

Aus bewegter Luft wird Strom: Aktuelle Forschung zur Nutzung der Windenergie

Von Detlev Heinemann und Joachim Peinke

Die Windenergie ist ein entscheidender Baustein, um den angestrebten Anteil Erneuerbarer Energien von 20 Prozent am Energieverbrauch in Deutschland bis 2020 zu erreichen. Dabei wird die Nutzung der Offshore-Technologie eine zentrale Rolle spielen. Die Universität Oldenburg ist maßgeblich an einem Forschungsprogramm beteiligt, das die Errichtung des ersten deutschen Offshore-Windparks nördlich von Borkum wissenschaftlich begleitet.



25 Gigawatt installierter Leistung bis 2030: Windenergie-Anlage auf dem Meer

Wind power is an essential element for achieving the target of supplying 20% of Germany's energy consumption through means of renewable energy by the year 2020. The use of offshore-technology will be of crucial importance in this process. Oldenburg University has a leading role in a research program, which has a scientific consulting role in the installation of Germany's first offshore wind-park off the coast of Borkum.

Die „Erfolgsstory der Windenergie“ (s. EINBLICKE Nr. 32, 2000) setzt sich fort. Heute deckt die Windenergie mehr als 7 Prozent des deutschen Stromverbrauchs, in Niedersachsen sind es sogar bereits 20 Prozent. Aus 5 Gigawatt installierter Leistung im Jahr 2000 sind heute in Deutschland über 22 Gigawatt geworden. Damit ist die Windenergie ein entscheidender Baustein, um den angestrebten Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch von 20 Prozent bis 2020 zu erreichen. Auch der Weltmarkt entwickelt sich rasant. Mit jährlichen Wachstumsraten von über 30 Prozent werden inzwischen weltweite Umsatzzahlen von über 20 Milliarden Euro erzielt.

Neben der Entwicklung zu einem etablierten Industriezweig ist der nationale Windenergiesektor wesentlich durch die Hinwendung zur Nutzung der Windenergie auf dem Meer geprägt, auch wenn dort bislang noch keine Windparks errichtet wurden. Die sogenannte Offshore-Strategie der Bundesregierung hat zum Ziel, dass bis zum Jahr 2030 Windparks von bis zu 25 Gigawatt installierter Leistung in Offshore-Regionen errichtet werden. Das

Offshore-Testfeld „Alpha Ventus“, dessen erste Anlagen 2008 installiert werden, macht dabei den Anfang. Als erster deutscher Windpark wird das Testfeld unter echten Offshore-Bedingungen 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum in einer Wassertiefe von 30 Metern errichtet. Mit Konstruktion, Bau, Betrieb und Netzintegration von „Alpha Ventus“ sollen grundlegende Erfahrungen im Hinblick auf die zukünftige Nutzung der Offshore-Windenergie gesammelt werden.

Das Testfeld wird von einem umfassenden Forschungsprogramm („RAVE - Research at Alpha Ventus“) begleitet, an dem die Universität Oldenburg mit dem Zentrum für Windenergieforschung ForWind maßgeblich beteiligt ist. Das breite Spektrum des Forschungsprogramms umfasst Belastungsuntersuchungen, Modellierung und Weiterentwicklung der Komponenten von Offshore-Windenergieanlagen, Netzintegration der Offshore-Windenergie, Weiterentwicklung von LIDAR-Windmessverfahren, Offshore-Gründungskonstruktionen, meteorologische Randbedingungen, Schallübertragung zwischen Turm und Wasser und ökologische Forschung.

Ausgewählte Themen der Oldenburger Windenergie

Die Optimierung von Windenergieanlagen geschieht heute weitgehend auf der Basis von Computerprogrammen. Wesentlich ist dabei die Berechnung der auf den Rotor wirkenden Lasten, wofür meist eine in einer Norm festgelegte Windfeldstatistik verwendet wird. Gemessene Winddaten zeigen jedoch ein anderes Verhalten („Intermittenz“) und folgen anderen statistischen Beziehungen (siehe Beitrag zur Turbulenz in diesem Heft). Aeroelastische Simulationsprogramme helfen hier, die auftretenden Lasten als Folge der turbulenten Windfelder realistisch zu berechnen. Kern der Arbeiten ist die Weiterentwicklung eines Rotormodells, in dem aktuelle Forschungsergebnisse aus der Strömungsdynamik an Rotorblättern Eingang finden.

Numerische Simulationen dienen auch dazu, grundsätzliche Fragen der Umströmung von Rotorblättern sowie der Wechselwirkung der Windenergieanlagen mit dem turbulenten Windfeld zu beschreiben. Dabei kommen verstärkt Methoden der "Computational Fluid Dynamics" (CFD) zum Einsatz, vor allem, um die turbulenten Strömungen zeitaufgelöst detailliert darstellen können. Wegen des äußerst hohen Rechenaufwands sind moderne Verfahren wie die Large Eddy Simulation (LES) oder die Direct Numerical Simulation (DNS) erst jetzt für Anwendungen wie die Windenergie einsetzbar.

Computersimulationen machen Experimente jedoch nicht überflüssig. Der akustische Windkanal der Universität erlaubt, Kräfte an Strömungskörpern unter vorgegebenen Randbedingungen zu vermessen. Benutzt werden hierfür berührungslose druckintegrierende Verfahren. Damit ist es zum Beispiel möglich, Widerstandsänderungen durch verschiedene Oberflächenbeschaffenheiten eines Rotorblatts, z.B. durch Verschmutzungen, exakt zu bestimmen. Dabei stehen Messverfahren wie zum Beispiel die Hitzdrahtanemometrie oder die Laser-Doppler-Anemometrie zur Verfügung. Grundsätzlich ermöglichen entsprechende Messungen eine bessere Nachbildung von realen Kräften auf Rotorblättern in Computermodellen.

So genannte Leistungskennlinien beschreiben den Zusammenhang zwischen der Leistung einer Windenergieanlage und der Windgeschwindigkeit. Zu ihrer Bestimmung werden genormte Verfahren eingesetzt. Leider ist auch hier die Realität komplexer als eine Norm. Vielfältige meteorologische

Einflüsse verändern diesen Zusammenhang permanent. Untersuchungen der Kurzzeitdynamik von Windenergieanlagen im Zusammenhang mit den turbulenten Strukturen des anströmenden Windes und deren Beschreibung als stochastischer Prozess bilden die Grundlage für die Bestimmung einer situationsabhängigen dynamischen Leistungskennlinie. Diese hat sich bereits als eine sehr wirkungsvolle Alternative zur genormten Leistungskennlinie erwiesen.

Unzureichende Informationen über die Windverhältnisse an potentiellen Standorten sind meist ein erhebliches Investitionshindernis. Detaillierte quantitative Beschreibungen des Windpotentials können über Simulationen mit mesoskaligen Strömungsmodellen gewonnen werden. Diese Modelle berechnen atmosphärische Prozesse und meteorologische Felder in Auflösungen von unter einem km bis zu ca. 100 km. In Verbindung mit Auswertungen von kurzen Zeitreihen örtlicher Messungen und zuverlässigen Langzeitdaten in grober Auflösung können so hoch aufgelöste Windfelder in der atmosphärischen Grenzschicht bestimmt werden, um langfristige Berechnungen des Windpotential für Windpark-Standorte und kurzfristige Vorhersagen der Windleistung zu erstellen. Sogar Szenarien möglicher Veränderungen des Windklimas z.B. über die Lebensdauer von Windparks lassen sich hiermit berechnen.

Die Bestimmung von Extremereignissen ist für die Offshore-Nutzung der Windenergie besonders wichtig, da hier besonders extreme Windverhältnisse wesentlich häufiger auftreten. Extremwerte sind dabei die größten zu erwartenden Ereignisse, die in der Statistik von Zeitreihen der Windgeschwindigkeit enthalten sind. Die Auslegung von Windenergieanlagen erfordert zwingend Informationen über die zu erwartenden Extremwerte. Bei ihrer Charakterisierung sind unterschiedliche Größenordnungen relevant. Diese reichen von großen Stürmen, die eine Anlage oder Rotorblätter beschädigen, bis zu starken Böen, deren häufiges Auftreten zu einer erhöhten mechanischen Belastung im Dauerbetrieb führen. Extremereignisse bekommen für die Offshore-Nutzung eine besonders hohe Bedeutung, die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens ist eine der wesentlichen Auslegungsgrößen für die Anlagen.

Die Strömungssituation im Windschatten einer Windenergieanlage ist grundsätzlich gegenüber der ungestörten Strömung verändert. Diese Nachlaufströmungen („Wakes“) beeinflussen meist erheblich die Leistung nachfolgender Anlagen. Unter Offshore-

Bedingungen erstreckt sich dieser Einfluss wegen einer geringeren Durchmischung über grössere Entfernungen. Zusätzlich werden Nachlauf-Effekte ganzer Windparks auftreten. Der erhöhte Turbulenzgrad der Nachlaufströmungen führt zu ansteigenden mechanischen Belastungen für Anlagen und insbesondere Rotorblätter. Hoch auflösende numerische Modelle und präzise Strömungsmessungen helfen hierbei, die entscheidenden Kenntnisse und Daten zu liefern, um Anlagen optimal aufzustellen und künftige Anlagengenerationen an diese Bedingungen anzupassen.

Vorhersagen des erzeugten Windstroms besitzen in unterschiedlichen Zusammenhängen eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung. Neben der Erstellung von operationell verwendbaren Vorhersagen dienen entsprechende Modelle als Forschungsinstrument für anwendungsspezifische Vorhersagen, Szenarien hoher Netzeinspeisungen aus Windenergie, Untersuchungen zur situationsabhängigen Güte der Vorhersagen und Kombination verschiedener Datenquellen zur Optimierung der Vorhersagequalität.

Fazit

Die Windenergieforschung an der Universität steht beispielhaft für die Oldenburger Energieforschung: National und international sichtbar, aber gleichzeitig von hoher regionaler Bedeutung als Nukleus vernetzter Forschungsaktivitäten in der Region, Partner für die regionale Wirtschaft und Impulsgeber für zahlreiche aus dem Forschungsbereich heraus gegründete Unternehmen.

Die Autoren



Dr. Detlev Heinemann, Akademischer Rat am Institut für Physik, studierte Meteorologie in Kiel und promovierte 1990 in Oldenburg im Bereich Energieforschung. Seine Forschungsschwerpunkte sind Energie-

meteorologie, Windenergiekonversion und Energiesystemforschung, in denen er zahlreiche nationale und internationale Forschungsvorhaben leitete. Heinemann war Gründungssprecher des Zentrums für Windenergieforschung, ForWind, und ist gegenwärtig Sprecher des virtuellen Instituts für Energiemeteorologie (vIEM). Prof. Dr. Joachim Peinke s. S. 18