



Wie ein Korken im Wasser

Entwicklung von schwimmenden Offshore-Fundamenten steht am Anfang

Seit September 2009 schwimmt das Spar-Buoy-Konzept Hywind zu einem zweijährigen Testbetrieb in der norwegischen See. Foto: Statoil Hydro

Der Wind auf dem Meer bläst kräftiger als an Land. Diesen Vorteil nutzen Offshore-Windparks, die unter Umständen bis zu 50 % mehr Ertrag bringen als Onshore-Parks. Nachdem im Jahr 1991 Bonus Energy den erste Offshore-Park mit elf 450-kW-Turbinen in der Nähe des dänischen Ortes Vindeby errichtete, vollzog sich hernach die Entwicklung eher schleichend. Schließlich zogen Windmüller lieber festen Boden dem schlickigen Grund des Meeres vor. Nachdem nun viele windreichen Standorte an Land belegt sind, stehen dem Offshore-Sektor goldene Zeiten bevor. Dies prophezeit der Europäische Windverband Ewea der Branche. Er rechnet in diesem Jahr erstmals mit einem Zubau von 1 GW weltweit nach 373 MW in 2008 und 577 MW in 2009. Bis 2020 erwartet Ewea ein jährliches Offshore-Wachstum von 28 %.

Auffallend sind die Standorte der bereits existierenden Offshore-Windparks: Bislang wurde die Parks vor allem in Kü-

stennähe von Nord- und Ostsee errichtet. Weil diese Meere eine einzigartige Ufer- und Beckenstruktur in der Welt haben bei denen die Gewässerböden sehr langsam abfallen. Aus diesem Grund können Offshore-Turbinen in den küstennahen Standorten per Gründung im Meeresboden verankert werden. So steht beispielsweise der Park Horns Rev in 14 km Entfernung vom Ufer bei einer Wassertiefe von lediglich 14 m.

Abschüssige Meeresböden

In anderen Meeren zeigen sich ganz andere Verhältnisse: Schon im Mittelmeer oder im Atlantik fallen die Uferzonen sehr schnell in großen Tiefen von 100 und mehr Metern ab. Von daher können Offshore-Turbinen nicht mehr per fester Tragstruktur und Fundament im Meeresboden fixiert werden. Aus dieser Notwendigkeit heraus befassen sich Wissenschaftler in aller Welt mit schwimmenden

Offshore-Fundamenten. Schließlich will kein Land der Erde auf die ertragreiche Windenergie vom Meer verzichten.

Großes Interesse verzeichnet die USA. Nach einer Studie des US-Innenministeriums (Interior Department) aus dem vergangenen Jahr könnten die Vereinigten Staaten allein mit küstennahen Offshore-Standorten 20 % des Strombedarfs decken. Bei Nutzung des gesamten Offshore-Potenzials der US-amerikanischen Küste könnte der gesamte Elektrizitätsbedarf gedeckt werden. Das Potenzial der windreichen Atlantikküste beziffert die Studie auf 1.000 GW, das der Pazifikküste liegt bei etwa 900 GW.

Für das Ausschöpfen des gesamten Potenzials wird die Nutzung von schwimmenden Offshore-Turbinen an Tiefwasserstandorten notwendig sein. Wobei die USA bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht einmal in flachen Gewässern Windmühlen errichtet. Der erste Entwurf einer schwimmenden Windkraftanlage stammt im Üb-

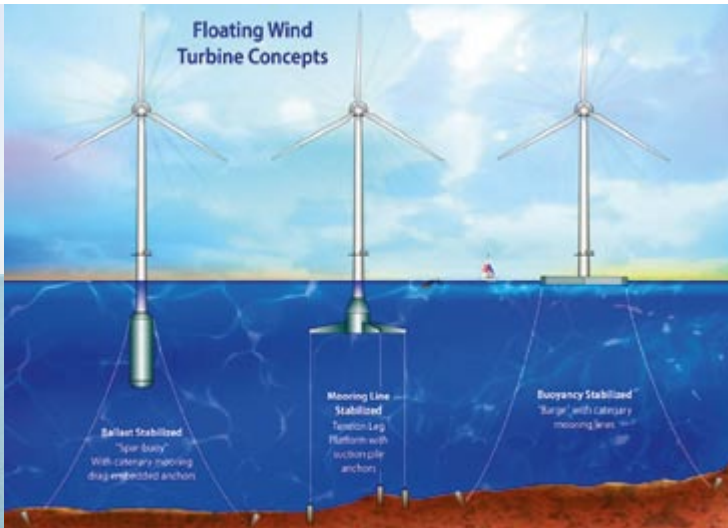


Abb. 1: Diese Grafik zeigt die drei Haupttypen von schwimmenden Offshore-Fundamenten an. Quelle: NREL



Abb. 2: Diese Kräfte treten bei Offshore-Turbinen auf. Quelle: Garrad Hassan

rigen von einem US-Amerikaner: Im Jahr 1972 veröffentlichte Prof. William E. Horenemus von der University of Massachusetts erste Ideenkonzepte von schwimmenden Offshore-Windanlagen.

Seither entwarfen Wissenschaftler zahlreiche Konzepte von schwimmenden Offshore-Windenergieanlagen. Als eines der kuriosen Entwürfe gilt Mufow (Multiple Unit Floating Offshore Windfarm, siehe Abbildung 4 S. 21) aus den 90er Jahren. Dabei dient eine Halbttaucher-Plattform als Basis für mehrere Windturbinen. Das Konzept entwarfen Wissenschaftler des University College London (UCL). Zum heutigen Zeitpunkt ist Mufow aber nicht mehr konkurrenzfähig. „Die Windturbinen sind zu groß geworden. Da ist der Ansatz mit einer einzelnen Turbine sinnvoller. Mufow ist wirtschaftlich nicht umsetzbar“, sagt Andrew Henderson, der am Projekt Mufow mitwirkte und jetzt bei Garrad Hassan arbeitet.

Spar Buoy oder TLP?

Grundsätzlich können alle Konzepte von schwimmenden Offshore-Fundamente in drei große Übergruppen eingeteilt werden: in das „Spar Buoy“- , in das TLP (Tension Leg Platform)- oder das Barge-Prinzip (siehe Abbildung 1).

Als das einfachste Prinzip gilt das „Spar Buoy“-Konzept: Dabei fungiert ein Hohlkörper als Basis. Unter dem Hohlkörper befindet sich ein Masseteil, damit, wenn der Körper zu Wasser gelassen wird, das Konstrukt einen tiefen Schwerpunkt hat und senkrecht im Wasser steht. Drei Seile fixieren das Objekt auf dem Meeresboden.

Etwas komplizierter ist die Tension Leg Platform: Dabei wird ein Halbttaucher zu Wasser gelassen, der über Seile straff mit Fundamenten am Meeresboden verbunden ist. Durch das Halbttaucher-Konstrukt bietet dieser Entwurf wenig Angriffsfläche für Oberflächenwellen. Auf der anderen Seite birgt das Konzept die Gefahr, dass bei Reißen eines Seiles die gesamte Turbine umstürzt.

Das dritte Konzept ist die „Barge“-Lösung. Bei diesem Ansatz bildet ein Ponton das Fundament für die Windanlage. Da der Ponton auf der Meeresoberfläche schwimmt, greifen die Wellen an und sorgen für Instabilität. Von daher muss die Plattform ausreichend breit sein, um die auftretenden Kräfte durch Wellen und Wind abzufangen.

Viele der am Markt erschienenen Konzepte können nicht ausschließlich einer Hauptform zugeordnet werden. Vielmehr bilden viele Konzepte Zwischenformen von drei Haupttypen.

Grundsätzlich treten bei einer freischwimmenden Windenergieanlage zahlreiche Kräfte auf (siehe Abbildung 2): „Der kräftigste Impuls kommt von dem auf

die Turbine auftreffenden Wind und den Oberflächen-Wellen“, erläutert Henders, der sich inzwischen seit fast 20 Jahren mit Offshore-Konzepten befasst. Hinzu kommen noch Kräfte der Strömung und der Rotation der Turbine.

Ein Vorteil des Windes auf dem Meer ist die relative Gleichmäßigkeit im Vergleich zum Wind an Land. „Obwohl der Wind auf dem Meer eine höhere Geschwindigkeit aufweist, ist er aufgrund weniger Störeinflüsse weitaus weniger turbulent als an Land“, erläutert Louis Quesnel, Projektingenieur am Fraunhofer-Institut Iwes in Bremerhaven. Mit einer konstanteren Windbelastung sei leichter umzugehen als mit einer schnell und stark variierenden. „Aufgrund der geringeren Reibung der Luft auf der glatten Meeresoberfläche wirken zudem auf die Rotorblätter in der untersten und obersten Position ähnlichere Windgeschwindigkeiten“, sagt Quesnel.

Immer wieder in der Diskussion unter Offshore-Experten ist der Zweiflügler. Eine solche Anlage lässt höhere Geschwindigkeiten zu. Dadurch wird das Getriebe weniger beansprucht. Auf der anderen Seite erzeugen Zweiflügler mehr Lärm und auch mehr Unwucht. Doch Lärm spielt auf dem Meer eine untergeordnete Rolle. Henderson hält wenig von der Idee: „Der Zweiflügler ist wenig entwickelt und zudem ist seine Konkurrenzfähigkeit nicht bewiesen“, so der Experte.

Blue H und der Zweiflügler

Auf Zweiflügler setzt hingegen das niederländische Unternehmen Blue H Technologies. Blue H hat im Jahr 2007 einen ersten Prototypen eines schwimmenden Offshore-Fundaments im italienischen Tricase in Apulien erfolgreich getestet (siehe Abbildung 3). Die TLP-Plattform mit sechseckigem Halbttaucher wurde 21 km von der Küste bei einer Wassertiefe von 113 m mit Spannseilen im Untergrund verankert. Der Zweiflügler war nur eine Attrappe



Prinzip des Spar-Buoy-Konzepts von Hywind.
Foto: Statoil Hydro



Das Unternehmen Sway setzt ebenfalls auf ein Spar-Buoy-Konzept. Foto: Sway

und nicht funktionsfähig. Jetzt arbeitet Blue H an einem 2,4-MW-Prototypen in Brindisi. Noch in diesem Jahr will Blue H eine erste voll funktionsfähige 2,4-MW-Anlage an der Stelle des Prototypen installieren. Dies sei die erste Anlage für einen geplanten Windpark von 90 MW Leistung. Leider übermittelte das Unternehmen auf Anfrage von ERNEUERBARE ENERGIEN keine weiteren Informationen.

Blue H Technologies ist auch in den USA aktiv. Im Oktober 2009 bewarb sich das Unternehmen um eine Lizenz eines Offshore-Projekts in den Gewässern Outer Continental Shelf, 37 km südwestlich von Martha's Vineyard (Massachusetts) bei einer Wassertiefe von 51 m.

Im Rennen ist Blue H Technologies ferner in Großbritannien. Dort führt das Unternehmen ein Konsortium an, das staatliche Zuschüsse aus dem Energy-Technology-Institute-Programm erhielt. Die Gelder sollen die Entwicklungsarbeit für eine 5-MW-Anlage finanzieren, die in Wassertiefen von 30 bis 300 m errichtet werden kann (Project Deepwater Turbine).

Einen zweiten Prototypen einer schwimmenden Offshore-Windanlage hat im September vergangenen Jahres Statoil

25. bis 27. Januar 2011

www.enertec-leipzig.de

Branchenauftritt 2011: enertec als Dialogplattform für die gesamte Energiebranche und Marktplatz für Ihre Technologien und Dienstleistungen!

IM FOKUS:
ERNEUERBARE ENERGIEN

enertec
Internationale Fachmesse
für Energie

Hydro und Siemens in der norwegischen See errichtet: die Versuchsanlage Hywind (siehe S. 19). Dabei handelt es sich um ein Spar-Buoy-Konzept. Die Windmühle steht 12 km südöstlich der Insel Karmøy an der Südwestküste Norwegens und ist in 220 m Tiefe verankert. Statoil weist eine langjährige Erfahrung beim Bau von Bohrinseln auf und entwarf das Konzept dieses schwimmenden Offshore-Fundaments. Das Konstrukt reicht bis 120 m unter die Meeresoberfläche und besteht aus einem mit Ballast befüllten Stahl-Schwimmer. Auf das Fundament aufgesetzt ist eine 80 m hohe 2,3-MW-Siemens-Anlage mit 82 m Rotordurchmesser. Die Gondel dreht unterhalb des Turms, um die Anlage in den Wind zu setzen. Insgesamt soll die Anlage bis Tiefen von 700 m einsetzbar sein.

„Gute Testergebnisse“

Die Versuchsanlage soll nun zwei Jahre Daten und Erkenntnisse liefern. Insgesamt flossen rund 50 Mio. € in das Projekt. Erste Ergebnisse liegen bereits vor: „Wir beobachten das Verhalten der Struktur und das System“, erläuterte Statoil Hydro-Pressesprecher Øistein Johannessen. Bislang musste die Anlage Windgeschwindigkeiten



Abb. 3: Das TLP-Konzept von Blue H Technologies. Quelle: Blue H Technologies

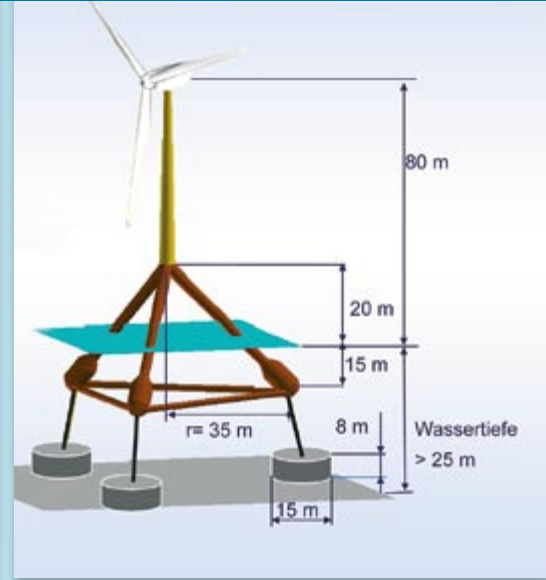


Abb. 4: Das deutsche Ingenieursunternehmen Gicon entwickelt derzeit ein TLP-Konzept. Foto: Gicon

von 12 bis 19 m/s aushalten. Bis Weihnachten war die Anlage mit Technikern besetzt. Über Weihnachten lief die Anlage in einem „stand alone“-Modus. „Die Testergebnisse sind sehr gut und ermutigend“, berichtete Johannessen. Gute Werte erzielte die Anlage auch bei der Energieerzeugung.

Ein ähnliches Konzept wie Hywind hat das norwegische Unternehmen Sway entwickelt (vgl. S. 19). Hinter Sway stehen Investoren wie Statoil, Lyse, Scatec (Firma des REC-Gründers Alf Bjørseth) und Ro-

senberg Verft, die 2007 rund 18 Mio. € zu-steuerten. Innerhalb der vergangenen sechs Jahre hat Sway-CEO Eystein Borgen über Simulation dieses Offshore-Fundament entwickelt. Der Turm ist etwa 85 m über und 100 m unter der Wasseroberfläche. Der Fuß des Turms ist mit Ballast beladen. Dort ist auch eine Spanntrosse (tension leg) angebracht, die mit einem Anker am Meeresboden verbunden ist. Die gesamte Anlage dreht über den Fuß. Die Turbine ist ein Leeläufer. Damit kann die Anlage besser in den

Internationale Messe zur Nutzung der erneuerbaren Energien

Schwerpunkt: Kleinwindanlagen

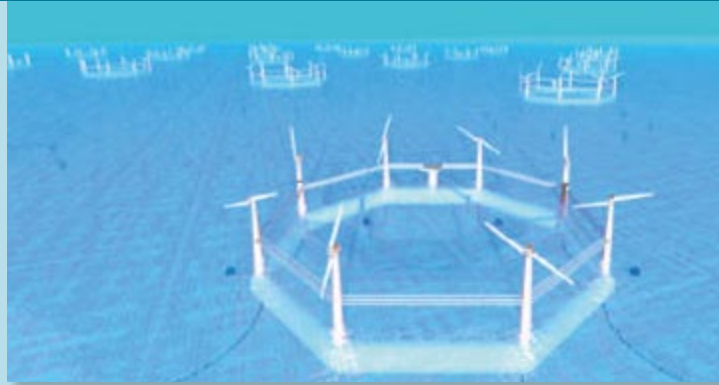
18.–21. März 2010 · Husum

Weiter blicken, weiter denken!

new energy husum – die meist besuchte erneuerbare Energien Messe mit Europas größter Kleinwindanlagen-Produktschau.



www.new-energy.de



University College London entwickelte in den 90er Jahren das Mufow-Konzept.

Quelle: Henderson

Wind gedreht werden. Bei Wind neigt sich der gesamte Turm um etwa 5 bis 8 Grad. Sway nutzt zur Turmverstärkung ein Zugstangensystem, ähnlich den Abspannseilen bei Segelbooten. Damit können selbst größere Maschinen auf den Turm aufgesetzt werden. Mitte dieses Jahres ist Sway eine Kooperation mit Areva Mutibrid eingegangen. Mutibrid liefert für einen Prototypen eine M5000. Gleichzeitig arbeitet Sway derzeit an einer 10-MW-Anlage. „Wir wissen noch nicht, wann wir weitere Informationen darüber veröffentlichen“, so CEO Eystein Borgen. Sway hat vom Norwegischen Gewässer- und Energiedirektorat eine Konzession zum Bau einer schwimmenden Offshore-Windkraftanlage etwa 7 km von Karmøy an der norwegischen Westküste entfernt erhalten. Dieser Bau eines Prototyps ist von der finanziellen Förderung

durch das norwegische Förderprogramm für erneuerbare Meeresenergien (Enova) abhängig. Derzeit ist Sway auf der Suche nach Investoren für die Anlage. Falls ein Investor gefunden werde, könne die Anlage binnen 18 bis 24 Monaten in Betrieb gehen. Alle Ergebnisse erstellte Borgen mit einer Simulationsanlage im Maßstab von 1:45. Die Anlage ist für Wassertiefen von 80 und 400 Metern geeignet.

In Deutschland existiert ebenfalls ein Konzeptentwurf: Burkhard Schuldt vom Ingenieursunternehmen Gicon hat eine TLP-Plattform entwickelt. Die Arbeiten ruhen derzeit, weil Schuldt auf der Suche nach Investoren ist. „Die Gespräche laufen“, so erläuterte der Ingenieur. Für das schwimmende Offshore-Fundament besteht bereits eine Förderzusage seitens des Bundes in Höhe von 2,9 Mio. €, die

jedoch bis zur Klärung der Eigenmittelfinanzierung ausgesetzt wurde.

Das TLP-Konzept kann bereits ab Wassertiefen von 30 m eingesetzt werden. „Schließlich steigen bei Tiefen über 30 m die Kosten für herkömmliche Gründungsverfahren stark an“, so Burkhard Schuldt. Und ein mögliches Absatzpotenzial besteht auch: „Allein in der Nordsee laufen 68 Windparkplanungen mit rund 4.900 Anlagen. Und die Mehrzahl dieser Turbinen liegt jenseits der 30-m-Tiefenlinie“, macht der Ingenieur deutlich. Hinzu kämen noch rund 5.000 weitere Anlagen in Großbritannien.

Viele Konzepte sind derzeit in der Entwicklung. Ein Resümee der derzeitigen Lage zieht Andrew Henderson: „TLP-Konzepte sind natürlich in niedrigerem Wasser wie in der Nord- und Ostsee attraktiver.“ Zudem sind sie weniger kostenintensiv aufgrund der kleineren Größe. Auf der anderen Seite ist Fixierung mit Spannkabeln natürlich riskanter. In Tiefengewässern wie beispielsweise in Spanien, Japan, Griechenland oder Italien erscheinen Spar-Buoy-Konzepte die bessere Lösung. „Weil sie einfach auf bewährte und erprobte Technologie aus der Bohrindustrie setzen“, sagt Henderson.  ARMIN LESSNER

Windkraft-Kompetenz hat einen Namen:

PNE WIND AG

Passion for Energy



Onshore und Offshore Windkraft-Projektierung aus einer Hand:

- Standortentwicklung
- Finanzierung
- Bau und Inbetriebnahme
- Verkauf
- Technische und kaufmännische Betriebsführung

PNE WIND AG – Ihr Partner für nachhaltige Windenergie

