

Wie gut sind Computersimulationsmodelle in der Berechnung von Windparkströmungen?

Ein Vergleich zwischen Simulation und Windmessungen soll zeigen, wie gut Computermodelle den Wind innerhalb von Windparks berechnen können.

O. Maas, S. Raasch, Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMUK), Leibniz Universität Hannover

Kurzgefasst

- Zukünftige Offshore-Windparks sind deutlich größer als bisherige Windparks.
- Über die Auswirkungen solch großer Windparks auf das Strömungsfeld und die Meteorologie ist bisher wenig bekannt.
- Das beste Werkzeug für solche Untersuchungen ist ein turbulenzauflösendes Modell, ein sogenanntes Large-Eddy-Simulationsmodell.
- Ob das Modell die tatsächliche Strömung realitätsgetreu wiedergibt muss durch einen Vergleich mit Windmessungen in den Windparks bestätigt werden.

Im Zuge der Energiewende werden in der deutschen Nord- und Ostsee immer mehr Windparks installiert. Bisherige Windparks umfassen bis zu 100 Windturbinen, zukünftige Windparks umfassen jedoch bis zu 1000 Windturbinen. Da ein Großteil der ausschließlichen Wirtschaftszone in der deutschen Nordsee mit zusammenhängenden Windparks belegt sein wird, können diese auch als ein gemeinsamer Windpark mit bis zu 10000 Windturbinen aufgefasst werden. Über die Auswirkungen solch großer Windparks auf das Strömungsfeld und die meteorologischen Bedingungen im und hinter dem Windpark ist bisher wenig bekannt. Zudem stoßen klassische Modelle zur Ertragsabschätzung an ihre Grenzen, da sie mit Daten von kleinen Windparks justiert wurden. Für Windparks dieser neuen Größenordnung gelten vermutlich neue Gesetzmäßigkeiten und es treten neue meteorologische Effekte auf. Das beste Werkzeug für die Untersuchung dieser Effekte ist ein Simulationsmodell, das die turbulenten Windschwankungen mit berechnet, ein sogenanntes Large-Eddy-Simulationsmodell. Das am Institut für Meteorologie und Klimatologie Hannover entwickelte Modell PALM soll hier verwendet werden. Es ist dafür ausgelegt die große Rechenleistung der Supercomputer des HLRN möglichst effizient zu nutzen. Obwohl mit PALM aufgrund der Turbulenzberücksichtigung sehr genaue Ergebnisse erzielt werden können, muss die Korrektheit des Modells durch

einen Vergleich der Simulationsergebnisse mit Windmessungen aus realen Windparks bestätigt werden. Dafür wird die Wettersituation eines bestimmten Tages nachsimuliert und es werden Kopien der realen Windenergieanlagen im Modellgebiet platziert. Dabei wird ein Windpark ausgesucht, in dem möglichst viele Messungen gemacht wurden, mit denen die Simulationsergebnisse verglichen werden können. Der Vorteil der Simulation ist, dass an jedem Ort des Raumes zu jedem Zeitpunkt Windgeschwindigkeit, -Richtung und Temperatur bekannt sind. Solche dreidimensionalen Messungen sind in der Realität leider nicht möglich. Es gibt jedoch zweidimensionale Windmessungen, die mit Hilfe eines scannenden Laserstrahls gemacht werden. Diese Messungen eignen sich sehr gut für einen Vergleich. Damit Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperaturschichtung mit der Realität übereinstimmen, wird das Modell mit einem Wettervorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes gekoppelt.

Um mehr über das Verhalten des Windes in großen Offshore-Windparks zu erfahren wurden im letzten Antragszeitraum mehrere Simulationen mit bis zu 90 km langen Windparks durchgeführt. Abbildung 1 zeigt die Windgeschwindigkeit in und um solch einen Windpark aus 768 Windrädern. Hier treten Effekte auf, die bei kleineren Windparks nicht zu sehen sind. Z.B. ändert der Wind im Windpark seine Richtung (gegen den Uhrzeigersinn). Die Windgeschwindigkeit nimmt im letzten Teil des Windparks sogar wieder zu. Dies wird durch die Windrichtungsänderung und die Druckunterschiede zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten hervorgerufen. Dadurch ist die Windgeschwindigkeit im Nachlauf des Windparks sogar höher als vor dem Windpark. Durch die Wirkung der Corioliskraft, die auf der Nordhalbkugel nach rechts wirkt (relativ zur Strömungsrichtung), dreht der Wind wieder im Uhrzeigersinn auf seine ursprüngliche Richtung.

In größerer Höhe über dem Windpark (ca. 1000 m) passiert etwas Gegenteiliges: Die Windgeschwindigkeit nimmt zu und der Wind dreht im Uhrzeigersinn (Abb. 2). Das führt dazu, dass die Windrichtung im Nachlauf des Windparks sich deutlich mit der Höhe ändert und eine seitliche Windscherung entsteht.

WWW

<https://www.muk.uni-hannover.de/>

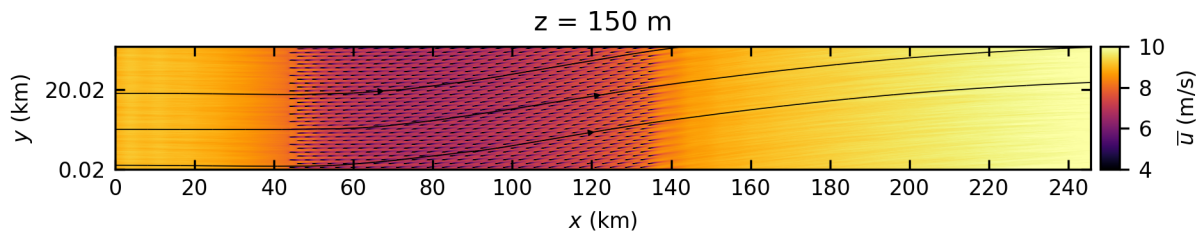


Abbildung 1: Ergebnis einer Simulation eines Windparks aus 768 Windturbinen, Anströmung von links. Farblich dargestellt ist die mittlere Windgeschwindigkeit in 150 m Höhe. Die Stromlinien zeigen die Windrichtung an.

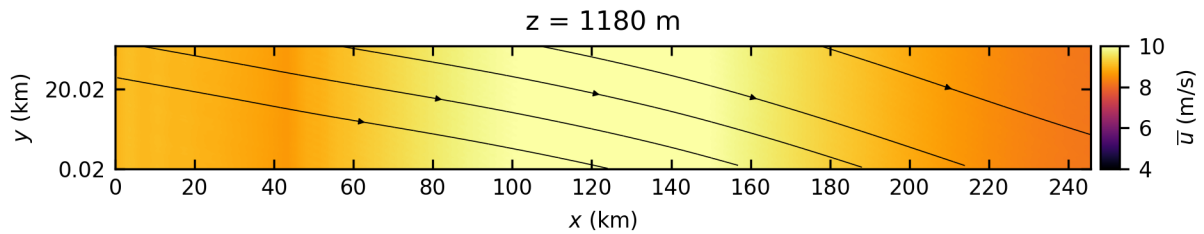


Abbildung 2: Ergebnis einer Simulation eines Windparks aus 768 Windturbinen, Anströmung von links. Farblich dargestellt ist die mittlere Windgeschwindigkeit in 1180 m Höhe. Die Stromlinien zeigen die Windrichtung an.

Weitere Informationen

Projektpartner

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)