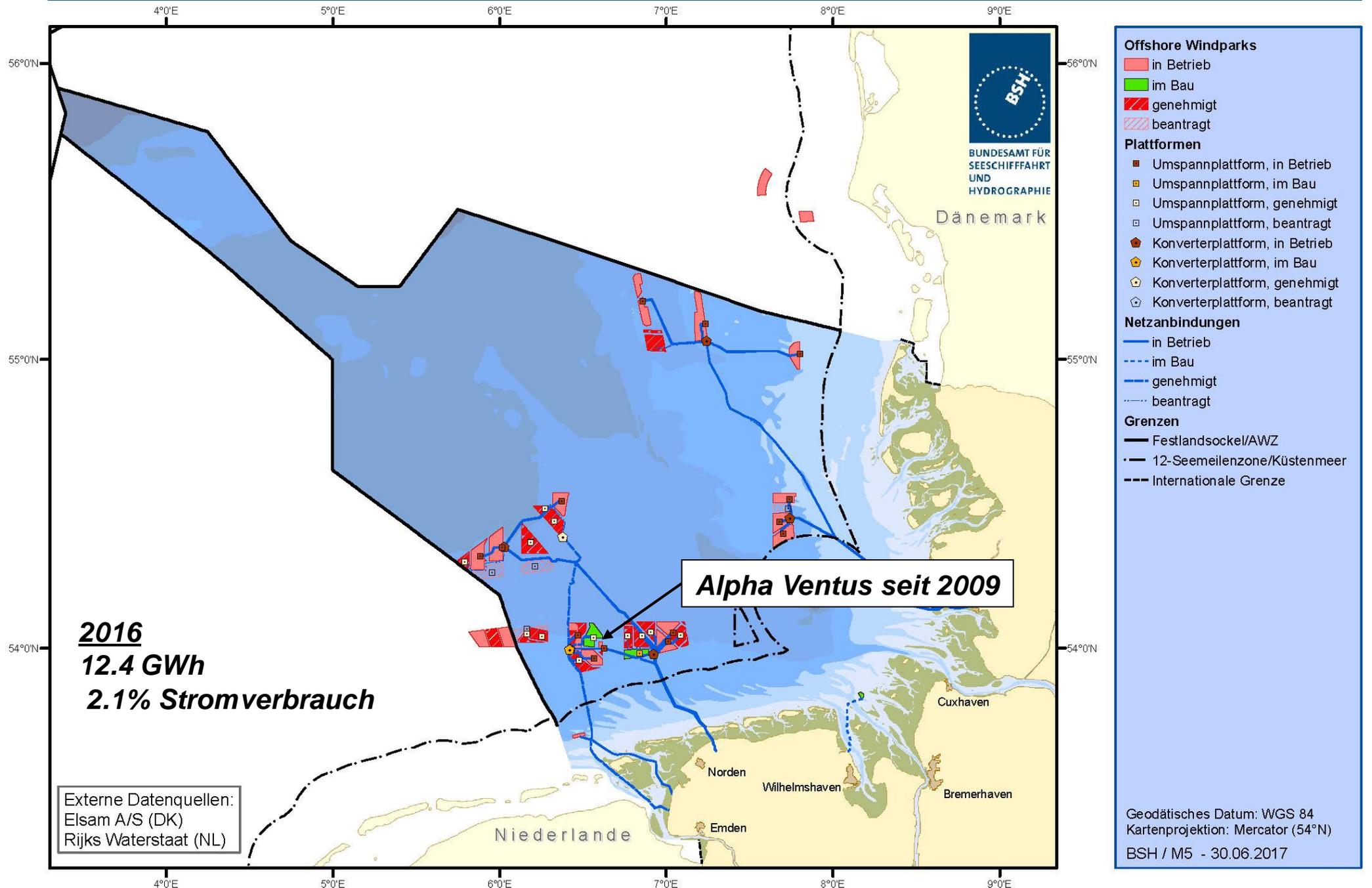


***Offshore-Windenergie: Modellbasierte Untersuchungen zu
Umweltauswirkungen und Bereitstellung von
Informationsprodukten für Planungs-, Bau-, und Betriebsphase***

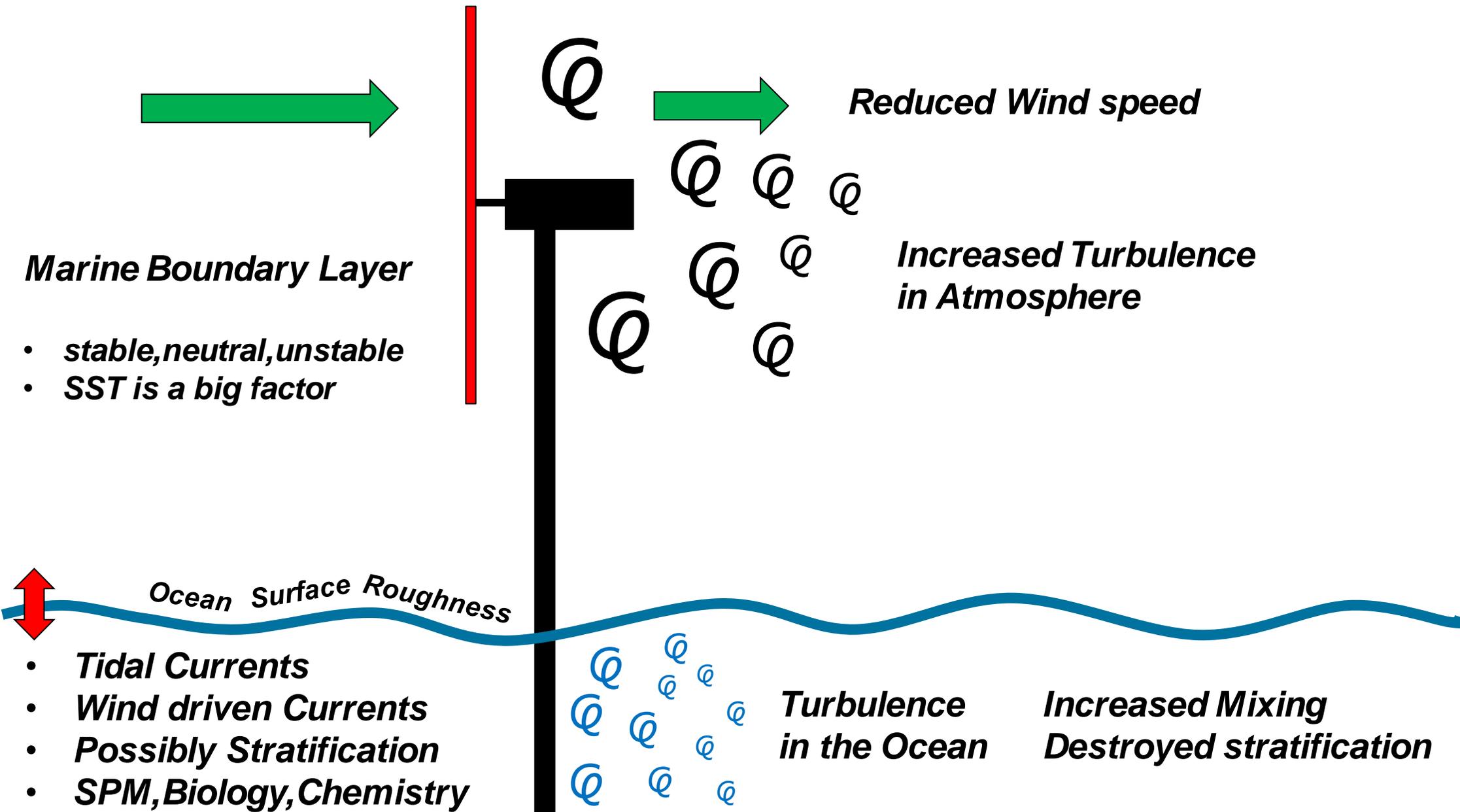
J. Schulz-St., R. Weisse, B. Geyer , B. Rockel , E. Stanev, C. Schrum

***Institut für Küstenforschung
21502 Geesthacht, Max-Planck-Str. 1***

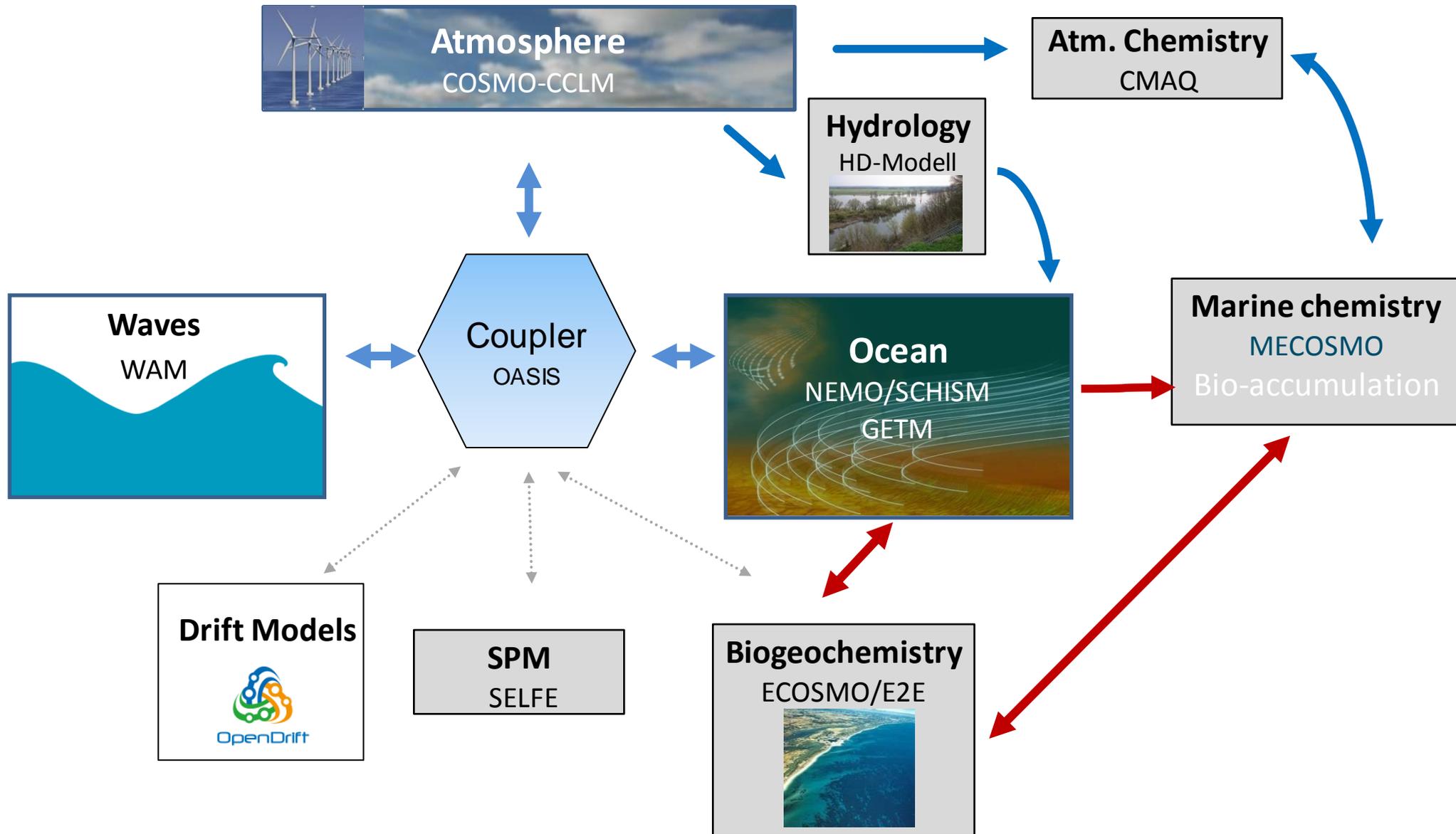
Nordsee: Offshore Windparks



Offshore Windkraftanlagen



GCOAST Modellsystem



Anwendungen numerischer Modell für OWPs

Hintergrundstatistik

- Planung
- Bauphase
- Betriebsphase

Impakt Studien

- Wake Effekte im Wasser
und Atmosphäre

Szenarien

- Test von Windparkdesign
und Positionierung

**Numerische Modelle
für Ozean und Atmosphäre**

Messungen

**Validierung
Optimierung**

Anwendungen numerischer Modell für OWPs

Hintergrundstatistik

- Planung
- Bauphase
- Betriebsphase

Impakt Studien

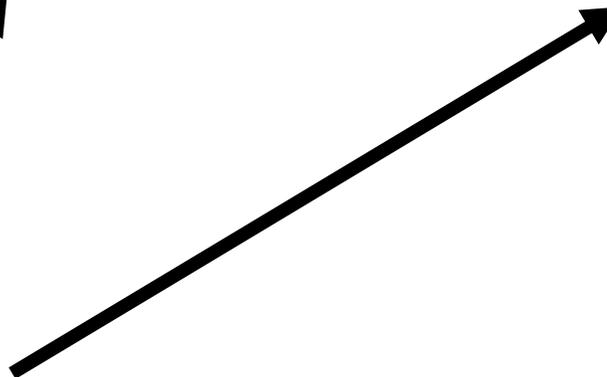
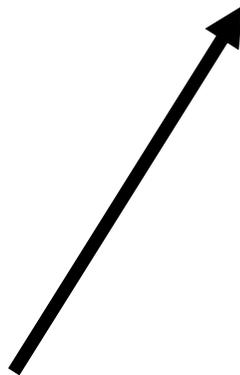
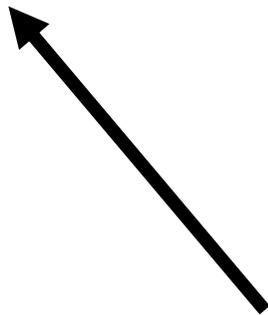
- Wake Effekte im Wasser
und Atmosphäre

Szenarien

- Hypothetischer Windpark
Design und Positionierung

*Numerische Modelle
für Ozean und Atmosphäre*

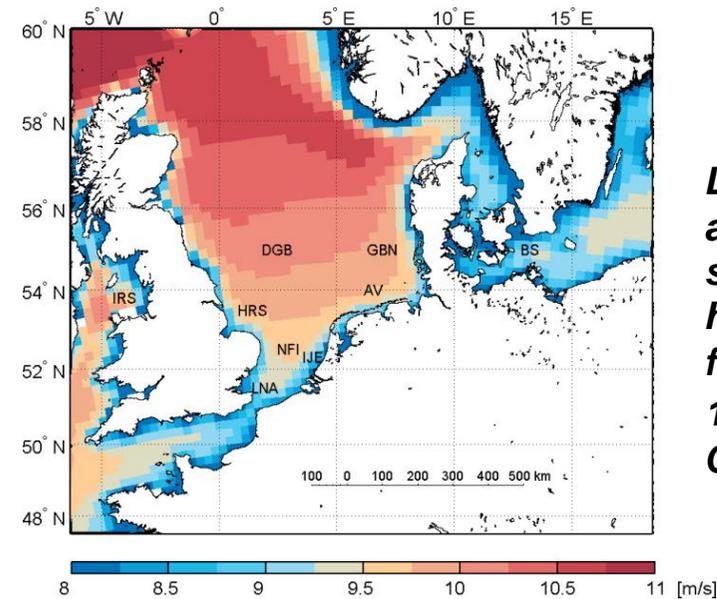
Messungen



CoastDat industrielle Anwendungen für Offshore Windenergie

→ Bedarf nach Meteo-Ozean Statistiken

- Design
(z.B. mittlere Bedingungen, Häufigkeit von extremen Wind oder Wellenbedingungen)
- Logistik
(z.B. Zugänglichkeit während Installation und Betrieb)



Long-term average wind speeds (m/s) at a height of 100 m for the period of 1958–2012.
Geyer et al., 2015

→ Nutzbare Wetterfenster

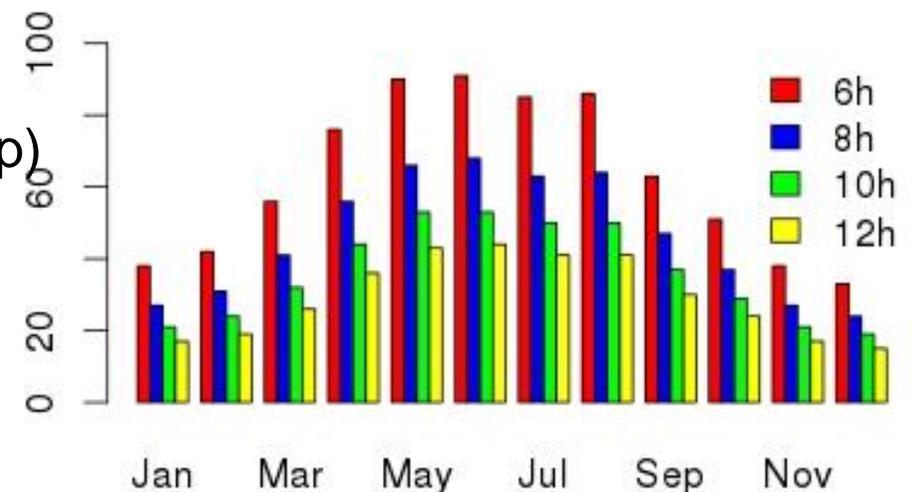
Abhängig von

- Operation (z.B. Beladung, Transfer, jack-up)
- Ausrüstungstyp (z.B. Schiffsgrosse)

→ Optimierung

- Nutzung von Statistiken aus coastDat

Wetterfenster für Hs bis 1,5m



CoastDat Industrielle Anwendungen Offshore Windenergie

→ Beispiel (Hochtief)

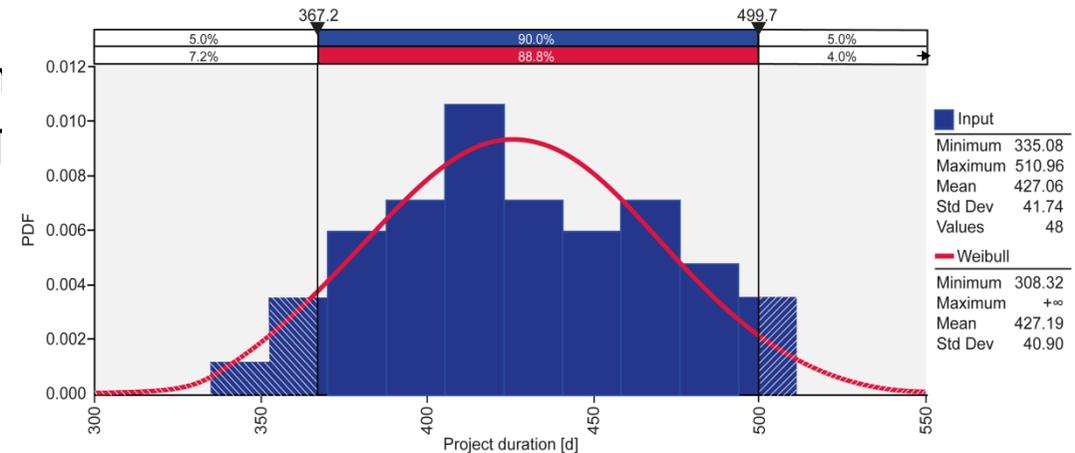
- Verteilung der Projektdauer für die Installation von 90 turbines basierend auf COASTDAT

→ Verwendung

- z.B. Optimierung von Verfahren
(*Schiffstyp, Startzeitpunkt, ...*)
- Einschätzung von Risiken einer Planung
(z.B. *Variabilität, zu wenige Wetterfenster*)

→ coastDat in operationeller Nutzung

Wir von fast allen Windparks in der Deutschen Exclusive Economic Zone in der Nordsee und Ostsee genutzt.



(Courtesy: Florian Stempinski, Hochtief)



Weisse et al., 2015.

Anwendungen numerischer Modell für OWPs

Hintergrundstatistik

- Planung
- Bauphase
- Betriebsphase

Impakt Studien

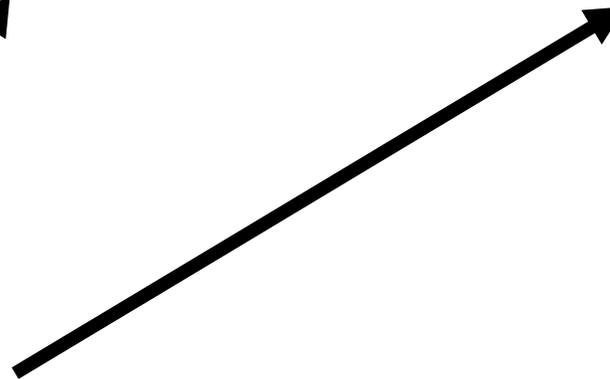
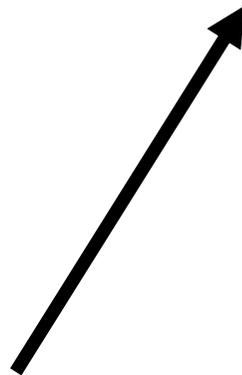
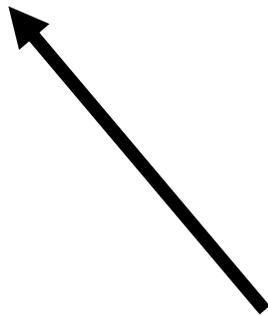
- Wake Effekte im Wasser
und Atmosphäre

Szenarien

- Hypothetischer Windpark
Design und Positionierung

*Numerische Modelle
für Ozean und Atmosphäre*

Messungen



Objectives

- **Analysis of offshore wind park (OWF) far field effects**
- **Analysis of individual wind farm wakes and interactions between wakes from different OWFs**
- **Understand impact of atmospheric stability on wakes (e.g., length and intensity of wakes)**
- **Improve ocean surface roughness parameterisation using ocean wave information**

**BMW funded project
(2015-2018)**

Partners



Methodology

1. Simulations

- **Use of numerical and parametric atmospheric models (KIT/HZG)**
- **Study impact of ocean wave related roughness on atmosphere (KIT/HZG)**

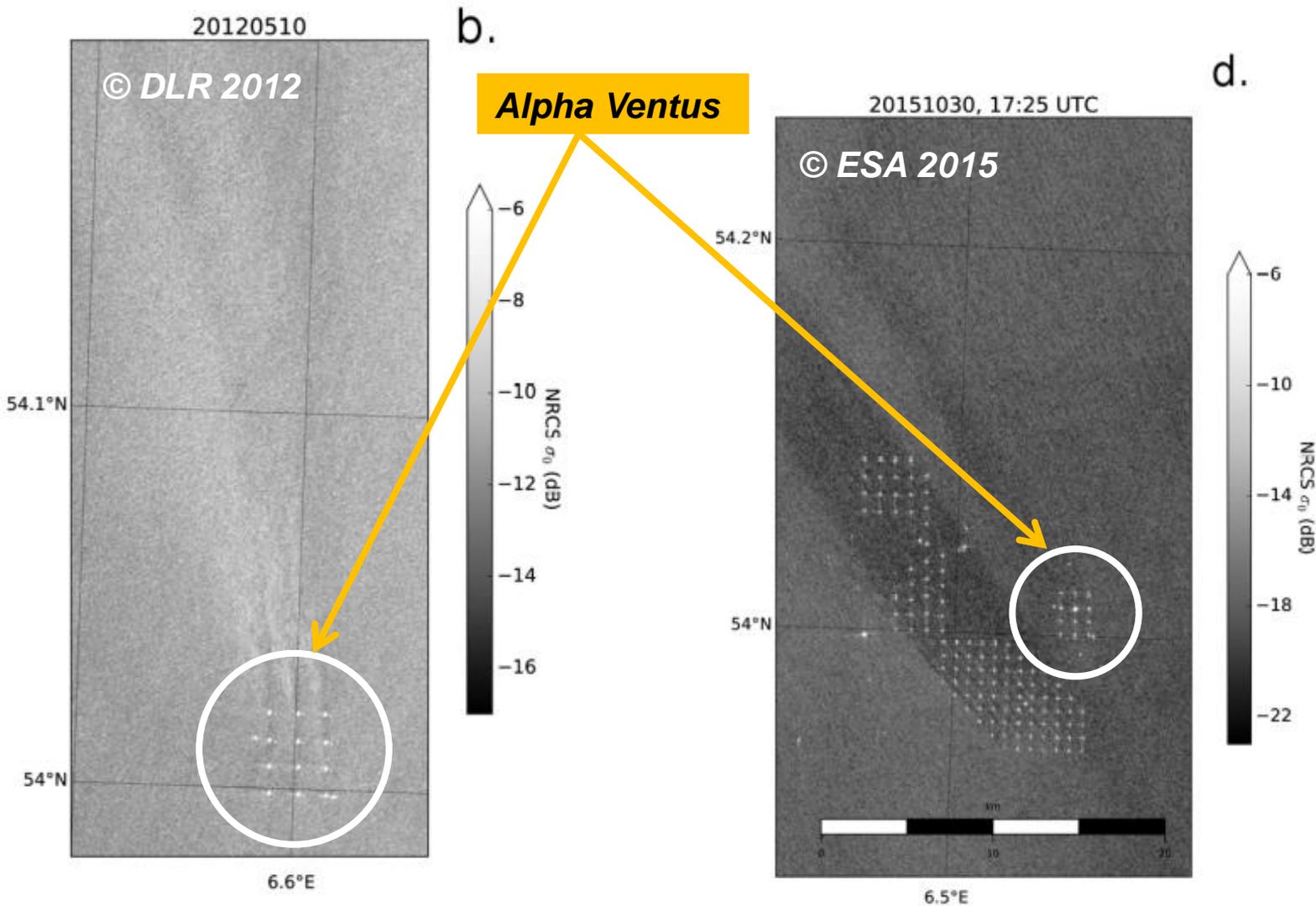
2. Observation data:

- **Analysis of wakes using Sentinel-1 and TerraSAR-X SAR (Synthetic Aperture Radar) images (HZG)**
- **Air borne campaigns (TUB, EKUT, DEWI)**
- **Platform data (FINO-1)**

C-band und X-band SAR Szenen mit Alpha Ventus

TerraSAR-X

SENTINEL-1

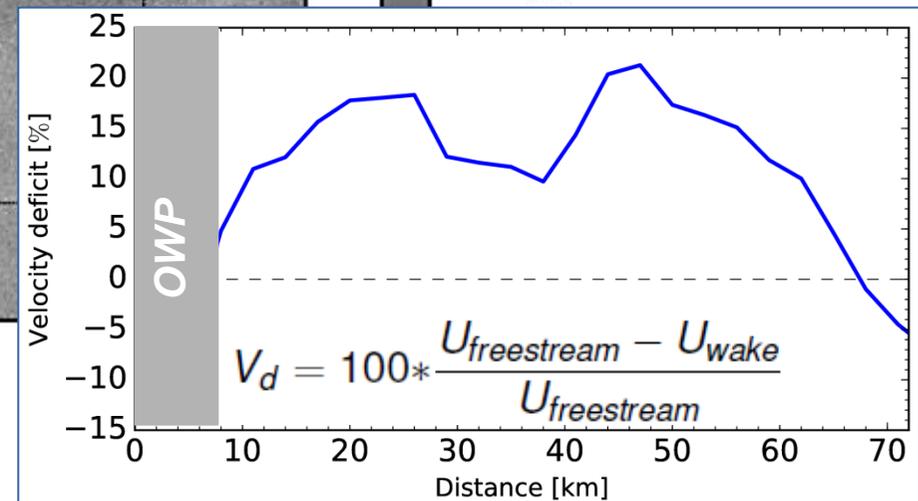
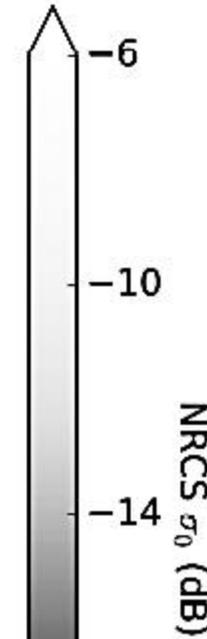
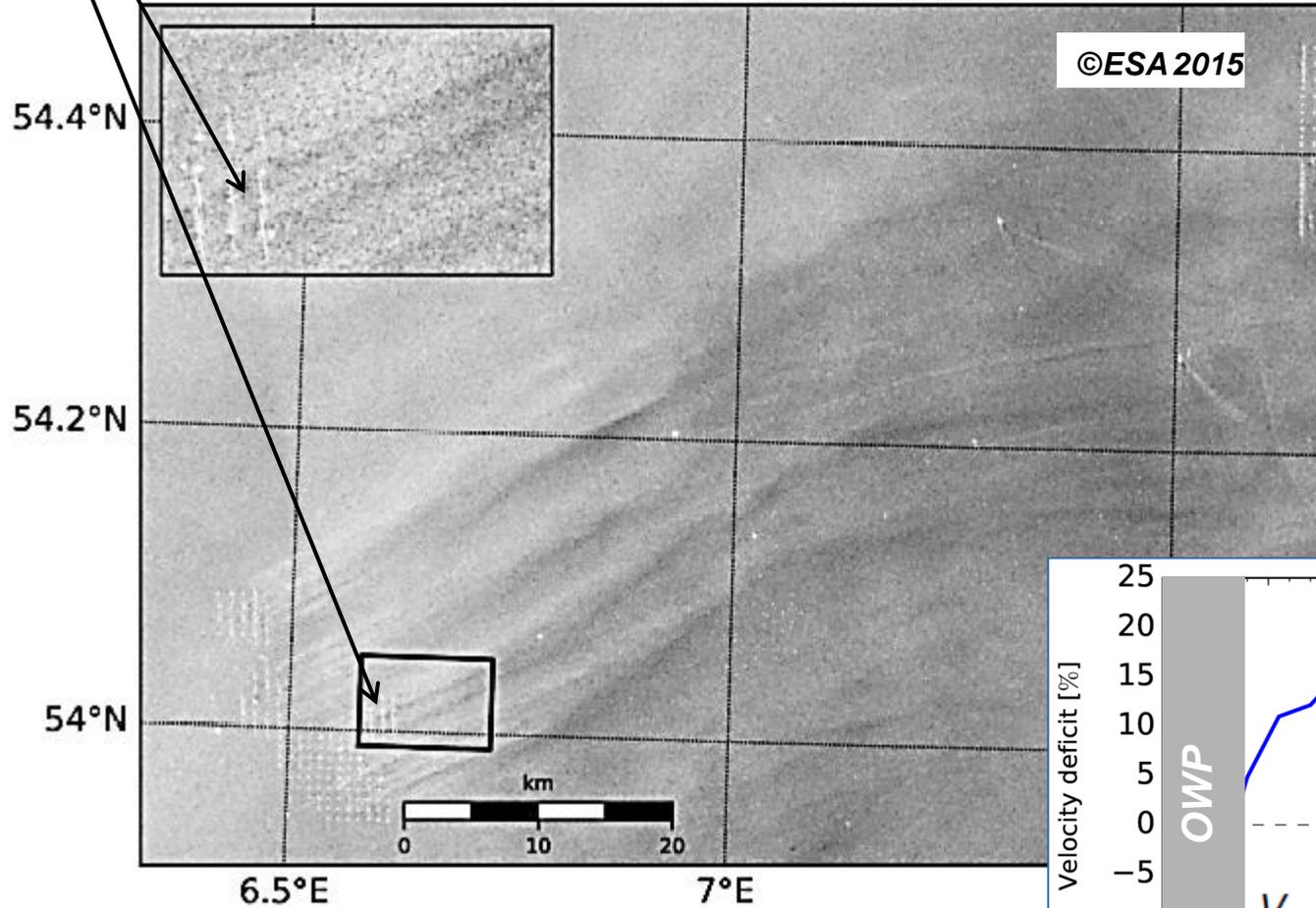


**Bildhelligkeit entspricht
kleinskaliger Rauigkeit
der Meeresoberfläche**

Wakes in the Atmosphere behind OWPs auf SENTINEL-1 SAR Szene

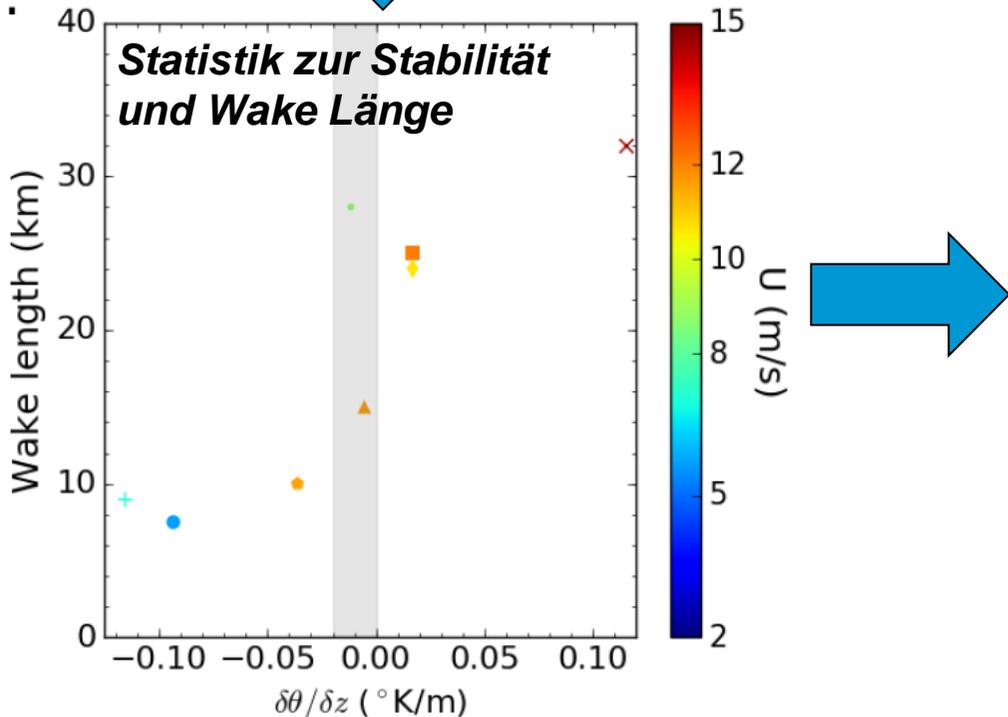
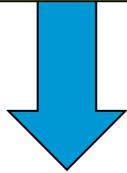
Alpha Ventus

20150522, 17:16 UTC

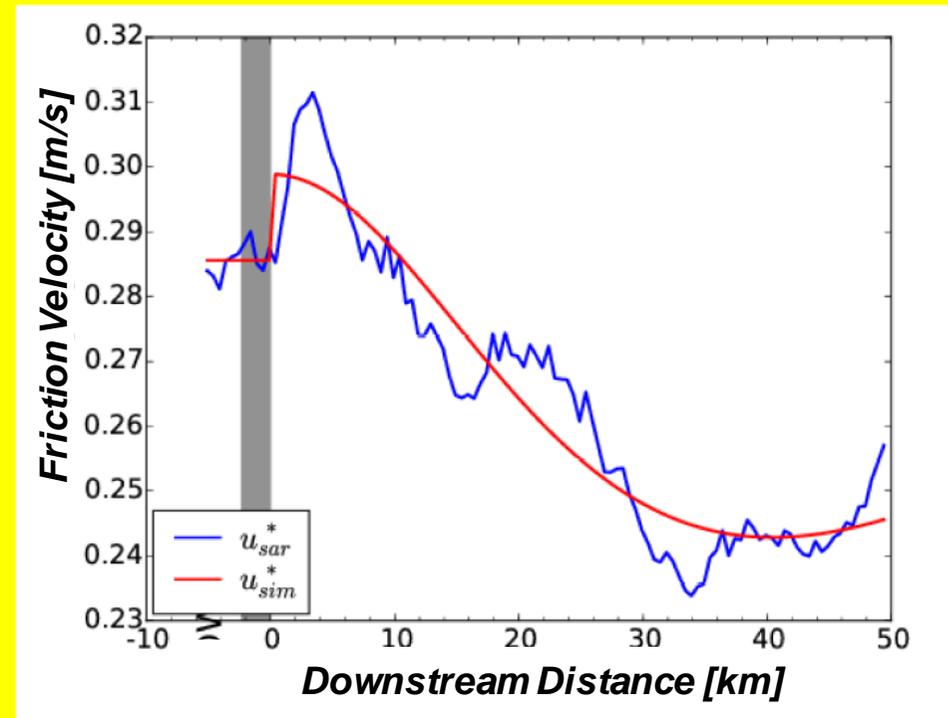


Statistische Analyse mit SAR und FINO-1

Satelliten SAR
+
FINO-1



Semi-empirisches Modell



Semi-empirisches Modelle zur Beschreibung der Wake-Abhängigkeit von atmosphärischen Parametern

Sediment Wakes hinter OWP Turbinen

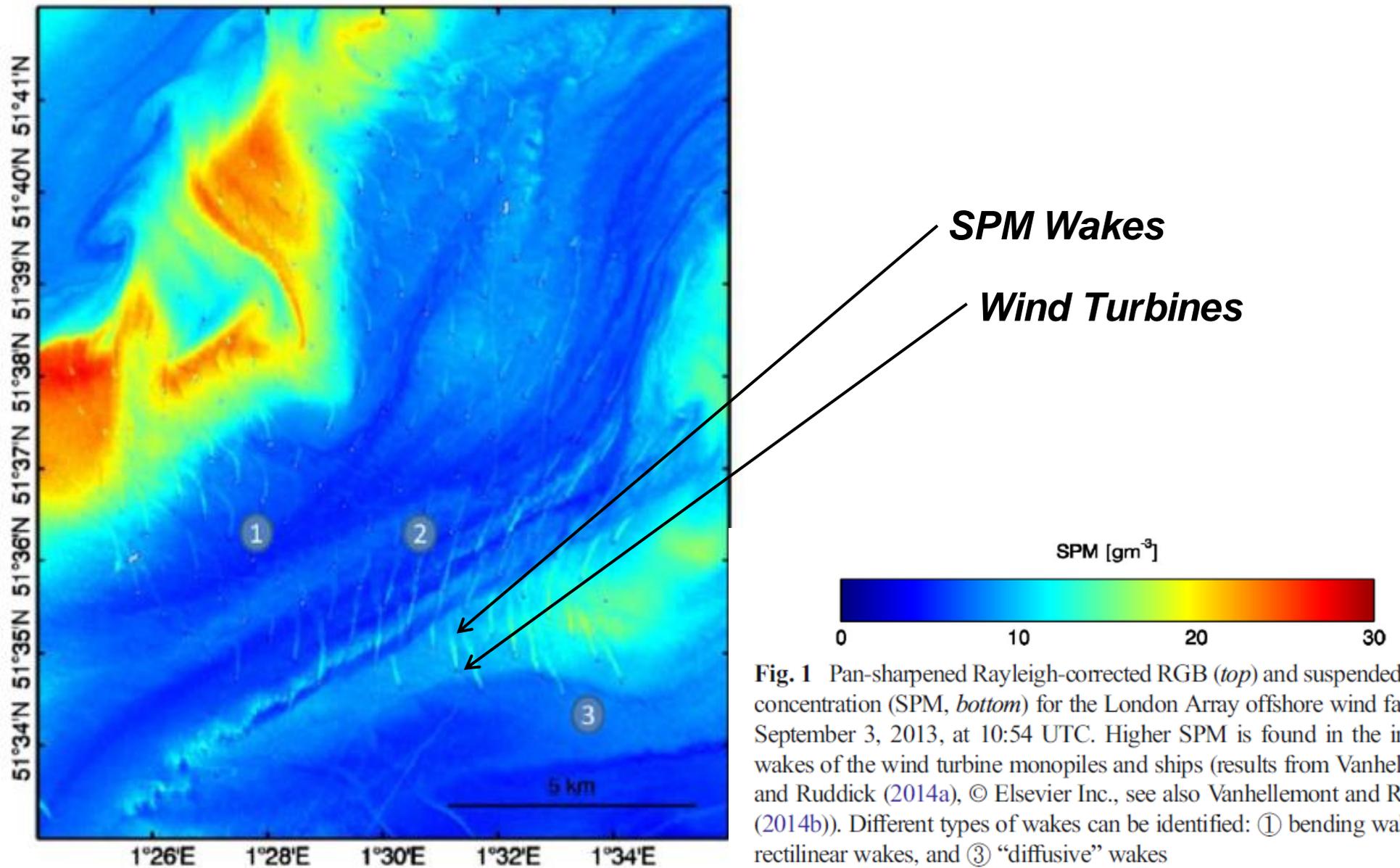
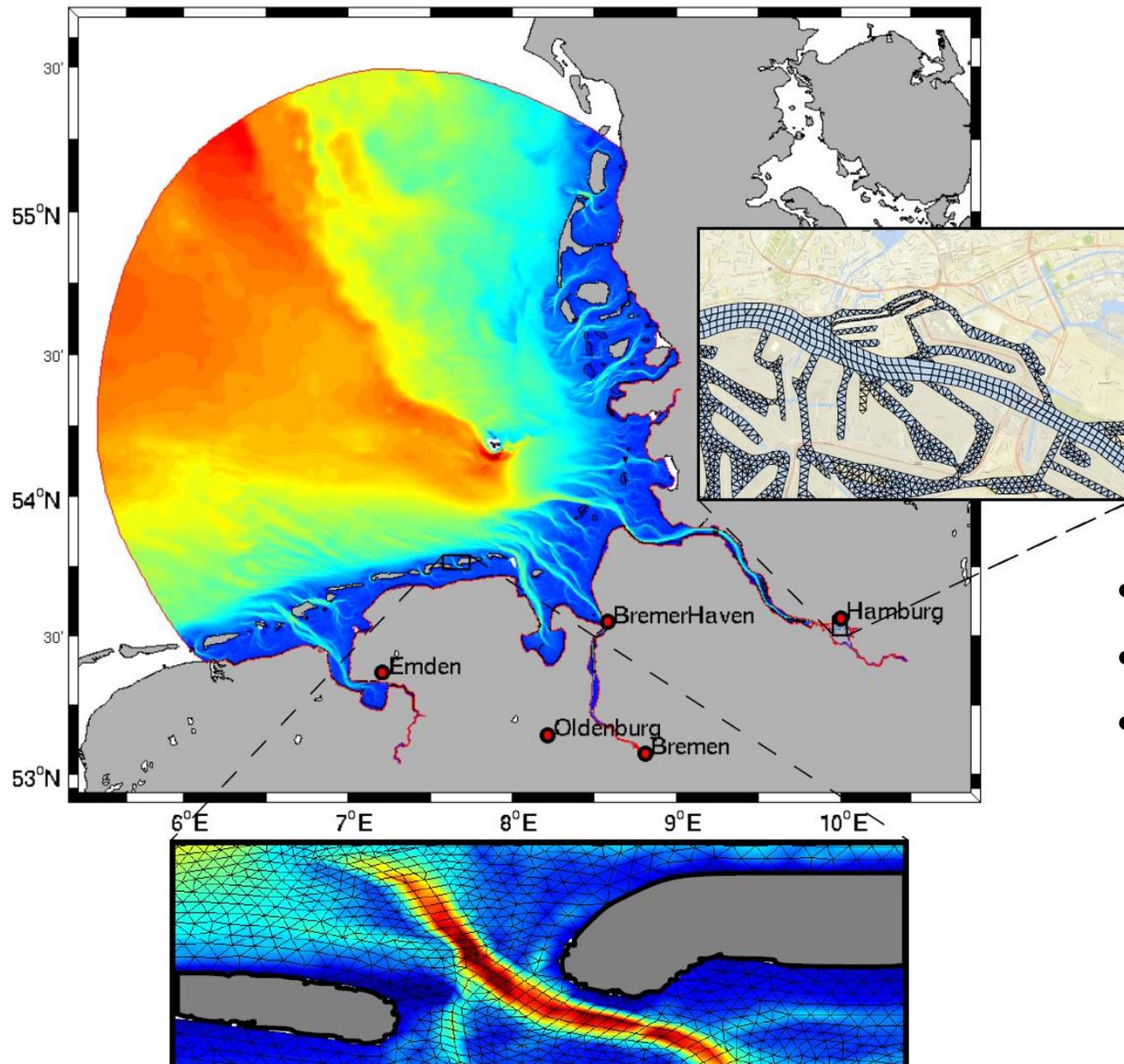


Fig. 1 Pan-sharpened Rayleigh-corrected RGB (*top*) and suspended matter concentration (SPM, *bottom*) for the London Array offshore wind farms on September 3, 2013, at 10:54 UTC. Higher SPM is found in the in-water wakes of the wind turbine monopiles and ships (results from Vanhellemont and Ruddick (2014a), © Elsevier Inc., see also Vanhellemont and Ruddick (2014b)). Different types of wakes can be identified: ① bending wakes, ② rectilinear wakes, and ③ “diffusive” wakes

Küstenmeer und Ästuar- Modellierung mit unstrukturierten Gittern

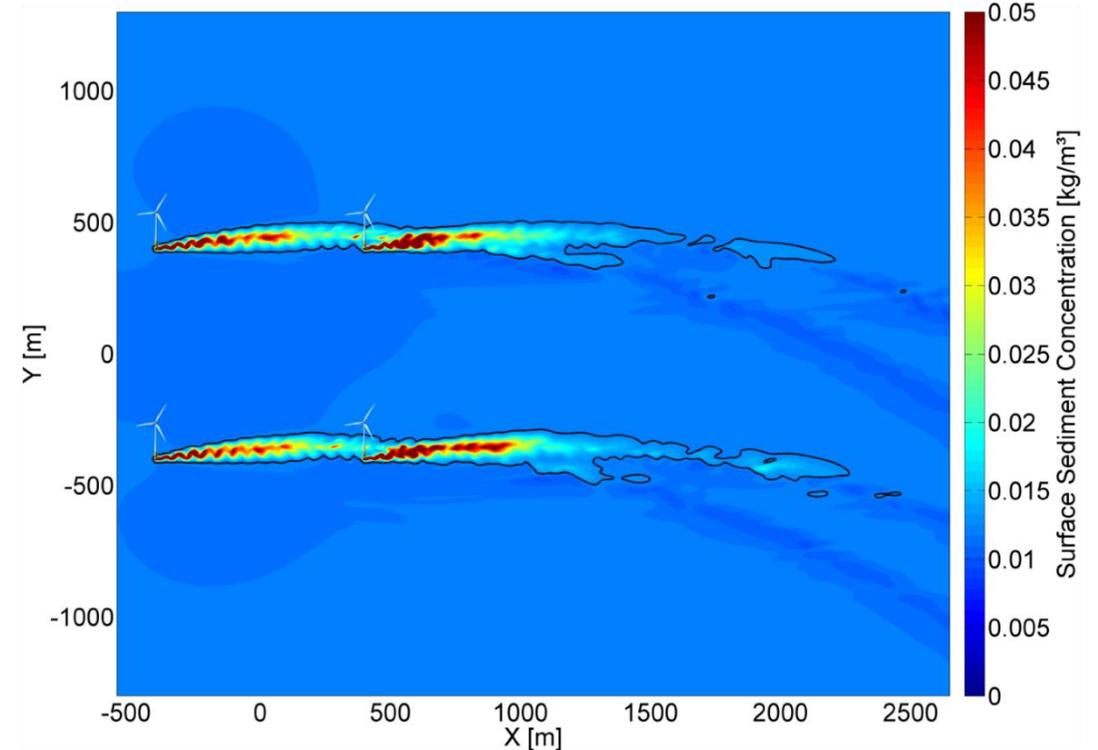
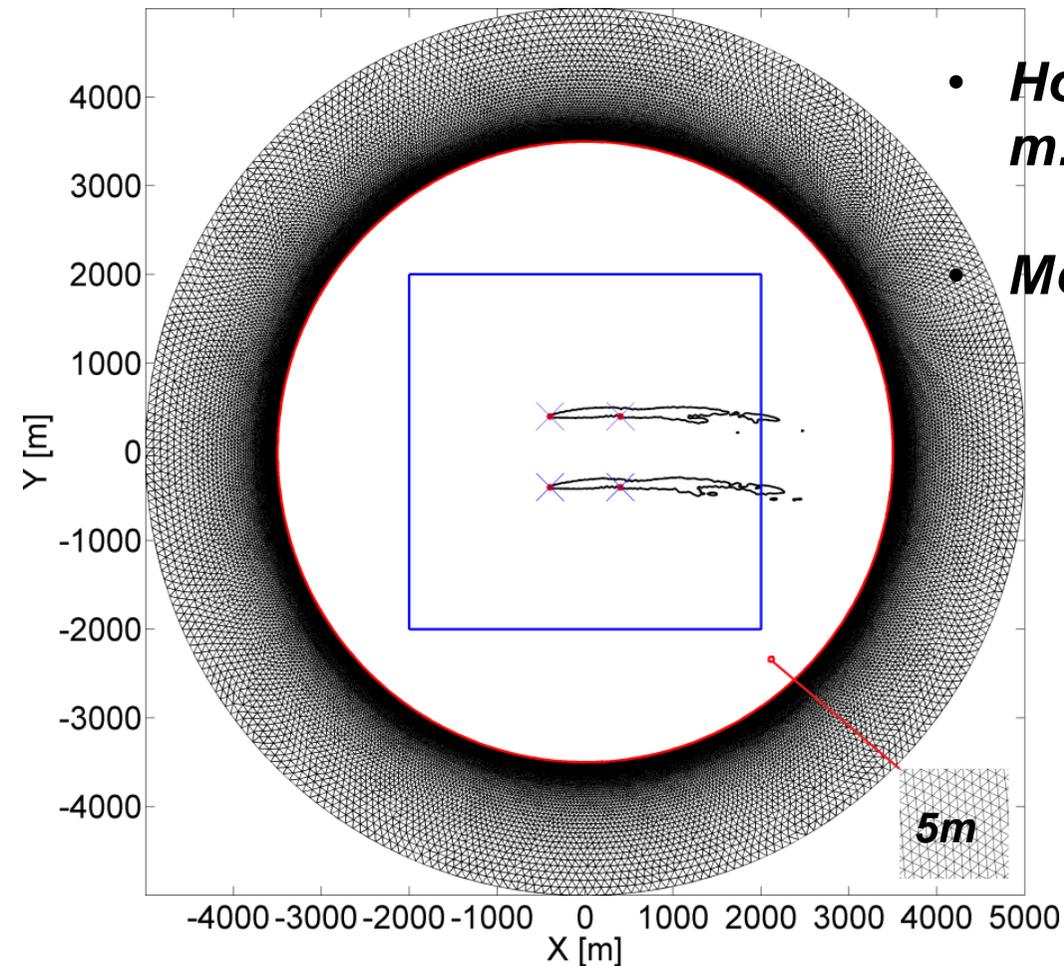


- ***SCHISM Modell***
- ***3D Zirkulationsmodell***
- ***Räumlich veränderliches Rechengitter***

Grashorn et al., 2015
Jacob & Stanev, 2016

Sediment Wakes hinter Windrädern mit unstrukturiertem Modell

- *Experiment with simple 4-piles polygon and tidal forcing (bottom-left)*
- *Horizontal resolution ranges from 1.5 m to 100 m. In the wake-area it is 5 m*
- *Modelled suspended sediment wakes*



Grashorn & Stanev, 2016
siehe auch Carpenter et al., 2016

Zusammenfassung/Ausblick

- ***Numerische Modelle sind ein notwendiges Werkzeug für die Planung und Weiterentwicklung der Offshore Windenergie***
- ***Modellergebnisse werden bereits in grossen Umfang von der Offshore Industrie genutzt (.z.B. COASTDAT)***
- ***Die Simulation von Prozessen um Offshore Windanlagen ist aufgrund der kleinen Skalen und der dominanten Rolle von Turbulenz eine Herausforderung und es sind weiterhin Messdaten zur Validierung und Modelloptimierung notwendig.***
- ***Das HZG arbeitet z.B. im Rahmen des ESM Projektes und CMEMS an einer systematischen Weiterentwicklung von Modellen, die verschiedene Skalen abdecken und Koppelungsprozesse (Zirkulation, Ozeanwellen, Atmosphäre, Chemie, Biologie) beschreiben.***

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !