
31. Windenergietage

Forum 8A

anemos: Wind und Ertrag

Wind, Ertrag & Erlös / TR10 / F & E

anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3, D-21391 Reppenstedt
www.anemos.de

Windgutachten

WAsP / CFD, Standorteignung
Betriebseinschränkungen
Standortgüte, Due Diligence
Windmessung (Mast, Lidar)

Mesoskalige Modellierung WRF

Windatlas Optimierung, 50-Jahres
Extremwert, Vereisung, Index
Turbulenzintensität, 10-min. Zeitreihen

SCADA-Daten Analyse

Standortgüte (TR10), Optimierung
Performance Check / Due Diligence
Portfolio Analyse (Wind+Solar)

Strommarktanalysen

Marktwert- u. Profilverwertatlas
Erlösgutachten
Risikobewertung für PPA's

awis

Online Datenzugang
(Zeitreihen, Karten, Statistiken, Index)
Windpotential, **Ertragsberechnung**
Marktwertatlas, PPA-Atlas

Forschung & Entwicklung

STRAIGHT, Bayerischer & UBA
Windatlas, SunDAY, VERIMA, Roadmap
Windatlas, WinBin II, SOPCAWIND

Session: Teil 1

Windatlas

Ertragsprognosen

9:35 Uhr: Wind- und Ertragsprognosen –
Neue Methoden und
Weiterentwicklungen (**anemos**)

Standortgüte TR10

10:10 Uhr: Standortgüte nach
Inbetriebnahme (TR10) – Kurzprüfung,
Prognose und Testat (**anemos**)

Marktwerte

10:40 Uhr: Vorteile der neuen on-demand
Funktion in den Marktwertatlanten
(**enervis**)

Kaffeepause

11:10 – 11:25

Session: Teil 2

Forschungsprojekt STRAIGHT

11:25 Uhr: Messzeit verkürzen, Genauigkeit
erhöhen: Vorstellung des STRAIGHT-Projekts
(**Fraunhofer IEE**)

Windatlas Polen

11:55 Uhr: Der neue 1km Windatlas für Polen –
Methodik und Verifikation (**anemos**)

Risikobewertung von WEA

12:20 Uhr: Modellierung und Risikobewertung
von Windenergieanlagen nach neuestem Stand -
Eiswurf und Bauteilversagen gemäß IEC TS
61400-31 (**F2E**)

Bewertung von LKL & Erträgen

12:45 Uhr: Technische Bewertung von
Leistungskurven und Erträgen (**8.2 Consulting**)

Wind- und Ertragsprognosen

Neue Methoden und Weiterentwicklungen

31. Windenergietage
09.11.2023

Martin Schneider

anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH
www.anemos.de

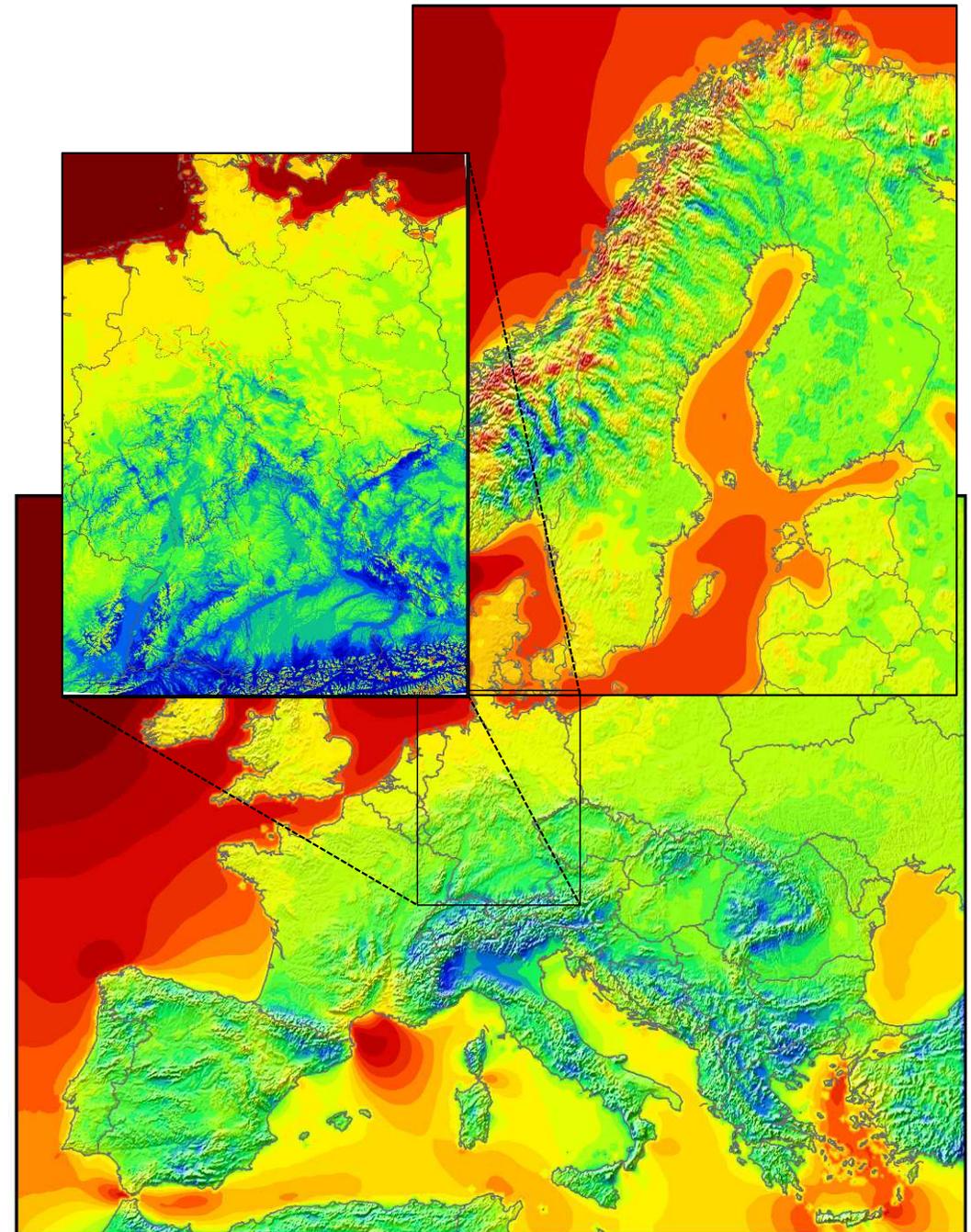
I. Motivation

II. Modellkette

III. Verifikation

IV. Methodik Vorabschätzung

V. Ausblick u. Weiterentwicklung



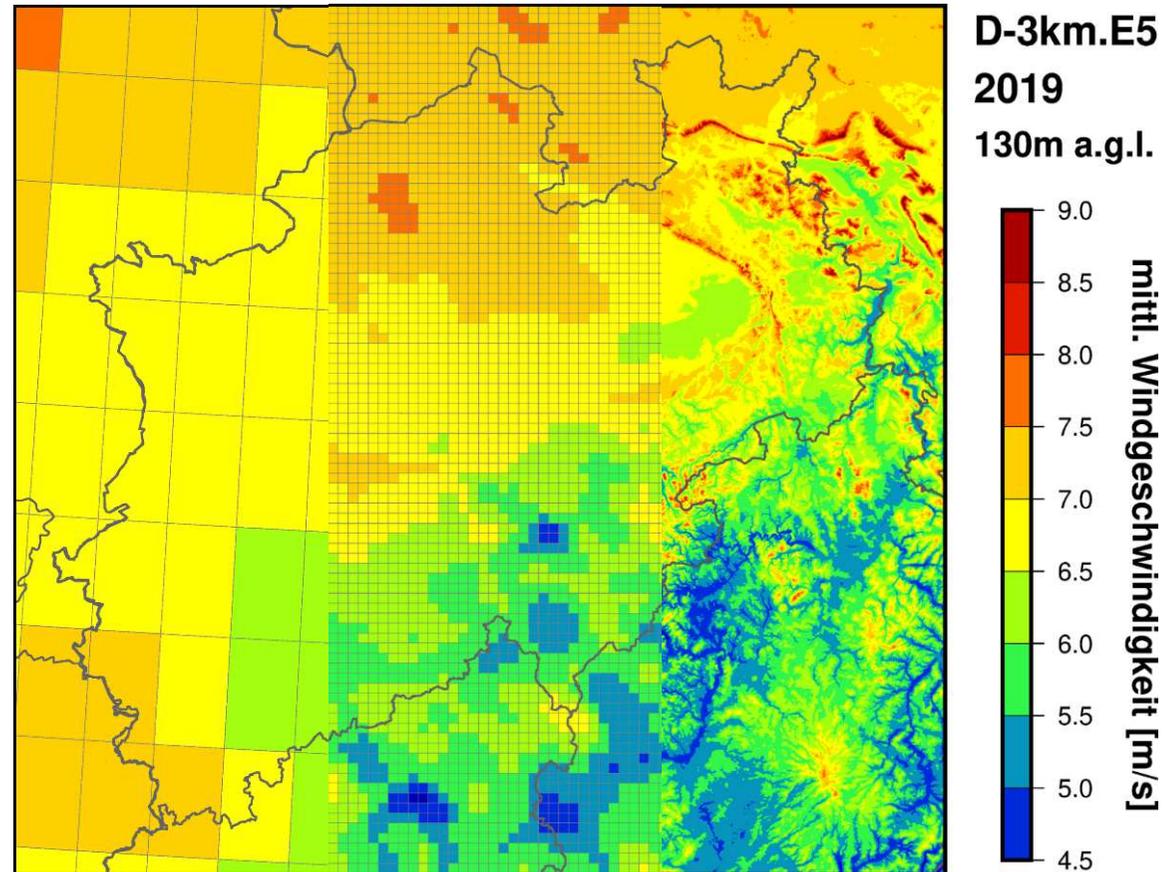
- **Anwendung von Zeitreihen der Windgeschwindigkeit führt zu einer Verbesserung in Windgutachten bzw. -analysen**
 - Meist nur Reanalyse Daten mit grober Auflösung verfügbar

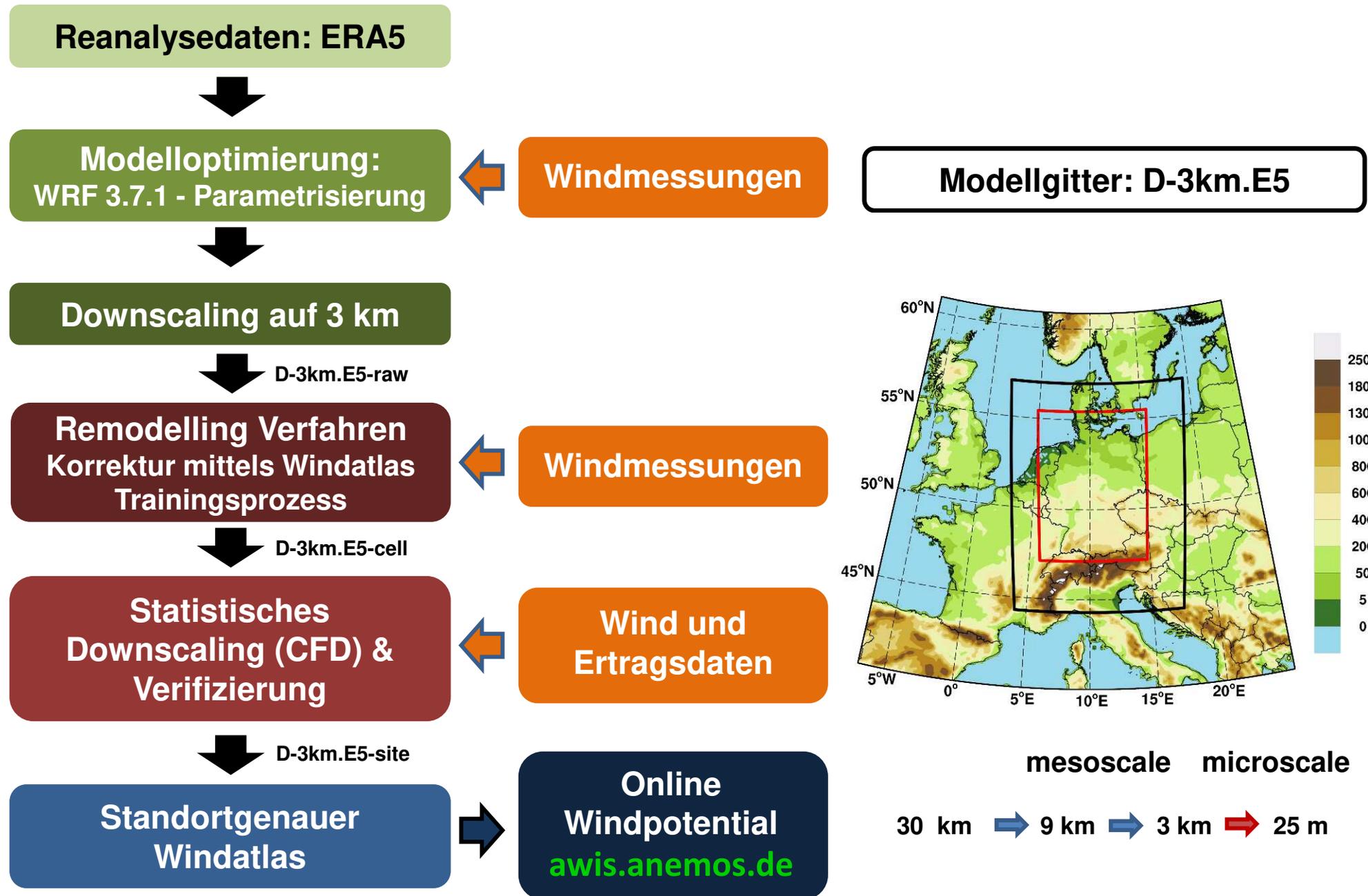
- **Qualitativ hochwertige 10-Min. Zeitreihen werden benötigt**
 - Langzeitbezug
 - Ertragsberechnungen
 - Zeitabhängige Berechnung von Verlusten
 - Performance Analyse
 - Extremwindabschätzungen
 - Erlös- und Marktwertberechnungen

- **Problem: Windgeschwindigkeit aus den mesoskaligen Modelldaten haben oft eine gute Korrelation aber einen systematischen Bias**
 - ❖ Lösung: **Minimierung von systematischen Fehlern**

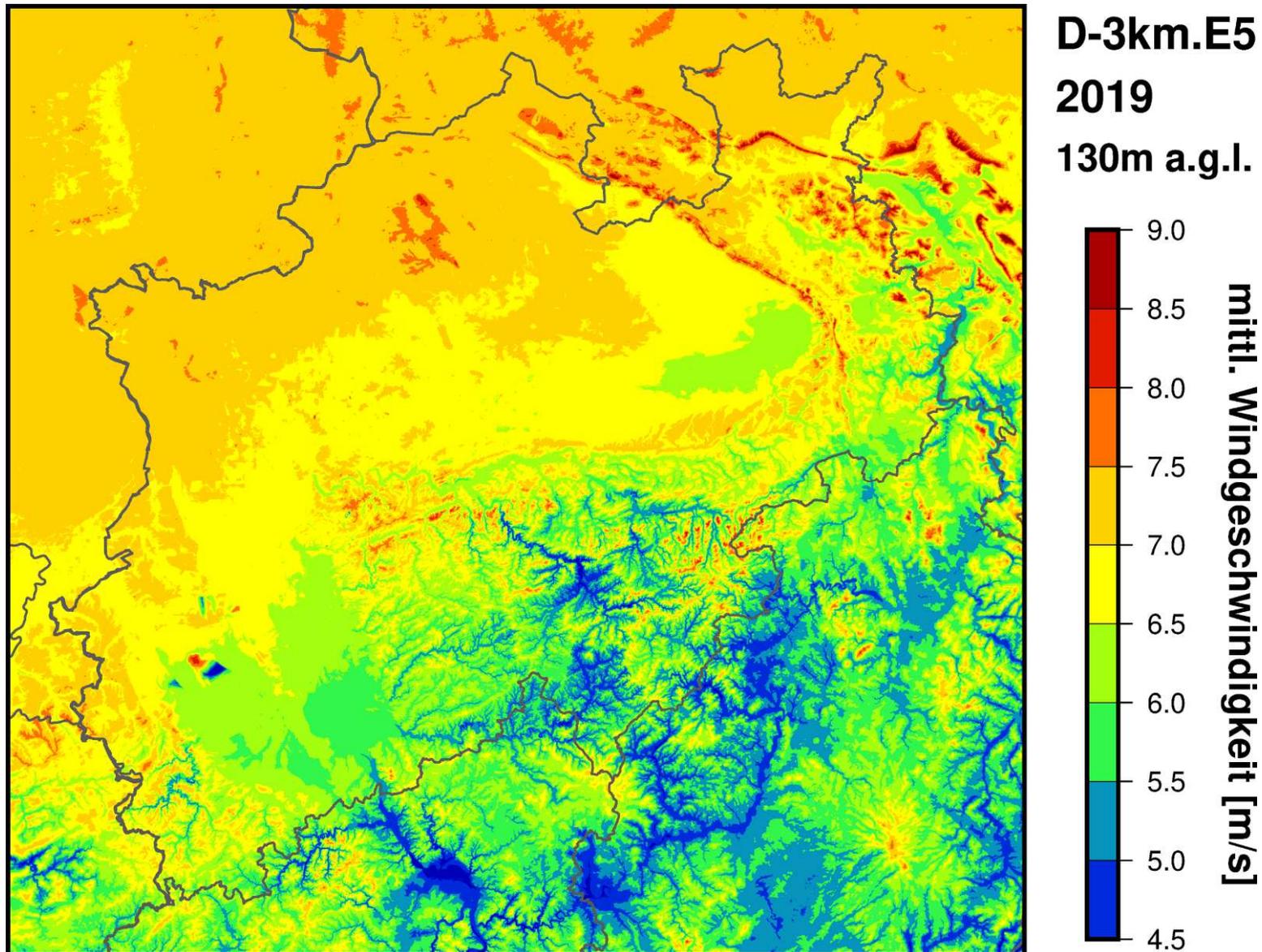
**Schnelle und qualitativ hochwertige
Wind- und Ertragsprognosen sind wichtig**

- ❖ Bei der Layout-Erstellung bzw. Layout-Optimierung
- ❖ Bei der Priorisierung von mehreren Potentialflächen
- ❖ Bei den Unterlagen für den BImSchG-Antrag (z.B. Winddaten für Gutachten zur Standorteignung)
- ❖ Beim Bieterprozess im Windpark-Erwerb (Greenfield, Repowering)
- ❖ Bei Projekten zur Selbstversorgung (z.B. Lastganganalysen)



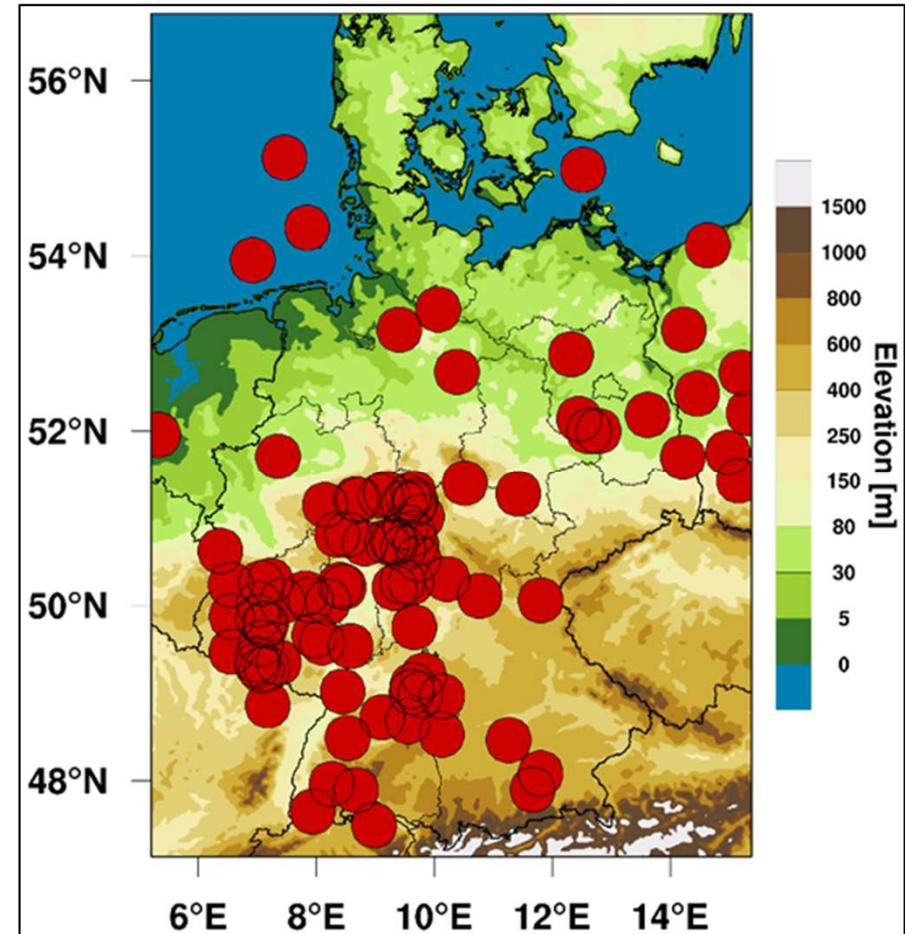
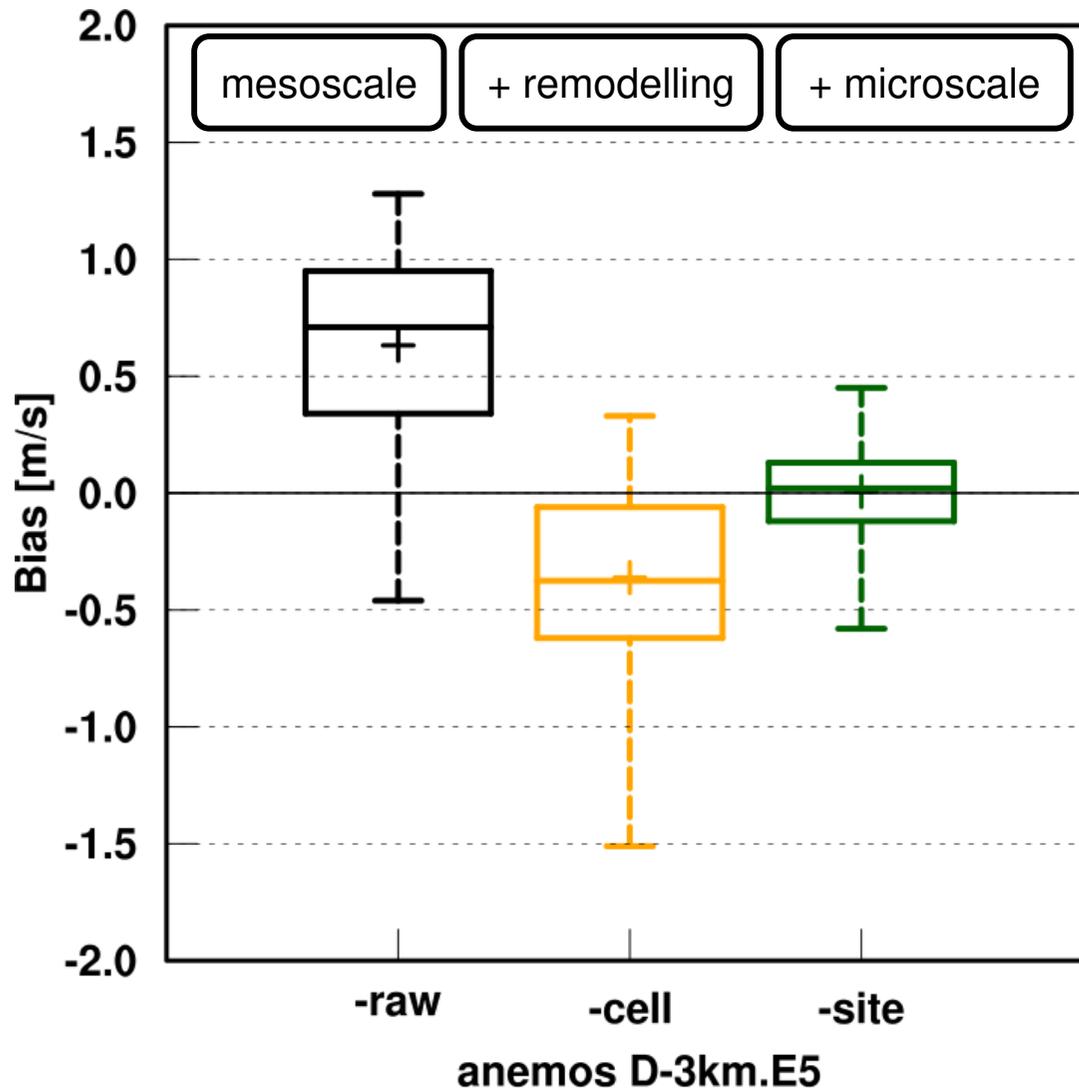


- ❖ Mesosk. Modellierung + Remodelling auf 3 km + stat. Downscaling auf 25 m



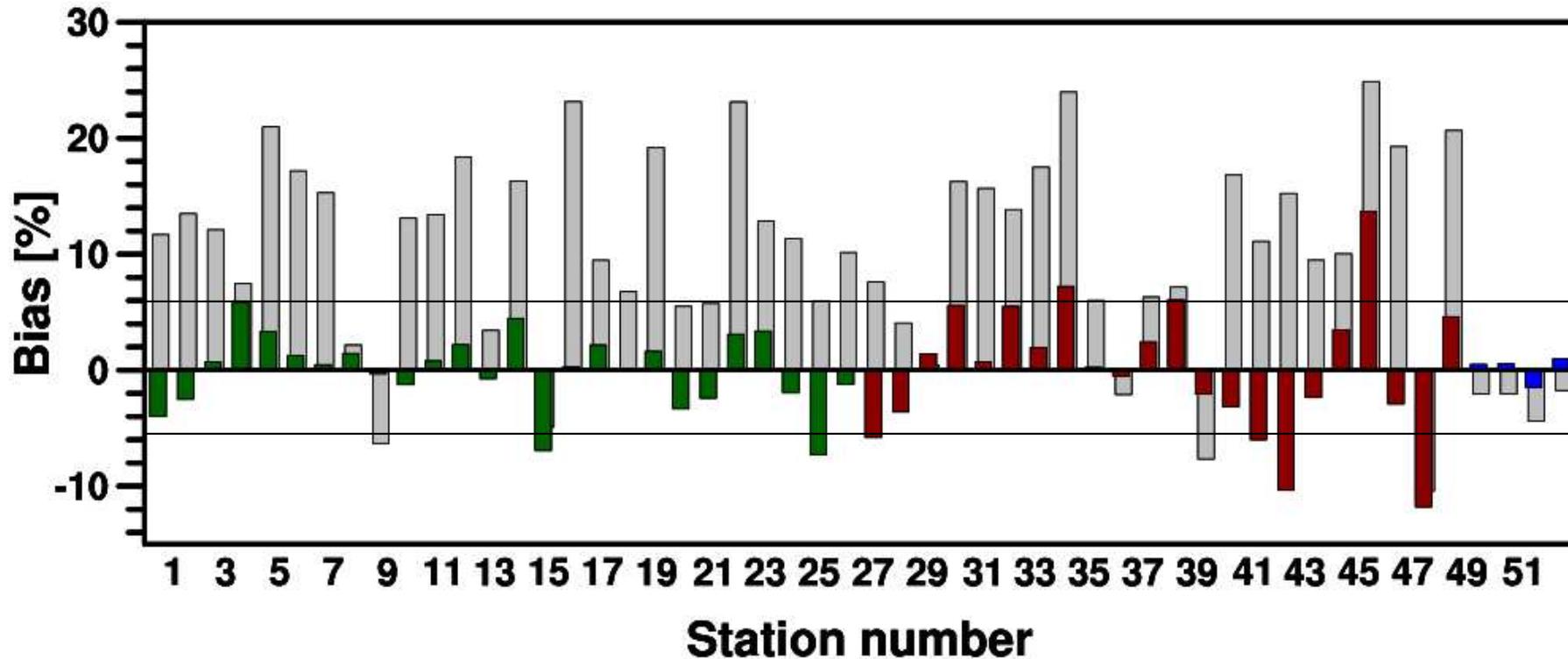
Wie gut ist die Qualität des standortgenauen Windatlas?

- Interne Windatlas Verifizierung mit 52 Messungen (stündliche Werte, 100m)



➤ **Interne Verifizierung**

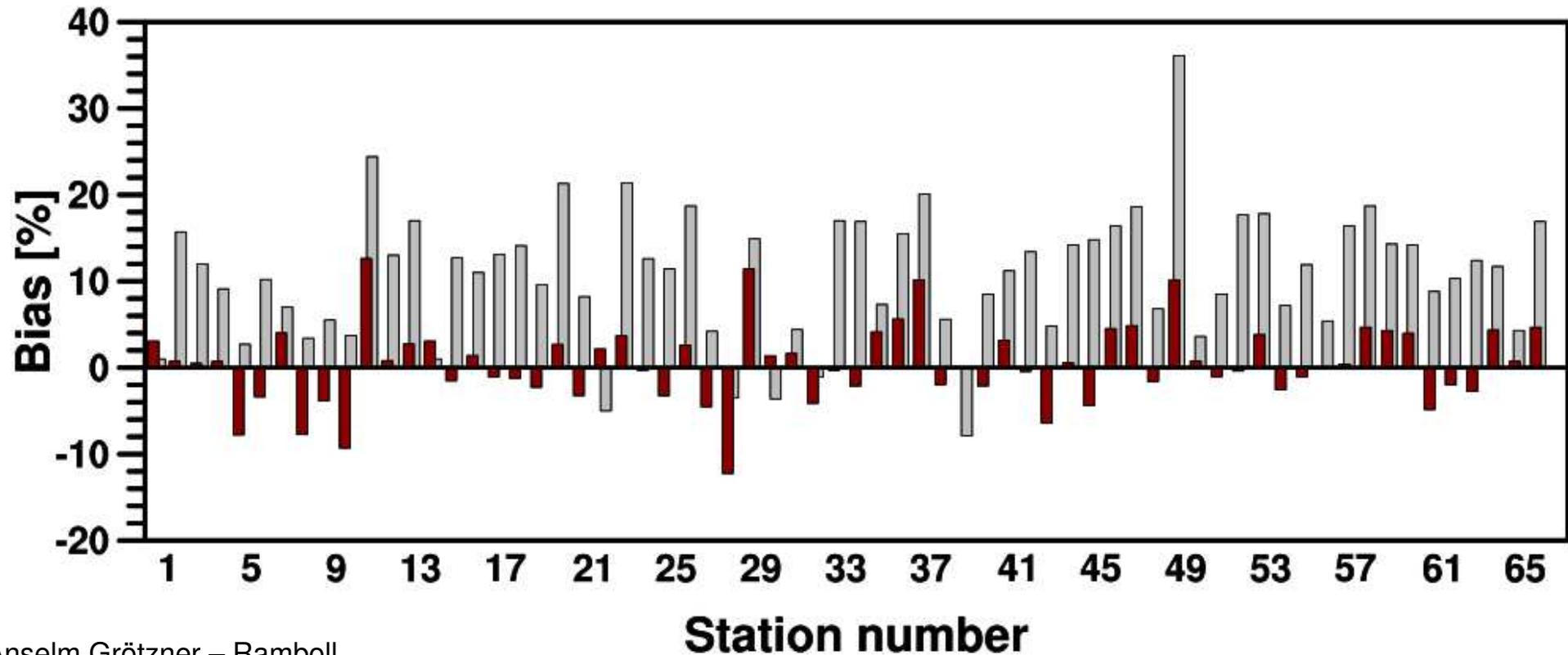
- 52 Messungen auf 100m Höhe, Rohdaten in Grau
 - 26 semi-unabhängig (Grün), 22 unabhängig (Rot)
 - 4 Offshore (Blau)



Messhöhe	Anzahl Messungen	Bias + Stddev [m/s]	Korrelation [%]
80 m	45	0.01 ± 0.26	86.0
100 m	52	0.00 ± 0.24	87.0
140 m	17	0.01 ± 0.21	87.5

➤ **Externe Verifizierung***

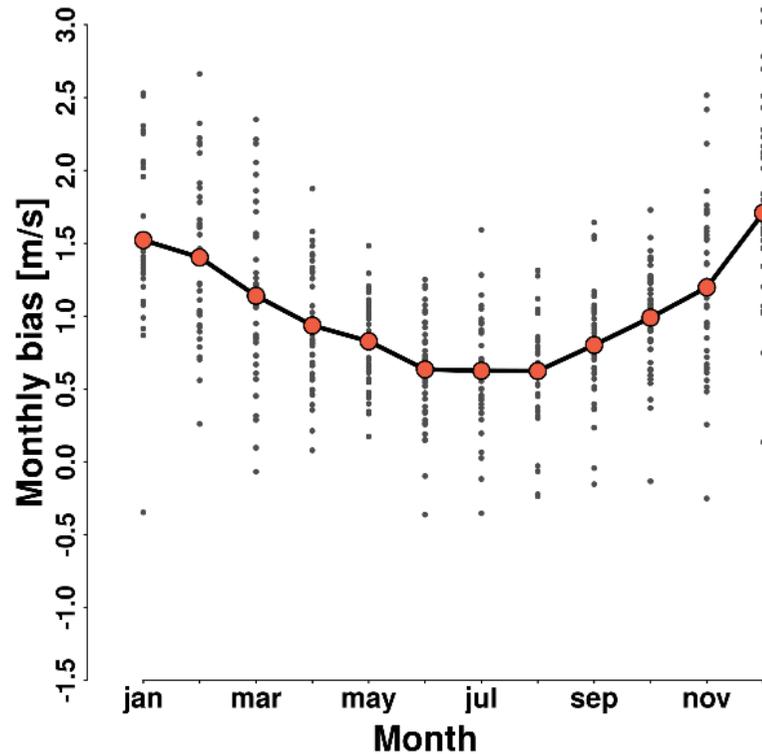
- 66 Messungen zwischen 85m – 164m Höhe, Rohdaten in Grau
- ✓ **Deutliche Reduzierung der systematischen Überschätzung der Windgeschwindigkeit**



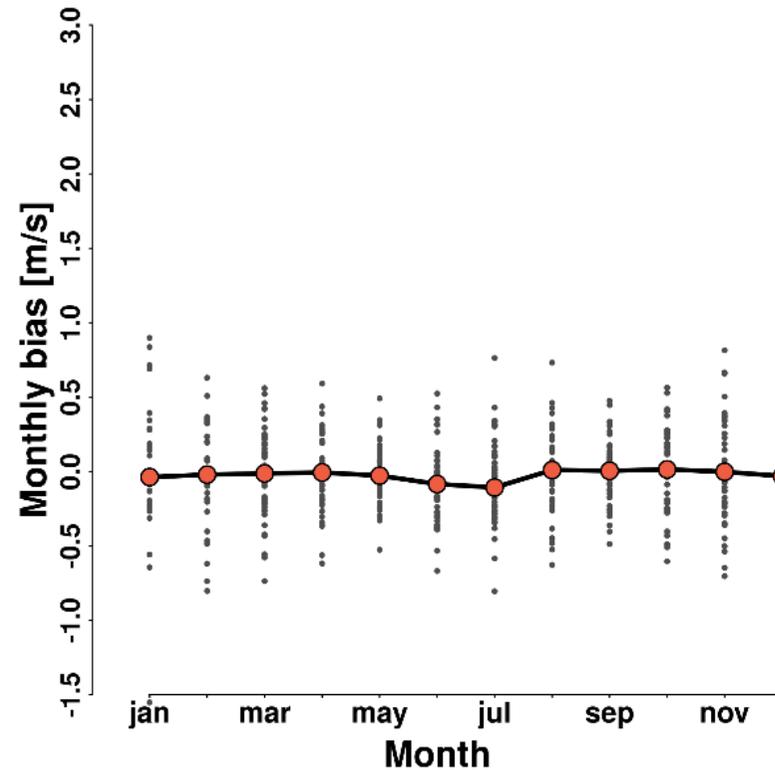
*Anselm Grötzner – Ramboll

Optimierung und Verifizierung des Jahresganges

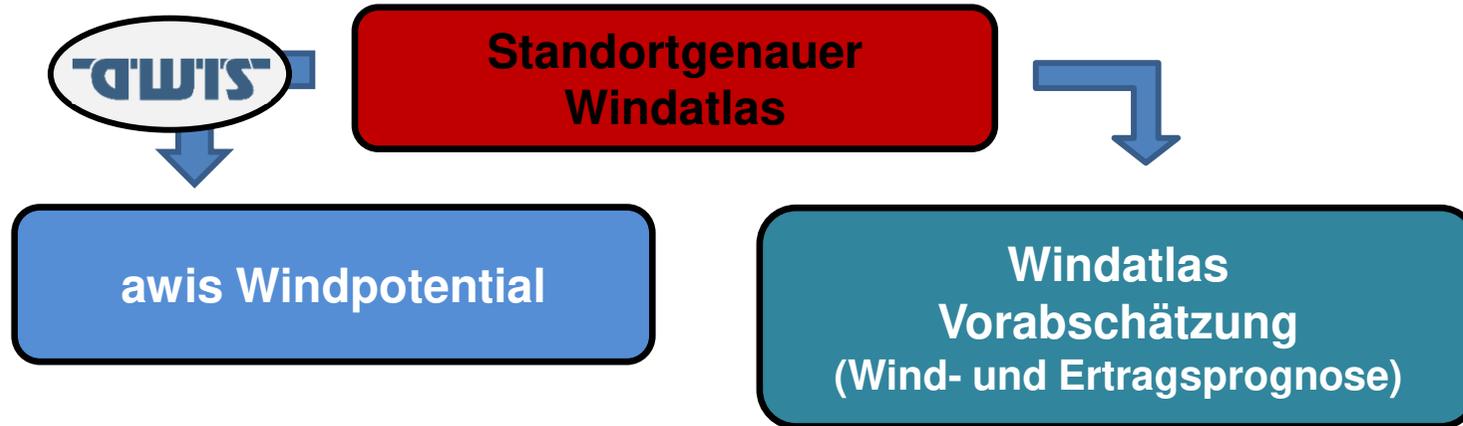
Rohdaten (D-3km.E5-raw)



Standortgenau (D-3km.E5-site)

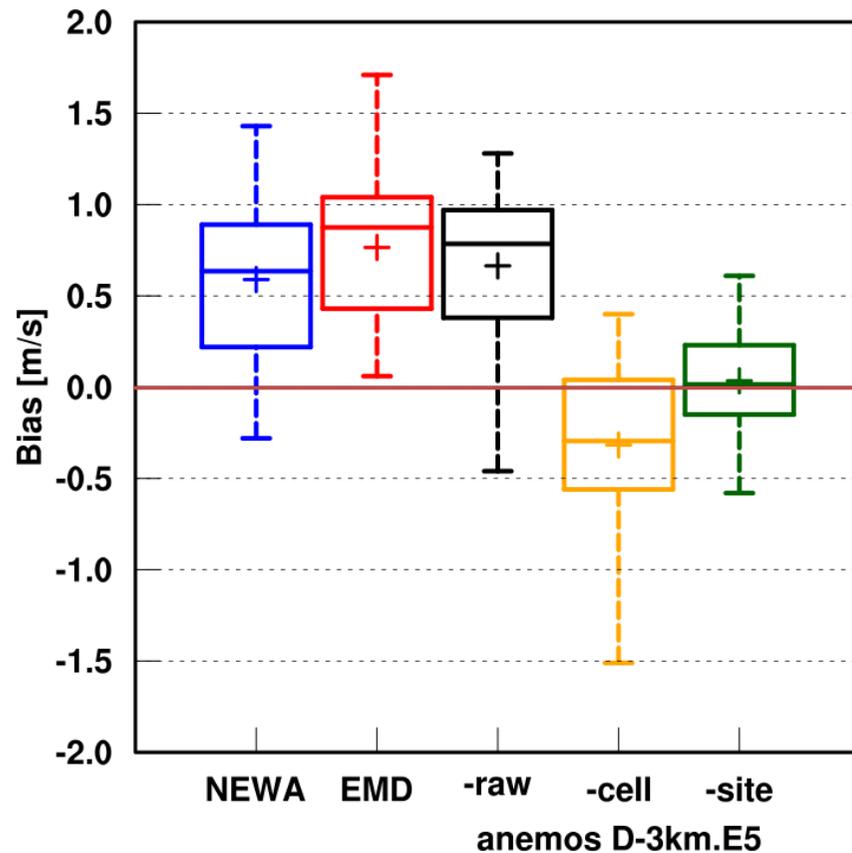


Windatlas	Bias [m/s]	Stddev [m/s]
Rohdaten	1.03	± 0.35
Remodeling	-0.03	± 0.03



Qualität des awis Windpotentials

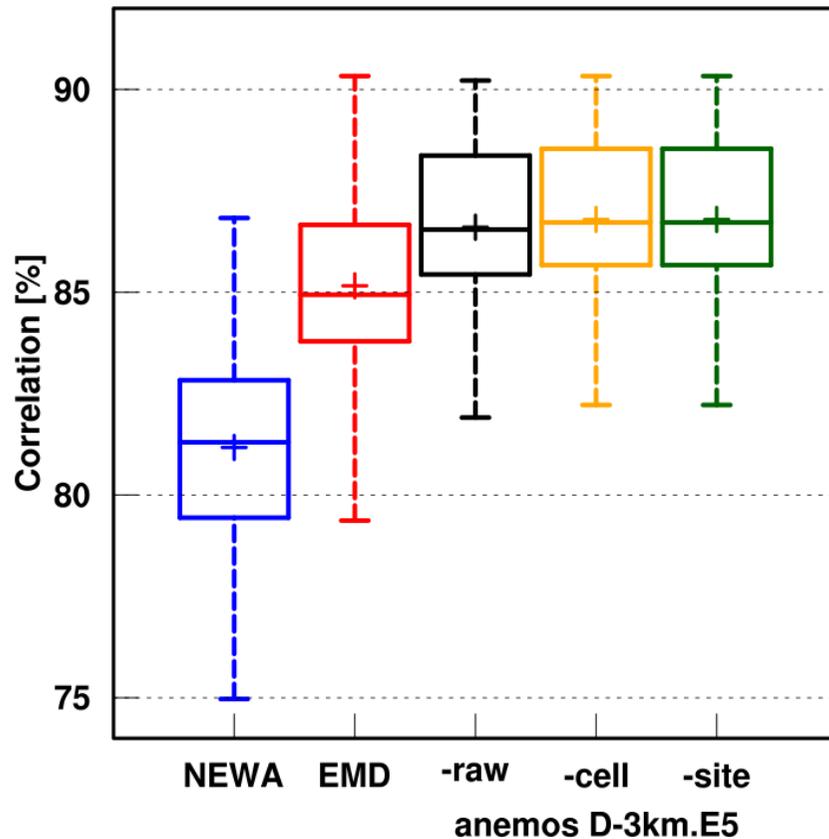
Vergleich der Abweichung (Bias von 22 Stationen) zwischen:
 NEWA (New European Wind Atlas) - EMD WRF-Europe+ - anemos D-3km.E5



- Bias entscheidend für die Qualität der Windprognose
- Optimierung der Rohdaten zwingend notwendig

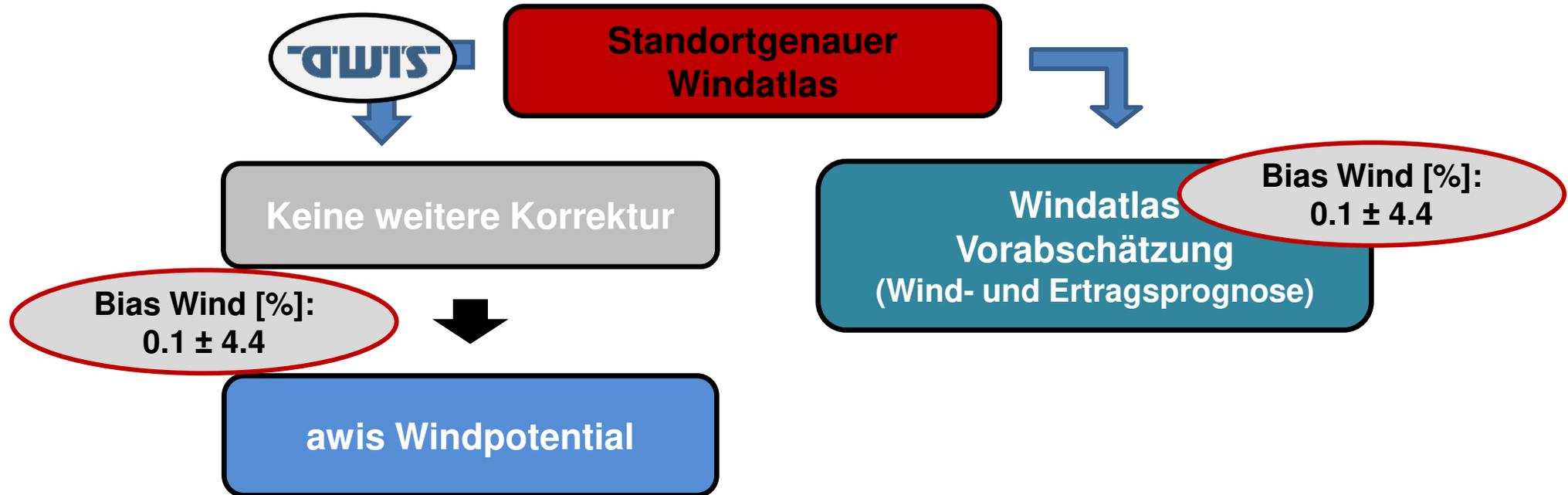
Windatlanten	Bias [m/s]
NEWA	0.59 ± 0.43
EMD-WRF Europe+	0.77 ± 0.40
D-3km.E5-raw	0.66 ± 0.47
D-3km.E5-cell	-0.32 ± 0.47
D-3km.E5-site	0.03 ± 0.27

Vergleich der Korrelation (stündliche Werte von 22 Stationen) zwischen:
 NEWA (New European Wind Atlas) - EMD WRF-Europe+ - anemos D-3km.E5



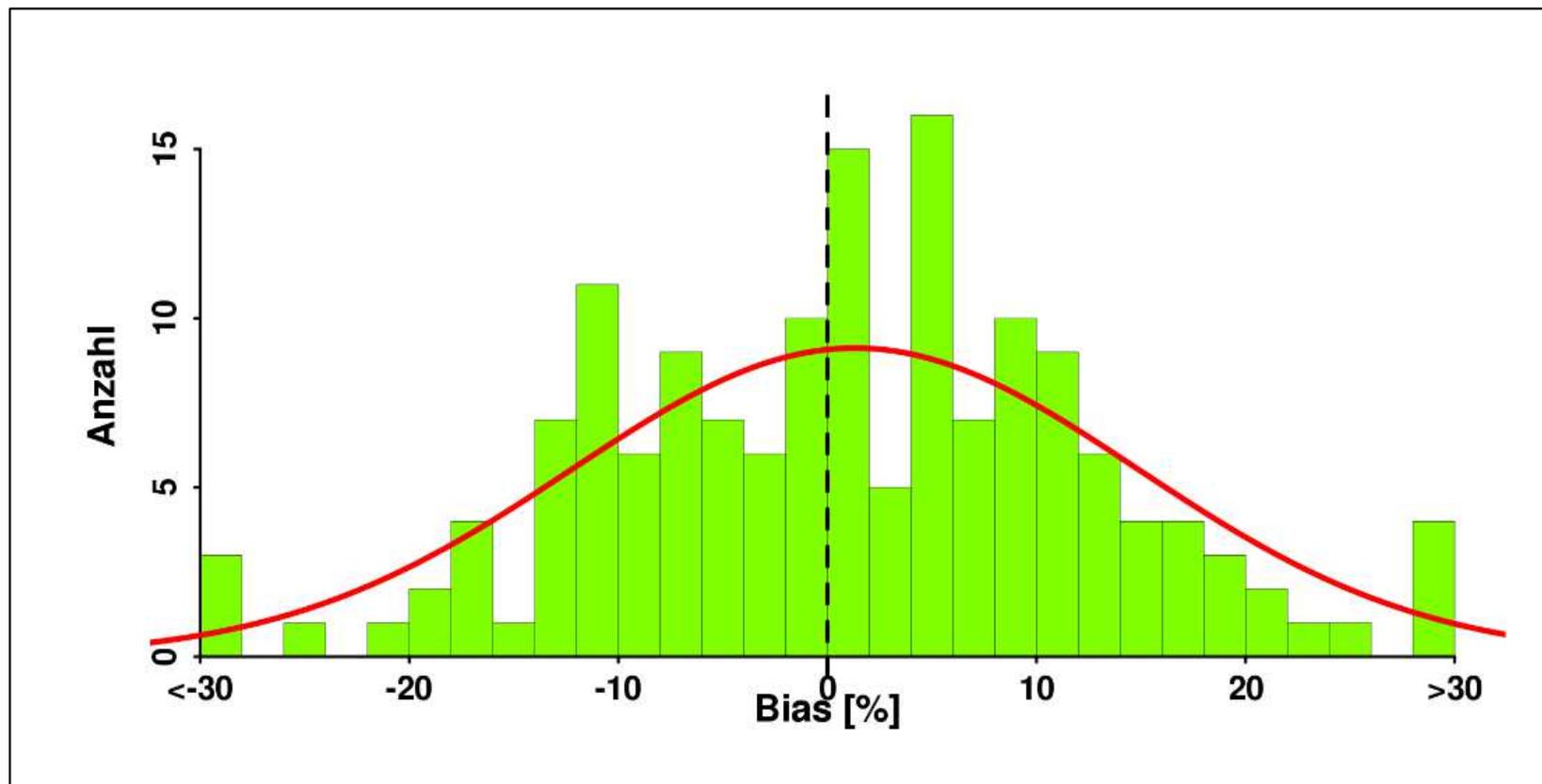
- WRF Parametrisierung entscheidend für gute Ergebnisse in der Korrelation
- Korrelation der NEWA Daten ist 5 % geringer als die des anemos D-3km.E5 Windatlas

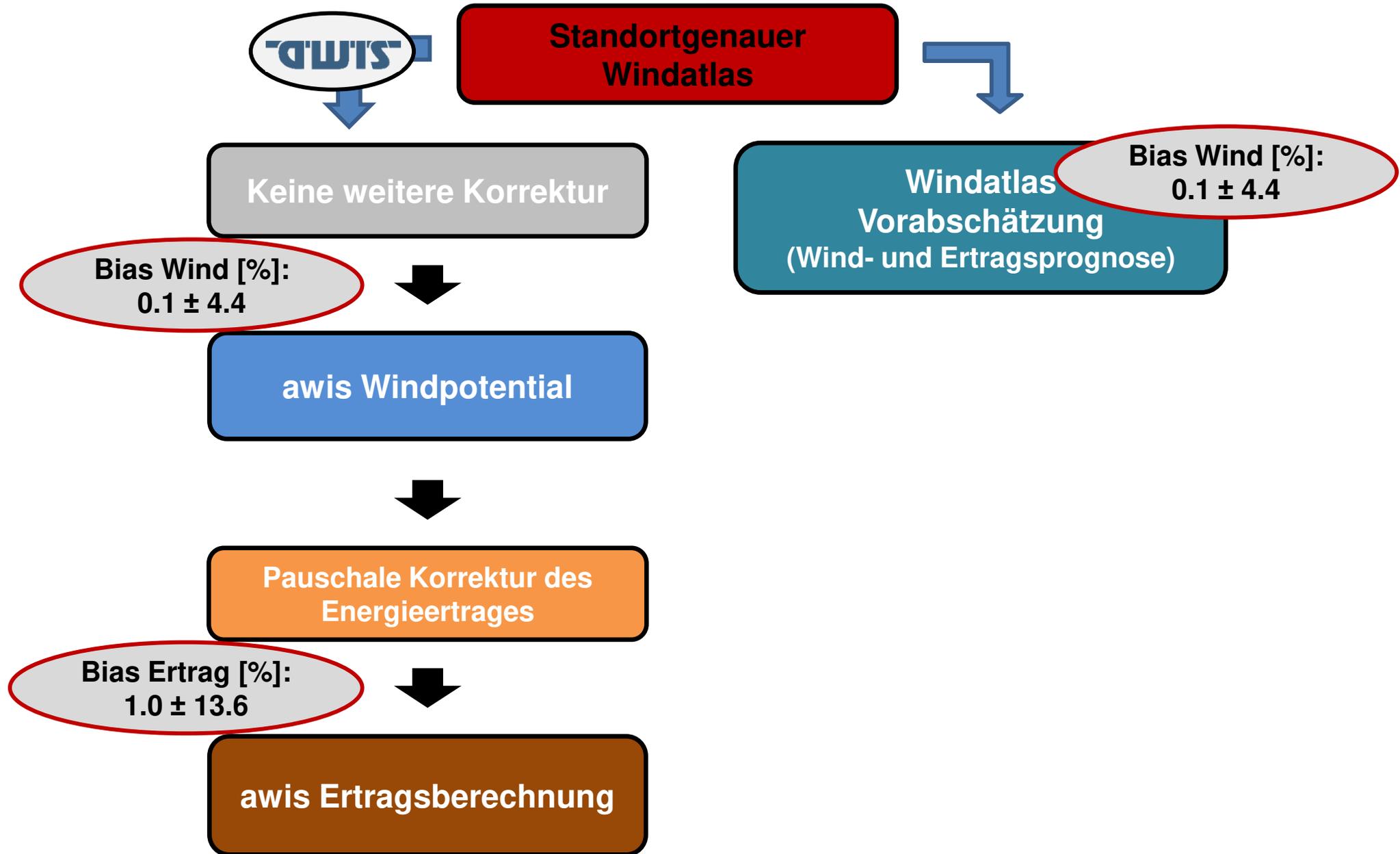
Windatlanten	Correlation [%]
NEWA	81.2
EMD-WRF Europe+	85.2
D-3km.E5-raw	86.8
D-3km.E5-cell	86.8
D-3km.E5-site	86.8



Qualität der awis Ertragsberechnung

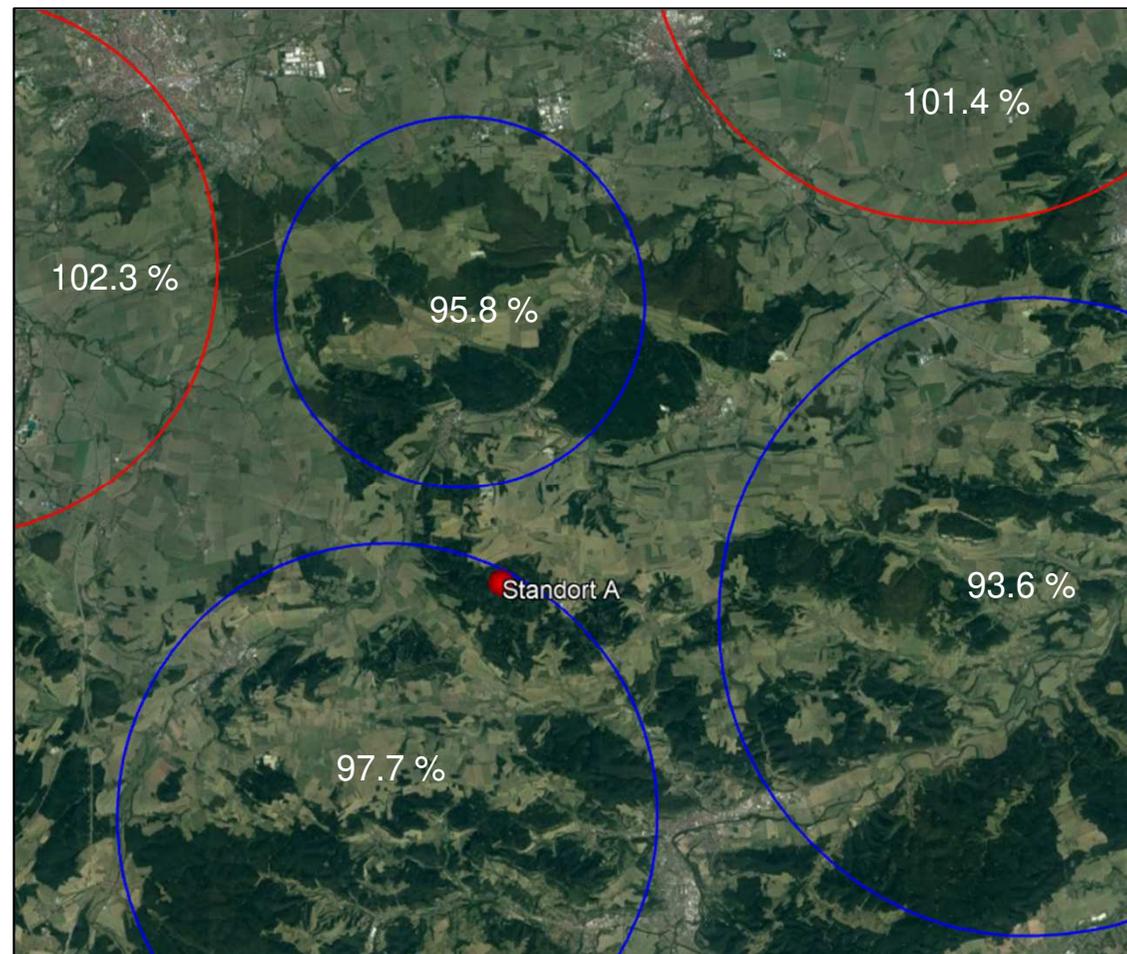
- Pauschale Korrektur des Energieertrages
- Bias von 27 Windparks mit über 150 WEA (SCADA-Daten)
 - Bias (%): 1.0 ± 13.6





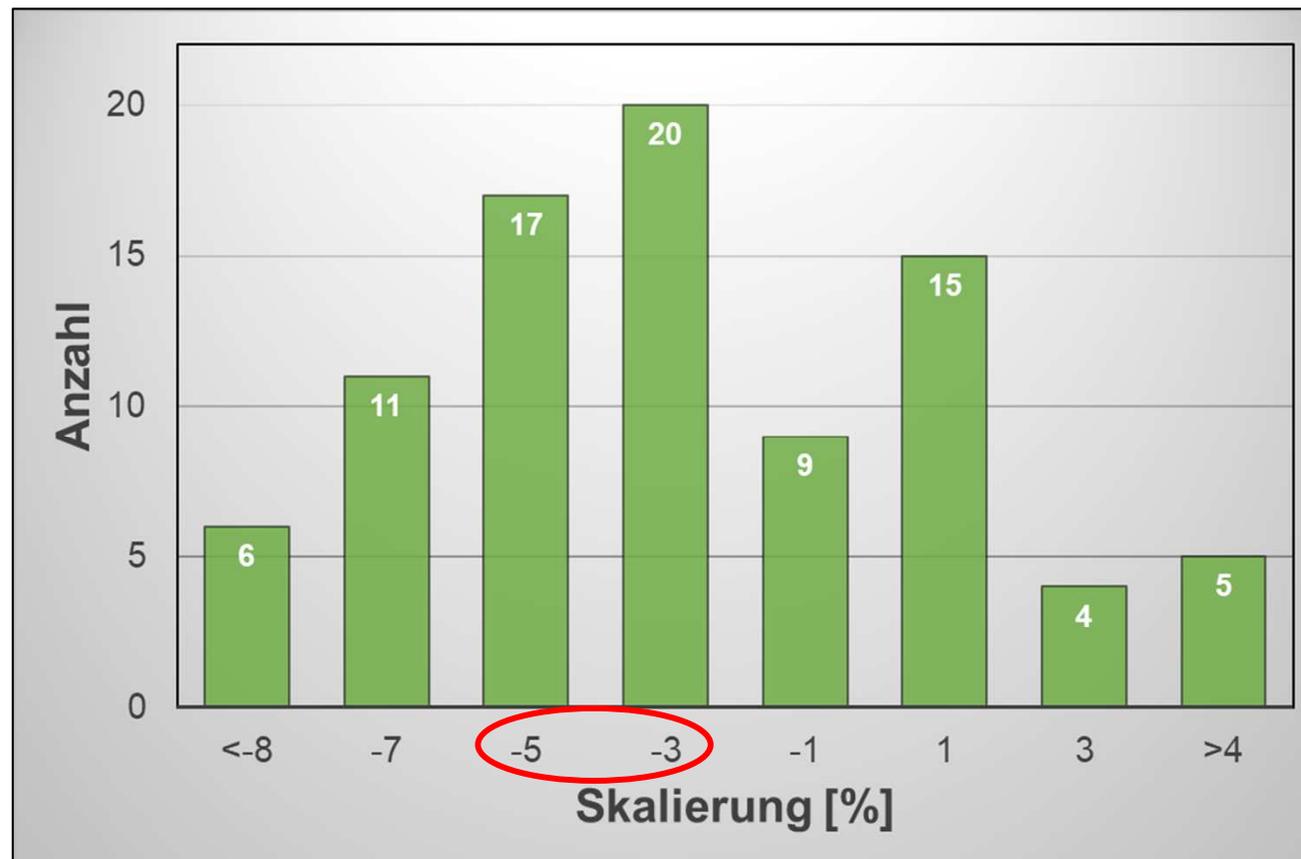
Neue Methodik der angepassten Wind- und Ertragsprognosen

- Regionale Skalierungsfaktoren, basierend auf internen Erfahrungswerten, werden für einen Standort verglichen und ggf. miteinander verrechnet.



Qualität der angepassten Wind- und Ertragsprognosen?

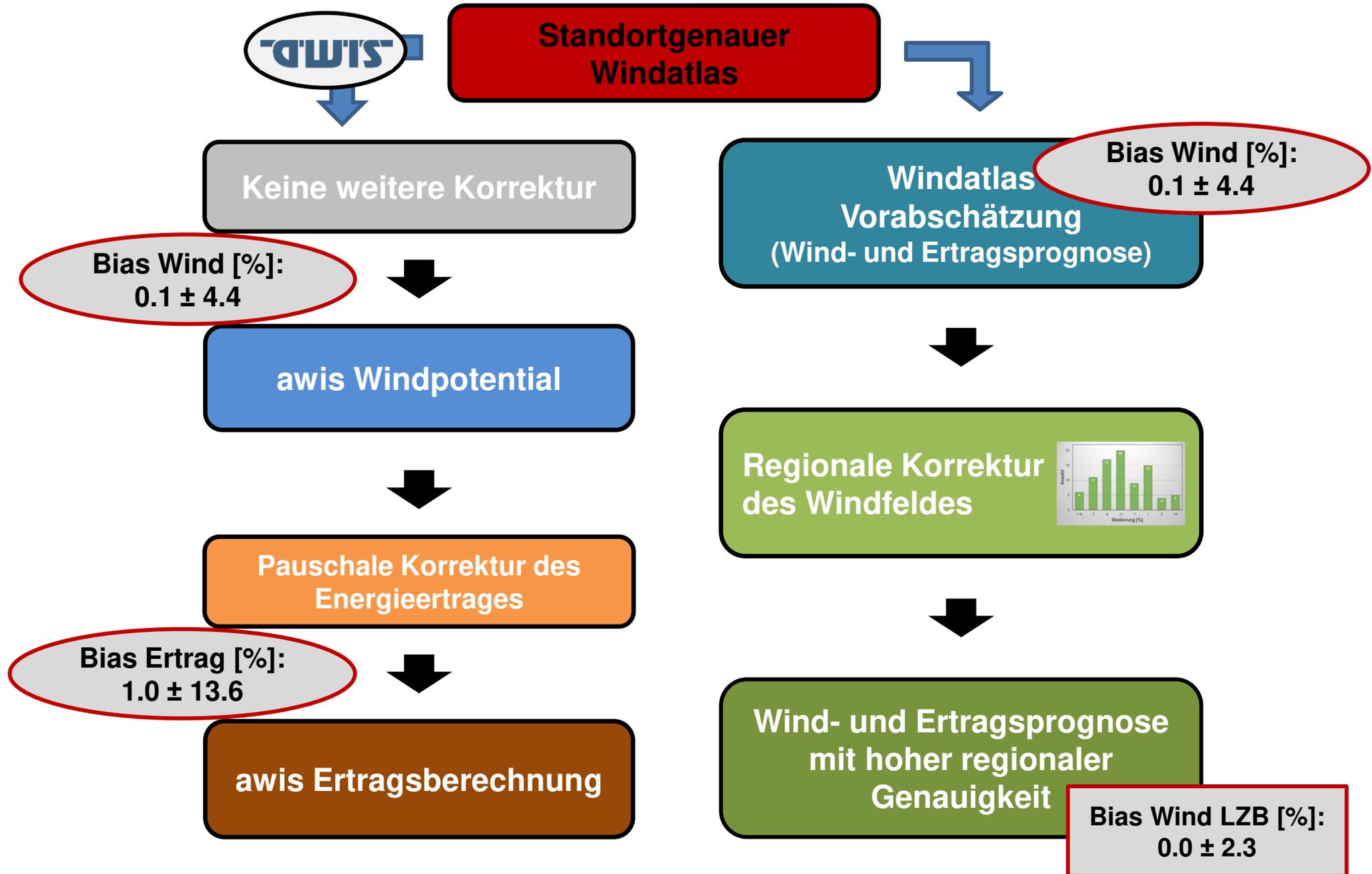
- Histogramm der Skalierungsfaktoren (Abweichungen) für eine Stichprobe von 87 Windatlas Vorabschätzungen



Vorteile der angepassten Wind- Ertragsprognosen

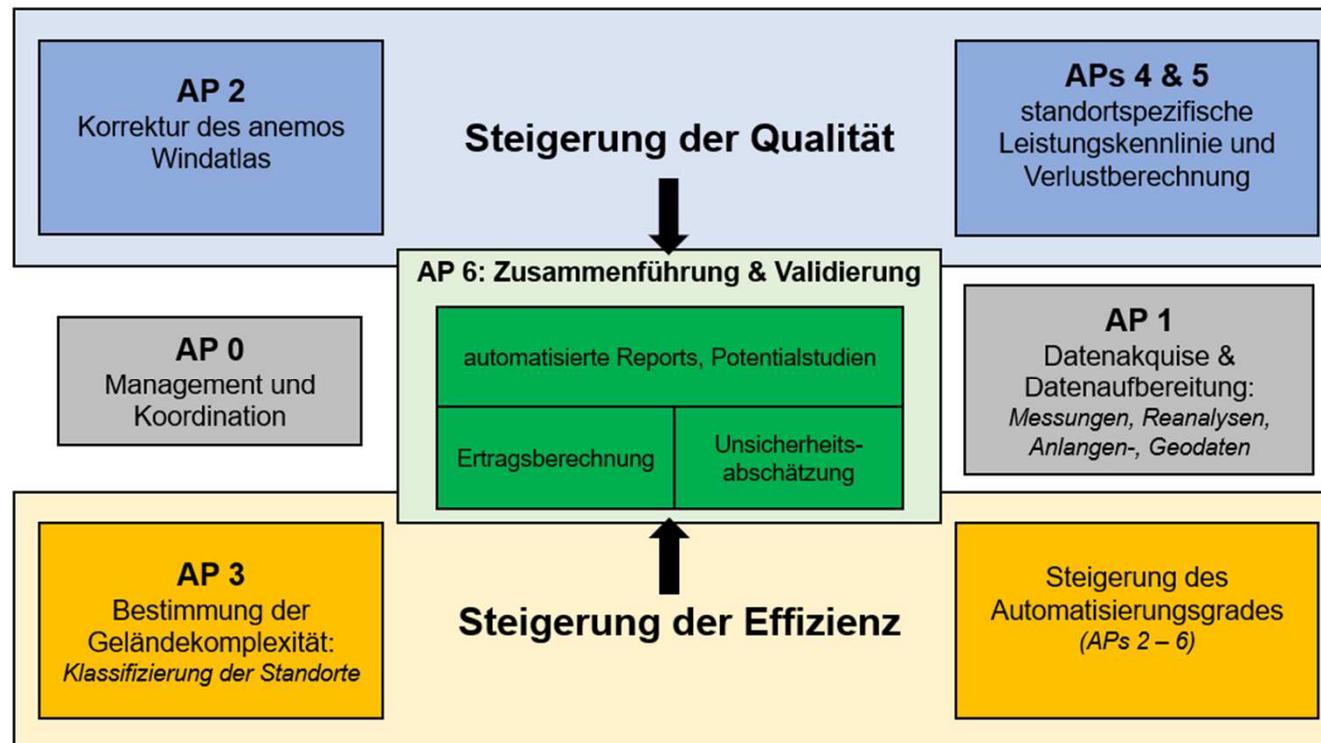
- Anpassung des Wind- und Ertragspotentials reduziert den Bias und die Standardabweichung
- Schnelle und qualitativ hochwertige Wind- und Ertragsprognosen
- Qualität ist durch die Verifizierung mit Messungen und Ertragsdaten nachgewiesen

Stichprobe	Bias awis Windpotential [%]	Bias angepasste Wind- und Ertragsprognose [%]
87 Standorte	2.7 ± 4.0	0.0 ± 2.3



Weiterentwicklungen

- ❖ Simulation eines 1km Windatlas für Deutschland
 - ❑ WRF Version 4.2.1
 - ❑ Turbulenzintensitätszeitreihen
- ❖ Forschungsprojekt STRAIGHT (2023 – 2026)



Wind- und Ertragsprognosen auf Basis des anemos Windatlas

- ✓ Konsistenter und homogener mesoskaliger Datensatz
- ✓ Qualität überprüft durch interne & externe Verifikation
- ✓ Optimierung des Windatlas durch mittels Windmessungen
 - Korrektur systematischer und regionaler Abweichungen
 - Regional sehr geringe Standardabweichung
- ✓ Zeitreihenscharfe Berücksichtigung von Restriktionen
- ✓ Windatlas Veröffentlichung:
 - *Schneider, M., A. Glücksmann, Anselm Grötzner und H.-T. Mengelkamp (2022): A wind atlas for Germany and the effect of remodeling, Meteorol. Z., 31, 2, 117-130, doi: 10.1127/metz/2022/1102*

Wind- und Ertragsprognosen

Neue Methoden und Weiterentwicklungen

31. Windenergietage

09.11.2023

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Martin Schneider
Prokurist

anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3 | 21391 Reppenstedt | Deutschland
martin.schneider@anemos.de | www.anemos.de

