

Mehr Wind-Power durch intelligente Regelung

Hochauflösende Modellstudien zur Erhöhung des Flächenenergieertrags in Windparks durch neuartige Anlagen- und Parkregelungskonzepte

L. Vollmer, M. Bromm, G. Steinfeld, ForWind - Zentrum für Windenergieforschung, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Kurzgefasst

- Die Effizienz bestehender Windparks kann durch kollektive Turbinenregelung erhöht werden.
- Der Einfluss des bewussten Gierens einzelner Turbinen auf die Strömungsbedingungen im Nachlauf wird modelliert.
- Das parallelisierte Grobstrukturmodell PALM bietet die Möglichkeit auf Höchstleistungsrechnern hochauflösende Simulationen zum Test der Regelungskonzepte bei verschiedenen atmosphärischen Bedingungen durchzuführen.
- Ergebnisse sollen in vereinfachte Windparkmodelle integriert werden, die eine instantane Regelung ermöglichen.

Für die Umsetzung der Energiewende in Deutschland ist nach dem Konzept der Bundesregierung neben der umfangreichen Installation von Offshore-Windparks auch eine weitere Erschließung und Ausrüstung von Binnenlandstandorten durch Windparks kleiner bis mittlerer Größe mit Windenergieanlagen (WEA) der 2-3 MW-Klasse vorgesehen. Bei der Planung der Anordnung von Windenergieanlagen in Windparks muss neben topografischen Rahmenbedingungen und örtlichen Vorschriften auch die gegenseitige aerodynamische Beeinflussung der Anlagen berücksichtigt werden. Bei kleinen Abständen zwischen den Anlagen führt die aerodynamische Abschattung zu einer geringeren Energieausbeute der im Nachlauf stehenden Anlagen, da die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten geringer sind. Im Gegensatz zur Strömungsgeschwindigkeit nehmen die Turbulenzen im Nachlauf einer WEA zu. Eine partielle Abschattung und die Überlagerung der Nachlauf- und der Umgebungsturbulenzen beeinflusst das Belastungsspektrum der leeseitigen Anlagen negativ. Um die gegenseitige aerodynamische Beeinflussung gering zu halten, müssten die WEA in möglichst großen Abständen errichtet werden. Dem entgegen stehen die beschränkte Verfügbarkeit von guten, für die Windenergie nutzbaren Standorten an Land sowie die Forderung nach geringen spezifischen Kosten.

Seit dem 1.12.2012 fördert das Bundesumweltministerium durch den Projektträger Jülich das Projekt

“CompactWind” zur Erforschung einer wirtschaftlicheren, effizienteren und naturverträglicheren Nutzung von begrenzten Standorten an Land. Im Rahmen des Projektes sollen neuartige Regelungskonzepte für Windenergieanlagen und Windparks zur Reduktion von nachlaufinduzierten Belastungen und Ertragseinbußen in Windparks entwickelt werden. Der wesentliche Unterschied zu bisherigen Ansätzen, welche einzig auf die Reduktion der Maschinenbelastungen und damit einer Kostenreduktion auf Komponentenebene abzielen, besteht in dem Ziel gegebene Flächen energetisch besser auszunutzen. Dieser Ansatz birgt ein weit größeres Potential zur Steigerung der Kosteneffizienz der Windenergienutzung als eine reine Minimierung der Energiegestehungskosten einzelner Windturbinen.

Zur aktiven Beeinflussung der Strömung im Windpark wird in erster Linie die Ablenkung der Strömungsrichtung des Nachlaufs durch Gieren der WEA erforscht. Die Ablenkung der Strömungsrichtung des Nachlaufs soll zu einer Erhöhung der effektiven mittleren Windgeschwindigkeit vor der leeseitigen WEA führen. Zudem können dadurch eventuell erhöhte Lasten an der im Nachlauf betriebenen WEA durch Teilabschattung vermieden werden. Im weiteren Verlauf des Projektes “Compact Wind” soll zusätzlich der Einsatz individueller Pitchregelung sowohl zur Lastenreduzierung als auch zur Steuerung des Windprofils der Nachlaufströmung angewendet werden.

In diesem Projekt am HLRN wurde die aktive Beeinflussung der Strömung durch Gieren einer WEA zunächst an Einzelanlagen getestet. Dazu werden Simulationen der atmosphärischen Grenzschicht mit dem Grobstrukturmodell PALM [1] bei Gitterweiten von wenigen Metern durchgeführt. Das Grobstrukturmodell ist dazu in der Lage die Turbulenz der Strömung bis zu der Größe der Gitterweite explizit aufzulösen. Eine Gitterweite von wenigen Metern ist bei der Nachlaufsimulation notwendig, da gerade an den Rändern der Nachläufe starke Geschwindigkeitsgradienten entstehen, die zur Veränderung der Nachlaufströmung beitragen. Zur Simulation der WEA werden verschiedene Turbinenparametrisierungen genutzt, die basierend auf den Auftriebs- und Schubdaten der Turbinenblätter den Einfluss auf die Strömung in der atmosphärischen Grenzschicht berechnen [2].

Zwei verschiedene Turbinenmodelle werden im Projekt jeweils eingesetzt um verschiedene Aspekte der Regelung zu untersuchen. Ein Turbinenmodell, wel-

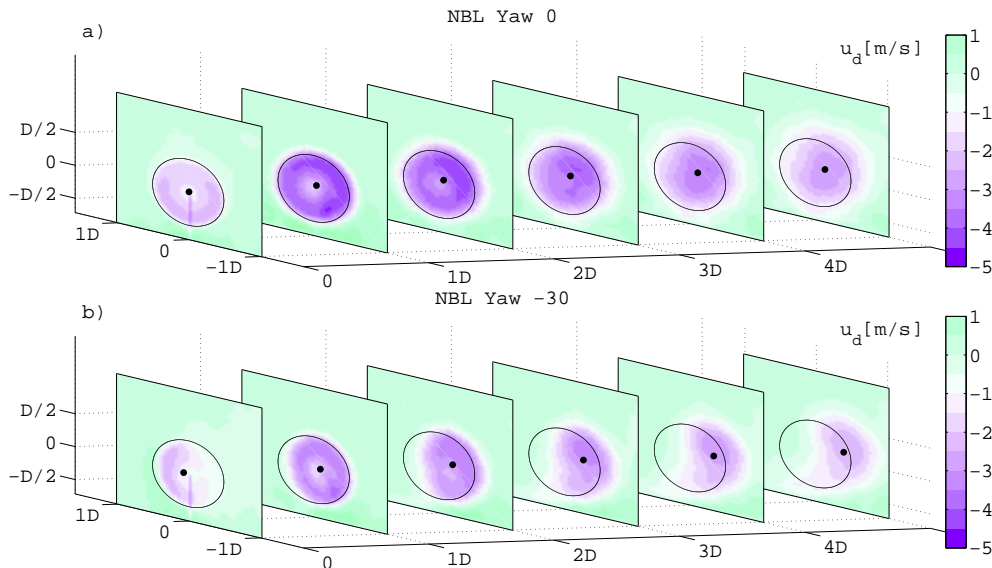


Abbildung 1: Entwicklung des Nachlaufdefizites u_d und des Mittelpunktes des Nachlaufes (Punkte) in einer neutralen atmosphärischen Grenzschicht hinter einer Turbine, optimal zur Windrichtung ausgerichtet (a), und um 30° zum Wind gegiert (b). Der Abstand vom Mittelpunkt des Rotors ist in der Einheit des Rotordurchmessers D angegeben. Die simulierte atmosphärische Grenzschicht entspricht einer neutral geschichteten Grenzschicht an Land. Man sieht in diesem Fall, dass die Trajektorie des Nachlaufes durch Gieren der WEA verändert werden kann.

ches die Bewegung der Blätter nicht explizit auflöst und aus diesem Grunde die Rechenzeit der Simulationen nur geringfügig beeinflusst, wird dazu genutzt den Einfluss der atmosphärischen Schichtung und der Windgeschwindigkeit auf die aktive Beeinflussung der Strömung zu testen. Da der Schub und die Leistung einer WEA von Windgeschwindigkeit und auch der atmosphärischen Schichtung [3] abhängen, wird davon ausgegangen dass die Effektivität der untersuchten Regelungskonzepte in Windparks im Besonderen von diesen beiden Größen beeinflusst wird. Um die Veränderung der Nachlauftrajektorie und des -defizites bei unterschiedlichen atmosphärischen Bedingungen zu untersuchen, wurden zunächst Simulationen von Einzelanlagen durchgeführt (siehe Abb. 1). Diese Ergebnisse sollen in vereinfachte Windparkmodelle integriert werden, mit denen eine instantane optimierte Regelung in Windparks möglich sein soll. Im weiteren Projektverlauf sind zudem auch Simulationen von ganzen Windparks bei gleichzeitiger Regelung basierend auf den vereinfachten Modellen geplant.

Das zweite Turbinenmodell, das im Rahmen des Projekts genutzt werden soll, beinhaltet eine Kopplung der Aktuatorlinien(ALM)-Methodik mit der aeroelastischen Windturbinen-Simulations-Software FAST. Die Software FAST ist ein beim National Renewable Energy Center entwickeltes Werkzeug zur Berechnung von aerodynamischen Lasten auf die Struktur von WEA [4]. Dieses Verfahren birgt die Möglichkeit die aerodynamische Interaktion der WEA mit dem Windfeld zu berücksichtigen und gleichzeitig

Informationen über den Nachlauf zu erhalten. Die Kopplung von PALM und FAST soll in erster Linie zur Simulation von Lasten und Konzepten zur Last-Regulierung eingesetzt werden. So können durch den Einsatz der Regelungskonzepte zusätzliche Lasten an den gesteuerten WEA entstehen und gleichzeitig die WEA im Nachlauf entlastet werden. Durch Testsimulationen an aussagekräftigen Beispielen sollen Rahmenbedingungen für die Optimierung der Windparkleistung gesetzt werden, die bei Anwendung der Regelungskonzepte die Anlagenbelastung berücksichtigen.

Weitere Informationen

- [1] B. Maronga, M. Gryschka, R. Heinze, F. Hoffmann, F. Kanani-Sühring, M. Keck, K. Ketelsen, M. Letzel, M. Sühring, S. Raasch *Geosci. Model Dev. Discuss.* **8** 1539–1637 (2015).
- [2] B. Witha, G. Steinfeld, M. Dörenkämper, D. Heinemann *J. Phys.: Conference Series* **555** 012108 (2014).
- [3] M. Dörenkämper, J. Tambke, G. Steinfeld, D. Heinemann, M. Kühn *Proc. The Science of Making Torque from Wind 2012* (2012).
- [4] J. Jonkman, M. Buhl Jr, *FAST user's guide*, National Renewable Energy Laboratory (2005).

Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, FKZ:0325492B