



Beim deutschen Forschungs- und Vorzeigeprojekt Alpha Ventus zeichnen sich Erosionen an den Gründungen der Windenergieanlagen ab. Und zwar deutlich stärker als vermutet.

Untergrundbewegung

Er ist ein hinterhältiger Übeltäter, auf der ganzen Welt gefürchtet. Er operiert im Untergrund, und der Schaden den er anrichtet, fällt oft zunächst einmal garnicht auf. So trug es sich zum Beispiel im März 1988 auf der neuseeländischen Nordinsel zu. Der tropische Zyklon „Bola“ hatte den Pegel des Wairoa-Flusses über alle Maße ansteigen lassen – eine Flut, wie sie sich nur einmal in 30 Jahren durch das enge Flussbett wälzt. Die Wassermassen hatten auf ihrem Weg in Richtung Küste auch große Mengen an Ästen, Zweigen und Baumstämmen mit sich gerissen. Auf der Höhe des Städtchens Wairoa blieb das Holz an einer Brücke hängen und bildete vor den Pfeilern eine Art natürliche Stauwand, welche die Strömung des Wassers zum Flussbett hin lenkte. Und das war der Anfang vom Ende: Es dauerte nicht mehr lange, bis die Brücke den Wassermassen nicht länger stand hielt und krachend in den Fluss stürzte. Hinterher stellten die Experten fest: Die Strömung hatte einige der Brückenpfeiler unterspült, so dass sie dem gewaltigen Druck durch das aufgestaute Hochwasser nicht mehr gewachsen waren. Und damit stand für die Fachleute vor Ort fest, dass sie es mit einem alten Bekannten zu tun hatten. Seine Handschrift war eindeutig: Der Kolk hatte wieder einmal zugeschlagen.

Kolk – so nennt man die Bodenerosionen unter Wasser, die durch ein Hindernis in der Strömung verursacht werden. Und dieser Übeltäter nagt auch an den Gründungen der Windräder im Offshore-Testfeld Alpha Ventus – und zwar nicht zu knapp. Das Vorzeigeprojekt in der Deutschen Bucht, gut 45 Kilometer nordwestlich von Borkum, war gerade im April dieses Jahres offiziell ans Netz gegangen. Und schon tun sich unterhalb der Türme geradezu Abgründe auf: Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Hamburg hat unter einer der Anlagen des Typs Multibrid M5000 Auswaschungen im Boden beobachtet: Bis zu fast sechs Metern hat sich das Loch in den sandigen Boden gefressen. „Das können wir bestätigen“, sagt Lutz Wiese, Pressesprecher bei Alpha Ventus. „Zentral unter dem Tripod der Multibrid-Anlage sind es 5,90 Meter. An den Standbeinen sind es zirka zwei Meter.“

Extraordinäre Bedingungen

Die 5-Megawatt-Turbine steht auf einer Dreibeinkonstruktion aus Stahlrohren, die unter Wasser den Hauptpfeiler stützen. Jedes der drei Beine reicht bis zu 40 Meter tief in den sandigen Meeresboden. Insgesamt sechs Anlagen im Windpark

Alpha Ventus sind auf solch einer Tripod-Gründung errichtet. Die restlichen sechs Windräder vom Typ REpower 5M ankern auf so genannten Jacket-Gründungen im Untergrund. Das sind Stahlkonstruktionen, die an die fachwerkartigen Strommasten von Überlandleitungen erinnern. Auch bei ihnen hat der Kolk zugeschlagen, erklärt Lutz Wiese: „Bei den RePower-Anlagen sieht das Muster etwas anders aus. Dort sind es zirka vier Meter direkt an den Pfählen der Jacket-Gründung. Im Zentrum des Jackets gibt es jedoch noch keine Kolkphänomene. Das ist ein typisches Phänomen bei Gründungen dieses Designs, dass sich in der Mitte nicht viel tut.“

Kolk ist eine Erscheinung von fundamentaler Bedeutung – im wahrsten Sinne des Wortes. Prinzipiell kann er die Standsicherheit eines Offshore-Bauwerkes bedrohen. Die bis zu sechs Meter tiefen Ausspülungen in Alpha Ventus liegen laut Lutz Wiese trotz ihrer ungewöhnlichen Tiefe noch deutlich innerhalb der Sicherheitsmarge: „Es sind Werte, die aus der Theorie heraus so nicht erwartet wurden. Aber es sind jetzt auch keine ungewöhnlich tiefen Auskolkungen, und vor allem sind es keine bedrohlichen Werte. Was die Standsicherheit angeht: Da sind die Anlagen auf noch tiefere Kolkphänomene ausgelegt.“

Erstaunt zeigt sich auch Prof. Hocine Oumeraci vom Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig: „Unter normalen Bedingungen dürften solche Tiefen nicht auftreten. Denn die Strömungsverhältnisse lassen das eigentlich nicht zu. Das bedeutet meiner Meinung nach, dass es sich hier um extraordinary Bedingungen handelt, die wir bis jetzt nicht kennen.“

Keine allgemeingültige Formel

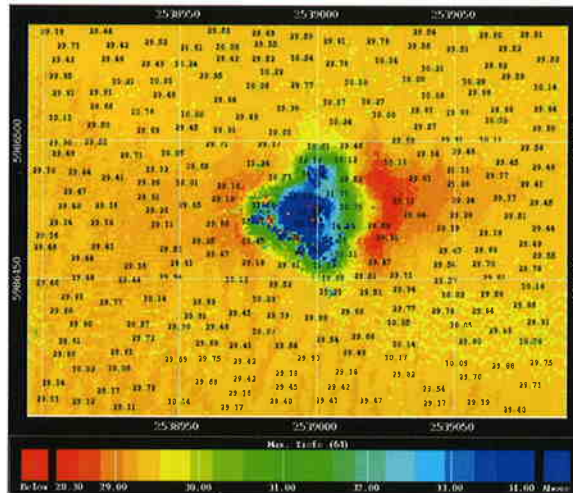
Auch wenn die Physik hinter dem Phänomen bekannt ist, fällt es doch schwer, den Prozess in allgemeingültige Formeln zu fassen: Kolk kann überall dort auftreten, wo Wasser ein festes Hindernis umströmt – wie etwa Brückenpfeiler, Rohrleitungen, Wellenbrecher oder die Fundamente von Offshore-Anlagen. Das Hindernis selbst verändert das Fließverhalten der Strömung: Es entstehen Wirbel, die das Bodenmaterial abtragen. Wie stark die Wirbel im Einzelfall werden können, hängt von den Strömungsverhältnissen ab. Vor der Küste sind zwei Komponenten zu berücksichtigen: Die Bewegung des Wassers durch die Gezeiten und durch den Wellengang. Eine entscheidende Rolle spielt aber auch die Geometrie des Bauwerks im Wasser. Wie das Beispiel Alpha Ventus zeigt, bildet eine Tripod-Gründung ein ganz anderes Kolkmuster aus als ein Jacket-Fundament. Hinzu kommt, dass verschiedene Sedimente unterschiedlich stark erodiert werden. Das alles macht es schwierig, Kolkiefen vorherzusagen.

Oumeraci hat schon vor einigen Jahren untersucht, wie sich der Meeresgrund unter dem Einfluss von Wellen und Tide um Windenergieanlagen herum verändert. Sein Forschungsobjekt war eine Monopile-Gründung, der stählerne Fuß mit der einfachsten Geometrie: Der Turm der Anlage steht auf einem einzelnen Pfahl. In diesem Fall kann man von der Faustfor-

sich in dem Forschungsverbund RAVE (Research at Alpha Ventus) zusammen gefunden haben.

Schwierige Tripods

Innerhalb des RAVE-Projektes „GIGAWIND at Alpha Ventus“ widmet sich der Bauingenieur Arne Stahlmann den Kolkphänomenen an den Tripod-Fundamenten in dem Windpark. An der Leibniz Universität Hannover führt er zurzeit physikalische Modellversuche durch: In einem Wellenkanal am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen umspült er ein Tripod-Modell im Maßstab 1:40 mit künstlichen Wogen. Und am Großen Wellenkanal (GWK) am Standort Hannover-Marienwerder hat er sogar ein 1:12-Modell dem simulierten Seegang ausgesetzt. Die Versuche werden gerade ausgewertet, aber einen ersten Eindruck hat Stahlmann schon gewonnen: „Insgesamt kann man sagen, dass das Kolkverhalten an den Tripods sehr komplex ist. Es unterscheidet sich deutlich von den Kolkbildern



Echolot-Karte vom Meeresboden unter der Tripod-Gründung von Anlage AV7. Deutlich zu sehen: die Auskolkungen im Zentrum der Struktur (tiefblau).

mel ausgehen, dass die Kolkiefen maximal im selben Größenbereich liegen wie der Durchmesser des Monopiles. Eine Struktur, die wie ein Tripod oder ein Jacket auf mehreren Beinen steht, verkompliziert das Problem. Hier gibt es bisher nur sehr wenige praktische Erfahrungen. Das Testfeld Alpha Ventus könnte dabei helfen, dem Phänomen auf die Spur zu kommen. Denn der Windpark ist auch eine Spielwiese für ein ganzes Heer von Wissenschaftlern und Ingenieuren, die

an relativ einfachen Strukturen, wie etwa an einem Monopile.“

Die Versuche laufen unter idealisierten Bedingungen ab, und die Messwerte lassen sich nicht ohne weiteres auf die natürlichen Bedingungen hochrechnen. Daher möchte der Ingenieur keine Kolkiefen veröffentlichen, solange die Auswertung noch nicht abgeschlossen ist. Aber: „Wenn es jetzt tatsächlich sechs Meter sind, dann ist das schon eine Größenordnung, mit der wir nicht gerechnet haben. Denn mit den

BONFIGLIOLI
Power & Control Solutions

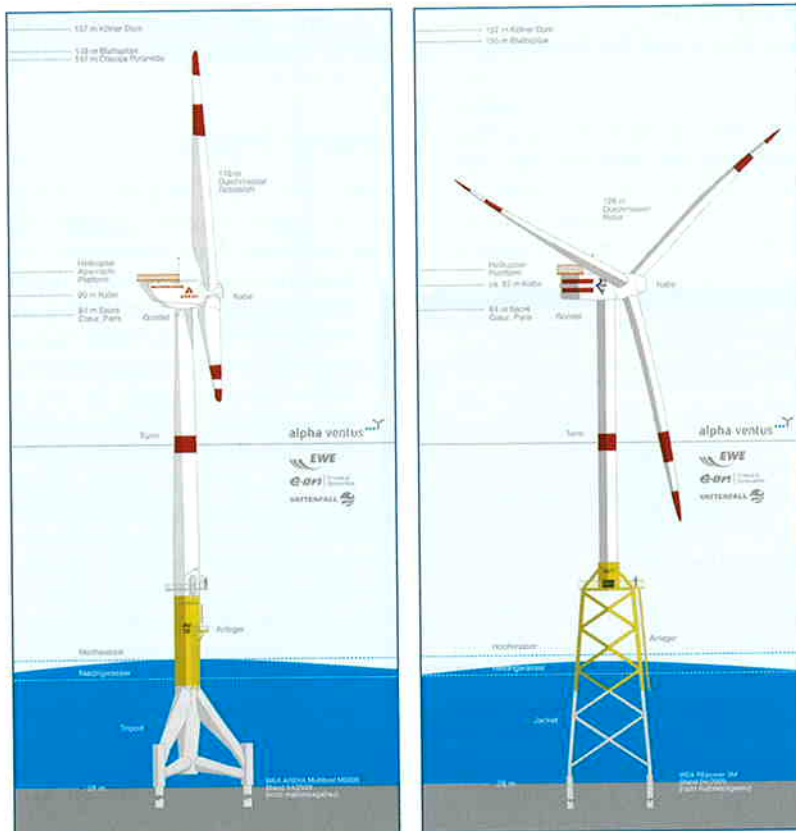
Details entscheiden

30 Jahre Erfahrung in Green Energy
Zuverlässige Technik - weltweiter Service

Antriebstechnik aus Neuss

Antriebe für Green Energy Wechselrichter bis 1 MW

www.bonfiglioli.de



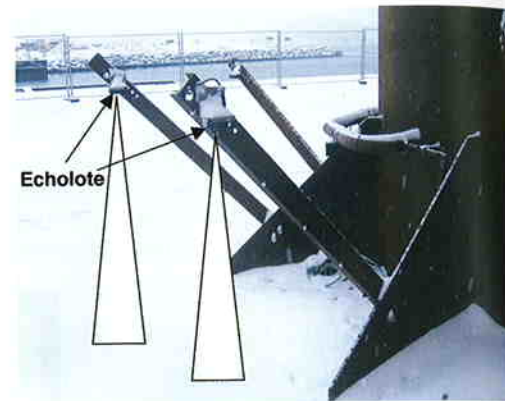
In Alpha Ventus stehen je sechs Anlagen mit Tripod- und Jacket-Gründungen. Grafik: Alpha Ventus

Randbedingungen, die wir im Wellenkanal nachgefahren haben, sind wir bislang nicht auf solche Tiefen gekommen.“ Die Diskrepanz lasse sich dadurch erklären, dass sich vor Ort verschiedene Seegangbedingungen überlagern, vermutet Stahlmann. Ganz anders als im Wellenkanal branden die Wogen in der Deutschen Bucht nicht immer nur von einer Seite an das Bauwerk. Und zusätzlich gibt es unter realen Bedingungen auch noch einen gewissen Anteil, der auf die Tideströmung zurückgeht.

Auf die Frage nach der Standsicherheit der Windräder auf Alpha Ventus antwor-

tet der Experte: „Ich kann nicht sagen, wie groß die Sicherheitszuschläge bei dieser Anlage sind. Aber man kann zumindest so sagen: Diese ersten Anlagen, die ja wirklich Pilotanlagen im Testfeld sind, sind definitiv mit einer eigentlich viel zu hohen Sicherheitsmarge beaufschlagt. Von daher dürften diese Kolk-tiefen für die Anlagen noch keine Rolle spielen. Da es aber letztlich um eine Serienfertigung für die kommenden Jahre und Jahrzehnte geht, gibt es da einen gewissen Optimierungsbedarf – was alleine schon die Stahlmengen und in diesem Fall die Einbindetiefen angeht.“

Vorbereiten von Tripod-Gründungen für Alpha Ventus in Eemshaven. Foto: Offshore Stiftung/Multibrid/Jan Oelker



Echolote am Fuß der Multibrid AV7. Foto: BSH

Zwei Möglichkeiten

Wer seine Windenergieanlagen vor dem Einfluss der Erosion schützen will, hat die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten: Er kann das Fundament überdimensionieren und so auf Nummer sicher gehen. Oder er kann von Anfang an für einen Kolk-schutz sorgen. Dabei werden größere Steine oder auch Sandsäcke aus Geotextilien rund um den Fuß der Gründung aufgeschüttet. Eine Variante dieser Methode besteht darin, zunächst einmal eine gewisse Kolkbildung zuzulassen und dann die Löcher im Boden mit dem Schüttgut aufzufüllen. „Für die Industrie ist das ein Abwägen, was letztlich kostengünstiger und auch ökologisch sinnvoller ist“, sagt Stahlmann.

Solche Maßnahmen sind für Alpha Ventus noch nicht vorgesehen. Aber das BSH behält die Lage am Meeresgrund ständig im Auge. Eine der Multibrid-Anlagen trägt 19 Einzelstrahl-Echolote, die ständig in kurzen Zeitintervallen den Abstand zum Meeresboden messen – und damit auch die Tiefe der Auskolkungen. Zusätzlich werden im Auftrag des Bundesamtes auch mehrmals im Jahr großflächige Messungen von einem Schiff aus durchgeführt. Ein so genanntes Fächer-radar tastet dann den Boden ab. Wie sich die Auskolkungen im Laufe der Zeit verändern, lässt sich so zuverlässig verfolgen. Messungen der vergangenen Tage hätten gezeigt, dass sich die Lage stabilisiert habe, sagt Lutz Wiese, Pressesprecher von Alpha Ventus: „Es sieht nach neueren Messungen der letzten Tage so aus, dass sich ein Gleichgewicht gebildet hat. Wir bewegen uns zentral unter dem Tripod um Werte von fünf bis sechs Metern und sehen im Moment keine Tendenz zu noch tieferen Auskolkungen.“ Bei den momentanen Kolk-tiefen sei es nicht nötig, Gegenmaßnahmen zu treffen. „Es kann sogar wieder in die andere Richtung gehen, und dieses Kolkphänomen kann sich auch wieder zurückbilden. Soweit sind wir im Moment aber nicht.“

ARNDT REUNING