

X-Wakes: Large-Eddy- & Mesoskalensimulationen der Atmosphären-Windparkcluster-Interaktion

Ableitung von Parametrisierungen & Szenarienrechnungen für den zukünftigen großräumigen Ausbau der Offshore-Windenergienutzung

G. Steinfeld¹, M. Dörenkämper²,
S. K. Siedersleben³, ¹ForWind - Institut für
Physik, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg,
²Fraunhofer IWES - Oldenburg

Kurzgefasst

- LES-Simulationen von ganzen Offshore-Windparkclustern
- Mesoskalige Szenarienrechnungen des Offshore-Ausbaus
- Gekoppelte Meso-Mikroskalenrechnungen von Küsteneffekten

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi - FKZ 03EE3008A-G) geförderte Forschungsprojekt X-Wakes beschäftigt sich mit der Interaktion von großskaligen Windpark- und Windparkclusternachläufen mit der marinen atmosphärischen Grenzschicht [1]. Im Rahmen des Projekts werden umfangreiche Messungen mit Flugsystemen und LiDAR-Geräten sowie Satellitendaten genutzt, um numerische Simulationsmodelle zu validieren.

Im Rahmen des Projekts führen die Projektpartner ForWind - Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fraunhofer Institut für Windenergiesysteme (IWES) und Karlsruhe Institut für Technologie (KIT) Grobstruktur- (LES) und mesoskaligen Simulationen durch.

Large-Eddy Simulationen Im Projekt X-Wakes werden LES-Simulationen genutzt, um Ansammlungen mehrerer Offshore-Windparks mit mehreren hundert Windenergieanlagen (WEA), sogenannte Offshore-Windparkcluster, zu simulieren. Das Modell PALM wird dazu verwendet, um sowohl die Bereiche vor den Offshore-Windparkclustern als auch die Bereiche dahinter, in denen die Windgeschwindigkeit durch Vorstau- (der sogenannte Global Blockage Effekt) und Nachlaufeffekte reduziert ist, detailliert zu erfassen. Die Interaktion von Offshore-Windparkclustern mit der Grenzschicht unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen ist Schwerpunkt der Untersuchungen. Im ersten Jahr dieses HLRN-Projekts wurden mit dem LES-Modell PALM Simulationen der durch den Windparkcluster N-4 in der Deutschen Bucht modifizierten Strömungsbedingungen durchgeführt. Dieser Windparkcluster enthält insgesamt 208 Windenergieanlagen

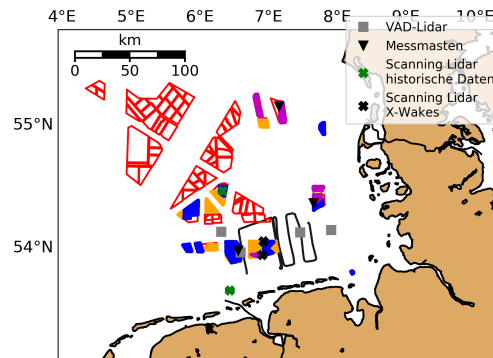


Abbildung 1: Stand des Windenergieausbaus in der Nordsee im Januar 2020 und Messungen im Projekt X-Wakes mit einem möglichen Flugmuster für westliche Anströmung (schwarze Linie). Blaue Windparks befinden sich im operationellen Betrieb, orange Windparks befinden sich im Bau oder sind geplant, rote Polygone kennzeichnen potentielle Gebiete für den weiteren Ausbau.

und besitzt eine räumliche Erstreckung von etwa 9,3 km in West-Ost-Richtung und 21,3 km in Nord-Süd-Richtung. Das verwendete Modellgebiet hatte eine horizontale Erstreckung von etwa 41 km x 82 km in der Horizontalen. Bei einer räumlichen Auflösung von bis zu 5 m bestand das verwendete Modellgitter aus bis zu $1,7 \times 10^{10}$ Gitterpunkten. Die Windenergieanlagen wurden über eine Aktor-Sektor-Methode modelliert. Zunächst wurde die Interaktion des Windparkclusters mit einer stabil geschichteten Atmosphäre (Obukhov-Länge von 72 m) untersucht, da für stabile Schichtungen langreichweitige Effekte des CLusters auf die Strömungsbedingungen erwartet wurden. Die Simulationen zeigten, dass die Windgeschwindigkeit vor dem Cluster bereits deutlich vor der Induktionszone der einzelnen Windenergieanlagen und zwar um mehrere Prozent abnimmt. Entsprechende Effekte sollen im Rahmen des X-Wakes-Projekts in stark parametrisierte und damit schnellen Windparkmodellen implementiert werden, um Möglichkeiten zu schaffen, zukünftig Erträge von Windparkclustern genauer abschätzen zu können.

Neben dem Modell PALM wird im Projekt auch das Modell WRF-LES verwendet, um den Einfluss der Küste auf die Offshore-Windbedingungen zu untersuchen. Das WRF-Modell ermöglicht das Nesting von LES-Gebieten in mesoskaligen Simulationen und erlaubt somit auch die Untersuchung weniger idealisierter Fälle. Die Küste im Wattenmeer ändert

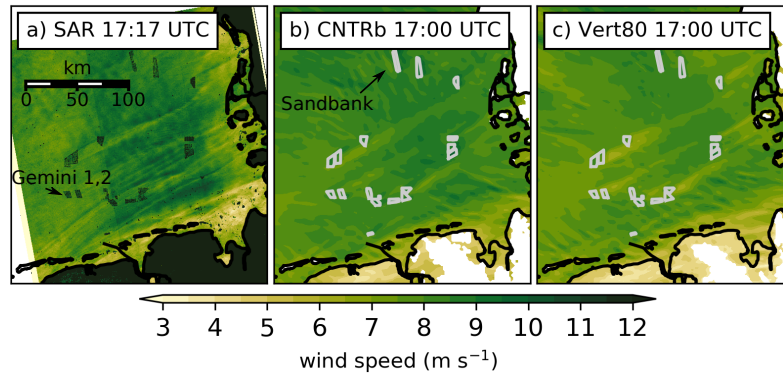


Abbildung 2: Der Einfluss von Offshore-Windparkclustern auf das Windfeld der Deutschen Bucht, (a) beobachtet in 10-m Höhe via Satellit und (b-c) simuliert mit dem mesoskaligen Modell WRF[2].

sich aufgrund der Gezeiten ständig, folglich ändert sich auch die Oberflächenrauigkeit an den Küsten und damit die Anströmung auf die Windparks bei ablandigem Wind. In den bisher durchgeführten Arbeiten zeigte sich, dass die bisher in den Simulationen verwendeten Meeresoberflächentemperaturen im Küstenbereich größere Abweichungen zu Messdaten besitzen. Bereits kleine Fehler in der Meeresoberflächentemperatur können die atmosphärische Schichtung und damit das Windprofil stark beeinflussen. Im weiteren Projektverlauf sollen daher mit Flugzeug gemessene Meeresoberflächentemperaturen in die WRF-Simulationen assimiliert werden. Hochauflösende Simulationen mit WRF-LES werden einen Einblick in den Einfluss der Gezeiten und der sich dadurch ändernden Bedingungen am Boden auf die marine atmosphärische Grenzschicht liefern.

Mesoskalige Simulationen Mit Hilfe mesoskaliger Simulationen wird untersucht, wie sich der Ausbau der Offshore-Windenergienutzung auf die Windbedingungen in der Deutschen Bucht auswirkt. Seit 2013 ist die Zahl der Windparks dort deutlich gewachsen: 2019 waren 21 Windparks mit mehr als 1000 WEA am Netz. Um ihren Einfluss auf die Strömungsbedingungen in der Deutschen Bucht zu quantifizieren, wird eine Referenzsimulation der Jahre 2012-2019 ohne WEAs durchgeführt. Es folgen Simulationen unter Berücksichtigung des realen Ausbaus in den Jahren 2012-2019. Es handelt sich um die ersten Simulationen eines langjährigen realen Windparkausbaus. Die Ergebnisse werden mit Satellitenmessungen (vgl. Abbildung 2) evaluiert. Später sollen in Szenarienrechnungen auch alle Windparks berücksichtigt werden, deren Errichtung bis zum Jahr 2030 geplant ist.

Fazit und Ziel Das Projekt X-Wakes hat das Ziel, Unsicherheiten in der Abschätzung des Ertrags von Offshore-Windparkclustern zu reduzieren und den Ausbau der Offshore-Windenergie nachhaltig zu gestalten. Wichtiges Element ist hier das genaue-

re Prozessverständnis der Interaktion großer und sehr großer Offshore-Windparks mit der atmosphärischen Grenzschicht auf der Skala einzelner sehr großer Parks bis hin zur großräumigen Nutzung der Windenergie in der Nordsee. Basierend auf LES-Simulationen sollen Windparkparametrisierungen in mesoskaligen Modellen und in Industriemodellen verbessert werden. Weitere LES sollen Aufschluss über die Modifikation der Windbedingungen im Küstenbereich liefern und verbesserte Simulationen der Anströmbedingungen von Offshore-Windparks und deren Erträge ermöglichen. Die mesoskaligen Simulationen sollen die besonders durch Clusternachläufe beeinflussten Gebiete in der Deutschen Bucht aufzeigen. Die Ergebnisse werden eine solide Grundlage für einen weiteren Windenergieausbau in der Deutschen Bucht bilden.

WWW

<http://www.forwind.de>

Weitere Informationen

- [1] Pressemitteilung X-Wakes Projektstart
<https://www.forwind.de/de/presse/news/20191111-wie-verandern-windparks-auf-see-den-wind>
- [2] Siedersleben, S. K., Platis, A., Lundquist, J. K., Djath, B., Lampert, A., Bärfuss, K., Canadillas, B., Schultz-Stellenfleth, J., Bange, J., Neumann, T., and Emeis, S.: Observed and simulated turbulent kinetic energy (WRF 3.8.1) overlarge offshore wind farms, *Geosci. Model Dev. Discuss.*, accepted, 2019
<https://doi.org/10.5194/gmd-2019-100>

Projektpartner

³KIT - Karlsruhe Institut für Technologie

Förderung

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie - FKZ 03EE3008