Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 127 (2001)
Heft: 14: Windenergie

Artikel: Windenergie goes offshore: die Windindustrie Europas erobert das Meer
Autor: Scheil, Claudia
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80140

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

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

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

Download PDF: 23.07.2025

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

Claudia Scheil

Windenergie goes offshore

Die Windindustrie Europas erobert das Meer

1
Die britische Windenergieanlage Blyth Offshore kurz nach Inbetriebnahme

Seit 1994 wurden von den Niederlanden, Dänemark und Schweden 49 Windturbinen mit einer Gesamtleistung von über 26 MW im Meer installiert. Bauvorhaben für Anlagen von über 4000 MW Leistung bestehen allein in Dänemark. Nach jahrelangem Zögern traten nun auch die Briten in den Wettbewerb ein. Mit den besten Voraussetzungen, denn Grossbritannien ist eine der windigsten Regionen in ganz Europa und besitzt ausgedehnte Küstengebiete. Das britische Potenzial der Windenergie im Offshore-Bereich (von engl. off shore – vor der Küste) schätzt man dreimal so hoch ein wie den derzeitigen Gesamtenergiebedarf der Insel.

Die Gründe für das Interesse an der Nutzung der Meereswinde liegen auf der Hand. Windenergie vereint alle Vorteile einer erneuerbaren Energiequelle. Über dem offenen Meer wehen die Winde zudem stetiger und stärker als an Land, weil sie nicht durch Landschaftskonturen verwirbelt und gebremst werden. Deshalb haben Windturbinen im Offshore-Bereich einen um bis zu 20% höheren Energieertrag als an Land. Zudem sind geeignete Standorte für Windenergieanlagen an Land rar, nicht nur was den ökonomischen Standpunkt betrifft. Vielerorts gibt es mittlerweile eine sehr starke Opposition der Bevölkerung gegen Lärm, Beschattung oder Landschaftsveränderung durch Windgeneratoren. Der Standort Meer dagegen ist so weitläufig, dass die Beeinträchtigungen für Meeressäuger, Zugvögel, Fischerei, Schifffahrt und Tourismusindustrie vermieden werden können. Die Fundamente der Anlagen, die

künstliche Riffe darstellen, können sich sogar positiv auf die lokale Flora und Fauna auswirken. Ferner sind die Besitzverhältnisse auf dem Meer klarer als an Land. Die Standorte innerhalb einer Zone von 12 Meilen gehören nämlich offiziell dem Staat und können gemietet werden.

Trotz aller Vorteile handelt es sich bei der Offshore-Windenergie um eine relativ neue Technologie – der erste Prototyp eines Offshore-Windparks wurde erst 1985 vor Ebeltoft an der Ostseeküste von Dänemark in Betrieb genommen. Gründe dafür sind die technischen Probleme, welche die Nutzung der Windkraft im Offshore-Bereich mit sich bringt: Korrosion durch aggressives Salzwasser tritt auf, und die Blitzschlaggefahr ist höher als an Land. Zudem müssen die Fundamente den Belastungen durch Wellen und Gezeiten standhalten. Die Zugänglichkeit für Wartung oder Reparatur ist ausserdem eingeschränkt, und die Energie muss vom entfernten Standort im Meer in das Energieversorgungsnetz eingespiesen werden. Dadurch entstehen höhere Investitionskosten für eine Offshore-Anlage als für eine vergleichbare Anlage an Land. Dass sich das Unterfangen heute dennoch lohnt, liegt an der ausgefeilten Installationstechnik, die mittlerweile verfügbar ist.

Blyth Offshore

Schon vor mehr als zwanzig Jahren wurde in Grossbritannien darüber nachgedacht, die damals noch unbedeutende Windindustrie in den Offshore-Bereich zu verlagern. Die Vorteile der Windenergienutzung vor der Küste hatte man klar erkannt, aber es fehlte seinerzeit noch an den technischen Möglichkeiten. Während die Dänen in den achtziger Jahren mit massiver staatlicher Förderung den schrittweisen Aufbau einer Offshore-Windindustrie vorantrieben, geriet die Entwicklung bei der britischen Windindustrie mangels staatlicher Unterstützung ins Stocken. Anfang der neunziger Jahre begann sich die Labour-Regierung für erneuerbare Energien stark zu machen, aber erst 1996 bewarben sich die ersten Offshore-Windprojekte um Fördermittel im Rahmen des britischen Programms für erneuerbare Energien. Schliesslich genehmigte die Europäische Union dem ersten Projekt zusätzliche Fördermittel, die insgesamt etwa 30% der Baukosten abdeckten. Bis zum offiziellen Baubeginn sollten aber noch weitere vier Jahre vergehen. Der Bau selber erfolgte dann allerdings erstaunlich schnell. Nur ein Jahr verging zwischen Ankündigung und offizieller Inbetriebnahme. Der erste Offshore-Windenergiepark in Grossbritannien – und gleichzeitig der grösste weltweit – heisst Blyth Offshore (Bild 1) und wurde am 7. Dezember 2000 vor Blyth Harbour an der Küste von Northumberland in Betrieb genommen. Das Industriekonsortium, das Blyth Offshore verwirklicht hat, konnte sich auf das Wissen der englischen Offshore-Ölindustrie und jenes der Windenergieexperten aus Dänemark stützen. Kein Wunder, dass die Errichtung in so kurzer Zeit und nahezu ohne Probleme ablaufen konnte.

Der Windenergiepark Blyth Offshore besteht lediglich aus zwei 2 MW-Windturbinen. Damit können aber bis zu 3000 Haushalte mit Strom versorgt werden. Die

2
Die Hubplattform, von der aus die Anlage Blyth Offshore aufgerichtet wurde

Anlage steht 1 km vor Blyth Harbour an der Ostküste von England auf einem Felssockel in etwa 8 m Wassertiefe. Der Standort in der Nordsee ist der bisher Anspruchsvollste, der jemals für Windgeneratoren gewählt wurde. Der Tidenhub, der Wasserstandsunterschied bei den Gezeiten, beträgt hier etwa 5 m. Man rechnet zudem mit Wellen bis zu 8 m Höhe. Zum Vergleich: Alle bisher existierenden Offshore-Windkraftwerke sind einem maximalen Tidenhub von 0,5 m und Wellen bis maximal 2 m Höhe ausgesetzt. Die Windturbinen selber besitzen ebenfalls Rekorddimensionen: Sie sind mit einer Nabenhöhe von 58 m und einem Rotordurchmesser von 66 m die derzeit Grössten im Offshore-Bereich. Um möglichst viel für die Zukunft zu lernen, wird das Projekt durch eine aus Leuten der Technischen Universität Delft und der beteiligten Firmen bestehende Gruppe wissenschaftlich begleitet.

Die Fundamente

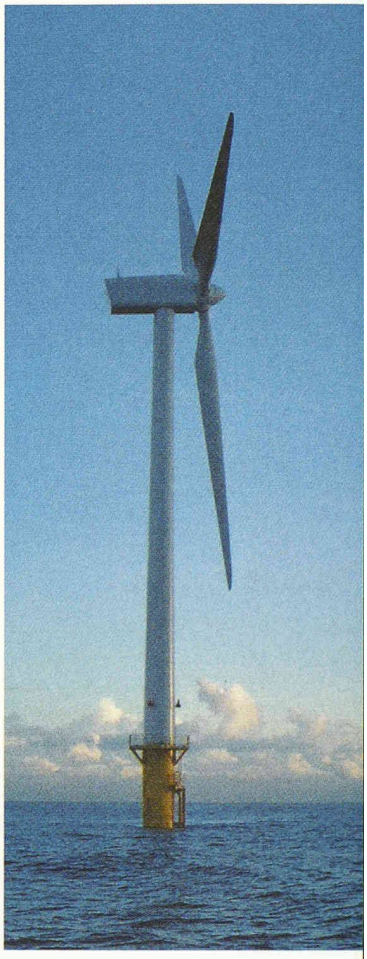
Das wichtigste und zugleich teuerste Element einer Offshore-Windkraftanlage sind die Fundamente. Konventionelle Fundamente für Installationen im Meer sind die sogenannten Senkkasten-Fundamente aus Beton, bei denen die Schwerkraft genutzt wird, um die Anlagen in aufrechter Position zu halten. Hierfür werden entsprechend grosse Betonkästen an Land gegossen, im vorbereiteten Meeresboden versenkt und mit Kies aufgefüllt um ihnen das notwendige Gewicht zu verleihen. Für grosse Anlagen und Wassertiefen von zeitweise über 10 m wie im vorliegenden Fall werden die Senkkästen allerdings so gross und schwer, dass die Kosten für das Fundament weit jenseits der Wirtschaftlichkeitsgrenze rutschen. Für Blyth Offshore wählte man deshalb das sogenannte Monopile-Fundament. Dafür wird ein Stahlpfeiler 10–20 m in den Meeresboden getrieben, um den Turm der Windkraftanlage quasi in den Meeresboden zu verlängern. Diese im Windenergiebereich relativ neue Art des Fundaments hat diverse Vorteile: Einerseits besteht keine Erosionsgefahr, und es sind keine Vorbereitungen des Bodens nötig. Andererseits ist diese Methode für Offshore-Anlagen im 1 MW-Bereich sehr viel kostengünstiger und einfacher zu realisieren. Allerdings ist ein guter Korrosionsschutz erforderlich, und für das Eintreiben des Stahlpfeilers benötigt man sehr schweres Gerät. Für die 3,5 m breiten Pfeiler mussten 3,7 m weite Felsbohrungen vorgenommen werden.

Im Juni 2000 begann man mit den Vorbereitungen für die Bohrarbeiten. Zunächst musste die Bohrvorrichtung an die Hubplattform montiert werden, von der aus die Installation vorgenommen werden sollte. Das ist schon an sich kein einfaches Unterfangen, weil die genannten Werkzeuge nicht gerade zierlich sind. Die Bohrvorrichtung wiegt 65 t und hat ein maximales Drehmoment von 40 tm. Dieses Gewicht und die beim Bohrvorgang entstehenden Gegenkräfte müssen von der Hubplattform aufgenommen werden. Die gesamte Apparatur war noch bei Wellen von bis zu 1,5 m Höhe und Windgeschwindigkeiten bis 15 m/s arbeitsfähig.

Im August 2000 waren alle vorbereitenden Arbeiten beendet und die Hubplattform (Bild 2) konnte an den

3–8
Die Bohrvorrichtung an der Hubplattform. Das Fundament wird eingelassen und die Zugangsplattform und der Generator werden installiert. Die Dimensionen des Rotors im Vergleich zu denen des Menschen sind eindrücklich

9
Heben des Rotors



10
Blyth Offshore nach der Fertigstellung (Bilder: Amec Borderwind Ltd.)

zukünftigen Standort der ersten Windturbine geschleppt werden. Nach Verankerung und Anheben der Plattform auf Arbeitshöhe begann man mit den ersten Bohrtests (Bild 3). Am 17. August 2000 fiel der endgültige Startschuss zum Bohren des ersten Fundaments. Das Bohren des 15 m tiefen Lochs dauerte nur 8 Stunden. Darauf wurde das 33 m lange Monopile-Fundament eingelassen (Bild 4) und der Rand des Bohrlochs mit Beton aufgefüllt. Der Schutt, der bei diesen Arbeitsgängen anfiel, wurde abgepumpt und in einiger Entfernung deponiert, um das Habitat der lokalen Hummerpopulation nicht zu schädigen. Dann ging alles Schlag auf Schlag. Während sich der Beton im ersten Fundament (Bild 5) setzte, begann man mit dem Bohren des zweiten Fundaments. Während sich der Beton im zweiten Fundament setzte, wurde am ersten Standort die Zugangsplattform installiert (Bild 6).

Der Turm

Auf die Zugangsplattform wurden dann die zwei Turmsegmente und schliesslich der Generator montiert (Bild 7). Dies alles geschah in grösster Eile, denn Sturm war angekündigt worden. Das Problem dabei: Die zu bewegenden Teile sind nicht gerade klein. Der Turm hat bei einer Länge von 33 m ein Gesamtgewicht von 120 t. Der Generator wiegt immerhin 57 t und muss in über 50 m Höhe verankert werden. Die Konstruktion des Turmes war deshalb eine der kompliziertesten Arbeiten.
Einmal aufgestellt, wirken auf Turm und Fundament Wellen unterschiedlicher Höhe und Frequenzen, sowie stark variable Winde ein. Zudem bewegt sich an der Spitze des Stahlturmes ein grosser Rotor (Bild 8 und 9). Erhöhte Anforderungen also an die Entwicklungsingenieure für Windkraftanlagen, die sich mit Wellenkraft konfrontiert sahen, und an ihre Kollegen in der Stahlpfeilerkonstruktion, die sich mit grossen rotierenden Massen beschäftigen mussten.

Generator und Rotor

Während an Land meist Turbinen mit bis zu 600 KW Leistung installiert werden, lohnt es sich im Offshore-Bereich über die 1 MW-Schwelle zu gehen und dafür weniger Turbinen aufzustellen. Denn: Die Installationskosten für das Fundament sind sehr viel höher als an Land und entscheiden über den finanziellen Erfolg des Projekts.
Mit Förderung durch die EU wurden deshalb schon in den neunziger Jahren von verschiedenen Herstellern grosse Maschinen mit hoher Zuverlässigkeit und geringen Wartungsintervallen für den Offshore-Bereich ent-

11
Die neue dänische Windenergieanlage Middelgrunden (Bild: Mads Eskesen)

wickelt. Für Blyth Offshore (Bild 1 und 10) wählte man die V66 Turbine, ein 2-MW-Modell eines dänischen Herstellers. Jenes ist speziell auf die Verwendung im Offshore-Bereich ausgelegt. Die Microprozessorsteuerung von Generator und Rotorblättern garantieren selbst bei sich schnell ändernden Windgeschwindigkeiten eine gleichmässige Energieerzeugung. Blitze werden durch das Blitzschutzsystem gefahrlos abgeleitet. Eine zusätzliche Blitzschutzmassnahme ist die Abschirmung der empfindlichsten elektronischen Teile im Motorgehäuse. Ferner wurde die Lärmbelastung durch die Anlage minimiert.

Einer Studie der British Wind Energy Association (BWEA) zufolge haben die meisten europäischen Küstenstaaten Zugang zur Ressource Offshore-Windenergie und könnten damit mindestens 20% des derzeitigen Energiebedarfs decken. Die Zukunft der neuen Technologie sieht somit rosig aus, denn das Know-how ist vorhanden und der Bedarf ganz klar gegeben. Allerdings können die Briten den Titel «Grösster Offshore-Windenergiepark der Welt» bald nicht mehr für sich beanspruchen. Am 6. Mai 2001 geht der dänische Windenergiepark Middelgrunden vor Kopenhagen offiziell ans Netz. 20 Windkraftanlagen mit je 2 MW Leistung stehen dort in einer Wassertiefe von 2–6 m (Bild 11). Die erwartete jährliche Stromproduktion beträgt 81 Mio. kWh, damit könnten 20 000 Haushalte mit Strom versorgt werden. Und auch Schweden, die Niederlande und Deutschland haben ehrgeizige Pläne für diesen Industriezweig. Offshore-Windenergieparks könnten in Zukunft ein vertrautes Bild an den Küsten Europas werden. Hoffentlich vergisst die Windindustrie nicht, dass es sich bei Wind um einen nachhaltigen Energieträger handelt – die Nutzung dieser Ressource also ökologisch, wirtschaftlich und sozial verträglich sein sollte. Wo viel Profit gemacht werden kann, wird nicht immer Rücksicht genommen auf die Interessen anderer.

Claudia Scheil, dipl. Ing. FH, 39 Nutkins Way, Chesham, Buckinghamshire HP52BE, Great Britain