

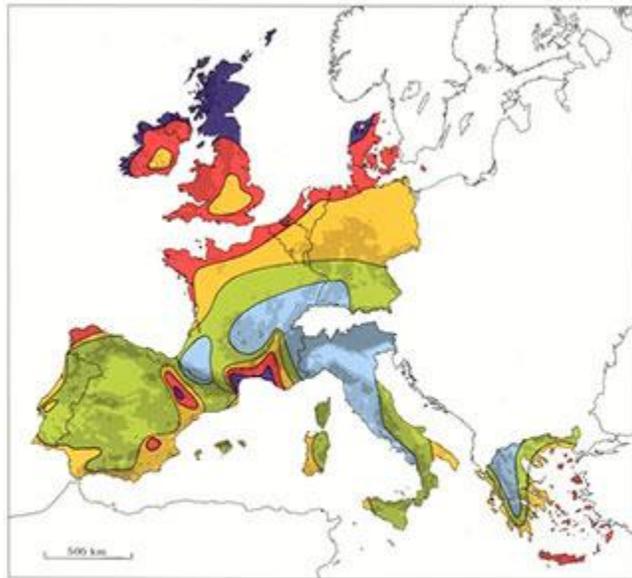
Der Neue Europäische Windatlas – Erstellung, Funktionalität und Validierung

Bernhard Lange, Martin Dörenkämper, Julia Gottschall -
Fraunhofer IWES

Björn Witha – ForWind Universität Oldenburg

Motivation „Neuer Europäischer Windatlas“

„European Wind Atlas“ veröffentlicht vom Risø National Lab. für die EC, 1989



Wind resources ¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions									
Sheltered terrain ¹		Open plain ²		At a sea coast ³		Open sea ⁴		Hills and ridges ⁵	
$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}	$m s^{-1}$	Wm^{-2}
> 6.0	> 250	> 7.5	> 300	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	200-300	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

Neuer Europäischer Windatlas:

- Abdeckung aller EU-Länder und Offshore
- Basierend auf Modelldaten – nicht auf Messdaten
- Entwicklung einer Modellkette basierend auf globalen, meso- und mikroskaligen Modellen
- Größerer Umfang des Atlas (Zeitreihen, Unsicherheiten, ...) und Webzugang
- Großexperimente zur Entwicklung und Validierung

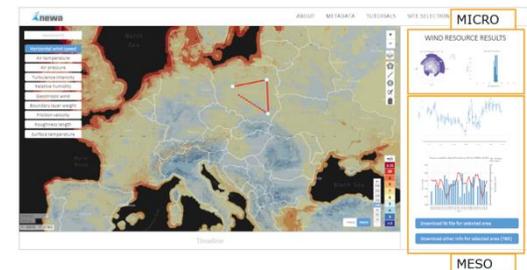
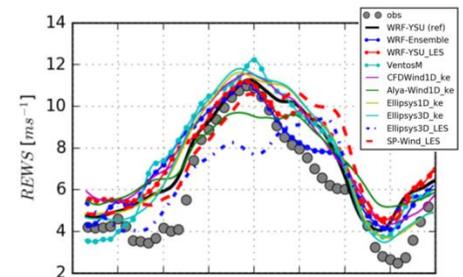
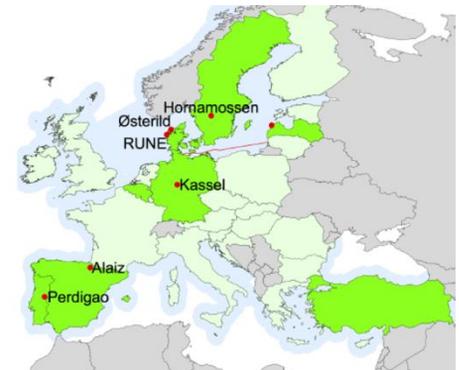
Das Europäische Projekt



- New European Wind Atlas (NEWA) ERANET PLUS Projekt
- Laufzeit 3/2015 – 4/2019
- 30 Partner in 8 Ländern
- Förderung: 13 Mio. Euro durch nationale Förderer plus EU
- Deutsches Konsortium: Fraunhofer IWES/IEE und ForWind/Uni OL, BMWi Förderung ca. 1,5 Mio. Euro

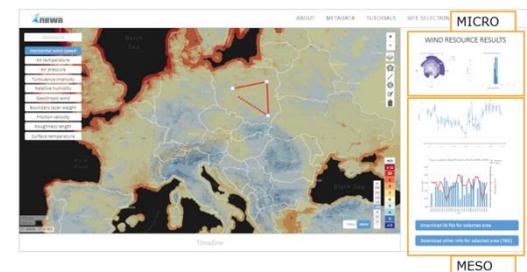
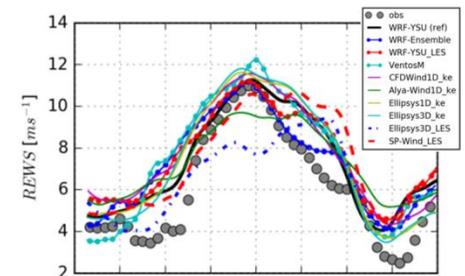
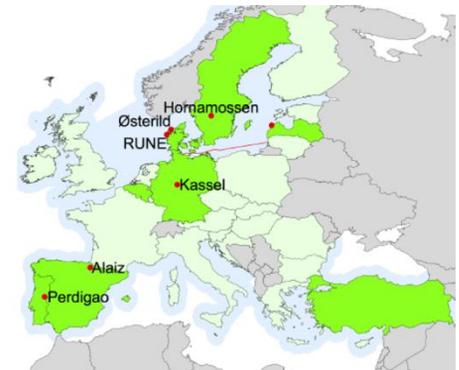
Projektziele

- **Experimente:** Großexperimente für die Entwicklung und Validierung der Modelle - Bereitstellung in einer öffentlichen Datenbank
- **Modellkette:** Verbesserung von Methoden für die Windparkentwicklung, Standortbewertung und Raumplanung basierend auf einer globalen/meso-/mikroskaligen Modellkette – Veröffentlichung der Modellkette Open Source
- **Windatlas:** Erstellung und Publikation der Europäischen Windatlas Datenbank mit Webinterface



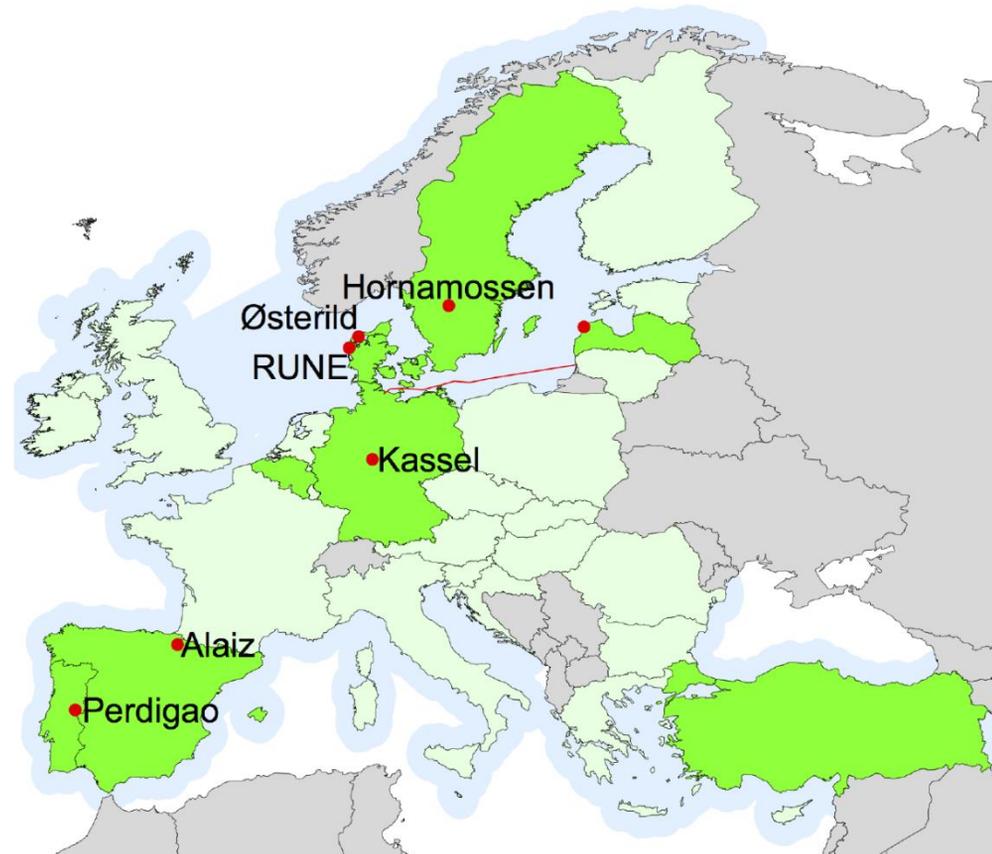
Projektziele

- Experimente:** Großexperimente für die Entwicklung und Validierung der Modelle - Bereitstellung in einer öffentlichen Datenbank
- Modellkette:** Verbesserung von Methoden für die Windparkentwicklung, Standortbewertung und Raumplanung basierend auf einer globalen/meso-/mikroskaligen Modellkette – Veröffentlichung der Modellkette Open Source
- Windatlas:** Erstellung und Publikation der Europäischen Windatlas Datenbank mit Webinterface



Standorte der Experimente

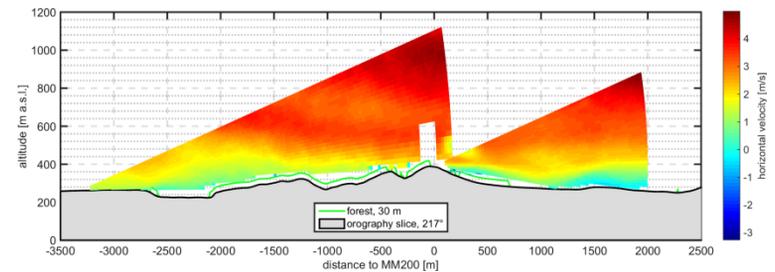
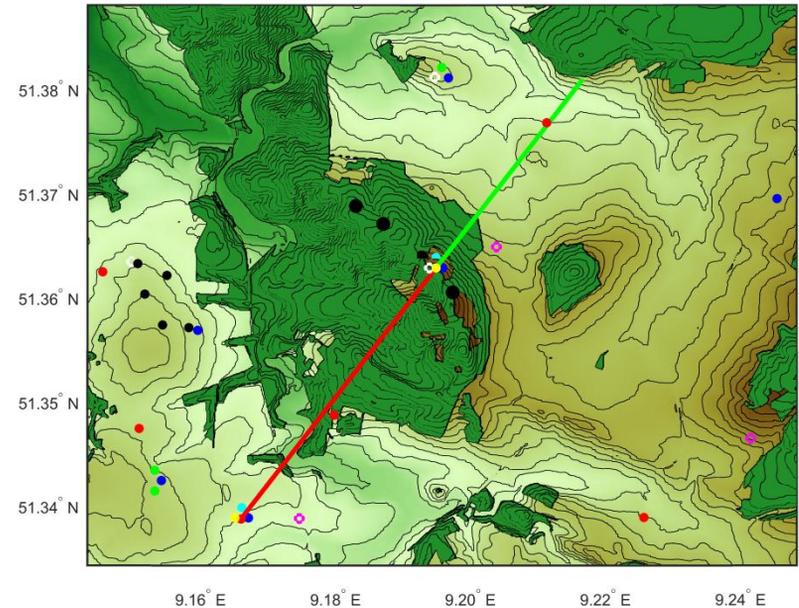
- EU countries
- NEWA partners
- Offshore coverage
- **Experimental sites**



Kassel – Rödeser Berg

Isolierter bewaldeter Hügel

- 6 scannende LiDAR
- LiDAR für Profilmessungen
- Sodar
- 2 Messmasten (200 und 140 m)



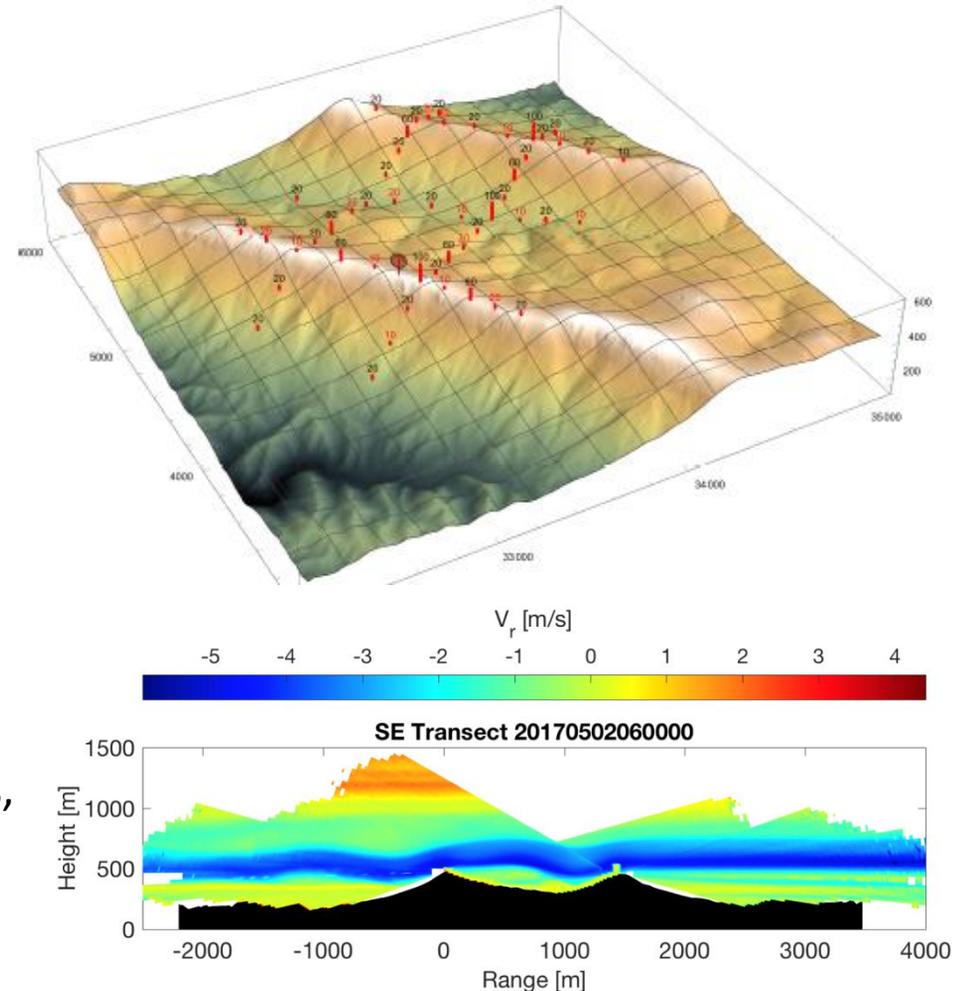
Kühn P, et al. (2017)

UBA Expertenworkshop 15.3.18

Portugal - Perdigo

Umfassendstes Feldexperiment zu atmosphärischer Strömung in komplexem Gelände

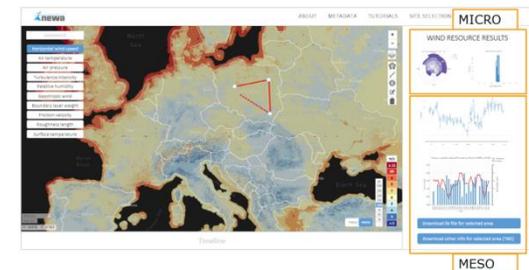
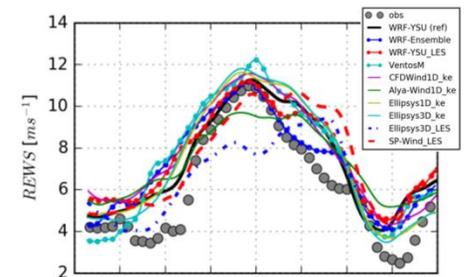
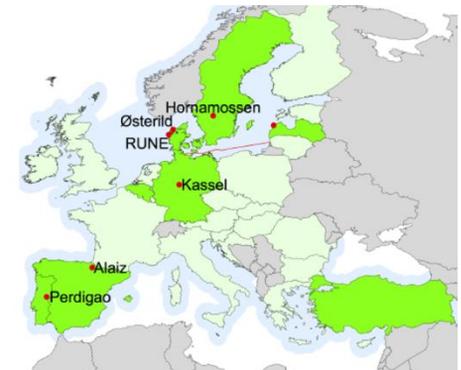
- Teilnahme von 21 Institutionen (13 Europa + 8 USA)
- 50 Messmasten
- 186 3D Ultraschallanemometer
- 20 scannende LiDAR
- 7 LiDAR für Profilmessungen
- Verschiedene Temperaturprofilmessungen, Ballons, Radar, etc.



Palma et al. (2017)

Projektziele

- **Experimente:** Großexperimente für die Entwicklung und Validierung der Modelle - Bereitstellung in einer öffentlichen Datenbank
- **Modellkette:** Verbesserung von Methoden für die Windparkentwicklung, Standortbewertung und Raumplanung basierend auf einer globalen/meso-/mikroskaligen Modellkette – Veröffentlichung der Modellkette Open Source
- **Windatlas:** Erstellung und Publikation der Europäischen Windatlas Datenbank mit Webinterface



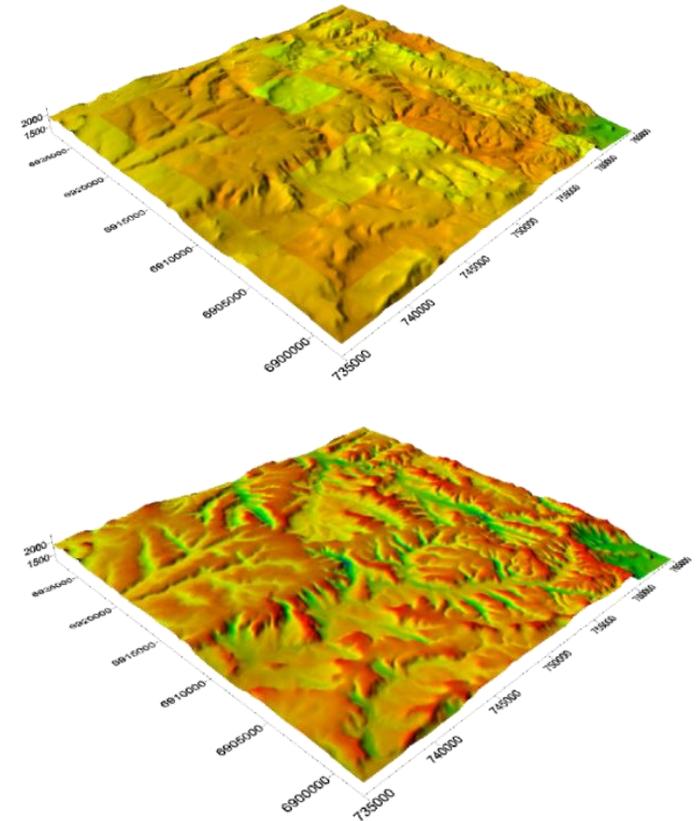
Die NEWA meso-/mikroskalige Modellkette

Mesoskaliger Windatlas mit WRF

- Antrieb mit ERA5 Reanalyse
- 30 Jahre Windatlas mit 3 km Auflösung
- Datenbank der Zeitreihen

Mikroskaliger Windatlas

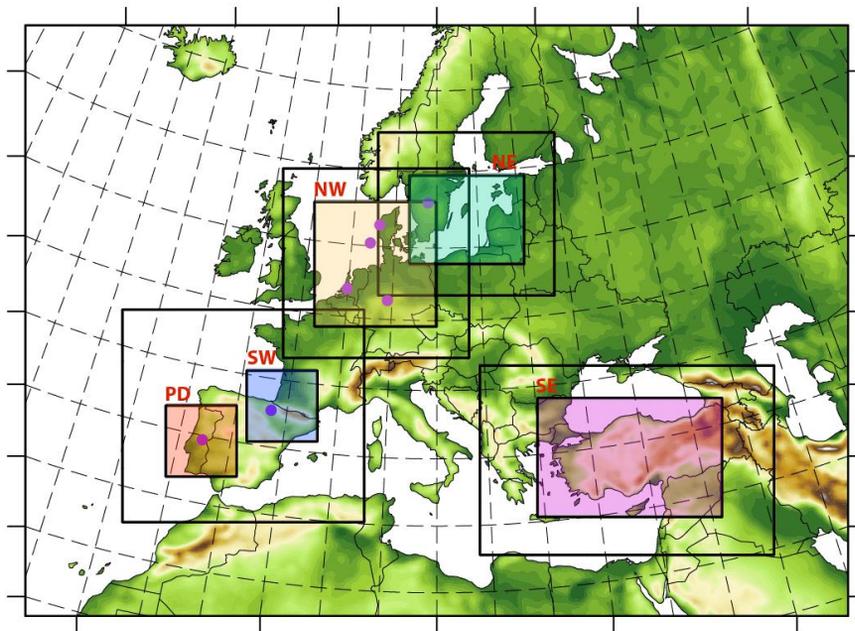
- Statistisches Downscaling auf 30 m basierend auf generalisierter WASP Methodik in Windatlas-Datenbank
- Freie Bereitstellung des CFD-Downscaling-Tools NEWAfoam – OpenFoam Quellcode



Hahmann A, Mortensen NG, et al. (2017)

Sensitivitätsanalysen und Vergleichsrechnungen

- Atmosphärenmodelle sind nicht für Windenergie optimiert
 - Optimierung zahlreicher WRF-Einstellungen und Antriebsdatensätze
- => Definition finales Setup

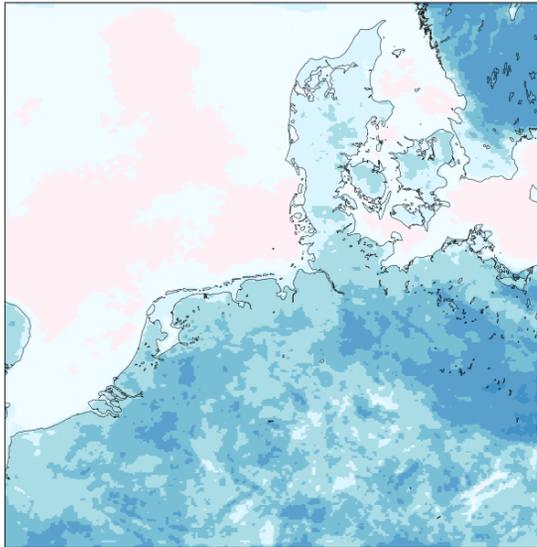


Sensitivitätsanalysen:

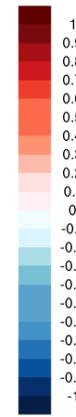
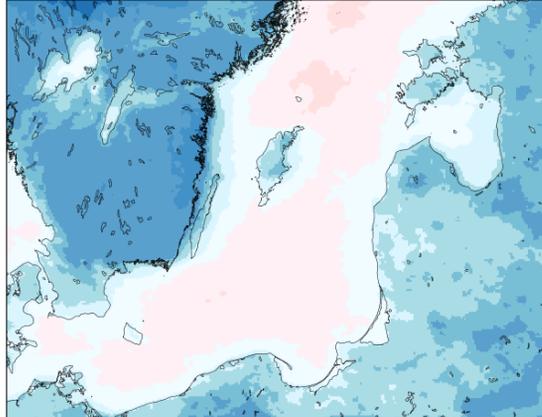
- **PBL-Parametrisierung**
- **Simulationslänge**
- WRF-Version
- Antrieb
- HPC-System
- Modellgebietsgröße
- überlappende Gebiete
- Vertikale Modellebenen
- Zeitschritt
- Nesting
- Landoberflächenmodell

Beispiel Sensitivität: PBL Schema

Mean simulated wind lev: 100 m

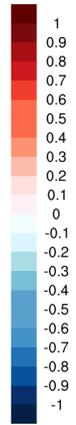
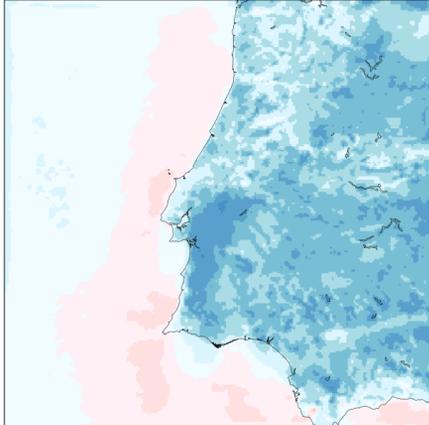


Mean simulated wind lev: 100 m

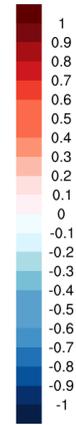
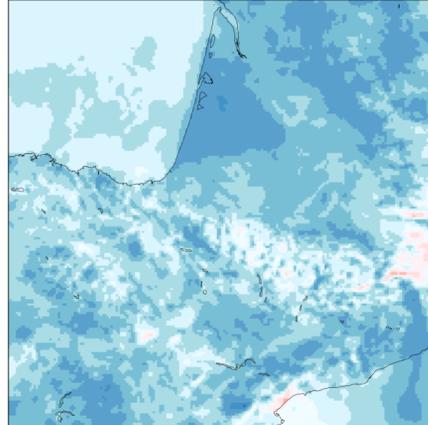


**Jahresmittel der
Windgeschwindigkeit
in 100 m Höhe
Differenz MYNN –
YSU in m/s**

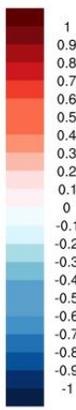
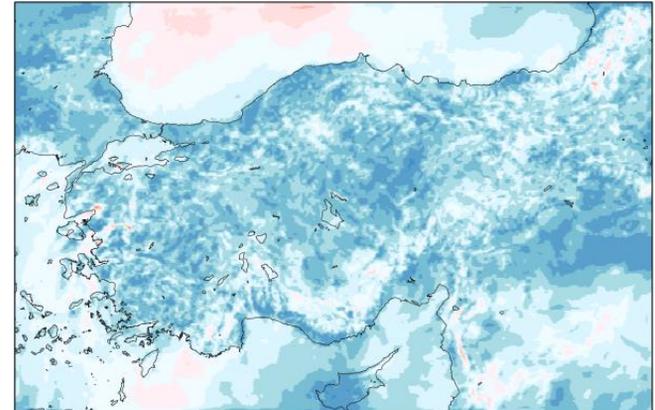
Mean simulated wind lev: 100 m



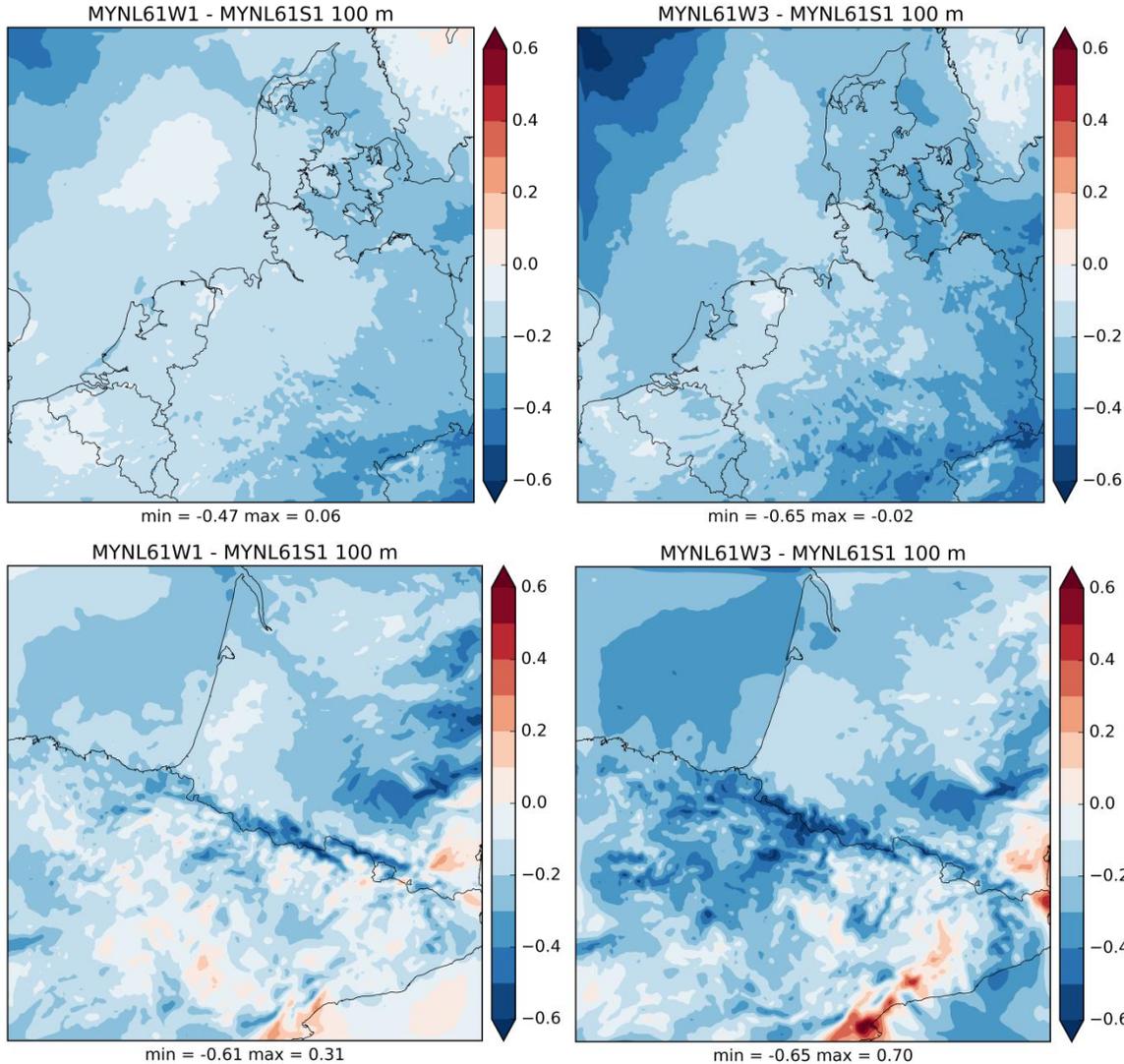
Mean simulated wind lev: 100 m



Mean simulated wind lev: 100 m



Beispiel Sensitivität: Simulationslänge



Jahresmittel der
**Windgeschwindigkeit in
100 m – Differenz
zwischen wöchentlichen
und täglichen Läufen
(MYNN) in m/s**

© Andrea Hahmann (DTU)

Vergleich mit hohen Masten

Validierung der mesoskaligen Simulationen mit Messdaten von hohen Masten

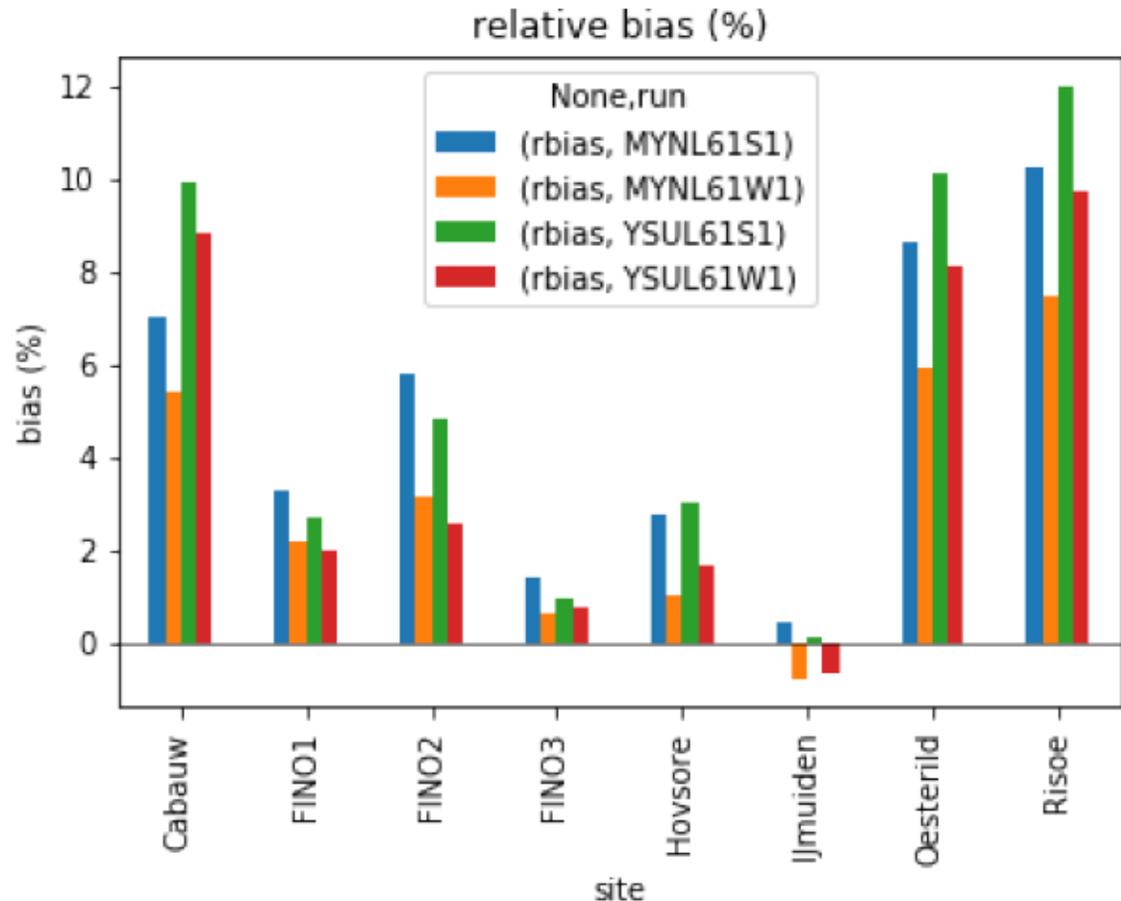


Site	Typ	Höhen
FINO1	Offshore	100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 33
FINO2	Offshore	102, 92, 82, 72, 62, 52, 42
FINO3	Offshore	106, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30
Høvsøre	Küste	116.5, 100, 80, 60, 40, 10
Risø	Land	125, 118, 94, 77, 44
Østerild	Land	244, 210, 178, 140, 106, 70, 40, 10
Cabauw	Land	200, 140, 80, 40, 20, 10
Ijmuiden	Offshore	315, 290, 265, 240, 215, 190, 165, 140, 115, 89, 58, 27

Validierung mit 8 hohen Masten

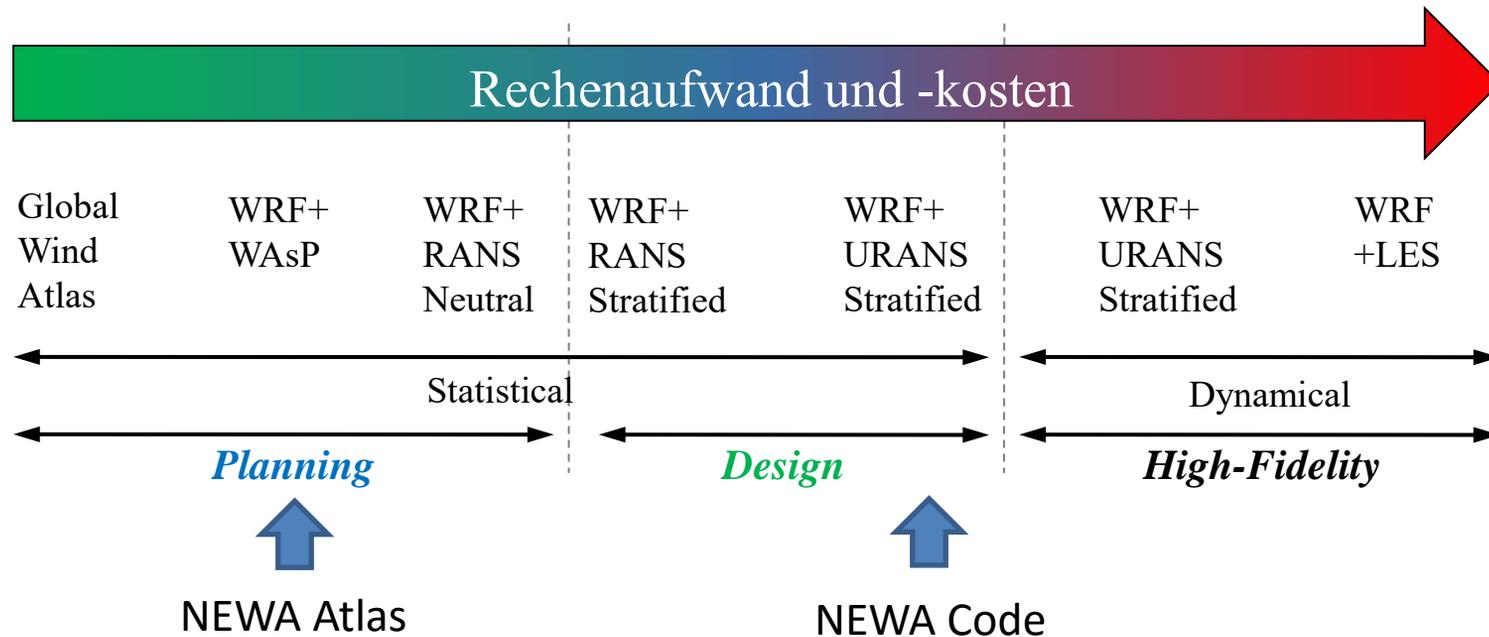
Bias der mittleren
Windgeschwindigkeit
2015 in 100 m

MYNN, 36h-Läufe
MYNN, 8-Tage-Läufe
YSU, 36 h-Läufe
YSU, 8-Tage-Läufe



© Andrea Hahmann (DTU)

Mikroskalamodelle zum Downskaling



- Räumliche Auflösung (NEWA: 3km / 30m)
- Zeitraum (NEWA 30 Jahre)

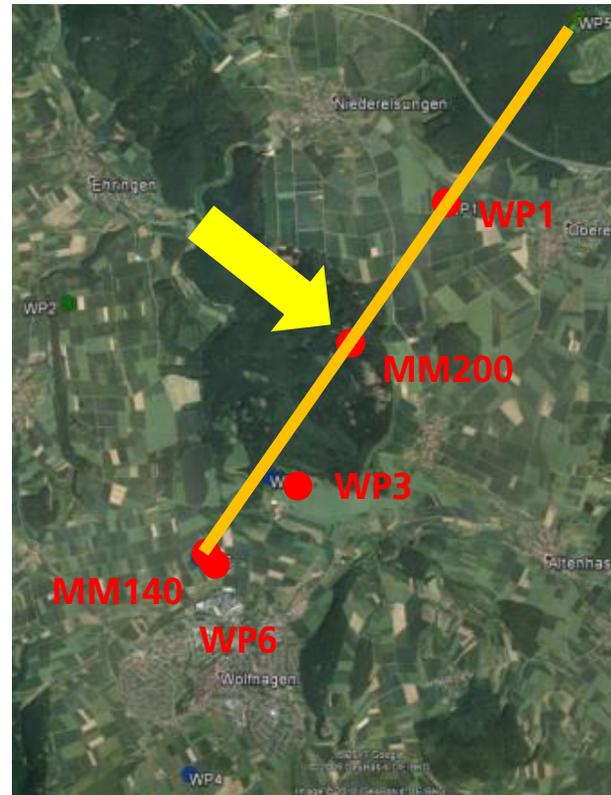
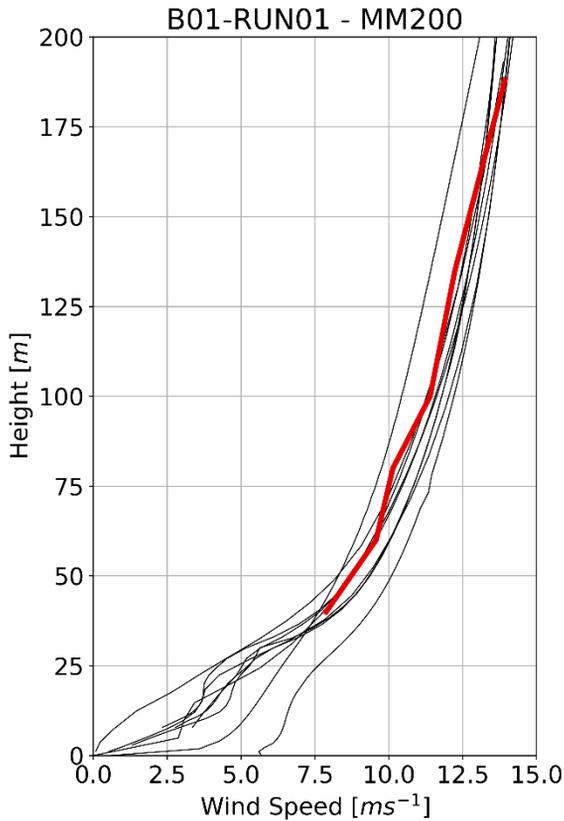
© Javier Sanz (CENER)

Benchmarks Mikroskalamodelle

Benchmarks mit Daten der NEWA Experimente

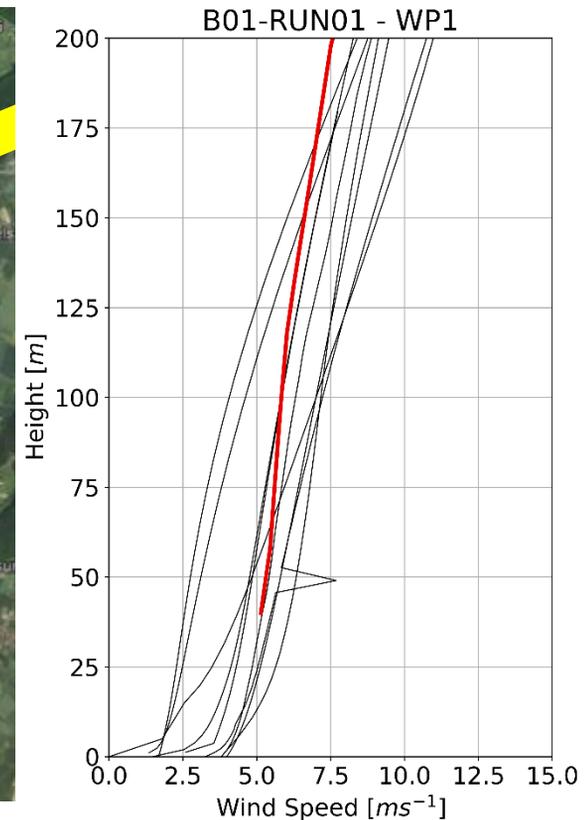
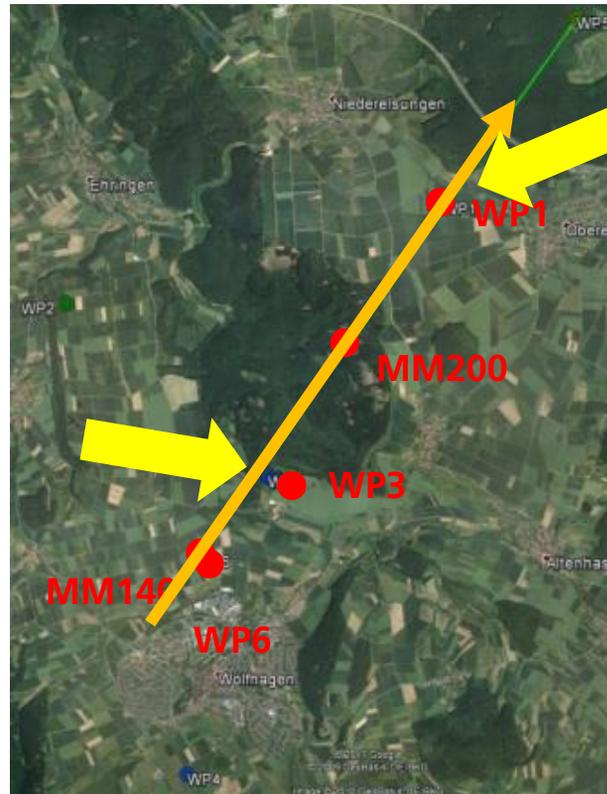
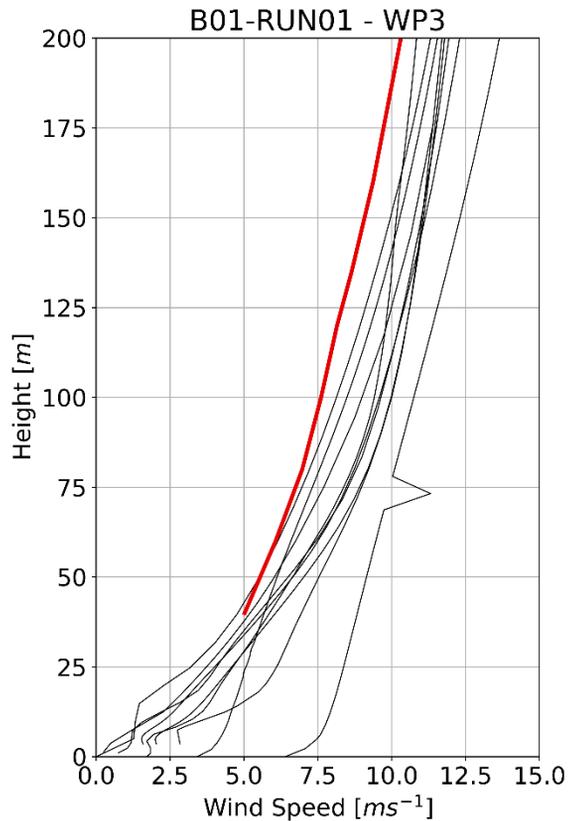
- Ryningsnäs (Wald) (abgeschlossen)
- Kassel – Rödeser Berg (bewaldeter Hügel) (erste Ergebnisse)
- Hornamossen (bewaldetes komplexes Gelände) (2018)
- Schiffslidar (Offshore - Mesoskala-Experiment) (2018)
- Perdigao (doppelter Bergrücken) (2018/19)
- Alaiz (sehr komplexes Gelände) (2019)

Kassel Benchmark (Neutrale Schichtung)



Vorgegebenes Profil

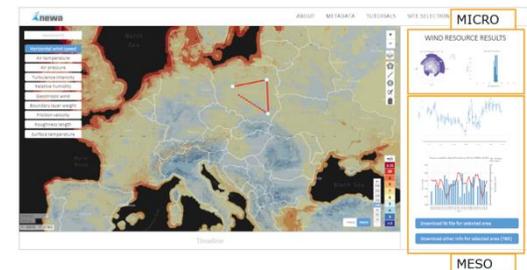
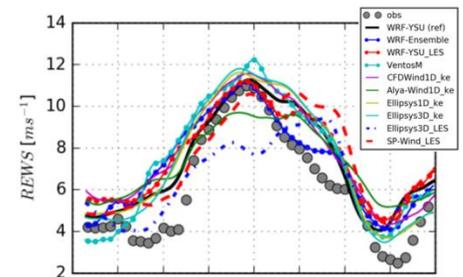
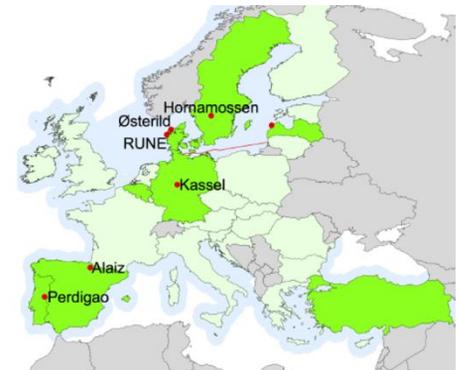
Kassel Benchmark (Neutrale Schichtung)



Anströmung und Nachlauf

Projektziele

- **Experimente:** Großexperimente für die Entwicklung und Validierung der Modelle - Bereitstellung in einer öffentlichen Datenbank
- **Modellkette:** Verbesserung von Methoden für die Windparkentwicklung, Standortbewertung und Raumplanung basierend auf einer globalen/meso-/mikroskaligen Modellkette – Veröffentlichung der Modellkette Open Source
- **Windatlas:** Erstellung und Publikation der Europäischen Windatlas Datenbank mit Webinterface



Die NEWA Windatlas Datenbank

Mesoskaliger Windatlas

- 3 km räumliche Auflösung
- 30 Jahre Zeitreihen mit 30-minütlicher zeitlicher Auflösung
- Windgeschwindigkeit, -richtung und Temperatur in 8 Höhen bis zu 500m
- Zusätzliche Informationen: Bodendruck, Monin-Obukhov Länge, geostrophischer Wind, Grenzschichthöhe, Schubspannungsgeschwindigkeit, Rauigkeitslänge
- Abgeleitete Parameter:
 - Extremwind (mit spektraler Korrekturmethode)
 - Eisklassen
 - Unsicherheitsbestimmung (mit Multiphysik-Ensemble-Ansatz)

Die NEWA Windatlas Datenbank

Mikroskaliger Windatlas

- 30 m räumliche Auflösung
- Statistik des Windpotentials in 3 Höhen (50 m, 100 m, 200 m)

Werkzeug für CFD Downskaling

- Beta Version des Quellcodes wird in den nächsten Wochen veröffentlicht

NEWA – Erste Ergebnisse

Windatlasberechnung

- Stand: Windatlas für alle Domains für 2016/17 gerechnet (zur Validierung mit NEWA-Experimenten)
- für zwei Domains 8 Jahre (2010-2017)
- Abschluss der Rechnungen bis Ende 2018 geplant

100-m wind speed (m/s)

2016-05-26 to 2017-07-05

30°W

15°W

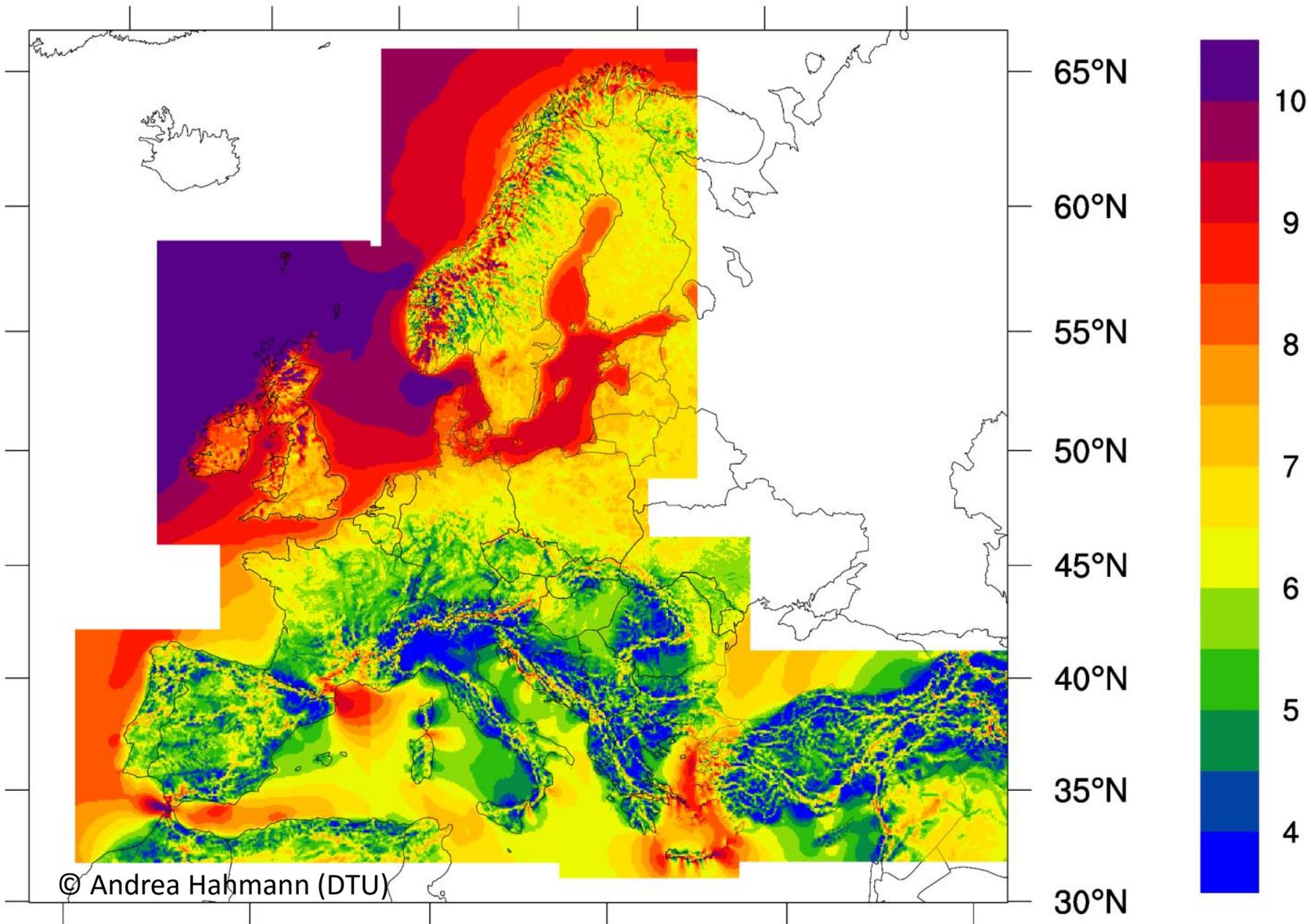
0°

15°E

30°E

45°E

60°E



Validierung und Quantifizierung der Unsicherheit

Validierung des NEWA

- Windenergieanlagenhersteller Vestas stellt Messdaten zur Verfügung
- Windmessdaten aus Windpotentialmessungen von mehreren 100 Standorten in Europa
- Daten werden nicht weitergegeben, Vestas stellt Validierungsergebnisse zur Verfügung

Unsicherheitsbestimmung

- Berechnung eines mesoskaligen Multiphysik-Ensembles (ca. 20 Läufe) zur Abschätzung der Modellunsicherheit
- Statistischer Vergleich mit den Validierungsergebnissen
- Berechnung einer Unsicherheitskarte als Teil des Windatlas



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Gefördert aus Mitteln
der Europäischen Union



VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Fragen?

bernhard.lange@iwes.fraunhofer.de