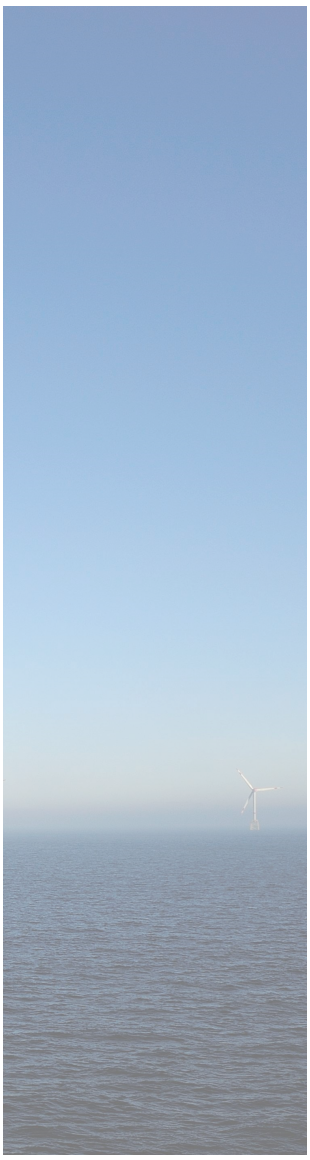
Leibniz Universität Hannover

Windenergie



Forschung am Institut für Massivbau

Forschungsschwerpunkt: Windenergie

Motivation

Die Windenergie spielt eine zentrale Rolle bei der regenerativen Energieerzeugung. Aktuell ist daher ein massiver Ausbau der On- und Offshore-Windenergieanlagen (WEA und OWEA) zu beobachten (s. Abb. 1). Dieser Ausbau wird voraussichtlich die nächsten Jahrzehnte anhalten.

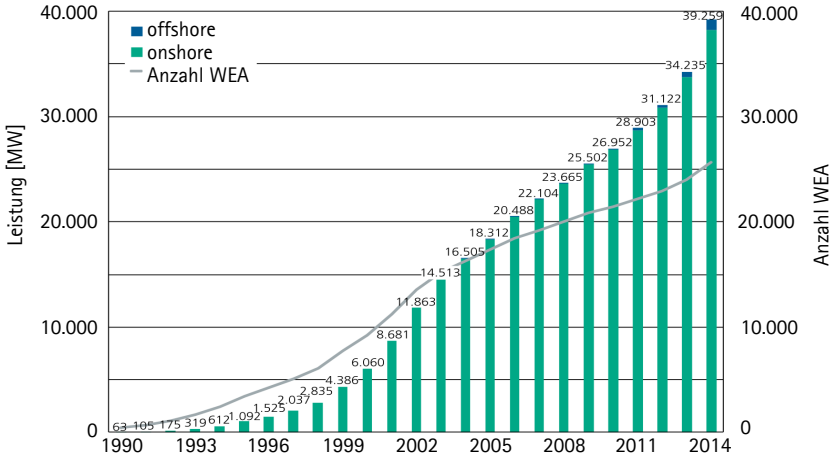


Abbildung 1:
Zeitliche Entwicklung der installierten Windleistung in Deutschland

Neben der Anzahl ist vor allem die Leistungsfähigkeit der Anlagen gestiegen. Durch größere Nabenhöhen und Rotordurchmesser konnte die Leistung einer einzelnen Anlage an Land von 600 kW in den 90er Jahren auf heute 7,5 MW gesteigert werden. Dieselbe Entwicklung ist auch auf See zu beobachten, wobei hier bis zum Jahr 2030 Anlagenleistungen von bis zu 15 MW angestrebt werden. Wurden die ersten OWEA noch in Küstennähe und flachem Wasser gebaut, werden die Anlagen heute in deutlich größeren Wassertiefen errichtet. Mit dem stetigen Fortschritt in der Anlagentechnik und dem zunehmenden Ausbau von bisher unerschlossenen Gebieten steigen die Anforderungen an die Trag- und Gründungsstrukturen. Diesen Anforderungen muss sich die Windenergieforschung stellen.

Zielstellung

Ziel des Forschungsschwerpunkts Windenergie ist die Optimierung bestehender Bemessungsansätze und die Entwicklung neuer Tragwerkskonzepte für WEA und OWEA um den stetig wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

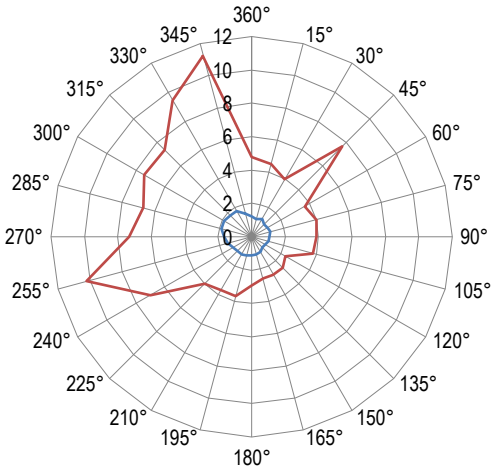
Um dieses Ziel zu erreichen werden zum einen die Einwirkungen und deren Interaktion auf WEA und OWEA erfasst und systematisch ausgewertet. Die methodische Beschreibung der Einwirkungen und deren Interaktion ermöglicht die realitätsnahe Erfassung auftretender Beanspruchungszustände. Zum anderen wird das Tragverhalten sowohl experimentell als auch numerisch untersucht und bewertet. Mit dem besseren Verständnis für das Tragverhalten von Windenergieanlagen ist eine Weiterentwicklung derzeitiger Tragstrukturen aber auch die Entwicklung neuartiger Strukturen möglich. Dabei geraten zunehmend Beton- und Betonverbundkonstruktionen in den Fokus der Forschung.

Einwirkungen

Die Einwirkungen von WEA und OWEA werden nach dem heutigen Stand der Technik mittels Simulationsrechnungen im Zeitbereich gewonnen. Auf diese Weise werden, anders als bei der im Hochbau üblichen quasi-statischen Bemessung, das dynamische Verhalten der Tragstruktur und die Anlagensteuerung der Windenergieanlage bei der Beanspruchungsermittlung berücksichtigt. Wesentliche Eingangsgrößen für diese Simulationsrechnungen sind Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen sowie bei OWEA Wellenhöhen, Wellenperioden, Wellenrichtungen (vgl. Abb. 3), Strömungsgeschwindigkeiten und Strömungsrichtungen.

Am Institut für Massivbau werden diese gemessenen Einwirkungsparameter unter anderem in

Abbildung 2:
Alpha Ventus



— Richtungsverteilung der mittleren signifikanten Wellenhöhe in m

— Richtungsverteilung der maximalen signifikanten Wellenhöhe in m

Abbildung 3:
Richtungsverteilung signifikanter Wellenhöhen

den Forschungsprojekten PSB-OWEA und GIGA-WIND life statistisch analysiert, durch geeignete Verteilungsfunktionen beschrieben und hinsichtlich charakteristischer Einwirkungsparameter mit definierten mittleren Wiederholungsperioden ausgewertet.

Auf Grundlage gleichzeitig und über viele Jahre erfasster Umweltparameter werden zudem stochastische Kombinationsmodelle für zwei oder mehr Einwirkungsparameter entwickelt, vgl. Forschungsprojekt Wind-Wellen-Korrelation. Insbesondere für seltene Einwirkungen mit mittleren Wiederholungsperioden mehrerer Jahrzehnte sind zuverlässige Kombinationsansätze für eine sichere und wirtschaftliche Auslegung von Offshore-Strukturen erforderlich. Die entwickelten Ansätze berücksichtigen die zeitliche Korrelation sowie die Wirkrichtung der Einwirkungsparameter und sind auf beliebige Tragstrukturen übertragbar.

Widerstand

Am Institut für Massivbau wird in aktuellen Forschungsprojekten zum Tragverhalten von WEA und OWEA geforscht. Das Verhalten von Beton- und Betonverbundwerkstoffen wird durch umfassende Untersuchungen erfasst, sodass daraus Bemessungsmodelle zur Bewertung der Tragfähigkeit bestehender Konstruktionen abgeleitet werden können. Hierzu werden numerische Simulationen (s. Abb. 5) als auch experimentelle Untersuchungen (s. Abb. 6) durchgeführt. Die experimentellen Versuche finden dabei sowohl an kleinmaßstäblichen als auch an großmaßstäbliche Versuchskörpern in den Versuchsstätten des Instituts statt.

Ein weiteres Untersuchungsfeld ist die Erprobung neuer Materialien und Materialverbunde. Diese eröffnen im Bereich von Beton- und Betonverbundkonstruktionen neue Möglichkeiten Werkstoffe kostengünstig und materialgerecht einzusetzen. Am Institut für Massivbau wird neben der Ermüdungsfestigkeit von hochfesten Betonen auch an der Weiterentwicklung von faserverstärkten Betonen und an vorgespannten Betonkonstruktionen aus Kohle- oder Carbonfasern geforscht. Genutzt werden diese Materialien unter anderem im Bereich des Entwurfs von neuartigen Substrukturen für OWEA in großen Wassertiefen (s. Abb. 4). In diesem Zusammenhang treten Fragen hinsichtlich der Verbindungstechnologie unterschiedlicher Materialien wie Stahl und Beton oder auch Gusseisen und Beton auf, die Gegenstand laufender Forschungsprojekte sind (vgl. Forschungsprojekt HyConCast).

Abbildung 4:
Hybride Substruktur für OWEA

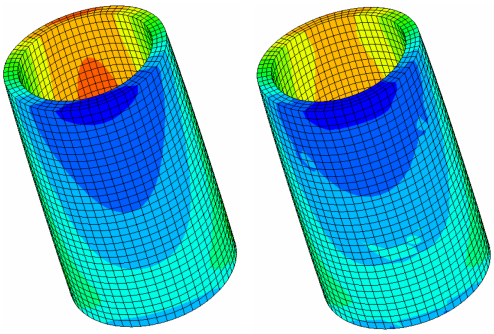


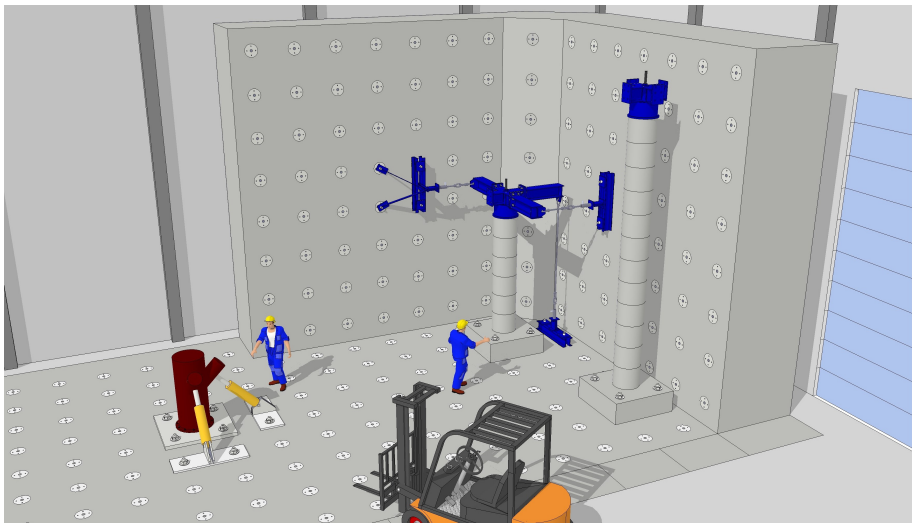
Abbildung 5:
Numerische Untersuchungen

Unsere Ausstattung am Institut

Am Institut für Massivbau verfügen wir über:

- Leistungsstarke FE-Software
- Leistungsfähige Prüfmaschinen und Belastungstechnik
- Sehr gute Kenntnisse im Monitoring und der Auswertung von Messergebnissen

Abbildung 6:
Großmaßstäbliche, experimentelle Untersuchungen



Bildernachweis

Titelbild:
Windenergieanlagen auf See, © DOTI 2010 / alpha ventus Foto: Matthias Ibeler

Abbildung 1:
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES:
Windenergie Report Deutschland 2014, Hrsg. K. Rohrig

Abbildung 2:
Offshore-Windpark Alpha Ventus, © DOTI / alpha ventus Foto: Matthias Ibeler

Abbildung 3, 6:
Institutseigene Bilder

Abbildung 4:
Visualisierung SSF Ingenieure AG

Abbildung 5:
Göhlmann, J.: Zur Schädigungsberechnung an Betonkonstruktionen für Windenergieanlagen unter mehrstufiger und mehraxialer Ermüdungsbeanspruchung. Berichte des Instituts für Massivbau der Leibniz Universität Hannover, Heft 6, November 2009.

Referenzprojekte

GIGAWIND life - Lebensdauer-Forschung an den OWEA-Tragstrukturen im Offshore-Testfeld alpha ventus (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

HyConCast - Hybride Substruktur aus hochfestem Beton und Sphäroguss für Offshore-Windenergieanlagen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)

PSB-OWEA - Probabilistische Sicherheitsbewertung von Offshore-Windenergieanlagen (Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur)

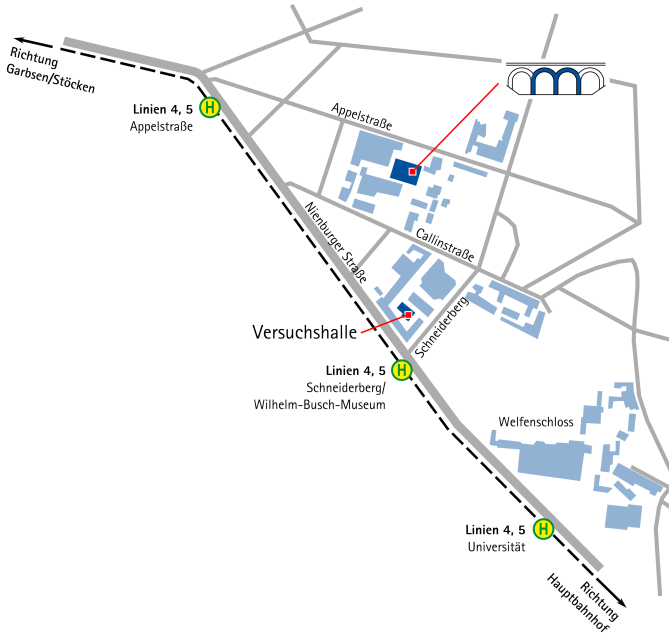
WindBucket - Suction Bucket Gründungen als innovatives und montageschallreduziertes Konzept für Offshore-Windenergieanlagen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

Wind-Wellen-Korrelation - Korrelation und Richtungsabhängigkeit extremer Einwirkungsparameter in der Deutschen Bucht (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

ventus efficiens - Verbundforschung zur Steigerung der Effizienz von Windenergieanlagen im Energiesystem ("Niedersächsisches Vorab" der VolkswagenStiftung)

Anschrift Institut

Institut für Massivbau
Appelstraße 9A
30167 Hannover



Kontaktdaten

Univ. Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx
Tel.: +49 (0) 511. 7 62 - 33 52
Email: sekretariat@ifma.uni-hannover.de
Internet: www.massivbau.uni-hannover.de

Version 17.03