

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

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

Das am 01.11.2019 gestartete und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi - FKZ 03EE3008A-G) geförderte Forschungsprojekt X-Wakes [gesprochen: Cross-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 bemannten und unbemannten Flugsystemen, laserbasierten Messungen und Satellitendaten dazu genutzt, Daten für die Validierung umfangreicher numerischer Simulationen aufzuzeichnen.

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

Large-Eddy Simulationen Im Projekt X-Wakes sollen erstmals LES-Simulationen genutzt werden, um Ansammlungen mehrerer Offshore-Windparks mit mehreren hundert Windenergieanlagen (WEA), sogenannte Offshore-Windparkcluster, zu simulieren. Das Modell PALM (Parallelized LES Model) 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. Die Ergebnisse der PALM-LES-Läufe sol-

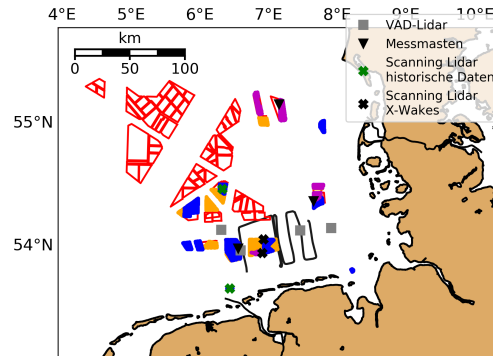


Abbildung 1: Der aktuelle Stand des Windenergieausbaus in der Nordsee und die zur Verfügung stehenden Beobachtungen im Projekt X-Wakes. Blaue Windparks befinden sich im operationellen Betrieb, orange Windparks befinden sich im Bau oder sind geplant, rote Polygone kennzeichnen potentielle Gebiete für weitere Windparks in der Zukunft. Die schwarze Linie zeigt ein mögliches Flugmuster des Forschungsflugzeugs bei westlicher Anströmung.

len mit Flugzeug- und Lidarmessungen, wie sie in Abbildung 1 skizziert sind, evaluiert werden.

Neben dem Modell PALM soll das Modell WRF-LES (Weather Research and Forecasting Model) verwendet werden, um den Einfluss der Küste auf die Windscherung offshore 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 sich aufgrund der Gezeiten ständig, folglich ändert sich auch die Oberflächenrauigkeit an den Küsten und damit die Anströmung auf die Windparks bei ablandigem Wind. Im Vergleich zu PALM wird das Modell WRF-LES mit einer gröberen Auflösung rechnen. Das erlaubt es sowohl den Küstenbereich als auch die Standorte der Offshore-Windparkcluster in einer Domain zu beinhalten und den Gezeiteneffekt zu berücksichtigen. Des Weiteren werden zusätzliche hochauflösende Simulationen 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 soll untersucht werden, wie sich der bisherige Ausbau der Offshore-Windenergie auf die Windbedingungen in der Deutschen-Bucht aus-

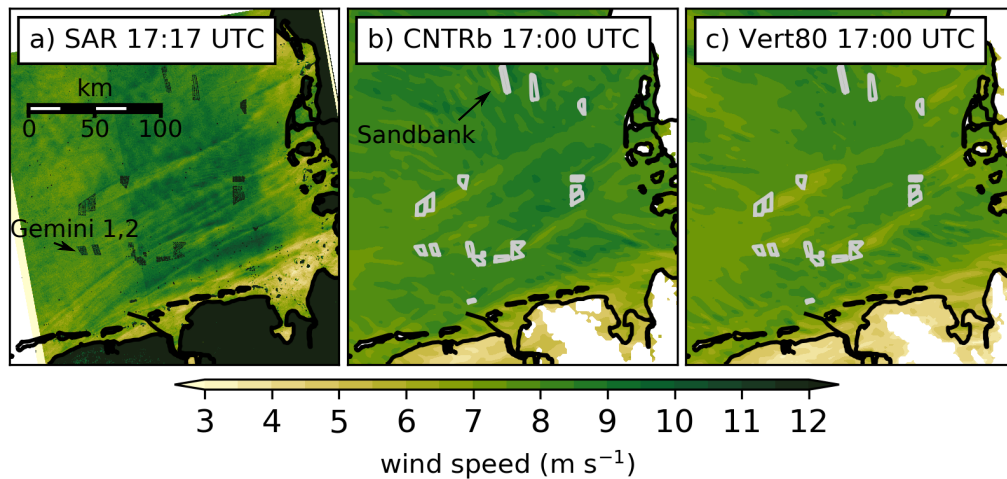


Abbildung 2: Der Einfluss von Offshore-Windparkclustern auf das Windfeld der Deutschen Bucht, (a) beobachtet in 10-m Höhe via Satellit und (b-c) simuliert mit dem mesoskaligen Modell WRF[2].

gewirkt hat. Der erste Windpark, der in der Nordsee gebaut worden ist, war der Windpark *alpha ventus* im Jahr 2010. Seit 2013 ist dann die Anzahl der Windparks in der Deutschen Bucht deutlich angewachsen: 2019 waren schließlich bereits 21 Windparks am Netz mit mehr als 1000WEA. Um den Einfluss der Windparks auf die Strömungsbedingungen in der Deutschen Bucht zu quantifizieren, wird eine Referenzsimulation der Jahre 2012-2019 ohne WEAs durchgeführt. Anschließend werden Simulationen unter Berücksichtigung des realen Ausbaus in den Jahren 2012-2019 simuliert. Die mesoskaligen Simulationen haben eine Auflösung von ca. 1,5 km und werden die ersten Simulationen eines langjährigen realen Windparkausbaus sein. Die Ergebnisse werden mit Satellitenmessungen (vgl. Abbildung 2) evaluiert werden. Im weiteren Verlauf des Projekts (ab Mitte 2021) sollen in Szenarienrechnungen auch alle Windparks berücksichtigt werden, die bis zum Jahr 2030 geplant sind.

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 genauere 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. Dazu wird das HLRN-Projekt in folgenden Punkten beitragen: Basierend auf den PALM-LES-Simulationen sollen Windparkparametrisierungen in mesoskaligen Modellen und in Industriemodellen verbessert werden. Die WRF-LES Simulationen sollen Aufschluss über die maximal auftretenden Windscherungen geben, die durch die Inhomogenitäten im Küstenbereich entstehen. Da-

durch soll der Ertrag von Offshore-Windparkclustern besser abgeschätzt werden können. Die mesoskaligen Simulationen sollen zeigen, welche Gebiete in der Deutschen Bucht besonders von den Nachläufen der Offshore-Windparkcluster beeinflusst sind. Die Ergebnisse dieser Simulationen 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