

# Hochaufgelöste SAR-Windfelder um Offshore Windfarmen: Betrachtung der Abschattungseffekte und möglicher Reduktionen des Stromertrags.

Jacobsen <sup>1</sup>, J. Hieronimus <sup>2</sup>, J. Schneemann <sup>2</sup>, E. Schwarz <sup>3</sup>, H. Daedelow <sup>3</sup>



Abb 1. Ort und Anordnung der Turbinen des Alpha Ventus Wind Parks. Kreuzsymbole und Kreise symbolisieren Turbinen unterschiedlicher Durchmesser von 126 m bzw. 116 m. Ein LiDAR wurde an der Verteilerstation betrieben (○) und zwei auf der Forschungsplattform Fino1 (□).

## HINTERGRUND

Satellitengestützte Mikrowellensensoren wie Scatterometer und Synthetisches Apertur Radar (SAR) verwenden Geophysikalische Modellfunktionen (GMFs) um die beobachtete Radarrückstreuung in Bezug zur Rauigkeit der Meeresoberfläche durch die entsprechenden Windverhältnisse zu setzen.

Diese Modellfunktionen beruhen jedoch auf SAR oder Scatterometer Mittelwerten über großen Flächen[1] und sind daher nicht ohne weiteres auf die Untersuchung kleinskaliger Windstrukturen wie Turbinenwirbelschleppen oder Böen zu übertragen. SAR Bilder zeigen Radarrückstreuung in einer sehr hohen Auflösung und decken gleichzeitig große Gebiete mit einer Aufnahme ab. Ein aktueller direkter Vergleich von SAR-basierten Windfeldern und vor-Ort messendem Doppler LiDAR beim deutschen Windpark Alpha Ventus zeigte eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen den Datensätzen auch in Bezug auf kleinskalige Windvariationen[2,3] (Abb. 2). Vor diesem Hintergrund erscheint die Nutzung von SAR Bildern zur Schätzung des Stromerzeugungspotentials sinnvoll. SAR Bilder der Nordsee zeigen regelmäßig ein Rückgang der Windgeschwindigkeit um 20% bis zu 80 km hinter Offshore Windfarmen. Die Energieausbeute nimmt mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit ab, so dass bei 20% niedrigerer Windgeschwindigkeit nur noch knapp 50% des Stroms erzeugt wird. Ertragsrechnungen für geplante Windparks basieren auf Langzeitstatistiken und auf regionalen Winddaten vorangegangener Jahre. Sie beziehen die Abschattungseffekte existierender und geplanter Windparks nicht mit ein und liefern daher keine realistische Abschätzung der Energieerträge. Mit SAR Basierten Winddaten können die Windschatten vermessen und statistisch untersucht werden, um die Verlässlichkeit von Ertragsprognosen für existierende und geplante Offshore Wind Farmen zu verbessern.

## LITERATUR

- [1] X.-M. Li and S. Lehner, "Algorithm for Sea Surface Wind Retrieval From TerraSAR-X and TanDEM-X Data," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. Early Access Online, 2013.
- [2] S. Jacobsen, S. Lehner, J. Hieronimus, J. Schneemann, and M. Kühn, "Joint Offshore Wind Field Monitoring with Spaceborne SAR and Platform-based Doppler Lidar Measurements," in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2015.
- [3] J. Schneemann, J. Hieronimus, S. Jacobsen, S. Lehner, and M. Kühn, "Offshore wind farm flow measured by complementary remote sensing techniques: radar satellite TerraSAR-X and lidar windscanners," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2015, vol. 625, p. 012015.

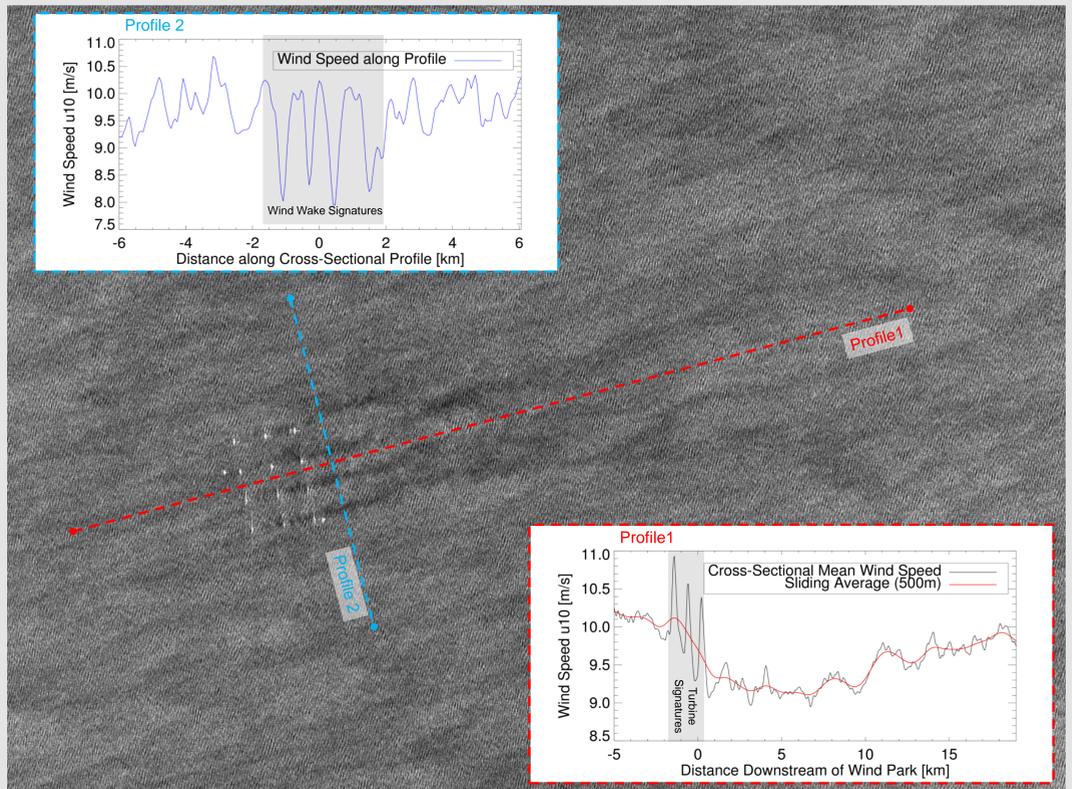


Abb 2: TerraSAR-X Bild der Radarrückstreuung über dem Wind Park Alpha Ventus (23.08.2012). Wirbelschleppen einzelner Turbinen sind sichtbar. Eingelassene Abbildungen zeigen Windgeschwindigkeitsprofile. Die Rückkehr zum Hintergrundwert ist erst ~20 km hinter dem vergleichsweise kleinen Turbinencluster erreicht.

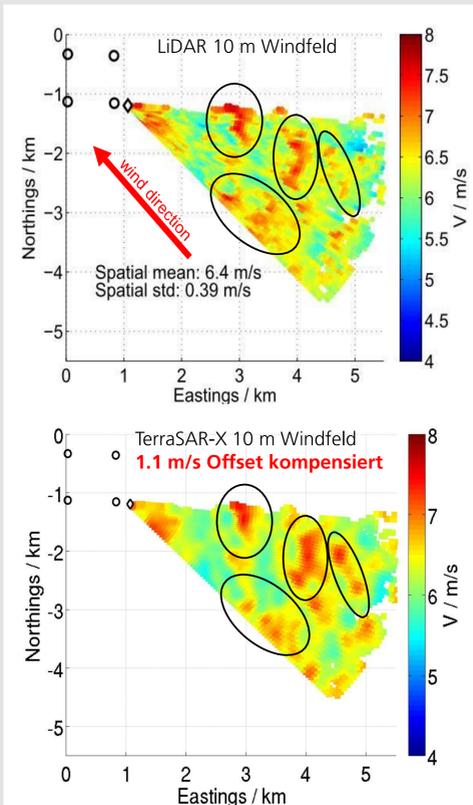


Abb 3: Vergleich von LiDAR Windmessungen (oben) und SAR-basiertem Windfeld (unten)

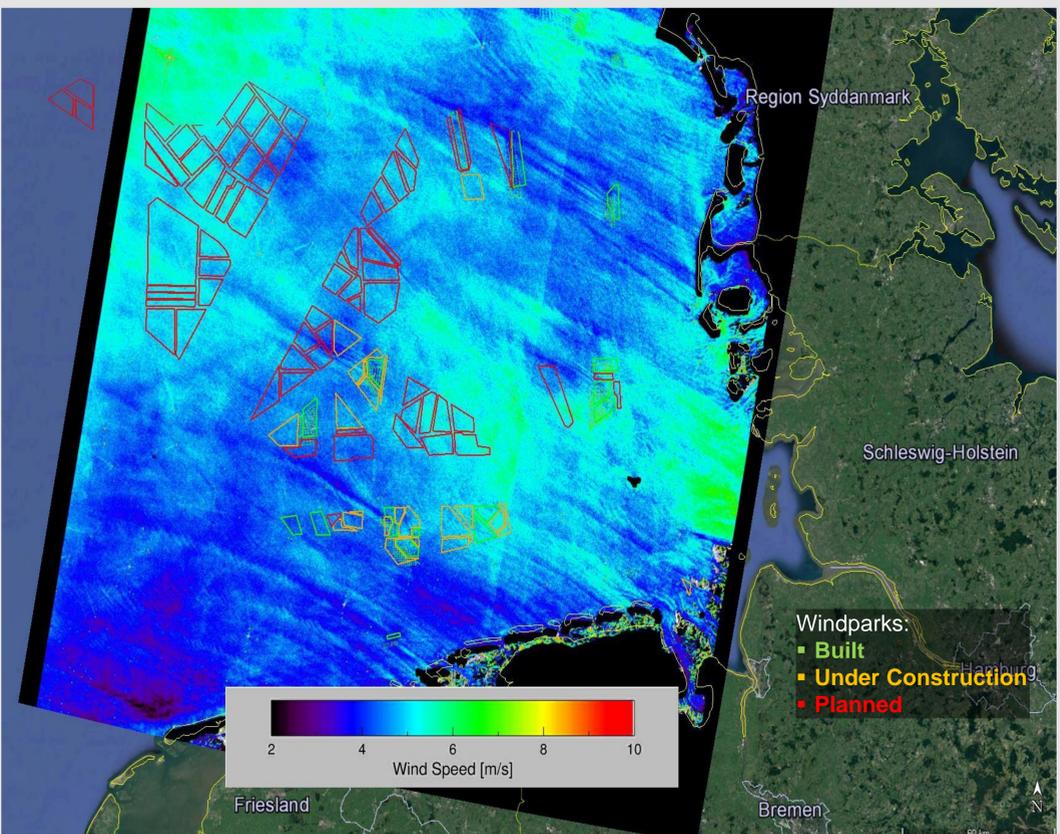


Abb 4: Windfeld in der Deutschen Bucht auf Basis von Sentinel-1 SAR Daten vom 20. August 2015. Windschatten hinter Offshore Windparks dehnen sich bis zu 80 km hinter den Turbinen aus.

## ZUSAMMENFASSUNG

- SAR-basierte Windfelder beschreiben zuverlässig kleinskalige Windvariationen (Abb. 3) und können zur Überwachung von Wirbelschleppensignaturen von Offshore Windturbinen eingesetzt werden (Abb. 2).
- Auf größeren Skalen zeigen sie Abschattungseffekte ganzer Wind Farmen (Abb. 4).
- Bisher sind Abschattungseffekte bei der Planung von Windfarmen unzureichend berücksichtigt.
- Statistische Analysen der Windschatten können zur Beurteilung und Vermessung von Einflüssen auf benachbarte Windparks erstellt werden und bei der Verbesserung von Ertragsprognosen verwendet werden.