



27.04.2012

Parodontose am Fundament der Energiewende

Blick ins Labor: An den Fundamenten im Offshore-Windpark „Alpha Ventus“ gibt es einige metertiefe Kolke. Die Forscher am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Uni Hannover überraschen die Ausspülungen nicht. In Simulationen und Wellenkanalversuchen gehen sie den Strömungen und Kräften, die auf Offshore-Gründungen einwirken, seit einem Jahrzehnt auf den Grund.

VDI nachrichten, Hannover, 27. 4. 12, sta

Kaum merklich steigt der Pegel im 110 m langen Wellenkanal des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen (FI) der Uni Hannover. Erst nach 20 min erreicht das Wasser das 25 cm starke Sandbett, in dem die FI-Ingenieure Arndt Hildebrandt und Arne Stahlmann die Füße eines schulterhohen Tripods eingebuddelt haben.

Die 40 mal größeren stählernen Vorbilder des Modells tragen sechs der zwölf Windräder im Offshore-Testfeld „Alpha Ventus“. Verglichen mit den 700-t-Kolossen in der 30 m tiefen Nordsee ist der Tripod hier ein Zwerg. Dennoch bringt er 125 kg auf die Waage. Die Forscher haben ihn per Kran ins 2 m tiefe Becken abgelassen. Dort kriecht nun grünliches Wasser an seinen Beinen empor. „Wir lassen es so langsam einlaufen, um das Sandbett nicht schon vor dem Versuch aufzuwühlen“, erläutert Hildebrandt.

Wie Stahlmann und Kollege Moritz Häckell vom benachbarten Institut für Statik und Dynamik arbeitet Hildebrandt in der Forschergruppe „Gigawind“ mit. Seit zwölf Jahren befasst sich diese mit baulichen Fragen der Offshore-Windenergie. Als Teil der „Rave“-Initiative (Research at Alpha Ventus) erforschen die Hannoveraner in Simulationen und Wellenkanalversuchen, welche Strömungen und Kräfte auf die Anlagen in der Deutschen Bucht einwirken.

Zwanzig Jahre sollen diese Anlagen Nordseestürmen trotzen. Die Naturgewalten vor Augen, haben die Hersteller die Fundamente der ersten Generation besonders stabil ausgelegt. Messlatte war dabei die statistische Fünfzigjahreswelle. Weil die Messungen nicht so weit zurückreichen, liegen rechnerische Werte zugrunde – und die Modellversuche. Im Wellenkanal können die Forscher „Monsterwellen“ losschicken und Maximallasten ausloten, ohne Millionenwerte zu zertrümmern.

Zwei der zwölf Alpha-Ventus-Anlagen sind mit über 1000 Sensoren gespickt. Echolote erheben dort teils im Zehnminutentakt Daten, Sensoren noch viel öfter. Den Forschern bietet das die Chance, ihre Simulationen mit der Realität in Einklang zu bringen. Spätestens dann wird ihre Arbeit Früchte tragen: Konstrukteure werden auf Basis ihrer validierten Modelle an Grenzen der Auslegung von Anlagen und Fundamenten gehen können – und so die Stahl-, Energie- und Logistikkosten senken.

Schon jetzt tragen die Hannoveraner zur Planbarkeit des Hochsee-Abenteuers bei. Etwa bei jenem Phänomen, das Stahlmann erforscht: Kolkbildung. Die Strömung hat unter dem untersuchten Tripod bis zu 7 m Sediment ausgespült. Auch an den 30 m langen Stahlrohren, mit denen die Fundamente im Boden festgenagelt sind, haben Strömung und Tide 4 m Sediment abgetragen. „Wir wussten aus den Versuchen und Modellierungen in etwa, wo sich Kolke bilden werden“, sagt Stahlmann. Die voranschreitende „Parodontose“ beunruhigt ihn deshalb nicht. Wenn sie dem Verlauf der Simulationen und Versuche folgt, dürfte sie sich bald abschwächen und schließlich stagnieren.

Gewissheit geben dem Forscher Versuche im Großen Wellenkanal des Forschungszentrums Küste in Hannover-Marienwerder. In dem 307 m langen, 7 m tiefen und 5 m breiten Kanal arbeitet das Team

mit einem fast 4 m hohen Tripod im Maßstab 1:12. Per Radlader bereiten sie ihm dort sein Sandbett, fluten es mit Wasser aus dem Mittellandkanal, das dann von einer gewaltigen hydraulische Wellenmaschine angeregt wird. Diese Großversuche haben Unsicherheiten minimiert. „Um von unseren Versuchen und Simulationen auf reale Windparks zu schließen, müssen wir die Längen-, Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse rechnerisch skalieren und notgedrungen auch die Naturverhältnisse auf Modellmaßstab herunterrechnen“, sagt Stahlmann. Denn maßstabsgetreues Sediment hätte völlig andere Kohäsionseigenschaften als Nordseesand. Auch die Dichte des Wassers lässt sich kaum auf Modellmaßstab senken. „Mit den Ungenauigkeiten müssen wir leben“, so der Ingenieur. Im Maßstab 1:12 falle das allerdings leichter.

Der Pegel im kleinen Kanal ist mittlerweile fast auf Versuchshöhe gestiegen. Ein Rauschen, wie von einem Wasserfall ist zu hören. Es kommt von der drei Stockwerke hohe Tankanlage, aus der das Nass durch ein verzweigtes Rohrsystem gen Becken fließt. Später wird es in die Tanks zurück gepumpt. Doch jetzt heißt es abwarten, bis nur noch das Zentralrohr des Tripods aus dem Wasser ragt. Endlich, nach einer Stunde, ist es so weit. Schwer stampfend setzen sich die Hydraulikzylinder des 2,2 m x 2 m großen Wellenerzeugers in Gang. Erste Wellen ziehen lautlos am Tripod vorbei und branden kurz danach am sanft ansteigenden Kanalende an.

„Die Wellen sollen möglichst viel ihrer Energie abgeben“, erklärt Hildebrandt den Sinn der Brandung. Denn zurück laufende Wellen stören im Versuch. Weil sie nicht ganz zu unterbinden sind, verfolgt eine Sensorik den Wellenlauf: Dutzende Drähte führen senkrecht ins Wasser. Je nach Wasserstand ändert sich ihre Leitfähigkeit in definiertem Maß. So kann der Wellenerzeuger den Rücklaufwellen wie von Zauberhand nachgeben und sie phasenverdrehen wieder auf die Reise schicken.

Seegang mit Echtzeitsteuerung also, der es den Wissenschaftlern erlaubt, die Bedingungen im Meer besser zu verstehen. Dafür setzen sie auf verschiedenste Sensoren. Unterwasserkameras, Punkt- und Fächer-Echolote verfolgen die Kolkbildung. Druckmessdosen ermitteln die Kraft der Wellenschläge und Dehnungsmessstreifen überwachen, in welchem Maß sich diese in die Struktur fortsetzen. „Im Kanal dauern Wellenaufschläge nur wenige Millisekunden“, erklärt Hildebrandt. Um sie zu erfassen, misst er mit Abtastraten von 10 000 Werten pro Sekunde. Über die Auswertung des Drucks auf die sensierten Flächen kann er die einwirkende Kraft ermitteln. In den Messungen ermittelt der Ingenieur nicht nur die Dauer und Intensität der einwirkenden Kraft, sondern er weiß aus seinen Versuchsreihen auch, auf welcher Höhe die unterschiedlichen Wellenbrechertypen den Tripod angreifen.

Neben den Sensoren am Modell sorgt ein Gerät für Klarheit, das quer über dem Kanal liegt. „Unser stereoskopisches 3D-PIV-System“, erklärt Hildebrandt. Das Kürzel PIV steht für Particle Image Velocimetry: ein Verfahren, um Partikel in Fluiden zu verfolgen. Das System „hängt“ quasi einen Laservorhang ins Wasser und hält im ms-Takt fest, wie sich Schwebstoffe in der Strömung bewegen. Ähnlich wie in der Medizintechnik geben die Forscher dem Wasser dafür Kontrastmittel bei – und bekommen so ein dreidimensionales Gesamtbild der Strömung in den Wellen. Dieses könnte künftig in konstruktive Empfehlungen für Fundamentplaner münden.

Gut 3000 Wellen schwappen während des Versuchs vorbei. Am Rechner macht sich Stahlmann dabei ein grobes Bild von den Aufzeichnungen des PIV. Während er die Monitorbilder erklärt, bricht sich eine Welle klatschend am Modell und zieht gurgelnd weiter. „Bei solchen Aufschlägen wirken lokal bis zu 17 mal stärkere Drücke, als wenn Wellen am Tripod vorbeiziehen“, erklärt Kollege Hildebrandt. Er erforscht unter anderem, inwieweit diese zunächst gewaltig klingende Belastung mit jenen Lasten übereinstimmt, die der Serienproduktion der Strukturen zugrunde liegen – oder in welchem Maß sie die genormten Lastberechnungen unterschreiten.

Längst stehen weitere Fundament-Typen in den Hannoveraner Wellen. In der FI-Halle sind einbeinige Monopiles für seichte Gewässer, Schwerlastfundamente und Tripiles – also die weniger komplexen dreibeinigen Verwandten der Tripods, zu bewundern. Für all diese Fundamente klären die Forscher Strömungen, einwirkende Kräfte und deren Fortsetzung in die Anlagenstruktur. Auch Nebennutzungen

stehen auf der Agenda. Häckell zeigt einen Tripile, zwischen dessen Beinen ein runder Käfig für Aquakulturen aufgehängt ist. „Daran untersuchen Kollegen, welche zusätzlichen Lasten so ein Einbau verursacht.“ Auch der Muschelbewuchs, der die glatten Fundamentoberflächen binnen Monaten in Kraterlandschaften verwandelt, ist Gegenstand eines Projekts. „Noch ist unklar, wie sich das in 20 Jahren Laufzeit auswirkt“, so der Experte.

Letztlich verfolgen die FI-Forscher zwei Ziele: Offshore-Windenergie wirtschaftlicher zu machen – und böse Überraschungen soweit möglich auszuschließen. Denn auf den erforschten Fundamenten ruhen nicht nur Windenergieanlagen – sondern auch die Erfolgchancen der Energiewende. Bis 2050 strebt Deutschland die Vollversorgung mit erneuerbaren Energien an. Ohne Windstrom vom Meer dürfte das eine kühne Vision bleiben. PETER TRECHOW

700 Tonnen Stahl wider die Naturgewalten

-Pro Tripod werden 700 t Stahl verarbeitet. Zwei Drittel dieser 45 m hohen Giganten stehen unter Wasser (Ø Standfläche 30 m).

-Die Füße der Tripods werden mit 30 m langen Stahlrohren (Ø 2,7 m) im Meeresgrund verankert. Beim Rammen wird mit einem Ring aufsteigender Luftblasen zumindest ein Teil der Schallwellen unterbrochen.

-Zwei der zwölf Windkraftwerke im Testfeld Alpha Ventus sind mit über 1000 Sensoren gespickt. Auch in den Wellenkanalversuchen setzen die Hannoveraner Forscher ganze Sensor-Arsenale ein. Die in der Nordsee gewonnenen Messdaten helfen, die Sensorik der Versuche zu kalibrieren und die Simulationen zu validieren. pt

ARTIKELBEWERTUNG

lesenswert 1 2 3 4 5 6 nicht lesenswert

Gerne können Sie der VDI nachrichten Redaktion zu diesem Artikel einen Leserbrief schreiben. Ihr Leserbrief wird ggf. in den VDI nachrichten erscheinen, online wird er nicht veröffentlicht.

[Leserbrief schreiben](#)

[Rangliste](#)

MEINUNGEN ZUM THEMA AUS UNSEREM NETZWERK INGENIEUR.DE

Parodontose am Fundament der Energiewende

Mitglieder des Netzwerkes ingenieur.de können hier ihre Meinung zu diesem Artikel veröffentlichen. Werden auch Sie kostenfrei Mitglied im Netzwerk für Ingenieure und diskutieren Sie mit. Sind Sie bereits Mitglied, melden Sie sich einfach an.

[Meinung schreiben](#)

Aktuell
Technik & Gesellschaft
Technik & Wirtschaft
Technik & Finanzen
Management & Karriere
Technical News
GründerLounge
e-paper
Archiv
Abo
Leser-Service
Technik-Pyramide
Themen kompakt
VDI nachrichten Award
VDI nachrichten Ingenieure helfen der Welt

Stellenmarkt
Firmenpräsentationen
Bewerber-Datenbank
Beratung
Gehaltstest
Events/Termine
Recruiting Tag
Karrieretelefon
Training & Coaching
Unterlagen-Check
Ingenieur-Specials
Stellenlexikon
Arbeitgeberzertifizierung
Fachgebiete
Job & Karriere VDI Verlag stellt ein

Veranstaltungssuche
Fachthemensuche
Anbieterkatalog
MBA-Anbieter
Hochschulen
Case-Studies
Weiterbildung Stipendien

VDI-Berichte
Fortschritt-Berichte VDI
Fachbücher
Einkaufen Technical Toys


Dilbert
Ingenieur-Videos
Spiele
Gewinnspiele
Spiel & Spaß Rätsel

Mail-Service
Newsletter

Copyright © 2012 VDI Verlag GmbH | [Impressum](#)

Teilen 

 Seite drucken

 Seite versenden

 zurück

 zum Seitenanfang

 RSS