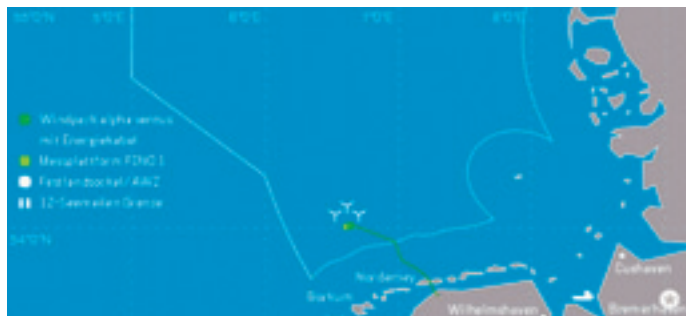


Windenergieforschung an der Leibniz Universität Hannover

AKTIVITÄTEN AN DEN TECHNISCHEN FAKULTÄTEN

Die Bundesregierung verfolgt das Ziel – bis zum Jahr 2030 –, Offshore-Windparks mit einer Gesamtleistung von bis zu 25 Gigawatt zu errichten. Um dieses Vorhaben in der Praxis zu realisieren, fördert der Staat über einen Zeitraum von fünf Jahren unterschiedlichste Forschungsprojekte mit einem Finanzvolumen von 50 Millionen Euro. Die Leibniz Universität Hannover stellt dabei mit mehr als 70 Wissenschaftlern aus fünf Fakultäten und 15 Instituten die größte Gruppe universitärer Windenergieforschung in Deutschland dar. Die Forschungsgebiete der drei technischen Fakultäten werden im Folgenden vorgestellt.



Einleitung

Ziel der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2030 Offshore-Windparks mit einer Gesamtleistung von etwa 20 bis 25 Gigawatt (Bild 1) zu errichten. Der Startschuss für diese Entwicklung fiel im Herbst 2008 mit dem Bau des Umspannwerks für das Offshore-Testfeld *alpha ventus*, welches 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum und in einer Wassertiefe von rund 30 Metern positioniert ist (Bild 2).

Ab Frühjahr 2009 startet hier der Bau von sechs Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) vom Typ Multibrid M5000 und sechs weiteren vom Typ REpower 5M, die zusammen eine installierte Leistung von 60 Megawatt haben werden. Die Multibrid-Anlagen unterscheiden sich von denen des Herstellers REpower unter anderem durch die Art der Gründung (Bild 3).

Dabei kommt *alpha ventus* als Referenzprojekt für die Ent-

wicklung der Offshore-Windenergie besondere Bedeutung zu.

Derzeit laufen in der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) Planungen für 64 Vorhaben in der Nord- und 13 in der Ostsee. Zukünftige Windparks sind etwa die Erweiterung des Pilotprojektes *alpha ventus*, der Park *Borkum West* (45 Kilometer nördlich von Borkum, 208 OWEA) oder der Hochsee-Windpark *Nordsee* (89 Kilometer nordwestlich von Borkum, Betreiber: Bard Engineering).

Begleitet wird diese Entwicklung durch intensive Forschung auf allen für OWEA relevanten Gebieten.

Im Rahmen der Initiative »RAVE – Research at *alpha ventus*« fördert die Bundesregierung mit rund 50 Millionen Euro Forschungsprojekte, von denen entscheidende Beiträge zur Verbesserung von Effizienz, Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit zukünftiger Windenergieanlagen (WEA) erwartet werden.

Die Leibniz Universität Hannover stellt dabei mit mehr als 70 Mitarbeitern aus sechs Fakultäten und 15 Instituten national die größte Gruppe universitärer Windenergieforschung dar. Hier wird intensive Forschung auf den Gebieten Windfelder, Maschine und Rotor, Netztechnik, Tragstrukturen, Ökologie und Ökonomie betrieben. Auch zu Fertigung, Logistik und Bauwerksüberwachung werden Vorhaben durchgeführt. Acht

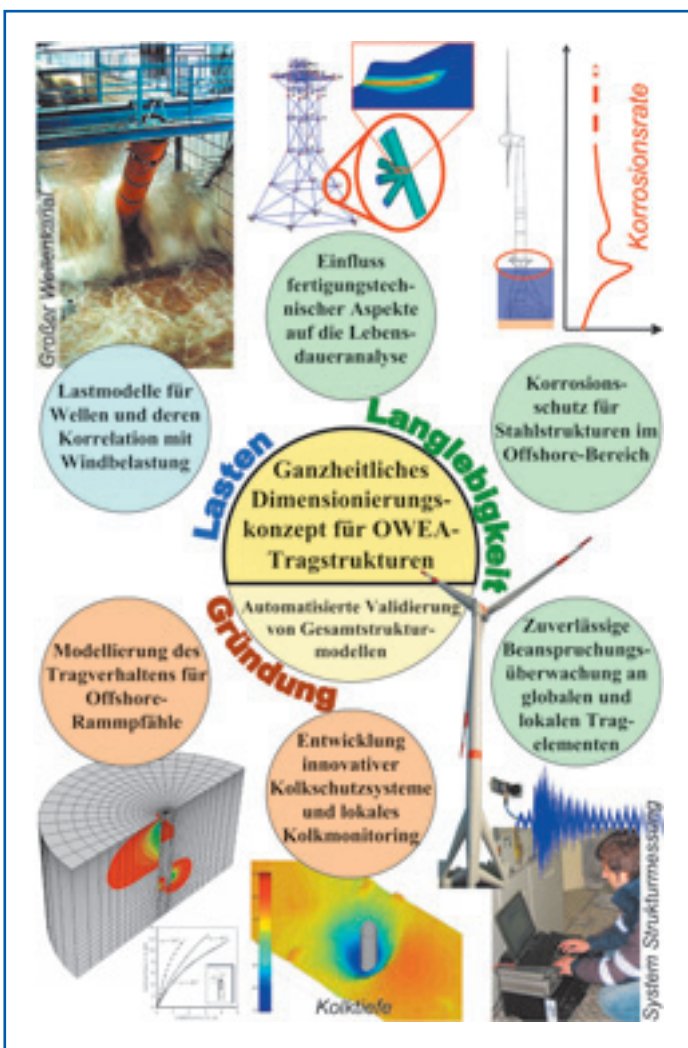


Institute sind Mitglieder des gemeinsamen Zentrums für Windenergieforschung »For-Wind« der Universitäten Hannover und Oldenburg. Die Forschungsgebiete der drei technischen Fakultäten werden im Folgenden vorgestellt.

Bauingenieurwesen

Neben Vorhaben, die sich mit der Entwicklung von Materialmodellen für Rotorblätter und der Reduktion von Hydro-schall befassen, wird im Bauingenieurwesen vor allem intensiv auf dem Gebiet der Tragstrukturen von WEA geforscht.

Bild 1 (links oben)
Lage geplanter Offshore-Windparks in der Nordsee.
Quelle: Google



GIGAWIND alpha ventus

Das Projekt GIGAWIND *alpha ventus* ist Teil der Initiative RAVE und ein Forschungsverbund der Leibniz Universität Hannover mit dem Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik, Bremerhaven (IWES). Industrielle Partner sind die Windanlagenhersteller Multibrid und RE-power Systems.

Im Zentrum von GIGAWIND *alpha ventus* steht die aus den Teilsystemen Turm, Gründungsstruktur und Verankerung der Gründung zusammengesetzte Tragstruktur. Diese stellt bei OWEA im Vergleich zu Onshore-Anlagen einen wesentlichen Kostenfaktor dar.

Im Fokus des Vorhabens steht daher die Kostenreduktion in Bezug auf Materialeinsatz und Optimierung der Entwurfs- und Fertigungsprozesse.

Das Projekt ist stark interdisziplinär ausgerichtet und umfasst relevante Aspekte des Bauingenieurwesens (Bild 4), die im Folgenden kurz vorgestellt werden.

Bild 2 (links unten)
Lage des Windparks alpha ventus
Quelle: alpha ventus

Bild 3 (oben)
Links: Multibrid M5000, Tripod (Bremerhaven); rechts: REpower 5M, Jacket (Bremerhaven)
Quelle: Institut für Statik und Dynamik, Leibniz Universität Hannover

Bild 4
Teilprojekte in GIGAWIND alpha ventus
Quelle: Institut für Statik und Dynamik, Leibniz Universität Hannover

Lastmodelle für Wellenlasten werden unter Verwendung der Morison-Gleichung berechnet, deren Koeffizienten aus Versuchen in Wellen-

kanälen gewonnen werden. Auf den dreidimensionalen natürlichen Seegang sind diese Werte nicht ohne Weiteres übertragbar, was häufig eine Überschätzung der Belastung zur Folge hat. Anhand von Wasserdruckmessungen (Bild 5) sollen die Lasten unter realen Offshore-Bedingungen gemessen und das Zusammenspiel von Wind- und Seegang näher analysiert werden. Zusätzlich zu den hohen Belastungen sind OWEA auch häufigen Lastwechseln auf niedrigem Lastniveau ausgesetzt. Die Erforschung des daraus resultierenden schädigenden Einflusses auf die Mate-

Weiter werden fertigungstechnische Einflüsse auf die Ermüdungsfestigkeit erforscht, insbesondere vor dem Hintergrund der Großserienfertigung. Die Ergebnisse fließen in die bestehenden Bemessungsverfahren ein. Im Ergebnis wird eine wirtschaftlichere Auslegung der Struktur erwartet. Die bei Fertigung und Montage auftretenden Imperfektionen werden experimentell bestimmt und im Rechenmodell abgebildet.

Der Einsatz von Stahlstrukturen erfordert infolge der salzhaltigen Seeluft und der hohen Beanspruchung der Wechsellast- und Spritz-

über Art und Ursache der ablaufenden Korrosionsprozesse gewonnen werden.

Kolke entstehen, wenn durch die erodierende Wirkung des strömenden Wassers der Boden um die OWEA herum gelöst wird. Es entwickeln sich sogenannte Trichter, die das Bauwerk bereichsweise freilegen. Die Größe der Kolke kann bisher nur geschätzt werden. Dies hat zur Folge, dass in die Dimensionierung der Gründung derzeit erhebliche Sicherheitsinflüsse einfließen. Vorgesehen ist ein umfassendes Kolk-Monitoring, welches durch Modellversuche und numerische Simulationen ergänzt wird.

Das Tragverhalten von OWEA ändert sich mit zunehmender Lastwechselzahl und muss mit Methoden der **Strukturüberwachung** kontrolliert werden. Ziel ist die Entwicklung eines intelligenten, für den Offshore-Einsatz ausreichend robusten Überwachungssystems, welches zuverlässig misst und rechtzeitig warnt. In Kombination mit geeigneten Analysemethoden wird die lokale und globale Zustandsüberwachung sowie die Abschätzung von Resttragfähigkeit und -lebensdauer angestrebt.

Der Lastabtrag in den Baugrund von aufgelösten Gründungsstrukturen erfolgt über Stahlrohrrammpfähle. Die Berechnung des Tragverhaltens der Pfähle erfolgt mangels genauer Kenntnisse mit konservativen Ansätzen. Um Optimierungspotenziale nutzen zu können, ist eine realitätsnähere Berücksichtigung der zyklischen Lasten und des wirklichen Tragverhaltens erforderlich. Daher werden Messungen des Pfahltragverhaltens unter realen Beanspruchungen durchgeführt, die der Validierung und Weiterentwicklung von **numerischen Pfahl-Bodenmodellen** dienen.

Voraussetzung für eine wirtschaftliche und zuverlässige Dimensionierung ist weiter die Verwendung realitätsnaher



Bild 5
Tripod (Multibrid) mit Messsystem
Quelle: DEWI (2008)

rialien erfolgt im Rahmen von **Lebensdaueranalysen**.

Bild 6 zeigt einen Modellversuch zur Traglastermittlung (links) und die zugehörige Simulation im numerischen Modell, an dem auch Lebensdaueranalysen durchführbar sind.

wasserzone besondere Maßnahmen für den **Korrosionsschutz**. Dazu werden verschiedene Schutzsysteme auf ihre Einsatztauglichkeit geprüft, bewertet und weiterentwickelt. Durch die gezielte Entwicklung eines Sensorsystems sollen genauere Aufschlüsse

Rechenmodelle. Dazu werden **Gesamtstrukturmodelle** unter Einsatz verbesserter Optimierungsverfahren anhand des gemessenen Eigenschwingverhaltens validiert.

Wegen der komplexen Interaktionen von Tragstruktur, Wasser, Wind und Meeresboden sind bei der Dimensionierung von OWEA zunehmend übergeordnete Fragestellungen zu betrachten. Ziel ist daher die Entwicklung eines **ganzheitlichen Dimensionierungskonzepts** durch Bündelung aller für die Auslegung

elastischen Phänomene. Präzise Dimensionierung und Konstruktion ist daher eine unerlässliche Voraussetzung für den sicheren und zuverlässigen Betrieb von WEA über die gesamte Lebensdauer.

Antriebsstrang

Vor diesem Hintergrund zielt ein in Vorbereitung befindliches Forschungsprojekt auf die Entwicklung einer Methodik zur Ermittlung kritischer Betriebszustände in Wind-

Größen werden mit Hilfe von Simulationsrechnungen ermittelt. Mit neuer Methodik sollen Hersteller und Betreiber von WEA in die Lage versetzt werden, die für die betriebssichere Auslegung und Berechnung erforderlichen Daten mit möglichst geringem Aufwand zu ermitteln.

Zur lebensdauergerichten Dimensionierung sind neben Kenntnissen über die einwirkenden Beanspruchungen aber auch detaillierte Kenntnisse über die Beanspruchbar-

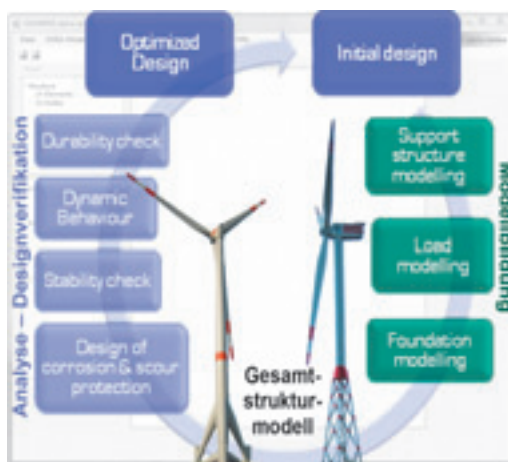


Bild 6 (links) Traglastversuch und numerische Simulation einer Gründungsstruktur
Quelle: Institut für Stahlbau, Leibniz Universität Hannover

Bild 7 Dimensionierungsprozess am Gesamtstrukturmodell
Quelle: Institut für Statik und Dynamik, Leibniz Universität Hannover

der Tragstruktur relevanten Bereiche in einem auf unterschiedliche Konstruktionsformen von OWEA übertragbaren Bemessungspaket, in welches die Ergebnisse der vorgestellten Teilprojekte einfließen (Bild 7).

Maschinenbau

Der aus den Hauptbaugruppen Rotor, Getriebe und Generator bestehende Antriebsstrang von WEA ist vielfältigen Belastungen ausgesetzt. Neben den stets wirkenden statischen und quasistatischen Lasten stellen die anlagen-spezifischen dynamischen Beanspruchungen eine besondere Herausforderung für den Maschinenbauingenieur dar: Zu nennen sind hier der instationäre Charakter des Windes, die Schwingungen der Maschinenstruktur und die aero-



getrieben. Basis bilden Messungen an realen Bauteilen bei gleichzeitiger Erfassung der Bedingungen auf der Eingangsseite (Wind), der Ausgangsseite (elektrisches Netz) und der Umgebung (Temperatur, Luftfeuchte). Messtechnisch schwerzugängliche

keit der Bauteile nötig. Bei WEA auftretende undefinierte Betriebszustände, Sonderereignisse und sporadische Überlasten werden von den heutigen Verfahren zur Auslegung von Wälzlagern nicht angemessen erfasst und führen zu vorzeitigen Lagerschä-

Bild 8 Getriebe im Zentrum des Antriebsstranges einer WEA
Quelle: REpower

den. In diese Lücke stößt ein Projekt vor, das das Wissen über die Ermüdungslebensdauer von Wälzlagern bei Kollektivbeanspruchung erweitert. Eine Kernfrage dabei ist der Einfluss von Sonderereignissen, kurzzeitigen Überlasten und Anfahrvorgängen auf das Ermüdungsverhalten. Zudem soll eine Methode entwickelt werden, um die für die

Lebensdauer wichtigen Betriebszustände und Belastungen in Wälzlagern rechnerisch zu ermitteln.

Aeroelastik und Aerodynamik

Eine besondere Rolle für den zeitlichen Verlauf der einwirkenden Belastungen spielen die aerodynamischen und

ringern. Solche Lasten sind für den Betrieb von WEA extrem wichtig, denn während der Lebensdauer einer WEA werden Wechsellastzahlen von ca. 10^9 erreicht. Im Vergleich sind diese Zahlen für andere Anwendungen mehrere Größenordnungen niedriger (etwa 5×10^6 für Flugzeuge und 10^8 für Hubschrauber). Solche Effekte treten nicht nur bei den Rotorblättern, sondern bei der gesamten Tragstruktur auf (Bild 12). Es ist daher wichtig diese als Funktion der Zeit und der geometrischen Parameter aufzunehmen.

Die genannten aerodynamischen Phänomene lassen sich nur schwer analytisch erfassen. Durch den enormen Zuwachs der Rechenkapazität in den letzten Jahren haben sich CFD (Computational Fluid Dynamics)- Berechnungen durchgesetzt. CFD ermöglicht es, nahezu beliebige Geometrien aerodynamisch zu untersuchen. Mit diesem Verfahren lassen sich sowohl stationäre als auch instationäre Vorgänge wie etwa die Wirbelablösung an der Hinterkante eines aerodynamischen Profils untersuchen. Bild 14 zeigt beispielhaft wie bei hohen Anstellwinkeln die Strömung um ein Rotorblatt nicht mehr in der Lage ist an die Oberfläche gebunden zu bleiben und abreißt. Dieses Phänomen wird als Ablösung der Grenzschicht bezeichnet und ist für die Aerodynamik von WEA von großer Bedeutung.

Die geschilderten Aufgaben zeigen, dass die Fakultät für Maschinenbau intensiv daran arbeitet, die Sicherheit und Zuverlässigkeit von WEA zu verbessern.

Elektrotechnik

Die elektrotechnische Betrachtung von WEA gliedert sich in die Teilbereiche Generator-konzept, Regelung, Netzanbindung und -integration. Ein weiteres wichtiges Themen-

Bild 9
Hertzsche Pressung (größte Spannung, die in der Mitte der Berührungsfläche zweier elastischer Körper besteht) im Wälzkontakt ($D = \text{Dalton}$, $RAD = \text{Radiant}$, $N = \text{Newton}$)
Quelle: Institut für Maschinenelemente, Konstruktionstechnik und Tribologie, Leibniz Universität Hannover

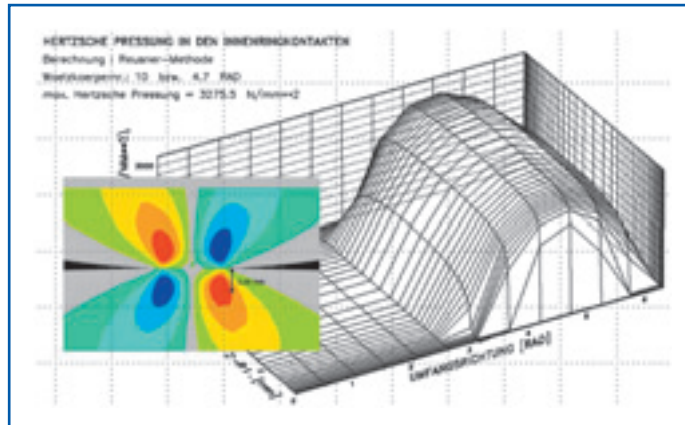
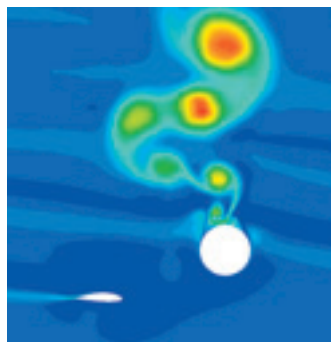


Bild 10
Turm- Blatt Interaktion einer WEA
Quelle: Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik, Leibniz Universität Hannover



Bild 11
Wirbelschlepe bei der Turm-Blatt Interaktion: Gegenläufige Wirbel werden als Wirbelschlepe bezeichnet. Die Wirbelschlepe entsteht am umströmten Turmquerschnitt und wird durch das Zusammenspiel von Turm und Rotorblatt beeinflusst.
Quelle: Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik, Leibniz Universität Hannover



aeroelastischen Kräfte. Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf der aero-dynamischen Wechselwirkung zwischen Rotor und Turm. Bild 11 zeigt, dass die Rotorblätter dreimal pro Umdrehung vor dem Turm durchlaufen. Bei dieser Interaktion kommt es zu instationären Kräften, die die Struktur belasten und die Lebensdauer der Anlage ver-

feld ist der Schutz von WEA vor Blitzeinschlägen.

Generatorkonzept und Regelung

Die mechanische Leistung einer WEA ist abhängig von der Windgeschwindigkeit und von der Drehzahl des Rotors (Bild 15). Um stets maximale Leistung und damit einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen, muss der Generator einen drehzahlvariablen Betrieb entlang der roten Kennlinie in Bild 15 ermöglichen.

Der heute häufigste Generatortyp bei WEA der Multi-Megawatt-Klasse ist der doppelt gespeiste Asynchrongenerator (DGAG). Er besteht aus einem Asynchrongenerator mit Schleifringläufer, dessen Läuferwicklung über einen Niederspannungs-Frequenzumrichter mit dem Netz verbunden wird. Je nach Auslegung wird so ein Drehzahlstellbereich von bis zu ± 30 Prozent erreicht. Der Umrichter ermöglicht auch innerhalb gewisser Grenzen die unabhängige Regelung von Wirk- und Blindleistung, was die netztechnische Verträglichkeit erhöht. Weitere Vorteile des DGAG sind sein vergleichsweise geringes Gewicht und der kostengünstige Umrichter.

In Konkurrenz zum DGAG stehen Generatoren, die über so genannte Vollumrichter mit dem Netz verbunden werden. Durch die indirekte Netzkupplung werden netztechnische Vorteile in Bezug auf die Stabilität sowie die Wirk- und Blindleistungsregelung erreicht, die jedoch durch höhere Kosten für den Frequenzumrichter erkauft werden, der für die volle Generatorleistung ausgelegt werden muss. Als Generatoren kommen elektrisch oder permanenterrregte Synchron- oder Asynchrongeneratoren zum Einsatz. Werden elektrisch erregte Ringgeneratoren eingesetzt, kann aufgrund der niedrigen syn-

chronen Drehzahl auf das stör anfällige und wartungsintensive Getriebe verzichtet werden. Durch die hohe Polzahl besteht auch die Möglichkeit, den Frequenzumrichter aus vielen unabhängigen Einheiten aufzubauen, wodurch Redundanzen entstehen. Als Kompromiss zwischen den schweren direktgetriebenen und den schnell laufenden

Generatoren, die aber relativ anfällige Getriebe mit Übersetzungen von etwa 1:100 erfordern, werden inzwischen auch Generatoren im mittleren Drehzahlbereich von ungefähr 150 bis 200 Umdrehungen pro Minute propagiert, für die ein einstufiges Getriebe ausreicht und die eine deutlich geringere Masse als direktgetriebene Generatoren besitzen.

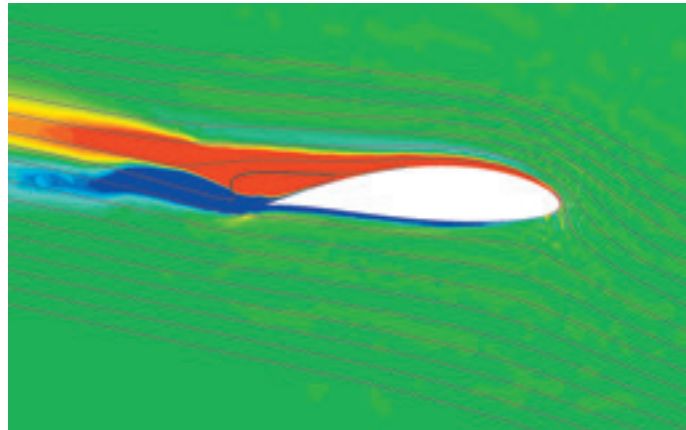


Bild 12
Turbulenz bei der Strömungsablösung an der Hinterkante eines Profils
Quelle: Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik, Leibniz Universität Hannover

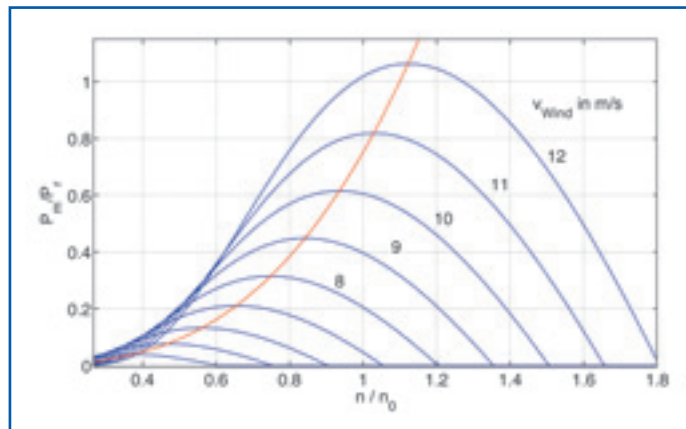


Bild 13
Die Kennlinie der mechanischen Leistung demonstriert das Verhältnis der mechanischen Leistung (Pm) zur Bemessungsleistung (Pr) in Abhängigkeit des Quotienten Drehzahl (n) zur Bemessungsdrehzahl (nr), bei entsprechender Windgeschwindigkeit (VWind) in Meter pro Sekunde pro Windrad [p(er) u(nit)].
Quelle: Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Fachgebiet Elektronische Energieversorgung, Leibniz Universität Hannover

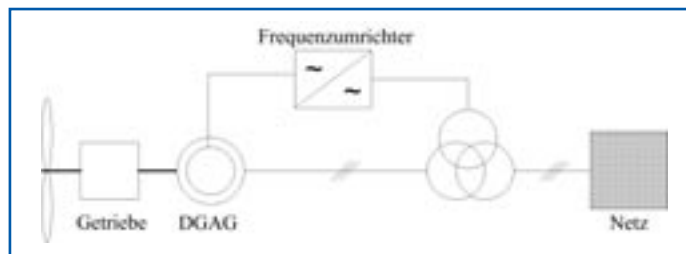


Bild 14
Doppelt gespeister Asynchrongenerator
Quelle: [wie 13]

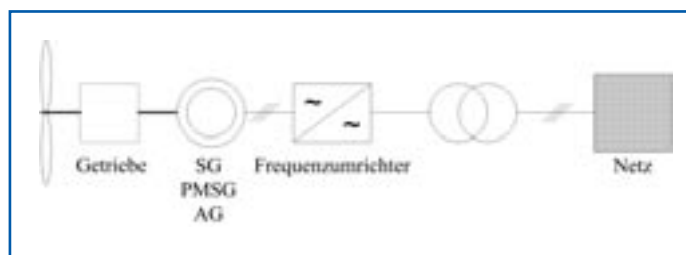


Bild 15
Generatorsystem mit Vollumrichter (SG: Synchrongenerator, PMSG: Pulsweitenmodulierter Synchrongenerator, AG: Asynchrongenerator).
Quelle: [wie 13]



Die Windenergieforscher an der Leibniz Universität Hannover (von links nach rechts):

Prof. Dr.-Ing. Ludger Lohaus (Institut für Baustoffe), **Gerrit Haake** (Institut für Statik und Dynamik), **Tanja Griebmann** (nicht abgebildet, Institut für Statik und Dynamik), **Alejandro Gomez** (Prof. Dr.-Ing. Jörg Seume – Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik), **Cord Böker** (Institut für Stahlbau), **Ulrich Wischhöfer** (Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll – Institut für Maschinenelemente, Konstruktionstechnik und Tribologie), **Prof. Dr.-Ing. Jürgen Grünberg** (Institut für Massivbau), **Prof. Dr.-Ing. Raimund Rolfes** (Institut für Statik und Dynamik), **Prof. Dr.-Ing. Peter Schaumann** (Institut für Stahlbau), **Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Hofmann** (Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik), **Prof. Dr.-Ing. Axel Mertens** (Institut für Leistungselektronik und Antriebsregelung), **Christian Rathke** (Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik)

Nicht abgebildet sind die Arbeitsgruppen von:

- Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus (Institut für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau)
- Prof. Dr.-Ing. Friedrich-Wilhelm Bach (Institut für Werkstoffe)
- Prof. Dr. Thomas Hauf (Institut für Meteorologie und Klimatologie)
- Prof. Dr.-Ing. Insa Neuweiler (Institut für Strömungsmechanik und Umweltphysik)
- Prof. Dr.-Ing. Bernd Ponick (Institut für Elektrische Maschinen und Antriebssysteme)
- Prof. Dr. Michael Reich (Fakultät für Architektur und Landschaft)
- Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann (Franzius Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen)
- Prof. Dr. Klaus-Peter Wiedmann (Fakultät für Wirtschaftswissenschaften)

ForWind wird derzeit um die Universität Bremen zum größten nationalen Forschungsverbund für Windenergie erweitert. Die Leibniz Universität Hannover beruft gemeinsam mit der Fraunhofer Gesellschaft den Leiter des neu gegründeten Fraunhofer IWES als Professor an die Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Als Teil des IWES ist der Aufbau einer Projektgruppe »Tragstrukturen« an der Leibniz Universität Hannover beschlossen. Als gemeinsames Lehrangebot der drei technischen Fakultäten soll an der Leibniz Universität zum Wintersemester 2009/10 der Masterstudiengang Windenergieingenieurwesen eingerichtet werden. Er soll Studierenden aller drei Fakultäten eine Vertiefung in diesem zukunftssträchtigen Technologiebereich ermöglichen und damit helfen, den großen Bedarf an qualifizierten Ingenieuren zu decken.

Blitzschutz

Die zunehmende Höhe von WEA erfordert einen effektiven Schutz gegen Blitzeinschläge, da die WEA als Einfangstange für Blitze wirken. Der Blitzstrom muss dabei von den rotierenden Flügeln auf die drehbare Gondel und von dort auf den Mast auf einem definierten Weg geleitet werden, um die elektromagnetischen Beeinflussungen so gering wie möglich zu halten. Zur Vermeidung von Zerstörungen des Rotorblattes durch Blitzeinschlag sind dort bevorzugte Einschlagorte und eine stromtragfähige Ableitung vorzusehen.

Netzintegration

Bei der Betrachtung der im Zusammenhang mit Netzanbindung und -integration auftretenden Fragen und Probleme ergeben sich grundsätzlich zwei wesentliche Aufgabenstellungen. Zum Einen sind technisch und wirtschaftlich optimierte und gleichzeitig umweltverträgliche Konzepte für den Anschluss von WEA an das Netz auszuarbeiten und zum Anderen sind der Einfluss der fluktuierenden Windleistung auf das statische und dynamische Verhalten des europäischen Verbundnetzes zu untersuchen und Strategien für die Netzbetriebsführung zu entwickeln. In diesem Zusammenhang muss auch die Einsetzbarkeit leistungselektronischer Betriebsmittel, so genannter FACTS (Flexible AC Transmission Systems), untersucht werden. Oberstes Ziel ist stets die Sicherstellung eines zuverlässigen Netzbetriebes.

Eine besondere Herausforderung ist die Netzanbindung

der zurzeit in Planung befindlichen Offshore-Windparks. Die teilweise sehr großen geplanten Leistungen von über 1.000 Megawatt, bei Entfernungen von bis zu 200 Kilometern zu möglichen Netzanschlusspunkten, machen die Nutzung unkonventioneller Übertragungssysteme, wie Hochspannungsgleichstromübertragungen (HGÜ) oder Gasisolierte Rohrleiter (GIL) interessant. Auch die Integration der geplanten Erzeugerleistung in die bestehenden Übertragungsnetze und der Abtransport der erzeugten Energie in die Verbrauchszentren stellt eine große technische Herausforderung dar.

Weiterführende Informationen

www.wind.uni-hannover.de
www.forwind.de
www.gigawind.de
www.rave-offshore.de
www.alpha-ventus.de