

GIGAWIND ALPHA VENTUS

GESAMTKONZEPT UND TEILASPEKTE

von

Arndt Hildebrandt¹
Arne Stahlmann²
Torsten Schlurmann³

ABSTRACT

The Federal Republic of Germany promotes and advocates erecting offshore wind farms with an overall rated power of 10 GW in the North- and Baltic Sea until 2020. Within the framework of the research initiative RAVE, investigations are carried out on the first offshore wind energy converters (OWEC) being installed in water depths of approximately 30m in the offshore test site alpha ventus in the North Sea about 45km north-east of the Island of Borkum. The research project GIGAWIND alpha ventus focuses on the efficient design and optimization of OWEC supporting structures, and, predominantly determines the wave-induced forces on the structure and monitors the development of scour phenomena at the toe of the structure and develops countermeasures to cope with these effects for adequate protection and maintenance. The overall objectives and already achieved first results of these two work packages are presented and encompass the installation of wave pressure gages on the tripod structure and highlight the in-situ monitoring programme. In addition the first preliminary laboratory investigations on the scour development are illustrated in order to distinguish in between a set of governing parameter to advance a proper engineering design system for the determination of the most foundations dimensions.

1. EINLEITUNG

Im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland soll laut dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der Anteil der erneuerbaren Energien insgesamt an der Stromerzeugung mindestens 30% betragen. Um dieses ehrgeizige Ziel zu verwirklichen müssen weitere Anstrengungen unternommen werden. Im Bereich der Nutzung der Windenergie werden einerseits Anreize für das Ersetzen älterer Windkraftanlagen durch leistungsfähigere neue Anlage verlangt und ein anderer wichtiger Handlungsbe- reich ist die Stärkung der Windenergienutzung auf See (Offshore). Es ist vorgesehen bis zum Jahr 2020 Offshore-Windparks in Deutschland mit einer Leistung von rund 10.000 MW zu installieren (BMU, 2009).

¹ Dipl.-Ing., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, hildebrandt@fi.uni-hannover.de

² Dipl.-Ing., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover,, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, stahlmann@fi.uni-hannover.de

³ Prof. Dr.-Ing. habil., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Str. 4, 30167 Hannover, schlurmann@fi.uni-hannover.de

Den Startschuss zur Erreichung dieser Ziele stellt das Offshore-Testfeld "alpha ventus" dar. Damit die deutsche Windenergieindustrie weit reichende Erkenntnisse aus diesem Testfeld ziehen kann, fördert das BMU in den nächsten Jahren verschiedene Forschungsprojekte zur Entwicklung neuer Technologien und umfassende Programme zum Monitoring der Offshore Windenergieanlagen (OWEA) mit ca. 50 Mio. Euro, die den Bau und den Betrieb der Anlagen im Testfeld begleiten werden. Ab April 2009 wird 45 km nördlich von Borkum der Bau von insgesamt zwölf Anlagen beginnen, die zusammen über eine installierte Leistung von 60 MW verfügen werden. Das Testfeld und einzelnen Anlagen der installierten OWEA werden dabei mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet, um die im Rahmen des vom BMU geförderten Forschungsinitiative „Research at alpha ventus“ (RAVE) beteiligten Projekte mit ausreichend detaillierten Daten versorgen zu können.

Das von der Leibniz Universität Hannover (LUH) beantragte und genehmigte Vorhaben GIGAWIND alpha ventus ist ein assoziiertes Projekt der Forschungsinitiative RAVE und hat damit Zugriff auf ein umfangreiches Messprogramm im Testfeld alpha ventus. GIGAWIND ist eine Forschergruppe an der LUH, die sich seit 2000 mit bau- und umwelttechnischen Problemstellungen der Offshore-Windenergieanlagen befasst. Das Projekt GIGAWIND alpha ventus bildet damit die Fortführung dieser etablierten Forschungsgemeinschaft und stellt die Entwicklung eines ganzheitlichen Dimensionierungskonzepts für OWEA-Tragstrukturen anhand von Messungen im Offshore-Testfeld alpha ventus in den Fokus, um das vorrangige Ziel einer Kostenminimierung bzw. Effizienzsteigerung von OWEA zu erreichen. Auf der einen Seite bedeutet dies die Entwicklung leichterer und effizienterer Tragstrukturen, um bspw. die Materialkosten für eine Massenproduktion von OWEA zu mindern, und auf der anderen Seite auch die Optimierung des Entwurfsprozesses voranzutreiben. Das Projekt ist interdisziplinär ausgerichtet. Es umfasst die gesamte Bandbreite der konstruktiven Disziplinen im Bauingenieurwesen und spricht demnach die unterschiedliche fachspezifische Aufgabenstellungen hinsichtlich der Lasteinwirkungen, der Langlebigkeit und der Gründung sowie eines zu entwickelnden Gesamtstrukturmodells an, um Methoden und Produkte einer ganzheitlichen Dimensionierung von OWEA über die Laufzeit des Projekt (2008-11) zu entwickeln.

Es wird angestrebt, den Bemessungsaufwand von OWEA durch die Integration unterschiedlicher Software-Tools in ein benutzerfreundliches Simulations- und Bemessungspaket mit den erforderlichen Schnittstellen erheblich zu reduzieren. Die Implementierung von Erweiterungen wird durch einen modularen Aufbau im ganzheitlichen Dimensionierungskonzept ermöglicht. Das Konsortium GIGAWIND alpha ventus umfasst neben den wissenschaftlichen Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover (Institut für Statik und Dynamik (ISD), Institut für Stahlbau, Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen (FI), Institut für Baustoffe (IfB) und Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau (IGBE)) sowie das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES, auch die Kooperationspartner der Industrie (AREVA Multibrid GmbH, REpower Systems AG) und garantiert somit den unmittelbaren Austausch und die gemeinsame abgestimmte Entwicklung von ganzheitlichen Dimensionierungskonzepten für OWEA.

Insgesamt umfassen die acht Teilprojekte in GIGAWIND alpha ventus folgende Arbeitsschwerpunkte:

- TP1: Lastmodelle für Wind und Wellen und deren Korrelation
- TP2: Einfluss fertigungstechnischer Aspekte auf die Lebensdaueranalyse
- TP3: Korrosionsschutz für Stahlstrukturen im Offshore-Bereich

- TP4: Zuverlässige Beanspruchungsüberwachung an globalen und lokalen Tragelementen
- TP5: Entwicklung innovativer Kolkenschutzsysteme und lokales Kolkmonitoring
- TP6: Modellierung des Tragverhaltens von Offshore-Rammpfählen
- TP7: Automatisierte Validierung von Gesamtstrukturmodellen und
- TP8: Ganzheitliche Dimensionierung von OWEA-Tragstrukturen

Von denen oben dargestellten Schwerpunkten werden in diesem Beitrag nunmehr die vom Franzius-Institut federführend koordinierten und bearbeiteten Teilprojekte 1 und 5 näher dargestellt.

2. TEILPROJEKT 1 – LASTMODELLE FÜR WELLEN UND DEREN KORRELATION MIT WINDBELASTUNGEN

2.1 Vorhabensbeschreibung und Zielsetzung

Für die Bestimmung der hydrodynamischen Wellenlasten auf Strukturelemente einer OWEA wird im Allgemeinen die weit verbreitete Morison-Gleichung (Morison, 1950) herangezogen. Die Übertragung bestehender Lastansätze, die vielfach in Wellenkanälen gewonnen wurden, auf die Bedingungen in der Natur ist jedoch aufgrund der dreidimensionalen Struktur des natürlichen Seegangs nicht in vollem Umfang möglich, so dass die einwirkenden Lasten zumeist überschätzt werden. Konventionelle Lastkoeffizienten wurden teilweise aus Untersuchungen mit regelmäßigen Wellen auf der Grundlage der linearen Wellentheorie ermittelt. Im Rahmen des Projektes wird ein Vergleich zwischen den Naturmessungen und den gängigen Berechnungsverfahren gezogen, sowohl mit linearen als auch mit nichtlinearen Ansätzen.

Weiterhin werden für die Kombination von Wind- und Seegangslasten Ansätze zur Ermittlung und Kombination beider Lasten mit dem Schwerpunkt der Berücksichtigung der beidseitigen Korrelation weiterentwickelt. Die hoch aufgelöste Wind- und Seegangsmessung bei gleichzeitiger Aufzeichnung der Lasteinwirkung bietet die Möglichkeit der Verbesserung und Validierung bestehender Modelle.

Lokale Lasteinwirkungen werden für Detailuntersuchungen an der Tragstruktur benötigt, z.B. zur Untersuchung des Beulens oder des Spannungsverlaufs in Knoten. Dazu muss die Verteilung des dynamischen Drucks über den Umfang und die Höhe der Struktur ermittelt werden, um möglichst genaue lokale Strukturmodelle erstellen zu können. Dies wird insbesondere auch für steile und brechende Wellen mit Berücksichtigung des Wellenaufbaus an der Tragstruktur untersucht. Letzteres ist beispielsweise für die Dimensionierung einer Zugangsplattform an der Anlage von entscheidender Bedeutung. Die für die Validierung der Modelle notwendigen Daten liefern die geplanten Messungen an der Testanlage im Offshore-Testfeld alpha ventus.

Die Datenakquirierung wird durch zahlreiche Dehnungsmessstreifen an Knotenpunkten und im Zentralrohr ermöglicht. Zusätzlich wird mit Beschleunigungssensoren das Schwingungsverhalten bzw. die Antwort der Struktur auf Wind- und Seegangslasten erfasst. Die Druckmessdosen erfassen zum einen die Wasserstände bzw. die dynamischen Druckhöhen entlang des Zylinderumfangs und geben zum anderen Aufschluss über starke lokale Druckänderungen (Williamson, 1996), wie sie im Bereich von Ablösestellen auftreten (Sumer, 2006). Somit können Daten in-situ über die Druckverteilung entlang des Zylinderumfangs und über den

Wellenaufstau bzw. Wellenabsenk vor und hinter dem Zylinder gewonnen werden. Der Wellenaufstau wird zusätzlich durch eine Kamera auf Höhe der Arbeitsplattform an der Nordwestseite erfasst. Ein weiteres Ziel des Messprogramms ist es, Erkenntnisse über den kurz-kämmigen, phasenaufgelösten Seegang und dessen Richtungsvariabilität (Mittendorf, 2005) zu erreichen, die zudem der Optimierung von Wellenlastmodellen dienen.

2.2 Anordnung und Installation der Druckmessdosen

Entlang des Zentralrohrumfangs und entlang der Zylinderspanne wurden 32 Druckmessdosen an 3 horizontal verlaufenden Gummimanschetten um das Zentralrohr des Zylinders fixiert (Abb. 2-1 und Abb. 2-2). Die Gummimanschetten schützen das Beschichtungssystem des Zentralrohrs vor eventuellen messbedingten Beschädigungen und dienen als Halterung der Druckmessdosen, da an dem Zentralrohr keine Bohrungen oder Schweißarbeiten möglich waren. Das vertikale Messprofil ist nach Nordwesten ausgerichtet und umfasst 6 bzw. 4 Druckmessdosen mit vertikalen Abständen von 50 cm und 70 cm (Abb. 2-3). Der oberste Ring liegt in seiner Mittelachse +0,90 m über SKN und ist mit 3 nach Nordwesten ausgerichteten Sensoren bestückt. Auf der mittleren Manschette befinden sich 4 Sensoren, die -0,30 m unter SKN liegen. Zwei weitere Druckdosenköpfe befinden sich an der Unterkante und zwei an der Oberkante der 50 cm breiten Gummimanschette, so dass sie mit den beiden 70 cm benachbarten Manschettenkanten zwei vertikale Messprofile mit 6 und mit 4 Druckdosen entlang der Zylinderspanne bilden.

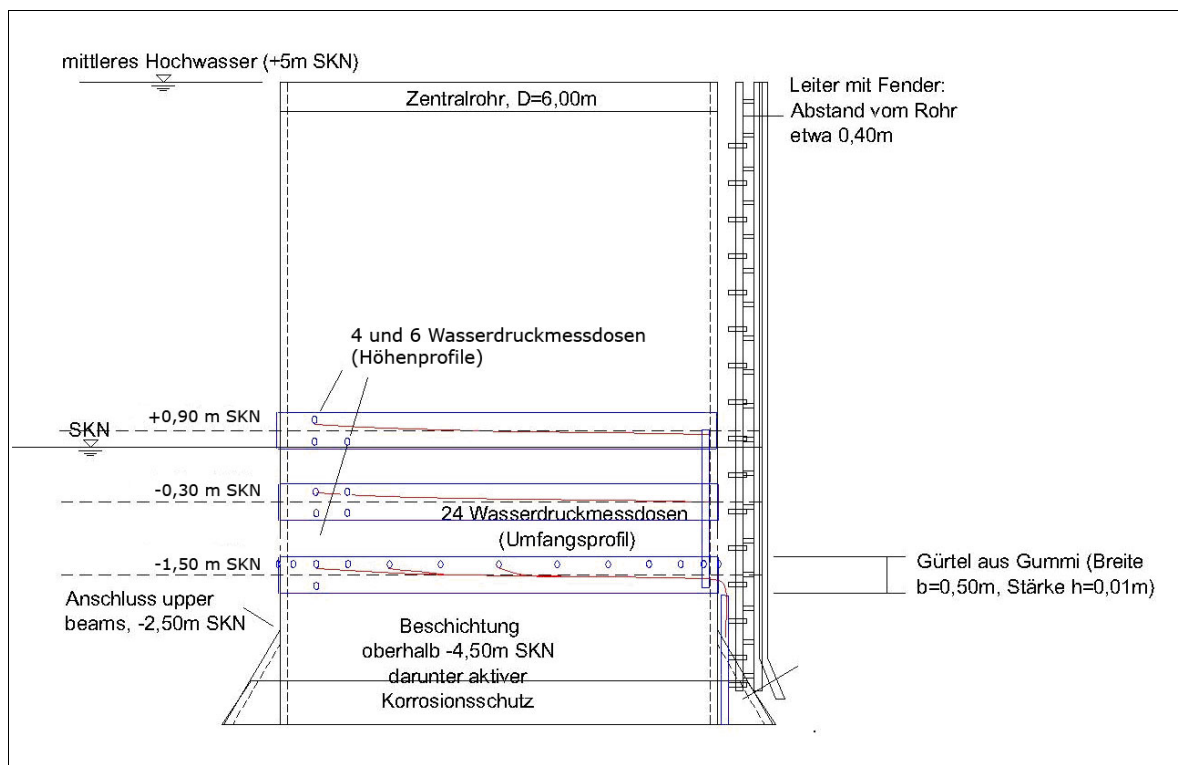


Abb. 2-1: Prinzipskizze der Messmanschettenanordnung

Das Umfangsprofil bilden 24 Messdosen auf der untersten Manschette, deren Abstand 78 cm beträgt. Die Mittelachse der Manschette liegt -1,50 m unter SKN, die Druckdosenköpfe liegen -1,25 m unter SKN. An der Nordwestseite befindet sich eine Druckdose an der Unterkante der Manschette, die mit den darüber liegenden Manschetten das vertikale Messprofil mit 6 Sensoren bildet.

Durch zwei 4 x 60 mm Edelstahlspannrings und 5 Spannschlössern pro Ring werden die Manschetten am Zentralrohr fixiert. In der Mitte der Manschetten verläuft ein Kabelführungsgurt, an dem die Kabel mit Kabelbindern gehalten sind. Jede Augenhalterung kann mit mindestens 0,60 kN Zugkraft belastet werden, so dass jede Dose mit ca. 1,20 kN Haltekraft befestigt ist. Die Festigkeit der aufvulkanisierten Augenhalterungen gilt mindestens für den Temperaturbereich -10°C bis +50°C. Unterhalb der Manschetten wurden die Kabel der Druckmessdosen entlang eines U-Profiles bis zum Kabelloch bei ca. -9 m unter SKN verlegt und im Zentralrohr wieder nach oben bis zur Arbeitsplattform zum Rechnerstandort geführt. Die Arbeiten zur Installation des zuvor dargestellten Messequipments wurden durch ein Mitarbeiter-team des Franzius-Instituts im Herbst 2008 im Zuge der Fertigung der Tripods auf der Offshore-Stahlbauwerft Aker Kvaerner in Verdal, Norwegen, erfolgreich durchgeführt.

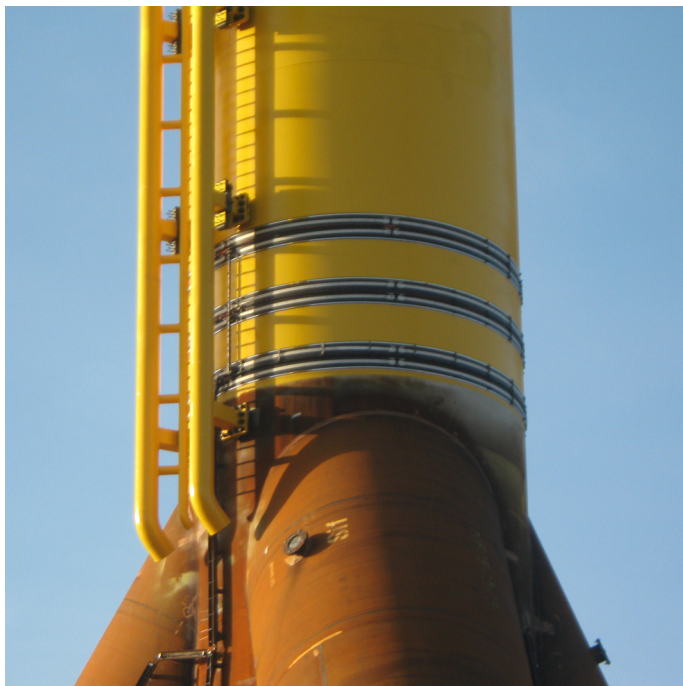


Abb. 2-2: Befestigte Messmanschetten am Tripod



Abb. 2-3: Messdosenhalterung

3. TEILPROJEKT 5 - ENTWICKLUNG INNOVATIVER KOLKSCHUTZSYSTEME UND LOKALES KOLKMONITORING

3.1 Allgemeine Vorhabensbeschreibung und Zielsetzung

Vor allem durch Schwerewellen induzierte Strömungen im Bereich des Meeresbodens kommt es bei der Gründung von OWEA in der Regel zur Ausbildung von Kolken um die Tragstruk-

turen, die durch die hochkomplexe Interaktion zwischen Seegang, Meeresboden und der Struktur selbst hervorgerufen werden. Die bisher unzureichenden Kenntnisse über die Entstehung und ggf. auftretenden Ausmaße von Kolken im Vorfeld der Installation von meeres-technische Konstruktionen, führen derzeit für die Bemessung von Gründungen für OWEA zu einer erheblichen Erhöhung der Sicherheitsfaktoren bei den Gründungsabmessungen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden daher Untersuchungen zur lokalen Kolkentwicklung um die Gründungsstrukturen im Testfeld durchgeführt, ebenso wie Untersuchungen zur Tragfähigkeit bzw. Gebrauchstauglichkeit der Offshore Rammpfähle sowie zu konstruktiven Maßnahmen zur Kolkreduktion. Letztlich sollen hierdurch Auswirkungen auf das Tragverhalten der Gesamtanlage ermittelt und geeignete Kolkenschutzmaßnahmen entwickelt werden, die zukünftig eine effizientere Gründung ermöglichen.

3.2 Untersuchungen zur Kolkentwicklung

In den vergangenen Jahrzehnten wurden bereits zahlreiche Untersuchungen zu Kolkvorgängen an vergleichsweise einfachen Gründungsstrukturen wie Monopiles durchgeführt (siehe z.B. Sumer, 2002). Erkenntnisse wurden überwiegend aus physikalischen Modellversuchen gewonnen. Eine Validierung der Ergebnisse anhand realer Messdaten aus der Natur konnte jedoch aufgrund der geringen Verfügbarkeit derartiger Daten nur in den seltensten Fällen durchgeführt werden. Des Weiteren ist die Anzahl an Versuchen zur Kolkbildung unter Wellen bzw. einer Kombination aus Wellen und Strömungsvorgängen - in der Natur beispielsweise hervorgerufen durch Seegang und Tide - vergleichsweise gering gegenüber Untersuchungen zur Kolkbildung unter einer unidirektionalen Strömungsbelastung.

Innerhalb des Forschungsvorhabens liegt der Fokus der Untersuchungen zur Kolkentwicklung auf den von der Firma Multibrid errichteten und im Testfeld zu installierenden OWEA vom Typ Tripod. Aufgrund der komplexen geometrischen Struktur dieses Gründungstyps können hier Berechnungsansätze zur Kolkentwicklung, die größtenteils für Monopiles oder Pfahlgruppen (Jacket-Plattform) entwickelt wurden, nur sehr bedingt angesetzt werden und allenfalls für erste, sehr vereinfachende Abschätzungen herangezogen werden.

Im Rahmen der Forschungsinitiative RAVE werden an der mit Mess-Sensorik bestückten OWEA M7 der Fa. Multibrid unter anderem Messungen der Kolkgenese an den Gründungspfählen sowie im näheren Umfeld der Anlage durch ein installiertes Messequipment des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) durchgeführt. Die Messungen erfolgen zum einen durch permanente Aufnahme der Kolk-tiefen über insgesamt 19 Singlebeam-Echolote an der Struktur, jeweils 5 an den drei Standbeinen des Tripods und 4 unterhalb des Zentralrohres. Diese Messungen werden durch mehrmals im Jahr durchgeführte, großflächige Aufnahme des Meeresbodens im Nahbereich der Anlage mittels Multibeam-Echolot ergänzt.

Die Analyse und Bewertung der im Rahmen dieses Kolkmonitorings aufgenommenen Naturmessdaten erfolgt dann innerhalb des Teilprojektes 5 und dienen außerdem der Kalibrierung und späteren Validierung eines numerischen Simulationsmodells mittels CFD-Methoden zur Kolkentwicklung unter Wellen- und Strömungsbelastung an der Anlage, das im Rahmen dieses Teilprojektes weiterentwickelt wird. Weitere Untersuchungen zur Kolkentwicklung, die ebenfalls vornehmlich der Kalibrierung und Validierung des numerischen Modells dienen, erfolgen anhand physikalischer Modellversuche in zwei Modellmaßstäben. Zum einen werden

Untersuchungen am Tripod sowie an vergleichsweise einfachen Strukturen wie dem Monopile im Wellenkanal des Franzius-Instituts (WKS) im Maßstab 1:40 durchgeführt, ebenso wie Untersuchungen am Tripod im Großen Wellenkanal (GWK) im Maßstab 1:10.

Erste vorbereitende, physikalische Modellversuche wurden bereits im WKS mit zwei Monopiles mit Pfahldurchmesser von 150 mm und 50 mm in einem Längenmaßstab des Modells von 1:40 durchgeführt. Als Modellsand wurde ein eng gestufter Feinsand mit einer Korngröße von $d_{50} = 0,15$ mm verwendet. Für die Untersuchungen wurde zunächst ein Sandbett mit einer Fläche von $5,5 \text{ m}^2$ (2,50 m Länge x 2,20 m Breite des Kanals) und einer Tiefe von 0,4 m in den insgesamt rund 110 m langen Wellenkanal eingebaut, in welches wiederum die Struktur eingebracht wurde. Dieses Versuchsfeld wurde durch eine 12 m lange Rampe mit einer Neigung von 1:30 sowie einem ebenen Vorlaufbereich mit einer Länge von 4 m jeweils fester Sohle angelegt. Vor und hinter dem Bett wurden Sandfänge installiert, im vorderen Teil kombiniert mit einem abgedeckten Pumpensumpf, im hinteren Teil mit einer 2 m langen, in 1:5 geneigten Rampe (Abb. 3-1).

Es wurden zunächst Versuche mit einem Wasserstand über Sohle von 0,6 m und unterschiedlichen Wellenhöhen von 0,1 m bis 0,25 m sowie unterschiedlichen Wellenperioden zwischen 1,0 s und 3,0 s durchgeführt für jeweils regelmäßige und unregelmäßige Wellen. Die Messung der Kolkiefen sowie des Umfeldes um die eingebaute Struktur erfolgte über einen Laser-Distanzmesser, der an einem in drei Ebenen automatisiert und programmierbar verfahrbaren Kreuztisch befestigt wurde und unter Wasser Messpunkte in einem Abstand von 0,5 cm bis 2 cm aufnahm (Abb. 3-2). Im direkten Anschluss an diese Voruntersuchungen mit Monopiles werden Untersuchungen zur Kolkentwicklung und zur Strömungsbildung am Tripod unter verschiedenen Wellen- und Wasserstandsparametern sowie unterschiedlicher Drehrichtung der Standbeine zum Haupt-Wellenangriff durchgeführt. Die Struktur wurde hierfür im Maßstab 1:40 aus Aluminium gefertigt (Abb. 3-3) und in den Wellenkanal eingebaut.

3.3 Entwicklung von Bodenmodellen und Kolkenschutzsystemen

Die Messungen im Testfeld und die Ergebnisse aus den Modellversuchen und den CFD-Simulationen dienen zur Verifizierung und Validierung von Bodenmodellen für die numerische Simulation, die im Rahmen des Forschungsprojektes vom Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau (IGBE) der Leibniz Universität Hannover neu entwickelt bzw. optimiert werden. Die axiale Tragfähigkeit eines Offshore-Rammpfahles wird derzeit nach dem herkömmlichen Verfahren der API sowie nach den CPT-basierten Verfahren berechnet. Zusätzlich zur Tragfähigkeit unter statischen Lasten ist insbesondere bei den Pfählen einer OWEA der Einfluss zyklischer Lasten zu berücksichtigen. In der API werden für die axiale und für die horizontale Tragfähigkeit zwei von einander unabhängige Verfahren vorgegeben. Der Einfluss aus einer Kolkbildung wird anhand von empirischen Werten durch eine Abminderung der Einbindung in einer Größenordnung von $0,75 D$ bis $3,0 D$ berücksichtigt. Im Zuge der Untersuchungen wird zunächst der Einfluss eines Kolkes auf die horizontale Tragfähigkeit ermittelt. Dies erfolgt zum einen mit dem in der API angegebenen p-y Verfahren für statische Lasten, zum anderen anhand von Berechnungen mittels der FEM. Anschließend erfolgen numerische Untersuchungen zur Berücksichtigung zyklischer Lasten auf die horizontale Tragfähigkeit. Gleiche Betrachtungen wie für die horizontale Belastung erfolgen auch für die axiale Tragfähigkeit, zunächst unter Betrachtung des statischen Lastfalls und später unter Betrachtung zyklischer Lasten.

Im Zuge der Entwicklung innovativer Kolkenschutzsysteme sollen Kolkschutzketten aus mit Hochleistungsbeton gefüllten Körpern zum Einsatz kommen, die derzeit vom Institut für Baustoffe (IfB) der Leibniz Universität Hannover erprobt werden. Hierfür werden spezielle textile Schalungen entwickelt, die eine kontinuierliche Betonage zusammenhängender Segmente ermöglichen. Bei der Fertigung ergeben sich besondere betontechnologische Fragestellungen im Hinblick auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften sowie die baupraktische Umsetzung. Im Zusammenhang mit den physikalischen Modellversuchen zur Kolkentwicklung soll die Wirksamkeit der Körpergeometrie analysiert und optimiert werden. Verschiedene Aspekte der Strömungsabschirmung, der Minimierung der Kolkbildung sowie der dauerhaften Funktionalität stehen dabei im Vordergrund.

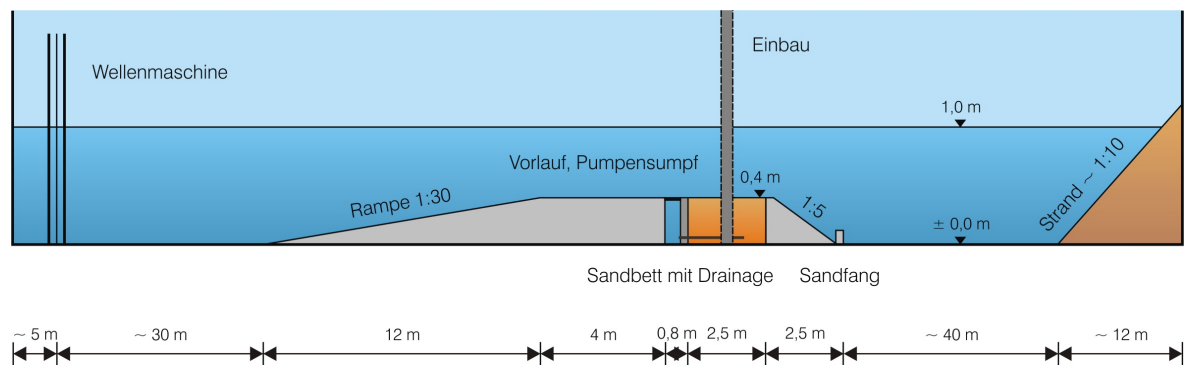


Abb. 3-1: Prinzipskizze zum Modellaufbau im Wellenkanal WKS



Abb. 3-2: Kreuztisch, Laser-Distanzmesser



Abb. 3-3: Modell des Tripods im Wellenkanal

4. ZUSAMMENFASSUNG

Das von der Leibniz Universität Hannover (LUH) gemeinsam mit der Windenergieindustrie und dem Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik in 2008 gestartete und vom BMU geförderte Forschungsvorhaben Vorhaben GIGAWIND alpha ventus ist ein assoziiertes Projekt der Forschungsinitiative RAVE und stellt die Entwicklung eines ganzheitlichen Dimensionierungskonzepts für OWEA-Tragstrukturen anhand von Messungen im Offshore-Testfeld alpha ventus in den Fokus, um das vorrangige Ziel einer Kostenminimierung bzw. Effizienzsteigerung von OWEA zu erreichen. Zwei der insgesamt acht Teilprojekte von GIGAWIND alpha ventus werden hier näher beschrieben und umfassen die Vorhabensbeschreibung sowie Zielsetzungen für neue hydrodynamische Lastmodelle für Wellen und deren Korrelation mit Windbelastungen sowie die Entwicklung innovativer Kolkenschutzsysteme und lokales Kolkmonitoring.

Neben der Darstellung des Gesamtmessprogramms wird vor allem auf die erfolgreich an der OWEA installierten Druckmessdosen eingegangen, um die nichtstationären Wasserstandsänderungen bzw. die dynamischen Druckschläge durch brechende Wellen entlang des Zylinderumfangs Aufschluss zu geben. Somit können Daten in-situ über die Druckverteilung entlang des Zylinderumfangs und über den Wellenaufbau bzw. -absenk um die zylinderartige Struktur (Tripod) gewonnen werden. Des Weiteren die geplanten Untersuchungen zur lokalen Kolkentwicklung um die Gründungsstrukturen im Testfeld erläutert. Letztlich sollen hierdurch Auswirkungen auf das Tragverhalten der Gesamtanlage ermittelt und ggf. geeignete Kolkchutzmaßnahmen entwickelt werden, die zukünftig effizientere Gründung ermöglichen. Erste vorbereitende, physikalische Modellversuche werden vorgestellt, um grundsätzlich Auskunft über Kolkphänomene im Allgemeinen und im Nahfeld der Struktur des Tripods im Besonderen zu erhalten. Insgesamt wird angestrebt, den Bemessungsaufwand von OWEA durch die Integration unterschiedlicher Software-Tools mittels eines benutzerfreundlichen Simulations- und Bemessungspakets mit den erforderlichen Schnittstellen erheblich zu reduzieren. Die Implementierung von Erweiterungen wird durch einen modularen Aufbau im ganzheitlichen Dimensionierungskonzept ermöglicht.

5. SCHRIFTTUM

- BMU: Neues Denken - Neue Energie, Roadmap Energiepolitik 2020 – Zehn Leitsätze, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Jan. 2009
- MITTENDORF, K., HABBAR, A., ZIELKE, W.: Zum Einfluss der Richtungsverteilung des Seegangs auf die Beanspruchung von OWEA. Gigawind Symposium Hannover, 2005
- MORISON, J.R., O'BRIEN, M.P., JOHNSON, J.W., SCHAAF, S.A.: The force exerted by surface waves on piles. Petroleum Transactions, AIME, Vol. 189, 1950
- SUMER, B.M., FREDSØE, J.: Hydrodynamics around cylindrical structures (Revised Edition). World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2006
- SUMER, B.M., FREDSØE, J.: The Mechanics of Scour in the Marine Environment. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2002
- WILLIAMSON C. H. K.: Vortex dynamics in the cylinder wake. Annual Review Fluid Mechanic, 28: pp. 477 - 539, Annual Reviews Inc., 1996