seine Bauelemente relativ klein sind, kann ein Jacket vollautomatisch produziert werden. Transport und Montage sind einfach und kostensparend. Da das Fundament aber aus Schweißverbindungen besteht, die regelmäßig gewartet werden müssen, erhöhen sich die Betriebskosten.

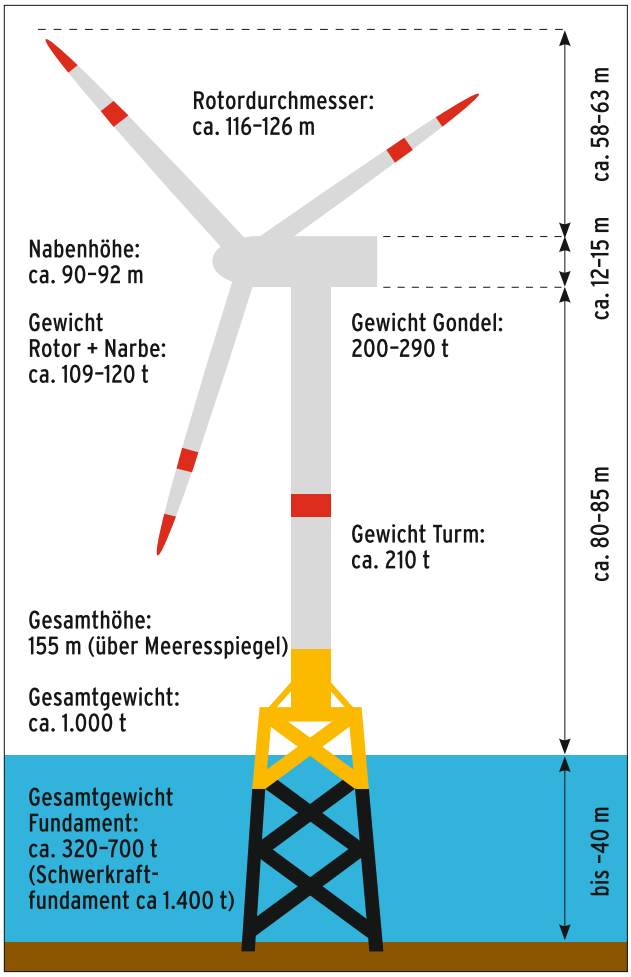
Schwerkraftfundament

Bei diesem Typ handelt es sich um einen großen Betonblock, der die Stahlkonstruktion einer Windenergieanlage trägt. Da das Fundament selbst nicht aus Stahl gefertigt ist, ist der Materialpreis niedriger als bei anderen Fundamenttypen. Die Konstruktion ist bisher nur für Tiefen bis 30 Meter erprobt, soll aber auch für größere Wassertiefen nutzbar gemacht werden.

Schwimmfundamente

Bei dieser Konstruktion schwimmt die Windenergieanlage auf dem Wasser und kann zum Beispiel durch ein Stahlseil mit dem Fundament verbunden werden. Derzeit befinden sich unterschiedliche Prototypen in der Entwicklung, die bei Wassertiefen von mehr als 50 Metern eingesetzt werden sollen. Der Vorteil: Ein Schwimmfundament ist leichter zu installieren. Dennoch bestehen große Herausforderungen bei der Kabelanbindung und beim Umgang mit den Kräften, die durch Wind und Wellen auf das Fundament einwirken.

Groß, größer, Offshore

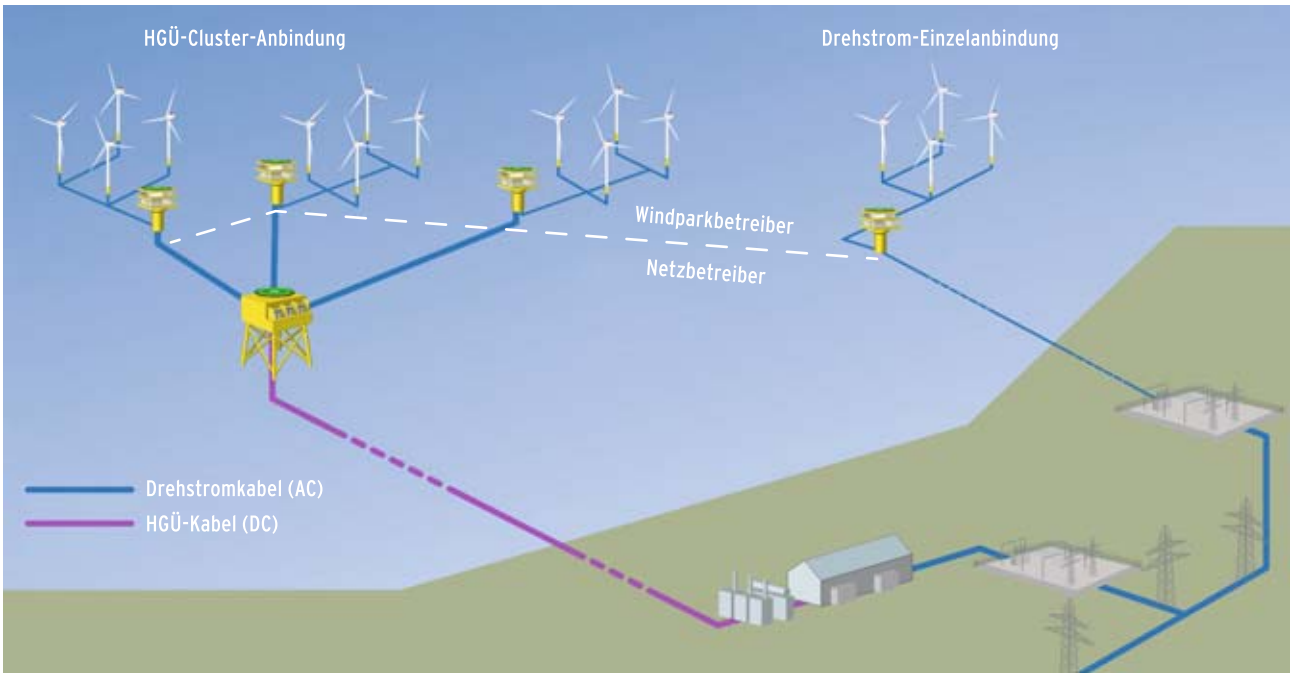


Quelle: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Bucket-Fundament (Saugeimer-Gründung)

Das Bucket-Fundament ist eine preiswerte und noch relativ neue Art, eine Windenergieanlage zu verankern. Dabei wird zwischen einem Stahlflansch, der einem umgedrehten Eimer ähnelt, und dem Meeresboden ein Vakuum erzeugt. Das Fundament saugt sich am Boden fest und gibt so der Windenergieanlage einen sicheren und senkrechten Halt. Um diesen Saugeffekt zu erzielen, muss der Untergrund allerdings homogen und nicht steinig sein. Ein Vorteil des Bucket-Fundaments ist es, dass es nicht gerammt werden muss und aus diesem Grund besonders umweltschonend ist. Die Konstruktion ist auch für größere Wassertiefen geeignet.

Clusteranbindung der Offshore-Windparks



Quelle: Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE

Die Anbindung eines Windparks

Um die Energie vom Meer in das deutsche Netz einzuspeisen, wird der Strom aller Windenergieanlagen eines Parks an einer Umspannplattform gesammelt, für die Übertragung aufbereitet und dann auf ein höheres Spannungsniveau gebracht. Welcher Weg dann folgt, hängt von der Distanz zur Küste ab. Liegt ein Windpark nah an der Küste, führt ein Seekabel den Strom zum nächsten Netzknotenpunkt an Land. Da die meisten deutschen Offshore-Projekte weiter entfernt von der Küste liegen, werden sie über ein sogenanntes Cluster angebunden. Dabei wird auf einer weiteren Umspannplattform, der Konverterplattform, der Strom von mehreren Windparks gesammelt und über eine Gleichstromleitung an Land weitergeleitet.

Häfen – Knotenpunkte für die Offshore-Windenergie

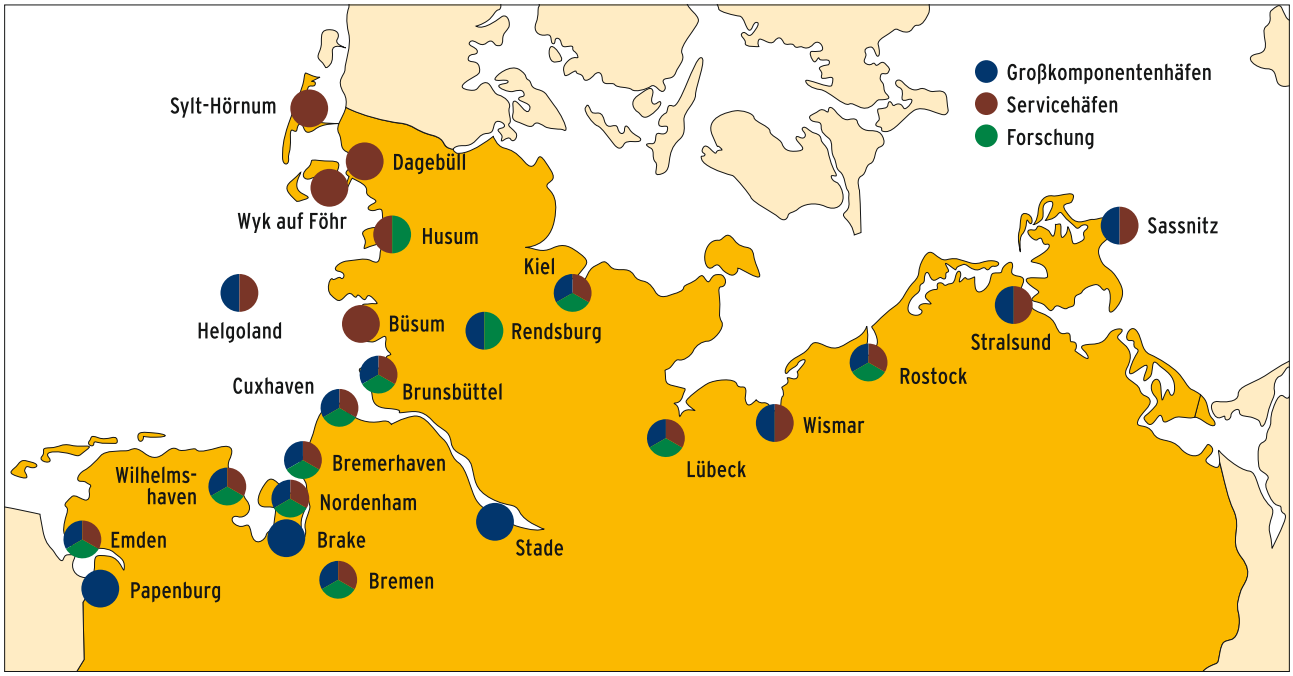
Um überhaupt die Teile einer Windenergieanlage aufs Meer verschiffen zu können, braucht es eine Infrastruktur, die den speziellen Anforderungen der Offshore-Windenergie gerecht wird. Die Seehäfen sind Knotenpunkte für die Offshore-Branche. Für Großkomponenten braucht es Häfen mit großen Lager- und Rangierflächen sowie eine hohe Tragfähigkeit. Ein Rotorblatt kann bis zu 75 Meter lang und eine Gondel etwa 300 Tonnen schwer sein – mit Rotor und Nabe können es je nach Hersteller sogar 400 Tonnen sein.

Wie wird aus Windenergie Strom erzeugt?

Moderne Windenergieanlagen nutzen das Auftriebsprinzip. Die Bewegungsenergie des Windes wirkt auf die aerodynamisch geformten Rotorblätter und erzeugt bei ihnen einen Auftrieb. Wenn eine bestimmte Windgeschwindigkeit erreicht ist, werden die Rotoren dem Wind nach ausgerichtet. Wird die Windenergie auf die Blätter übertragen, beginnt sich der Rotor zu drehen. Über die Antriebswelle ist der Rotor mit dem Getriebe verbunden, das die Drehzahl des Rotors an die Drehzahl des Generators anpasst. Läuft dieser schnell genug, wird elektrischer Strom erzeugt.

Windenergieanlagen beginnen sich automatisch zu drehen, sobald eine bestimmte Windgeschwindigkeit erreicht wird. Der Wind muss drei bis fünf Meter pro Sekunde zurücklegen – das entspricht der Stärke 3 –, damit sich die Rotoren in den Windparks alpha ventus und Baltic 1 drehen. Wird die Windstärke 6 mit zwölf bis vierzehn Metern pro Sekunde erreicht, erbringen die Anlagen volle Leistung. Sie schalten sich aus Sicherheitsgründen automatisch ab, sobald eine sehr hohe Windgeschwindigkeit erreicht wird – je nach Anlagentyp ab der Windstärke 10 beziehungsweise 11 (25 bis 30 Meter pro Sekunde). Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in den Windparks alpha ventus (liegt in der Nordsee) und Baltic 1 (Ostsee) liegt zum Beispiel zwischen neun und zehn Metern pro Sekunde (Windstärke 5).

Die deutschen Offshore-Häfen



Quelle: Zentralverband der deutschen Seehafenbetriebe e. V.

Viele Hersteller haben sich direkt am Hafen angesiedelt, um Anlagenteile zu produzieren beziehungsweise endzumontieren. Denn die Logistik von Offshore-Komponenten ist immer mit großen Herausforderungen verbunden. Für den Transport von sechs Meter breiten Rotorblättern sind die Autobahnbrücken mit einer Standarddurchfahrtshöhe von 4,5 Metern nicht ausgelegt. Häfen bilden zusätzlich den Ausgangspunkt für Wartungsarbeiten und sind für Forschungszwecke von zentraler Bedeutung.

Die Offshore-Häfen gehören je nach ihrer Funktion zu der Gruppe der Großkomponenten- bzw. der Servicehäfen. Einige sind zugleich Standort für Training, Forschung und Entwicklung.

Großkomponentenhafen

Installationshafen

Im Installationshafen erfolgt die Vormontage. Der Hafen muss über ausreichende Lagerungs- und Montageflächen, schwerlastfähige Hinterlandanbindungen sowie entsprechende Kaiflächen- und Verladekapazitäten verfügen. Das Hafenbecken benötigt zudem eine Wassertiefe von mindestens acht Metern.

Produktionshafen

In direkter Hafennähe oder sogar auf dem Hafengelände selbst fertigen Hersteller Teile einer Windenergieanlage an. Denkbare Komponenten wären dort beispielsweise Gondeln, Rotorblätter oder auch Fundamente.

Import- und Exporthafen

Diese Häfen sind Umschlagplatz für Komponenten von Windenergieanlagen. Hier braucht man ausreichend Lagerungsflächen, schwerlastfähige Kaiflächen und Verladekapazitäten.

Schutzhafen

Bei Schlechtwetter bieten die großen und geschützten wasserseitigen Flächen Notliegeplätze für schutzsuchende Schiffe aus dem Baufeld.

Servicehafen

Reaktionshafen

Der Reaktionshafen liegt in der Nähe der Windparks und hält Betriebsmittel, Werkzeuge und kleinere Komponenten bereit. Dieser Hafentyp ist somit ein Ausgangspunkt für kurzfristig anfallende Reparaturen.

Versorgungshafen

In den Versorgungshäfen lagern Betriebsmittel, Werkzeuge sowie kleine und größere Komponenten von Windenergieanlagen, um damit die Windparks auf See oder die Reaktionshäfen bei Bedarf versorgen zu können.

Über Seekabel werden Offshore-Anlagen an das Übertragungsnetz auf dem Festland angeschlossen.

Forschungs- und Entwicklungsstandort, Teststandorte, Training/Schulung

Ob Forscher von Herstellern, Hochschulen oder staatlichen Forschungseinrichtungen – auch sie nutzen die Häfen für ihre Forschungs- und Entwicklungsarbeiten. An Teststandorten werden Offshore-Windenergieanlagen installiert und getestet, um über den laufenden Betrieb Erkenntnisse zu gewinnen. Die Standorte dienen auch Schulungszwecken für den Einsatz an Windenergieanlagen auf dem Meer, um beispielsweise ein Sicherheitstraining zu absolvieren.

Häfen müssen sich auf Herausforderungen einstellen

Interview mit Andreas Wellbrock, Geschäftsführer der BLG Logistics Solution GmbH. Das Unternehmen hat seinen Hafenterminal in Bremerhaven für die Logistik-Dienstleistungen im Bereich Offshore-Windenergie umgerüstet.

Wie hat BLG Logistics Solution ihren Standort in Bremerhaven ausgebaut, um Dienstleistungen für den Offshore-Bereich anzubieten?
Die BLG ist 2008 in das Thema Offshore eingestiegen. Wir haben geschaut, welche Leistungen wir als Dienstleister erbringen können, und haben den Seehafen-Umschlag mit der Industrie- und Produktionslogistik kombiniert. Wir haben einen Auto-Terminal mit einer Fläche von über 100.000 Quadratmetern für die Offshore-Windenergie ertüchtigt, da erst einmal die Tragfähigkeit für die großen und schweren Großkomponenten gegeben sein musste. Nun liegt die Tragfähigkeit bei zehn Tonnen pro Quadratmeter, also das, was mindestens für den Umschlag und die Lagerung von Großkomponenten für die Offshore-Industrie vorhanden sein muss. Wir haben auch einen Ponton mit einem Schienensystem entwickelt, um Gründungsstrukturen verladen zu können.

Was ist beim Transport von Anlagenteilen wie Fundamenten auf See zu beachten?
Die größte Herausforderung ist die Größe und das Gewicht von Großkomponenten. Die Ladungssicherheit muss so gewährleistet sein, dass sie auch starken Wellengang aushält. Be- und Entladen ist auch nur bis zu einer bestimmten Windstärke möglich. Hinzu kommt, dass man geschultes Personal braucht, das über maritime Kompetenzen verfügt. Denn je nach Projekt transportieren wir die Anlagenteile zum Installationsschiff oder zum Basishafen.

Reicht der bisherige Ausbau der deutschen Häfen, um zukünftig den Bedarf der Offshore-Windenergie zu decken?
Nein. Bisher sind nur wenige Häfen darauf vorbereitet. Die Flächen müssen stark schwerlastfähig sein, und auch der Untergrund der Hafenbecken muss so beschaffen sein, dass sich ein Installationsschiff aufjacken, sich also auf seine eigenen Füße stellen kann. Aber einige Häfen haben sich schon gut auf die Anforderungen eingestellt.

Montage eines Prototyps: Viele Hersteller und Zulieferer von Offshore-Windenergieanlagen und Fundamenten siedeln sich in Hafennähe an.

KAPITEL 4 DIE UMWELT PROFITIERT

Erneuerbare Energien sind der Schlüssel zu einer klimafreundlichen Stromerzeugung. Bei der Nutzung der Windenergie entsteht kaum CO_2-Emmission. Je mehr Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, desto umweltfreundlicher wird der Strommix. Im Jahr 2011 konnten Dank der erneuerbaren Energien in Deutschland 129 Millionen Tonnen an Treibhausgasen eingespart werden.

Doch welche Auswirkungen hat die Offshore-Windenergie auf die Meeresumwelt? Beeinträchtigen die Windenergieanlagen Tiere wie Vögel und Schweinswale? In einer Vielzahl von Projekten rund um den Offshore-Windpark alpha ventus und die Forschungsplattformen FINO 1, 2 und 3 untersuchen Wissenschaftler neben den Einflüssen von Wind und Wellen auf Offshore-Windenergieanlagen auch die Einflüsse des Baus und Betriebs von Offshore-Windparks auf das Meeresökosystem. Diese Erkenntnisse sind wichtig, da bei erheblichen ökologischen Beeinträchtigungen eine Baugenehmigung nicht erteilt werden darf. Zudem tragen die Ergebnisse und Erkenntnisse dazu bei, umweltfreundliche Lösungen zu entwickeln und negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu vermeiden oder zu vermindern. Es fehlen jedoch noch Vergleichsuntersuchungen an anderer Stelle und an größeren Windparks. Verallgemeinerungen hinsichtlich möglicher kumulativer Auswirkungen des geplanten Offshore-Ausbaus sollten bei gegenwärtigem Kenntnisstand mit Bedacht gemacht werden. Das Bundesumweltministerium fördert umfangreich Projekte zur ökologischen Begleitforschung im Offshore-Bereich und trägt damit maßgeblich dazu bei, dass Kenntnislücken geschlossen werden und der umwelt- und naturverträgliche Ausbau der Windenergie vorangetrieben wird. Seit 2002 wurden hierfür über 27 Millionen Euro Forschungsmittel zur Verfügung gestellt.

Forschungsinitiative RAVE

Deutschlands erster Offshore-Windpark, alpha ventus, dient seit Beginn der Errichtungsphase auch wissenschaftlichen Zwecken. Die vom Bundesumweltministerium geförderte Forschungsinitiative „RAVE – Research at alpha ventus“ vereint rund 40 Einrichtungen, die in über 30 Einzelprojekten zusammenarbeiten. Zentral ist dabei die Frage: Wie kann Strom zuverlässig, wirtschaftlich und vor allem umwelt- wie auch naturverträglich produziert werden? Ein Schwerpunkt ist die ökologische Begleitforschung, um Erkenntnisse über die bau- und

betriebsbedingten Auswirkungen auf die Meeresumwelt zu gewinnen. Teil des Genehmigungsverfahrens für Offshore-Windparks sind Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit, die nach dem Standarduntersuchungskonzept (StUK) des Bundesamtes für Schifffahrt und Hydrographie (BSH) durchzuführen sind. Das StUK gibt vor, welche Untersuchungen für eine Genehmigung eines Windparks vorgelegt werden müssen. Es legt zudem den Untersuchungsrahmen für das bau- und betriebsbegleitende Monitoring fest, das dazu dient, mögliche Effekte auf die Meeresumwelt und den Vogelzug zu erfassen. Im Windpark alpha ventus wird zudem ein breit angelegtes Forschungsprojekt („StUKplus“) durchgeführt, das den Kenntnisstand über die ökologischen Auswirkungen auf die Meeresumwelt erweitern soll. Die Ergebnisse fließen in die Weiterentwicklung des StUK mit ein.

Weitere Informationen: www.bsh.de/stukplus

FINO 1, 2, 3

Mit der Idee, Windenergie im Meer zu erzeugen, weit draußen vor der deutschen Küste, wurde Neuland betreten. Um zu erforschen, wie sich die Windverhältnisse auf dem Meer darstellen, welchen Wellenkräften die Bauwerke standhalten müssen und in welcher Höhe die Vögel hier ziehen, wurden in der Nord- und Ostsee drei Forschungsplattformen errichtet. Sie dienen der Gewinnung meteorologischer, ozeanografischer sowie ökologischer Daten und sind die Basis einer Vielzahl von Forschungsprojekten. Die erste der drei FINO-Plattformen

FINO 1 sammelt Daten in unmittelbarer Nähe von alpha ventus.

FINO: Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee

Quelle: FuE-Zentrum FH Kiel GmbH

Mit Methoden wie BirdScan wird der Vogelzug gemessen.

Schallminimierungstechniken sollen Schweinswale schützen.

– die Abkürzung steht für „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee“ – wurde 2003 in Betrieb genommen und befindet sich 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum, in unmittelbarer Nähe zu alpha ventus. Der Standort des ersten deutschen Offshore-Windparks wurde bewusst gewählt, um die Daten von FINO 1 auch für die Windenergieanlagen des Testfeldes nutzen zu können. 2007 wurde FINO 2 rund 40 Kilometer nördlich der Insel Rügen errichtet. Seit 2009 liefert die jüngste Forschungsplattform FINO 3, die etwa 75 Kilometer westlich der Insel Sylt liegt, Messdaten.

Alle Forschungsplattformen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu Gebieten, in denen Windparks errichtet werden sollen. Mit ihren Messdaten werden unverzichtbare Ergebnisse gewonnen, die der Optimierung der geplanten Windparks und der Gewinnung von Erkenntnissen zu verschiedenen ökologischen Fragen dienen. Die Daten von FINO 1, 2 und 3 sind auf der Website des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie öffentlich einsehbar.

Weitere Informationen: www.fino-offshore.de

Die Meeresumwelt

Vögel

In mehreren Studien wird untersucht, wie Seevögel auf Windparks reagieren und ob die Windenergieanlagen ein Hindernis für den Vogelzug darstellen. Nach den bisherigen Erkenntnissen zeigen Seevögel, je nach Art, grundsätzlich zwei Reaktionsmuster in Bezug auf alpha ventus – eine Meidung oder eine Attraktion. Meidungsreaktionen wurden beispielsweise bei Trottellummen, Tordalken und Seetauchern festgestellt. Trottellummen und Tordalken konnten in den letzten Jahren nur vereinzelt im Windpark gesichtet werden. Die Fläche des Windparks ist jedoch nicht mehr Teil des Hauptrastgebiets dieser Arten. Die als besonders scheu geltenden Seetaucher meiden alpha ventus bis heute. Dies führte dazu, dass sich das Rastgebiet etwas verkleinert hat. Wie diese Arten langfristig auf die Offshore-Windenergieanlagen reagieren, werden weitere Untersuchungen ergeben.

Zwerg- und Heringsmöwen kommen hingegen häufig im Gebiet von alpha ventus vor. Zählungen in den Jahren 2010 und 2011 ergaben, dass rund 80 Prozent der Seevögel im Windpark Heringsmöwen sind. Die Tiere zeigten unterschiedliche Verhaltensweisen – vom Rasten und Sitzen bis hin zum zielgerichteten Durchfliegen von alpha ventus. Häufig wurden sie bei der Nahrungssuche beobachtet. Die Flughöhe ist in den meisten Fällen so niedrig, dass die Vögel nicht mit den Rotorblättern kollidieren können. Einige Vogelarten fliegen aber zum Teil auch im Höhenbereich der Rotoren.

Der Vogelzug über dem Meer findet überwiegend nachts und zum Teil in Rotorhöhe statt. Bei ungünstigen Wetterlagen besteht die Möglichkeit, dass es zum Vogelschlag kommt. Mit verschiedenen Kamera- und Radarsystemen werden die Reaktionen der Vögel auf die Windenergieanlagen überwacht. Kollisionen wurden im Windpark alpha ventus bislang nicht beobachtet, allerdings ist deren Erfassung bei schlechter Sicht methodisch schwierig. Die Tiere

scheinen die drehenden Rotoren zu bemerken, da sie diese tags und nachts meiden. Zugleich registrierten die Forscher keine großräumigen Ausweichmanöver gegenüber dem Windpark. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass alpha ventus allein kein großräumiges Hindernis für den Vogelzug darstellt.

Auch die Forschungen auf den FINO-Plattformen geben Auskunft über das Vogelvorkommen. Eine Ruferfassung hat ergeben, dass rund 120 verschiedene Vogelarten im Bereich von FINO 1 vorkommen. Das Artenspektrum umfasst etwa Sturm- und Lachmöwen, Amseln, Stare sowie Rot-, Sing- und Wacholderdrosseln. Auf der FINO 3, die weiter entfernt von der Küste liegt, zählten die Forscher weitaus weniger Arten. Die Ursache ist, dass einige Vögel sich an Leitlinien wie der Küste orientieren und damit nicht in die Nähe der küstenfern gelegenen Plattform FINO 3 gelangen.

Schweinswale

Der Schweinswal gehört mit durchschnittlich 1,80 Metern Länge zu den kleinsten Walarten. Er wiegt bis zu 90 Kilogramm, kann bis über 12 Jahre alt werden und ist sehr auf seinen Gehörsinn angewiesen. Schweinswale wurden einzeln und in Gruppen im Windpark alpha ventus gesichtet, besonders häufig in den Monaten April bis Juni.

Eine Gefahr für die marinen Säugetiere kann von der Errichtung von Offshore-Windparks ausgehen, da beim Rammen der Fundamente Unterwasserschall in die Meeresumwelt eingetragen wird. Um die Tiere davor zu schützen, hat das BSH ein vom Umweltbundesamt entwickeltes duales Lärmschutzkriterium in den Genehmigungsbescheiden festgelegt. Bei ungedämpften Rammungen wird dieser Grenzwert überschritten. Durch den Einsatz geeigneter Schallminimierungstechniken soll er zukünftig

Interview mit Anika Beiersdorf, BSH

Interview mit der Biologin Anika Beiersdorf, die im Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydographie (BSH) das Forschungsprojekt „StUKplus“ koordiniert

Wie reagieren Seehunde auf Windenergieanlagen, gibt es hier schon Erkenntnisse?
Seit 1976 das Jagen von Seehunden im Wattenmeer verboten wurde, steigt die Populationsgröße beinahe kontinuierlich in der Nordsee an. Die Anzahl an Seehunden in der Nordsee wird auf etwa 20.000 Tiere geschätzt. Seit dem groß angelegten Monitoring-Projekt MINOS ist bekannt, dass sich Seehunde bis 150 Kilometer vor der Küste Nahrung suchen. Über die möglichen Reaktionen von Seehunden auf Windenergieanlagen ist noch relativ wenig bekannt. Bei alpha ventus beobachten Windparkmitarbeiter regelmäßig einen Seehund, der sich bevorzugt an den nördlichen Anlagen aufhält. Ähnliches konnte auch in dem dänischen Windpark Hons Rev I und dem holländischen Windpark Eegmond Aan Zee beobachtet werden. Hier wurden Seehunde mit satellitengestützten Sendern ausgestattet und die Schwimmmuster um den Windpark aufgezeichnet. Die Tiere vermieden während der Konstruktionsphase das Baugebiet, konnten während der Betriebsphase aber wieder im Windpark beobachtet werden. Man vermutet, dass Seehunde, ähnlich wie Schweinswale, vom zusätzlichen Nahrungsangebot an den Fundamenten und vom Schutz vor Schiffsverkehr durch die geschützten Windparkflächen profitieren.

An den Windenergieanlagen von alpha ventus konnte festgestellt werden, dass sich Lebewesen an der Plattform ansiedeln, die im jeweiligen Benthos zuvor nicht beobachtet wurden. Wie ist diese Entwicklung zu bewerten?
Im Nahbereich der Fundamente (15 Meter) findet sich auf dem sonst feinsandigen Meeresboden eine massive Muschelschillbedeckung. Die Veränderungen des Bodens als Lebensraum des Benthos lassen Änderungen der Artzusammensetzung erkennen. Hartsubstratliebende Arten, wie zum Beispiel die Samtkrabbe oder der Taschenkrebs, siedeln sich an. Der Bewuchs der Anlagen ist drei Jahre nach der Errichtung von alpha ventus stark ausgeprägt und setzt sich unter anderem aus Miesmuscheln und Seenelken zusammen. Tiere, wie der Seebull, Flohkrebse oder Seesterne, finden hier Lebensräume, Schutz und Nahrung.

Diese Anreicherung an Lebewesen bedeutet einen Anstieg an Nahrung für Fische und schließlich auch für die höheren trophischen Ebenen, dad heißt für Meeressäuger, wie Seehund und Schweinswal, oder für Seevögel. Für einige Fischarten, wie den Dorsch, wurde bereits nachgewiesen, dass sie Schutz und Nahrung im Windparkgebiet und vor allem in den Konstruktionen der Fundamente finden. Holländische und dänische Studien zeigen, dass sich im Betrieb befindliche Windparks regelmäßig von Schweinswalen aufgesucht werden, und zwar vermutlich zur Nahrungssuche. Es ist zu vermuten, dass sie vom vermehrten Fischvorkommen zwischen den Konstruktionen profitieren. In dem holländischen Windpark Eegmond Aan Zee konnten Eiderenten beobachtet werden, die am Aufwuchs der Anlagen Muscheln abfraßen, und von Kormoranen ist bereits seit Längerem bekannt, dass sie küstennahe Windparkgebiete und Offshore-Plattformen zum Jagen von Fischen nutzen.

eingehalten werden. Allerdings muss hierfür die Technik noch weiterentwickelt werden.

Aus diesem Grund fördert das Bundesumweltministerium die Entwicklung und Erprobung von verschiedenen Schallschutzmaßnahmen und von schallarmen Gründungen. Hierfür wurden bislang mehr als 32 Millionen Euro bereitgestellt. In einer Vielzahl von Projekten erarbeiten Forscher unterschiedliche Konzepte, um den Schall bei der Verankerung der Gründungspfähle zu minimieren. So werden Gründungsvarianten entwickelt (Buckets, Schwerkraft-

Schutzmaßnahmen

Blasenschleier

Beim Großen Blasenschleier wird ein Schlauchring mit Düsenöffnungen im Abstand von circa 70 Metern rund um die Rammstelle verlegt. Wird der Schlauch mit Druckluft gefüllt, perlt ein Schleier aus Luftblasen bis an die Meeresoberfläche. Dieser Blasenvorhang dämpft den Schall. Ähnlich funktioniert der Kleine Blasenschleier. Dabei werden direkt am Pfahl auf dem Meeresboden und in verschiedenen Höhen Rohrringe mit Düsen installiert. Die durch Druckluft erzeugten Luftblasen hüllen den Rammpfahl ein.

Hydroschalldämpfer

Ein neues, vielversprechendes Konzept steckt noch mitten in der Entwicklung: der Hydroschalldämpfer. Dabei umschließen gasgefüllte Ballons, die an Netzen befestigt sind, den Rammpfahl. Zwei wesentliche Vorteile der Methode sind derzeit schon absehbar, auch wenn die Forschung und Entwicklung noch weit voranschreiten muss. Durch die Anzahl, Größe und Verteilung der Ballons kann der Schall zielgenauer gedämmt werden. Zusätzlich kann auf die Druckluftkompressoren verzichtet werden, die bei einem Blasenschleier notwendig sind.

Schallschutzmäntel

Schallschutzmäntel umschließen den Rammpfahl, um die Ausbreitung des Schalls abzudämpfen. Sie können unterschiedlich aufgebaut sein und aus mehreren Schichten bestehen. Ein Beispiel hierfür ist das „doppelwandige Hüllrohr". Im inneren Rohr wird ein Luftblasenschleier erzeugt, der den Schall mindert. Zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr befindet sich eine Luftschicht, die zusätzlich Schall mindern soll.

Ein anderes System, der „Kofferdamm", besteht aus einem einwandigen Stahlrohr, das auf dem Meeresboden abgestellt wird. Anschließend wird das Wasser im Inneren des Rohrs abgepumpt, so dass die Rammung „im Trockenen" stattfinden kann. Über die schalltechnische Entkopplung wird der Schalleintrag in den Wasserkörper wirkungsvoll gemindert.

Baustart für den Trianel-Windpark 2011: Bevor das Jack-up-Schiff „Goliath" die Fundamente einrammt, legt ein anderes Boot einen Blasenschleier um die Baustelle.

und Schwimmfundamente), die sich ohne Rammung errichten lassen. Durch vertikale Bohrungen oder Einrütteln mit vibrierenden Rammen sollen Fundamente zukünftig mit weitaus weniger Schall in den Meeresboden eingebracht werden können. Weitere Verfahren sollen den Rammschall minimieren, wie etwa Blasenschleier, Hydroschalldämpfer und Schallschutzmäntel.

Als weitere Schutzmaßnahme wird vorgeschrieben, die Schweinswale vor Beginn der Rammungen akustisch aus dem Nahbereich um die Baustelle zu vertreiben. Dadurch wird sichergestellt, dass sie sich in ausreichender Entfernung zur Rammstelle aufhalten und Verletzungen ausgeschlossen werden können.

Beobachtungen ergaben, dass Schweinswale während der Rammung die weitere Umgebung des Baugebiets bis in mehrere Kilometer Entfernung teilweise meiden. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Entfernung ab. Zudem ist die Meidung von relativ kurzer Dauer. In der Nähe der Baustelle können einige Stunden oder wenige Tage vergehen, bis die Tiere zurückkehren. In der weiteren Umgebung dauerte die Meidung nur so lange an, wie die Rammung stattfand. In längeren Rammpausen sahen die Forscher einzelne Tiere im Windpark.

Die Betriebsgeräusche der Windenergieanlage erscheinen aus heutiger Sicht hingegen unproblematisch für Schweinswale, sie sind nur bis maximal 100 Meter Entfernung hörbar.

Möwen finden in Offshore-Windparks reichlich Nahrung, für Tiere wie Seeanemonen stellen die Anlagen einen neuen Lebensraum dar.

Benthos und Fische

Im Testfeld alpha ventus und an den Forschungsplattformen beobachten Forscher, wie die Errichtung einer Windenergieanlage das Benthos beeinflusst. Der Begriff Benthos umfasst alle Lebewesen, wie beispielsweise Krebse, Fische, Würmer oder Algen, die auf oder im Meeresboden leben. Die unterseeischen Konstruktionen der Windenergieanlagen stellen künstliche Riffe dar, die entsprechend besiedelt werden und verschiedenen Tieren und Pflanzen einen neuen Lebensraum bieten. Sie führen zu einer Veränderung der Benthosgemeinschaften. So beobachteten Taucher ein großes Vorkommen von Muscheln, wie es vor der Errichtung der Windenergieanlagen von alpha ventus auf dem feinsandigen Boden noch nicht vorhanden war. Viele Arten wurden in einer höheren Anzahl registriert, als es auf dem unbebauten Weichboden des Gebietes typisch ist. Nach drei Jahren ist der Bewuchs an den Unterwasserkonstruktionen der Windenergieanlagen stark ausgeprägt: Miesmuscheln, Floh- und Taschenkrebse, Seenelken und Samtkrabben – alles Tiere, die Hartsubstrat als Lebensraum lieben – haben sich im Windpark angesiedelt. Der Bewuchs lockt wiederum größere Tiere an, die neue Nahrungsquellen an den Anlagenfundamenten finden. Zur künstlich geschaffenen Riffgemeinschaft gehören auch Fische wie Makrelen, gestreifte Leierfische, Franzosendorsche und Plattfische. Der räuberische Seebulle, der auf reinen Sandflächen nur selten vorkommt, hat so am Fundament einen neuen Lebensraum gefunden. Viele Experten bewerten diese Riffeffekte positiv, weil es die Artenvielfalt erhöht. Es gibt allerdings auch Stimmen, die eine „Verfelsung“ des Lebensraums mit vorwiegend sandigem Boden befürchten.

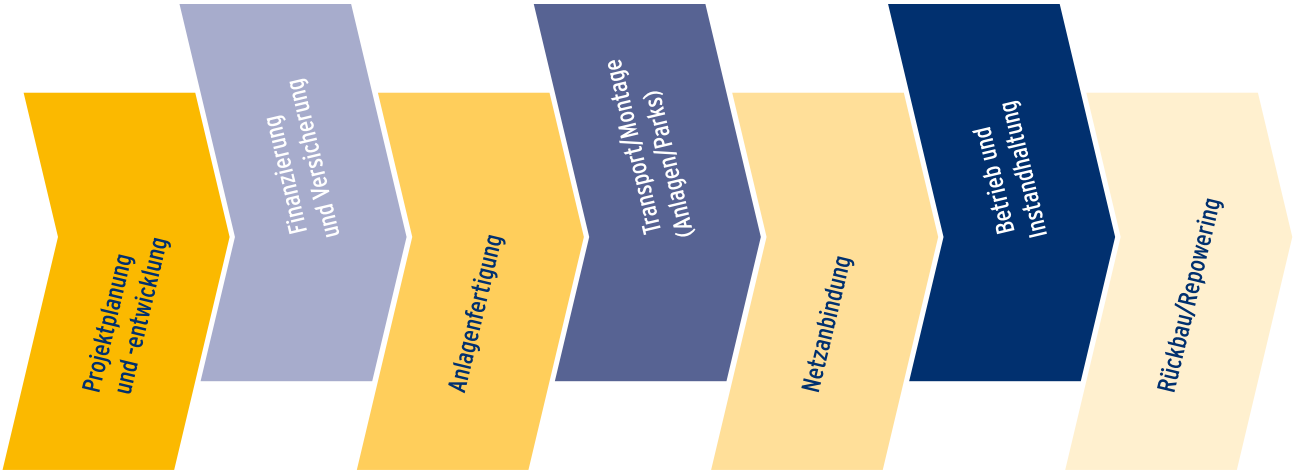
Die tatsächlichen Auswirkungen auf den Fischbestand und das Benthos lassen sich erst nach einigen Betriebsjahren feststellen. Ein positiver Effekt, der vermutet wird, ist die Erholung von Fischbeständen und Benthoslebensgemeinschaften, da in den Gebieten von Windparks die ökologisch besonders schädliche Grundschleppnetzfischerei verboten ist. Bei den Untersuchungen im Windpark alpha ventus konnte beispielsweise bereits eine Zunahme nach Anzahl und Gewicht der Fische festgestellt werden. Die Fänge waren 2011 mehr als doppelt so ergiebig wie 2010. Auch wurden größere Fische gefangen.

KAPITEL 5 DER ROTOR ALS MOTOR

Die Offshore-Windenergie bietet der Wirtschaft erhebliche Entwicklungspotenziale. Ob beim Bau von Anlagenteilen, der Errichtung eines Windparks oder dem späteren Betrieb – die Energiegewinnung vom Meer benötigt Produkte und die Expertise zahlreicher Branchen. Auch spezialisierte Fachkräfte braucht die junge Technologie.

Wirtschaft kommt in Fahrt

Die Windenergie vom Meer gibt der Wirtschaft neuen Antrieb. Eine Studie der Gesellschaft für Unternehmensberatung und Wirtschaftsprüfung PricewaterhouseCoopers (PwC) und der Windenergie-Agentur wab prognostiziert für 2016 einen Umsatz von 17,6 Milliarden Euro. Dies würde eine Verdreifachung innerhalb von sechs Jahren bedeuten. Zur Wertschöpfungskette der Offshore-Windenergie gehören Unternehmen, die sich in die folgenden Bereiche einteilen:



Den meisten Umsatz generiert die Anlagenfertigung. Dann folgen Projektentwicklung und Netzanbindung. Ab 2021 verschiebt sich laut PwC-Studie der Umsatz innerhalb der Wertschöpfungskette. Planmäßig erzeugt dann eine Vielzahl von Windparks Strom, die Dienstleistungen im Bereich Betrieb und Instandhaltung benötigen.

Aufschwung für das Binnenland

Von der Offshore-Windenergie leben mittlerweile traditionelle Maschinenbau-Standorte sehr gut, die oft fernab der Küste liegen. So sind viele Zulieferer für die Anlagenfertigung häufig in Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen zu finden. 50 Prozent des Umsatzes und 40 Prozent der Beschäftigten der Branche kommen aus den drei Bundesländern. Beispiel Nordrhein-Westfalen: In der Region stellen Unternehmen Getriebe, Generatoren, Bremsen, Lager und Gusskomponenten her.

Im Unterschied zu den Küstenregionen beteiligen sich hier meist Unternehmen an der Energieerzeugung auf hoher See, die nur den einen oder anderen Bereich der Wertschöpfungskette abdecken. Im Saarland sitzen etwa Firmen, die ihre Dienste für die Anlagenfertigung und Finanzierung/Versicherung anbieten. Investoren kommen aus ganz Deutschland, darunter auch Stadtwerke und Stadtwerkeverbünde aus Süd- und Mitteldeutschland.

Die Küste profitiert

Die Windenergie auf hoher See kurbelt die Wirtschaft in vielen Regionen Deutschlands an. Insbesondere strukturschwache Küstenregionen profitieren von der neuen Energiequelle. Im Unterschied zu anderen Bundesländern ziehen Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein Unternehmen an, die in den jeweiligen Regionen die gesamte Wertschöpfungskette abdecken. Hersteller von Anlagenteilen wie Rotorblättern und Gondeln suchen oft nach einem hafennahen Standort. Auch Produzenten weiterer Großkomponenten siedeln sich küstennah an, da ein Transport von Anlagenteilen kostenintensiv und teilweise nicht realisierbar ist. Auch Projektierer, Investoren, Betreiber und Dienstleister, die den Betrieb und die Wartung sicherstellen, sind in den nördlichen Bundesländern zu finden.

Werften

Ähnlich wie für die Häfen, die viele Funktionen für die Windenergie-Branche übernehmen können, öffnen sich neue Geschäftsbereiche für die Werften. Der Containerschiffbau prägte bis vor wenigen Jahren maßgeblich die Werftaufgaben. Doch Krisenzeiten machten dem Schiffbau in Deutschland schwer zu schaffen, sodass er nahezu zum Erliegen kam. Werften suchen nun nach neuen Betätigungsfeldern, von denen die Offshore-Windenergie eines bietet.

Die Betreiber eines Windparks brauchen für den Bau und Betrieb von Anlagen die Leistung speziell ausgerichteter Schiffe. Benötigt werden etwa Errichter- und Kabellegeschiffe sowie Reparatur- und Transportschiffe für die Windpark-Mitarbeiter. Doch nicht nur der Bau, sondern auch die Wartungs- und Reparaturarbeiten bieten den Werften neue Umsatzaussichten. Sie sind dazu geeignet, die unterschiedlichen Plattformen – Konverter-, Umspann- sowie Wohnplattformen – und Fundamente zu produzieren. Eine Studie der Beratungsgesellschaft KPMG hält ein Umsatzpotenzial von 18 Milliarden Euro und die Sicherung von 6.000 Arbeitsplätzen bis 2020 für möglich, jedoch nur, wenn sich die deutschen Werften auf die Offshore-Windenergie einstellen.

Montage des Rotorsterns im Windpark EnBW Baltic 1.

Export der Expertise

Das neu gewonnene Know-how eröffnet der Wirtschaft neue Absatzchancen im Ausland. Denn auch andere europäische Länder wie Großbritannien, Belgien, Irland, Frankreich und Schweden, aber auch die USA, China und Korea planen leistungsstarke Windparks auf dem Meer. Die Exportinitiative Erneuerbare Energien unterstützt daher deutsche Unternehmen der Erneuerbare-Energien-Branche dabei, sich erfolgreich auf internationalen Märkten zu positionieren. Sie bietet ein umfangreiches Informationsangebot unter anderem zu ausgewählten internationalen Märkten oder zu Seminarveranstaltungen. Sie dient insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen als Starthilfe für ihre Auslandsaktivitäten.

Bestehende Märkte sollen bestehen bleiben

Interview mit Thorsten Herdan, Geschäftsführer des Fachkreises Power Systems im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA). VDMA Power Systems beschäftigt sich mit Themen wie Energiepolitik, Gesetzgebung sowie Exportförderung und richtet sich auch an Hersteller von Windenergieanlagen.

In welche Länder exportieren deutsche Unternehmen schon heute ihre Produkte und Dienstleistungen aus dem Bereich Offshore-Windenergie?
Es wird vor allem in die klassischen Offshore-Länder England und Schottland sowie nach Nordeuropa wie Schweden und Dänemark exportiert. Es gibt auch immer wieder einzelne Projekte kleinerer Natur, an der deutsche Unternehmen beteiligt sind. Man kann eigentlich sagen, dass in jeder Offshore-Windenergieanlage deutsche Produktion steckt, auch wenn der Anlagenfertiger aus einem anderen Land kommt, da zum Beispiel auch Zuliefererfirmen ihre Produkte exportieren.

Wie stark ist die Konkurrenz international?
Das ist schwierig einzuschätzen, weil viele Unternehmen ganz verschiedene Schwerpunkte haben und unterschiedlich aufgestellt sind. Viele deutsche Firmen orientieren sich nur auf den eigenen Markt. Einige Unternehmen aus Deutschland sind international vertreten und in der Produktion führend. Weltweit sind aber auch Hersteller aus anderen Ländern wie China wichtig. Dann gibt es wieder Firmen, die in Deutschland produzieren, ihren Hauptsitz aber in einem anderen Land haben.

Was unternimmt der VDMA, um die Offshore-Windenergie zu fördern?
Im Bereich Offshore-Windenergie sind wir auf den deutschen Markt fokussiert und nicht auf Export. Wir wollen, dass bestehende Märkte bestehen bleiben und haben uns für die Haftungsregel und den Offshore-Netzentwicklungsplan eingesetzt. Der Markt soll hierzulande nicht durch die Verzögerungen im Netzausbau einbrechen.

Aufschwung für den Arbeitsmarkt

2011 arbeiteten rund 8.600 Personen in Deutschland und 35.000 europaweit im Bereich der Offshore-Windenergie. Tendenz: steigend. Die Europäische Union rechnet mit 170.000 Jobs im Jahr 2020 und rund 300.000 nur zehn Jahre später. Die Offshore-Windenergie stellt spezielle Anforderungen an die Fachkräfte, auf die sich die unterschiedlichen Industriezweige einstellen müssen.

Eine Vielzahl von Berufsgruppen ist bei der Entstehung und beim Betrieb eines Windparks beteiligt. Die Arbeitsfelder sind dabei vielfältig und decken die gesamte Wertschöpfungskette ab: von der Planung eines Parks sowie der Entwicklung und Produktion von Anlagenteilen über die Errichtung bis hin zu Service- und Reparaturdienstleistungen.

Wartungsarbeiten an den Turbinen im Windkanal: Schon beim Entwickeln und Testen der Komponenten sind Ingenieure gefragt.

Ingenieure

Unabhängig davon, in welcher Entwicklungsphase sich eine Windenergieanlage befindet – fast immer werden Ingenieure gebraucht. Ihr Wissen aus unterschiedlichen Bereichen wie dem Maschinenbau, der Elektro- und Oberflächentechnik, der Werkstoffkunde und der Aerodynamik ist schon bei der Komponentenentwicklung gefragt. In der Planungsphase werden oft Wirtschaftsingenieure zu Rate gezogen, die die Wirtschaftlichkeit eines Projektes prüfen. Offshore-Projektmanager kontrollieren und organisieren die verschiedenen Errichtungsphasen einer Anlage. Sie haben spezielle Kenntnisse über die Fundamente, die Verkabelung und den Netzanschluss. Oft sind Ingenieure die Projektmanager.

Facharbeiter aus dem Metallbau, der Elektro- und Oberflächentechnik sowie Mechatroniker

Fachkräfte aus der Metall- und Elektrobranche begleiten alle wichtigen Phasen der Wertschöpfungskette. Sie sind an der Entwicklung von Anlagenkomponenten ebenso beteiligt wie an der Montage und Inbetriebnahme einer Windenergieanlage. Personal aus dem Metallbau und der Elektrotechnik führt auch die Service- und Wartungsarbeiten durch.

Meteorologen, Biologen und Meeresbiologen

Bevor ein Betreiber die Erlaubnis zum Bau eines Windparks erhält, muss er bestimmte Nachweise erbringen. So erstellen Biologen und Meeresbiologen Gutachten für die Umweltverträglichkeit. Um die Windverhältnisse an einem Standort zu bestimmen, erfassen Meteorologen Klimadaten und werten sie aus.

Schiffs- und Maschinenführer

Für den Bau einer Windenergieanlage benötigt man Schiffs- und Maschinenführer. Sie bedienen die speziellen Errichterschiffe und die Maschinen, die für den Bau benötigt werden.

Industriekletterer

Industriekletterer werden vor allem bei den Errichtungsarbeiten einer Anlage gebraucht. Sie führen zudem Qualitätskontrollen und Wartungsarbeiten durch.

Berufstaucher

Ganz ähnlich den Industriekletterern sind Berufstaucher bei Errichtungs- und Wartungsarbeiten gefragt – bloß unterhalb der Wasseroberfläche.

Sonstige Berufsfelder

Weitere Berufsgruppen arbeiten direkt oder indirekt in der Offshore-Branche. Für die Planung eines Windparks benötigt ein Projektentwickler kaufmännische Fachkräfte, die die Wirtschaftlichkeit eines zukünftigen Windparks einschätzen können. Im Bereich Finanzierung und Versicherung ist auch Personal vonnöten. Schiffbauer stellen die speziellen Schiffe her, die für den Transport und die Errichtung gebraucht werden.

Hier trägt ein Mitarbeiter einer Stahlgießerei die „Schlichte" auf die Formoberflächen auf.

Ausbildungswege

Der Bedarf an Fachkräften ist groß, das Ausbildungsangebot hingegen noch recht klein. Einige Bildungsträger bieten eine Berufsausbildung mit dem Fokus Windenergie an. Die spezifischen Anforderungen der Offshore-Windenergie werden bisher nur durch Weiterbildungsmaßnahmen vermittelt. Unternehmen bilden in der Regel Schlosser, Schweißer, Mechaniker, Mechatroniker oder Elektriker aus, die sich in einem weiteren Kurs auf Offshore-Windenergie spezialisieren. Weiterbildungsmaßnahmen werden bundesweit angeboten. Da die Energiegewinnung vom Meer noch eine junge Technologie ist, gibt es derzeit noch kein einheitliches Qualifizierungsangebot.

Studieninteressierte können Fächer mit dem Schwerpunkt erneuerbare Energien wählen. Unterschiedliche Hochschulen bieten diesen Fokus für Ingenieurswissenschaften, Naturwissenschaften, Maschinenbau und Betriebswirtschaftslehre an. Insbesondere an Standorten mit Küstennähe sind Fächer zu Offshore-

Windenergie belegbar, etwa an den Fachhochschulen Kiel und Flensburg. Studenten des Bachelorfaches „Maritime Technologien“ können an der Hochschule Bremerhaven den Schwerpunkt Offshore-Windenergietechnik wählen. Die Universität Oldenburg bietet seit 2012 ein berufsbegleitendes Fernstudium zum Thema Offshore-Windenergie an, das sich an Fach- und Führungskräfte der Branche richtet.

Mehr Informationen

Im Internet können sich Interessierte über Fortbildungsveranstaltungen und Studiengänge umfassend informieren. Wer Weiterbildungsmaßnahmen sucht, der wird auf der Internetplattform der Bundesagentur für Arbeit **KURSNET** (kursnet-finden.arbeitsagentur.de/kurs/) fündig.
Alle Studiengänge zu den Themen erneuerbare Energien und Windenergie sind über die Funktion „Suche“ auf **www.hochschulkompass.de**, einer Website der Hochschulrektorenkonferenz, einsehbar.

Spezielle Anforderungen

Wer an einer Offshore-Windenergieanlage tätig wird, muss zunächst bestimmte Zertifikate vorweisen und sich auf ungewöhnliche Arbeitsbedingungen einlassen. Fachkräfte betreuen beispielsweise neben deutschen auch weitere europäische Windparks. Sie wohnen oft längere Zeit auf Versorgungsplattformen, da eine tägliche An- und Abreise zu den Windparks zu viel Zeit in Anspruch nehmen würde. Mit dem spannenden Job auf hoher See können also längere Abwesenheiten von zuhause verbunden sein. Da die Anreise auf einem Schiff bis zu vier Stunden dauern kann, ist die Tätigkeit in Offshore-Windparks für Personen, die leicht seekrank werden, ungeeignet.

Durch den maritimen Standort gelten für die Tätigkeit an einer Windenergieanlage höhere Sicherheitsbedingungen als an Land. Gerade der Transport mit einem Schiff oder einem Helikopter, der bei schlechten Witterungsbedingungen eingesetzt wird, birgt Risiken. Vor ihrem ersten Einsatz müssen alle

Fachkräfte zunächst ein Offshore-Sicherheitstraining absolvieren. Anbieter dieser Kurse richten ihr Angebot an international geltenden Vorschriften aus. Die Weiterbildungen werden oft an Hafenstandorten angeboten. Gegenstand des Trainings sind etwa:

- Sicherheit an Board und Brandschutz
- Erste Hilfe
- Maßnahmen zur Unfallvermeidung auf Hochseeanlagen
- Eigenrettung bei Höhenarbeiten
- Spezialtraining für das Überleben auf hoher See
- Ausstieg aus einem notgewässerten Helikopter

Elektroniker und Mechatroniker, die als Servicekräfte eines Windparks arbeiten, müssen zusätzlich ihre Höhentauglichkeit und eine Schulung in persönlicher Schutzausrichtung nachweisen.

Fachkräfte aus der Metall- und Elektrobranche sind an der gesamten Wertschöpfungskette einer Offshore-Anlage beteiligt – links ein Arbeiter in der Schaltanlage auf der Umspannplattform von Baltic 1, rechts ein Arbeiter in einer Stahlgießerei.

KAPITEL 6 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT

Öffentliche Institutionen und Unternehmen aus Deutschland beteiligen sich an vielen internationalen Vereinigungen. Oft setzen die Kooperationen auf Wissensaustausch und initiieren gemeinsame Forschungsprojekte. Andere Verbände wollen Ressourcen bündeln, um den Ausbau von Windparks voranzutreiben. Deutschland engagiert sich bei der internationalen Zusammenarbeit besonders in europäischen Initiativen.

Koordinierungsstelle Erneuerbare Energien

Die Koordinierungsstelle dient als Vernetzungsplattform für deutsche und französische Akteure aus dem Bereich erneuerbare Energien. Das deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und das französische Ministerium für Industrie gründeten 2006 den Verein mit Sitz in Berlin, der sich als Wissensvermittler versteht. Themenschwerpunkte sind die Solar- und die Windenergie. Die Koordinierungsstelle Erneuerbare Energien organisiert regelmäßig Konferenzen, wie zum Thema Kosten der Windenergie. Sie stellt für Mitglieder Studien, Gutachten sowie Gesetze auf Deutsch und Französisch bereit und verfasst selbst Hintergrundpapiere. Ziel ist es, den Ausbau der erneuerbaren Energien in beiden Ländern zu fördern. Der Verein richtet sich an Unternehmen, Wirtschafts- und Umweltverbände sowie öffentliche Institutionen und zählt über 100 Mitglieder. Frankreich will bis 2020 vor seinen Küsten Offshore-Windparks mit einer Leistung von sechs Gigawatt errichtet haben. Um dieses Ziel zu erreichen, werden regelmäßig bei Ausschreibungen Offshore-Windenergie-Projekte an Betreiber vergeben. Sie erhalten dann durch die Regierung eine finanzielle Unterstützung.

Gemeinsame Forschungskooperation zum Einsatz von Offshore-Windenergie

Deutschland, Dänemark und Schweden unterzeichneten 2007 die Joint Declaration on Cooperation in the Field of Research on Offshore Wind Energy Deployment. Zwei Jahre später schloss sich Norwegen dem Abkommen an, Großbritannien hat einen Beobachterstatus inne. Schwerpunkte sind die begleitende Umwelt- und Ökologieforschung. Die Kooperation ermöglicht den Austausch von Daten und Studien. Wissenschaftler des einen Landes können Forschungen in Windparks eines der anderen beteiligten Länder durchführen.

EU-Nordsee-Offshore-Initiative

Zehn Mitgliedstaaten der Europäischen Union sind seit 2009 der Initiative beigetreten, um die Netz-

anbindung für Offshore-Windparks in der Nordsee voranzutreiben. Die Anrainerstaaten und Irland wollen das Stromnetz koordiniert weiterentwickeln und gemeinsam technische, regulatorische und genehmigungsrechtliche Themen zielführend diskutieren. Die Initiative soll zur Vereinbarkeit nationaler Vorgaben für die Strominfrastruktur führen.

South Baltic Offer

Das zentrale Ziel des Projektes ist die zügige und verbesserte Entwicklung neuer Offshore-Windparks im südlichen Ostseeraum. South Baltic Offer vereint öffentliche Träger wie Kommunen und Universitäten sowie Interessen- und Wirtschaftsverbände aus Dänemark, Schweden, Polen, Litauen und Deutschland. Sie wollen Ressourcen grenzüberschreitend bündeln und die Offshore-Wirtschaft durch Wissensaustausch ankurbeln. Neue Jobs sollen in den Anrainerstaaten der südlichen Ostsee geschaffen und die wirtschaftliche Position der jeweiligen Industrie auf dem europäischen Markt soll gestärkt werden. Die Projektpartner entwickelten einen Atlas, der über die Windstärken des Meerraumes informiert. Eine weitere Karte, die im Internet abrufbar ist, zeigt alle Unternehmen, die bei der Errichtung und dem Betrieb von Windenergieanlagen in der südlichen Ostsee beteiligt waren oder sind.

4Power

Das EU-Projekt fördert den Wissensaustausch zwischen verschiedenen europäischen Regionen und Ländern. Auch wenn der technische Fortschritt im Bereich der Offshore-Windenergie voranschreitet, gibt es immer noch viele Regionen, die für den Bau von Windparks nur lückenhafte Rahmenbedingungen bieten. Bei 4Power-Treffen vermitteln Vertreter aus Dundee, Emden und Rostock – in der Offshore-Windenergie führende Gebiete – ihre Kenntnisse und Erfahrungen interessierten Regionen wie Korfu, den Azoren und Lettland.

Wind Agreement der International Energy Agency

Seit 1974 gibt es das Wind Agreement der Internationalen Energieagentur (IEA), das mittlerweile 20 Staaten, die Europäische Union, der chinesische Windverband und der Europäische Windenergie-Verband (EWEA) unterschrieben haben. Die Vertragspartner tauschen sich über die Planung und Realisierung von Windparks aus. Schwerpunkt des Abkommens ist die Forschung: Alle Mitgliedsländer beteiligen sich an wissenschaftlichen Studien und werten die Resultate gemeinsam aus.

Internationale Verbände

Einige internationale Verbände haben es sich zur Aufgabe gemacht, den Ausbau der Windenergie weltweit zu stärken. Der Internationalen Organisation für Erneuerbare Energien (IRENA) gehören über 100 Staaten und die Europäische Union an, weitere Länder haben eine Mitgliedschaft beantragt. Die internationale Regierungsorganisation will den Ausbau regenerativer Energien weltweit fördern und dafür den Zugang zu Informationen erleichtern sowie eine praxisnahe Beratung anbieten. Die European Wind Energy Association (EWEA) und die World Wind Energy Association (WWEA) veranstalten Konferenzen und verfassen Positionspapiere. Die beiden Verbände richten sich an Forschungseinrichtungen, Unternehmen und nationale Windenergie-Organisationen. Der Global Wind Energy Council (GWEC) richtet sich an die Industrie und vertritt über 1.500 Mitglieder aus über 70 Ländern. Auch der GWEC wirbt für die Vorzüge der Windenergie gegenüber Regierungen, Entscheidungsträgern und weiteren Institutionen.

London Array (GB) soll mit einem Gigawatt Leistung der vorerst größte Windpark in der Nordsee werden.

Internationales Engagement fördert den Erfahrungsschatz

Interview mit Andreas Wagner, Geschäftsführer der Stiftung OFFSHORE-WINDENERGIE. Die Stiftung, die auf Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gegründet wurde, setzt sich in Deutschland und europaweit für die Nutzung der Offshore-Windenergie ein.

Warum ist die internationale Zusammenarbeit im Bereich Offshore-Windenergie wichtig?
Wichtig ist zum einen der Erfahrungsaustausch. Weniger erfahrene Länder lernen von denen, die im Bereich Offshore-Windenergie weiter vorangeschritten sind. Zum anderen ist aber auch der technische Bereich wichtig. In jedem Land gibt es unterschiedliche Sicherheitsstandards, obwohl die Wirtschaft darauf ausgerichtet ist, ihre Teams beim Bau und Betrieb international einzusetzen. Man braucht die gegenseitige Anerkennung von Zertifikaten und Sicherheitstrainings. Aber nationale Standards zu internationalisieren oder europaweite Standards einzuführen, wird nicht von heute auf morgen zu realisieren sein.

In vielen internationalen Verbänden steht der Wissensaustausch und die Forschung im Vordergrund. Gibt es dabei Themen, die sehr oft diskutiert werden?
Zwei wichtige Themen tauchen immer wieder auf: neue Gründungsstrukturen für Windenergieanlagen und der Korrosionsschutz. Diskutiert wird auch, inwieweit die Kenntnisse aus dem Offshore-Bereich Öl und Gas auf die Offshore-Windenergie übertragen werden können.

Wie bringt das Engagement in internationalen Initiativen und Verbänden den Ausbau der deutschen Offshore-Projekte voran?
Es fördert den Erfahrungsschatz, wenn man von Ländern wie Großbritannien und Dänemark lernen kann, die schon viel weiter sind. Auch Deutschland gibt seine Kenntnisse an jene Länder weiter, die in der Offshore-Windenergie weniger erfahren sind. Dadurch erschließt man sich zugleich neue Exportmärkte.

Gondeltausch an einer Areva Wind M5000 im Windpark alpha ventus.

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a

BESTELLUNG VON PUBLIKATIONEN:

Publikationsversand der Bundesregierung
Postfach 48 10 09
18132 Rostock
Tel.: 01805 / 77 80 90*
Fax: 01805 / 77 80 94*
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
Internet: www.bmu.de/bestellformular
(*0,14 Euro/Minute aus dem deutschen Festnetz; abweichende Preise aus den Mobilfunknetzen möglich)

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.