

Der neue Windatlas Baden-Württemberg Aspekte zur Erstellung und Qualität

Potsdam,
06.11.2019

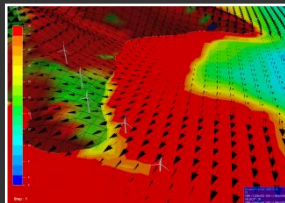
Carsten Albrecht



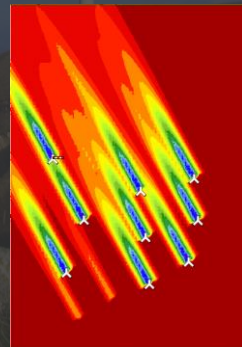
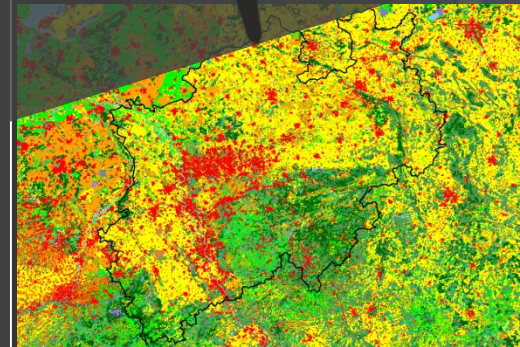
Deutsche
Akkreditierungsstelle
Akkreditierungsstelle
Deutsche

AL-PRO

- ➔ Gegründet in 2001
- ➔ Consulting in mehr als 1000 Windprojekten – Weltweit
- ➔ Spezialisiert auf meso- und mikroskalige 3D-Strömungsmodellierung
- ➔ Akkreditierte LiDAR Windmessungen und Verifikationen



windprofitregister.de



Akkreditierte
Windgutachten
Erlösgutachten
Potenzialstudien
Auswertung von
Windmessungen
Turbulenzbestimmung

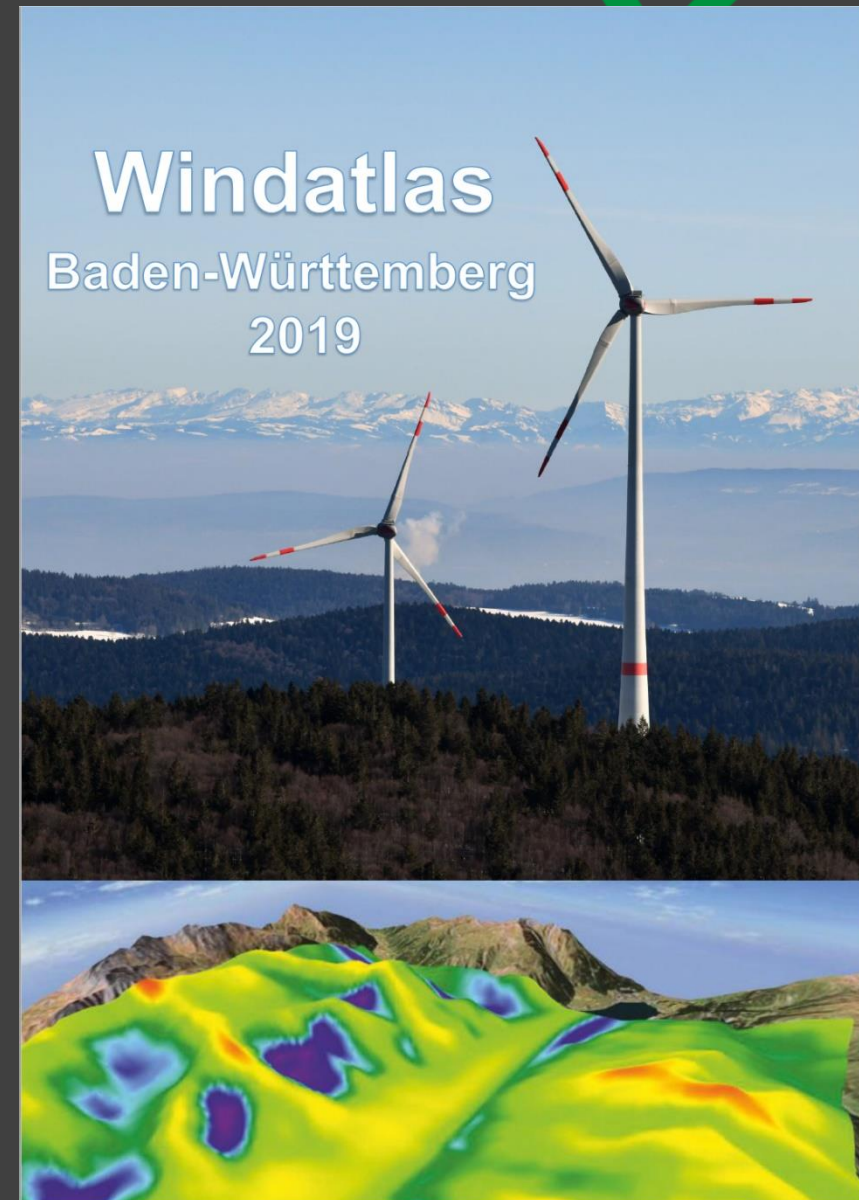
Due Diligence
Risikoanalysen
Schall- und Schattenwurfgutachten
Visualisierungen
GWS[®] - GLOBAL WINDMAPPING SERVICE
GMS Kurzzeitprognosen für
Windparks



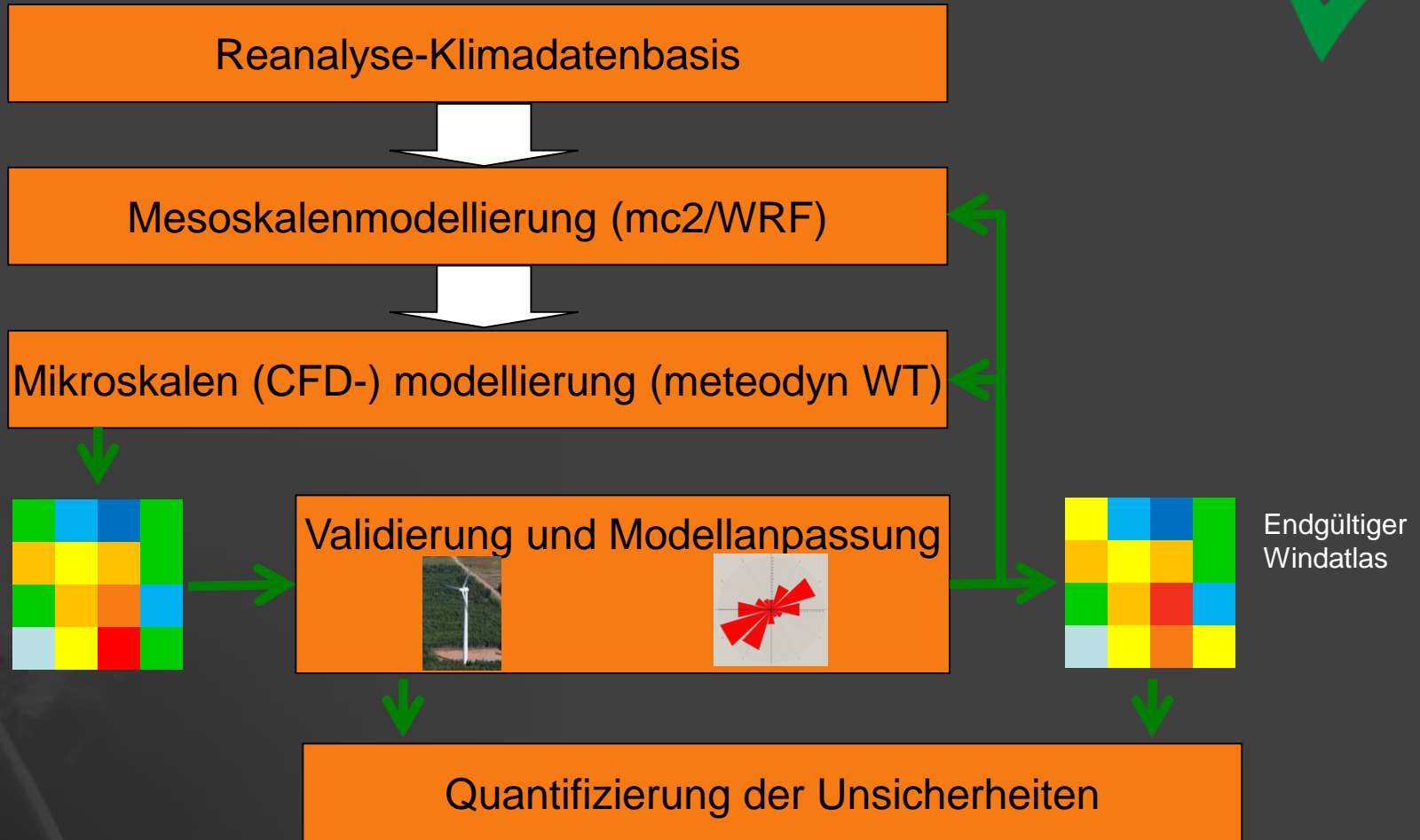
Deutsche
Akkreditierungsstelle
Akkreditierungsstelle
Deutsche

Überblick über die Präsentation

- ✓ Methodik zur Erstellung des Windatlas BW
 - ✓ Vorteile gegenüber der alten Version des BW-Windatlas
 - ✓ Bedeutung der Modellauflösung
 - ✓ Eingangsdatenbasis
 - ✓ Validierung
- ✓ Vorstellung des Windatlas
 - ✓ Übersicht Parameter
 - ✓ Übersichts- und Detailkarten
 - ✓ Zahlen und Fakten zur Erstellung



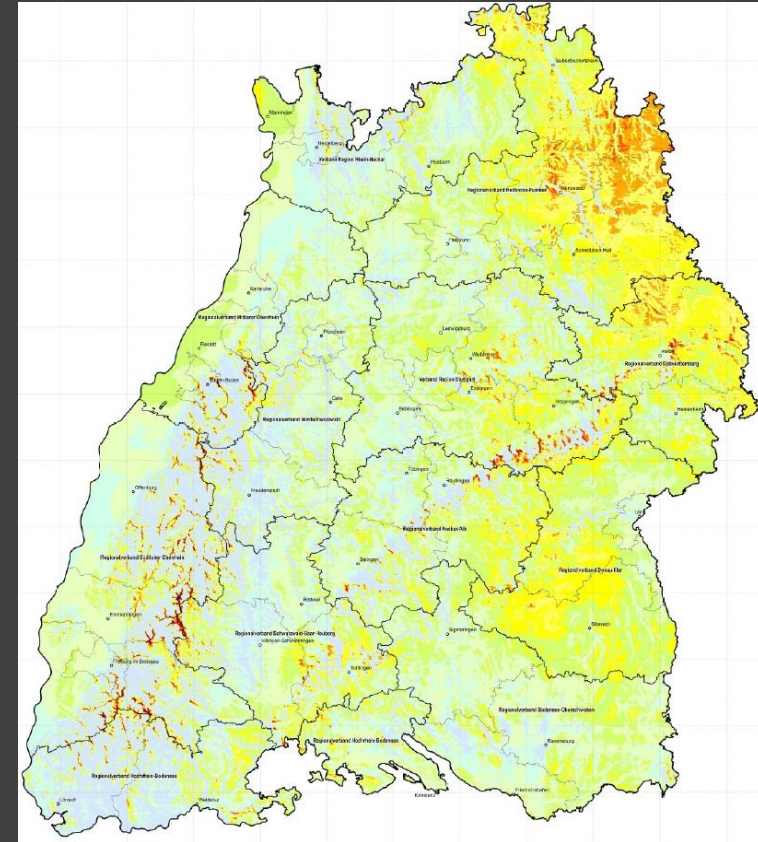
Deutsche
Akkreditierungsstelle



Deutsche
Akkreditierungsstelle

Vorteile gegenüber dem aktuellen BW Windatlas

- ✓ Berücksichtigung mesoskaliger Einflüsse, Mesoskalendatenbasis mit einer Auflösung von bereits 2 km
- ✓ State of the art CFD-Strömungsmodellierung als Basis
- ✓ Erhöhung der horizontalen Auflösung auf 30 m, Informationsgehalt erhöht sich um den Faktor ~2,8 (siehe nächste Folie)
- ✓ Erhöhung auch der vertikalen Auflösung auf 6 m, deutlich bessere Wiedergabe der vertikalen Windprofile.
- ✓ Detaillierte Berücksichtigung der atmosphärischen Stabilität
- ✓ Waldmodellierung nach dem neuesten Stand der Technik. Verwendung der tatsächlichen mittleren Baumhöhe und Walddichte für jede Berechnungszelle.
- ✓ Erweiterung auf Zeitreihen und neue Modellansätze möglich.



Deutlich höhere Genauigkeit bei erweiterten Einsatzmöglichkeiten

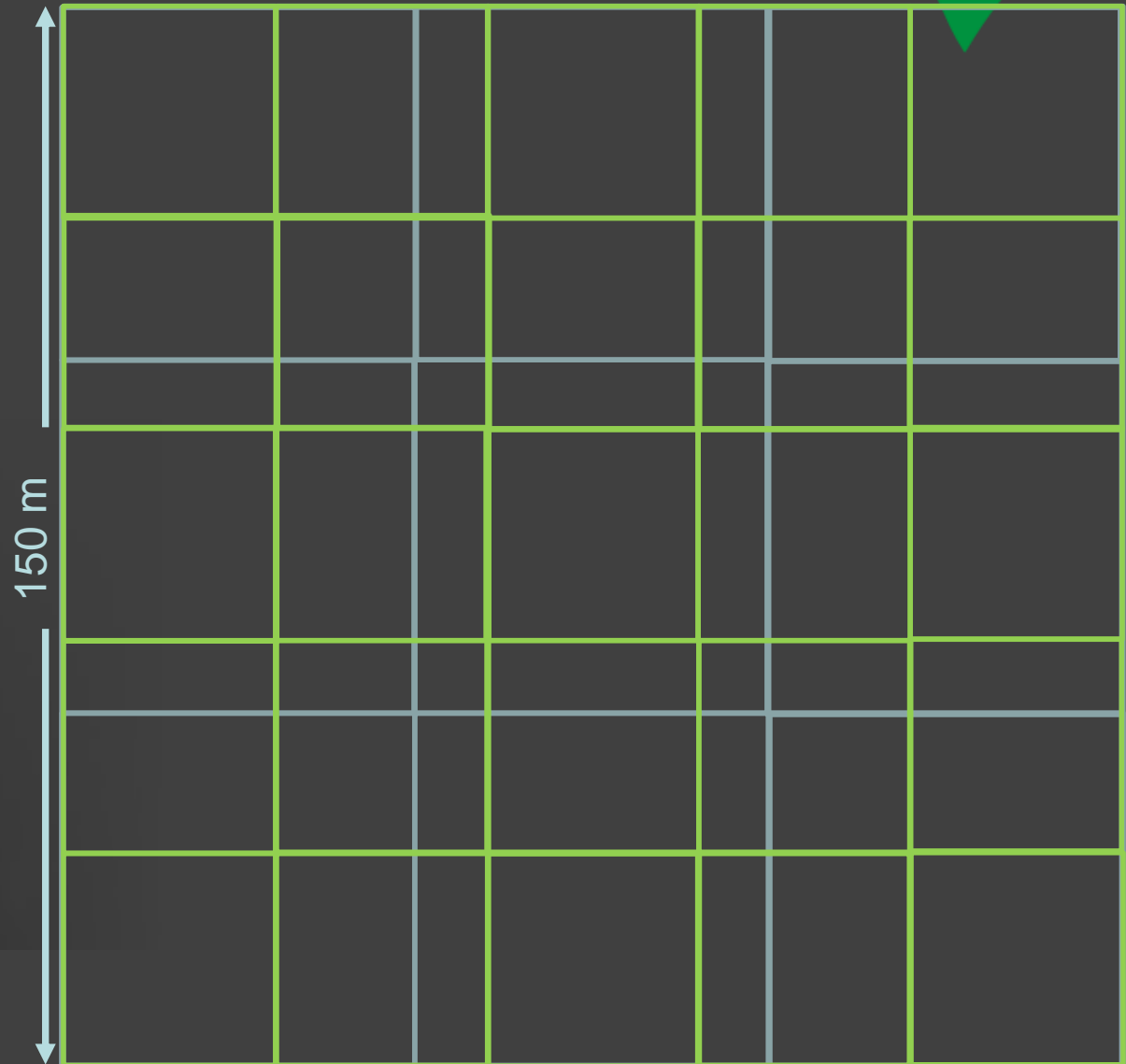


Vorteile gegenüber dem aktuellen BW Windatlas

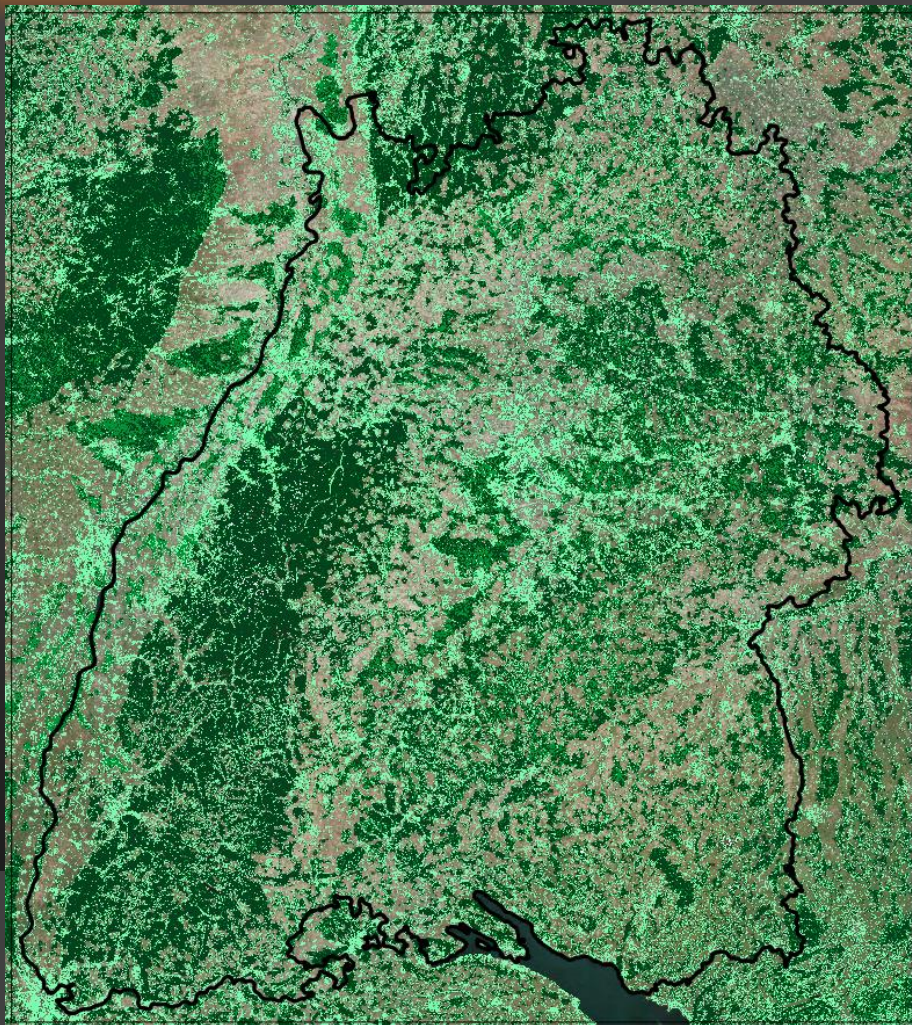
- ✓ Alt: 9 Informationen
- ✓ Neu: 25 Informationen

Höhenunterschied bei 35% Steigung über die Zelldiagonale:

- ✓ Bei 200m Gitterauflösung 99m
- ✓ Bei 50m Gitterauflösung 25m
- ✓ Bei 30m Gitterauflösung 15m



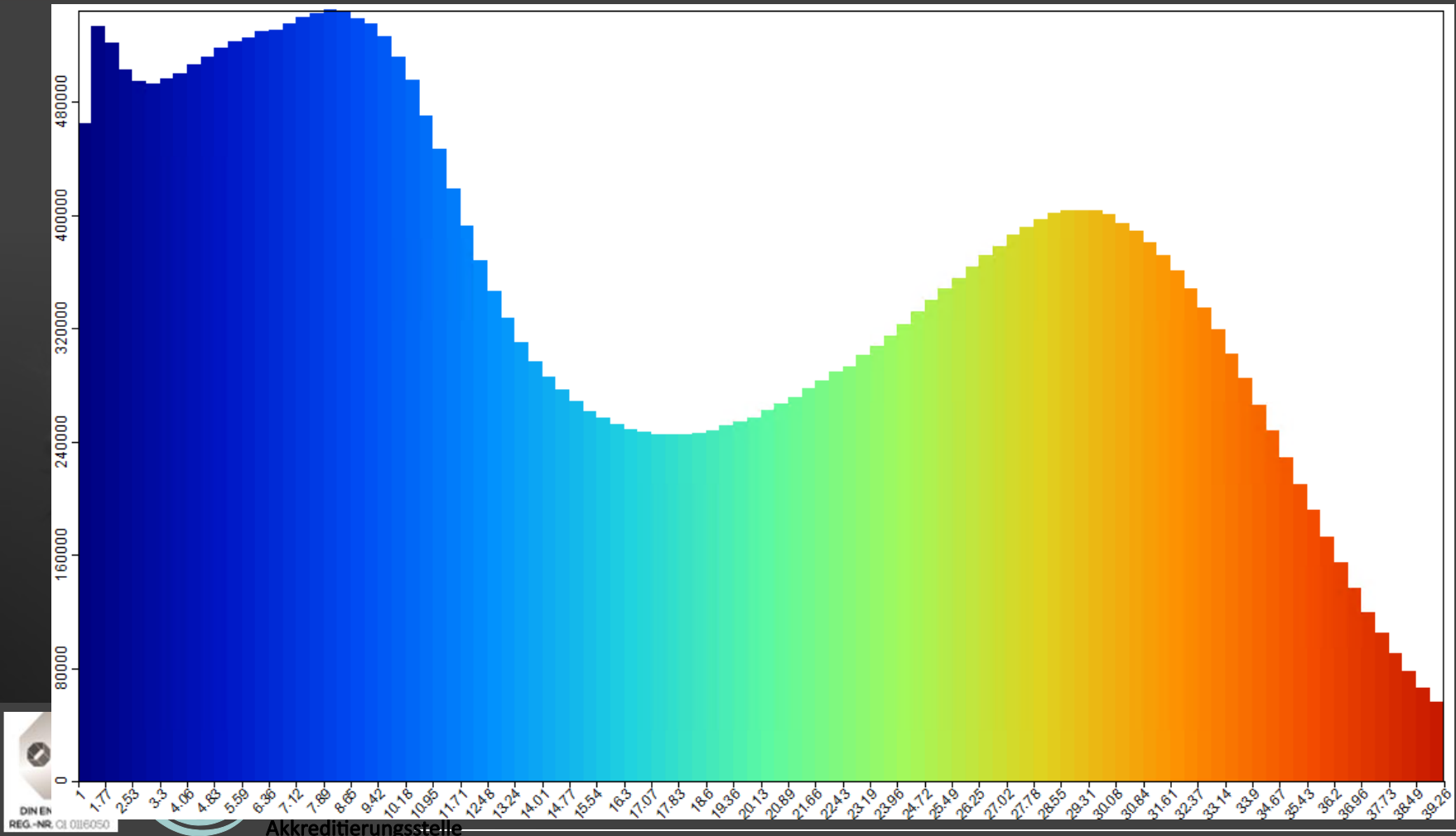
Eingangsdatensatz, Beispiel Walddichte



Eingangsdatensatz 3D

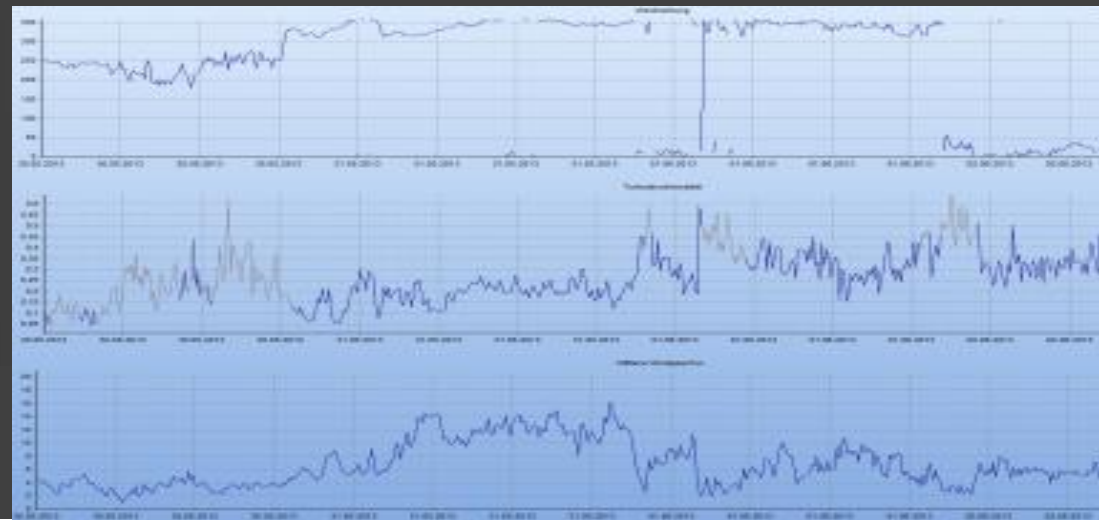
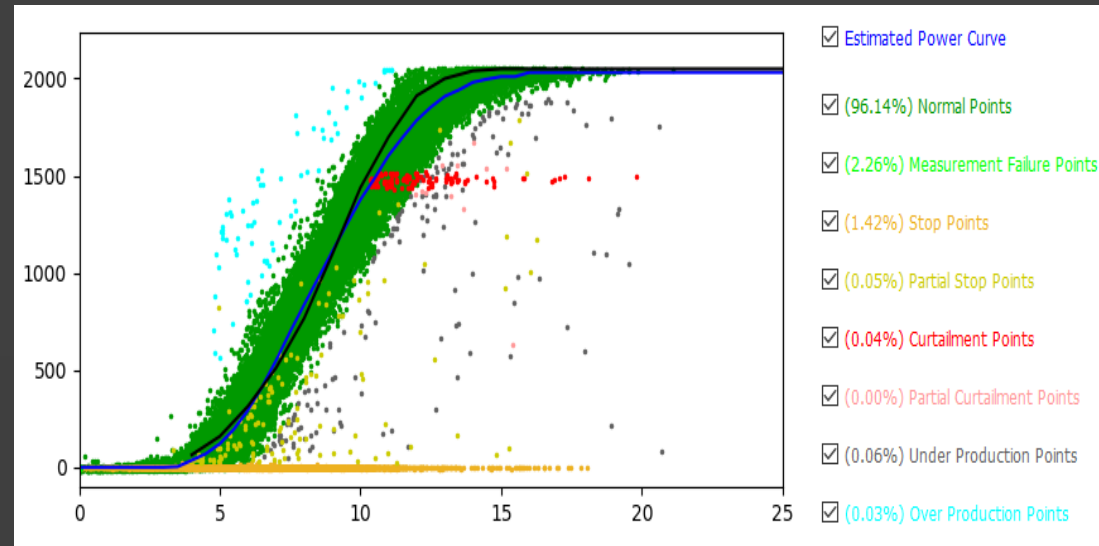


Eingangsdatensatz, Histogramm Rohdatensatz Waldhöhe



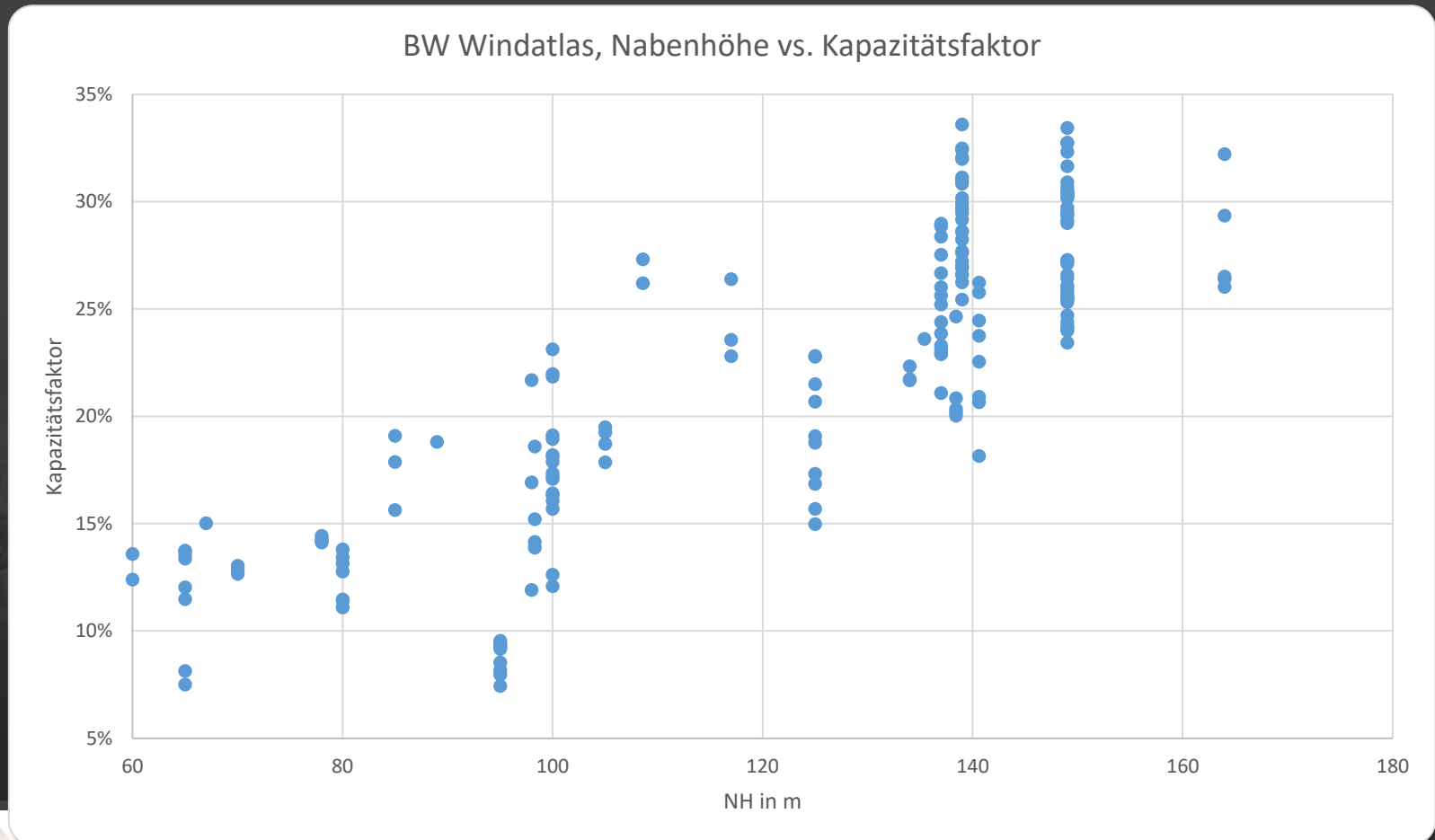
Vergleichsdatenbasis

- ✓ 58 Windparks
- ✓ 63 Fernmessungen
- ✓ 15 Messmasten
- ✓ Nach Auswertung, Zusammenfassung und Eliminierung ungeeigneter Datensätze 106 Validierungspunkte



Deutsche
Akkreditierungsstelle

Verifikationsdatenbasis, Beispiel für weitere Analysen

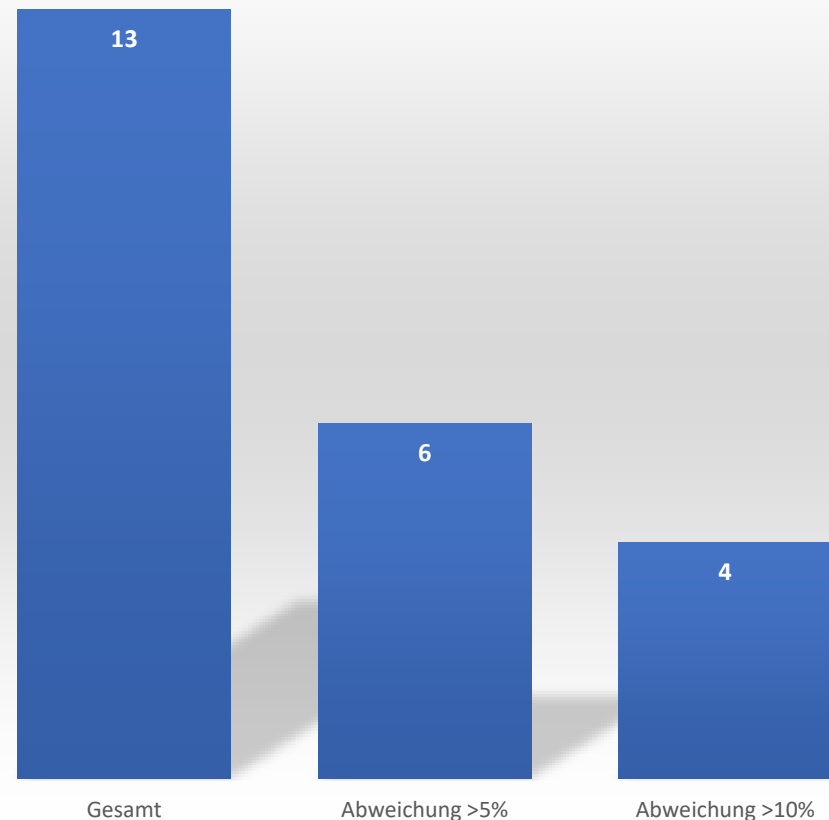


Verifikationsdatenbasis, Unsicherheit

Standorte mit Messung und WEA

- ✓ 13 Vergleichsmöglichkeiten
- ✓ WEA „Wind“ auf niedrigerem mittleren Niveau, als gemessener Wind.
- ✓ Durchaus Systematik bei betroffenen Herstellern zu erkennen.
- ✓ Aber: Fast keine Veränderung des Bias im Windatlas zwischen der kompletten WEA- und Mastverifikation
- ✓ Statistische Datenbasis viel zu klein für systematische Rückschlüsse

Standorte mit WEA und Messung



Deutsche
Akkreditierungsstelle

Verifikationsdatenbasis, Unsicherheit

Unsicherheitskomponenten Windmessungen

- ✓ Messung
 - ✓ Kalibrierung/Verifikation
 - ✓ Klassifizierung
 - ✓ Aufstellungseffekte
 - ✓ Datenerfassung/Verarbeitung
 - ✓ Datenintegrität
- ✓ Langzeitbezug
 - ✓ Konsistenz LZ-Daten
 - ✓ Abbildungsalgorithmus
 - ✓ Länge Messzeitraum
 - ✓ Repräsentanz BZ-Zeitraum
 - ✓ Projektion Bezugszeitraum auf Betriebszeitraum
 - ✓ Repräsentativität der LZ-Daten für den Standort
- ✓ **Mittlere Unsicherheit 7,3%**
 - ✓ Ableitung der Wahrscheinlichkeit von Abweichungen im Windatlas



Deutsche
Akkreditierungsstelle

Verifikation

Die wichtigsten Ergebnisse (für den Proto-Windatlas)

- ✓ Bias 7,5 %
- ✓ Keine Höhenabhängigkeit des Bias zwischen 100m und 160m
 - ✓ Auswertung nur anhand der Messungen, für die sinnvoll auf die Höhe 160m geschlossen werden kann (59)
 - ✓ Kein systematischer Fehler im Windgradienten (aber durchaus einige Ausreißer)
- ✓ Standardfehler nach Biaskorrektur, vor GWS® ALIGN: 8,8%



Deutsche
Akkreditierungsstelle

Erzeugte Datensätze

- ✓ In den Höhen 100m, 140m, 160m, 180m und 200m über Grund
 - ✓ Mittlere Windgeschwindigkeit in m/s
 - ✓ Mittlere Windleistungsdichte in W/m²
 - ✓ Mittlere gekappte Windleistungsdichte in W/m² bei Kappungswert 15 m/s
 - ✓ Turbulenzintensität (zusätzlicher Zielparameter, Flächen bei zu hoher Turbulenz nicht nutzbar)
 - ✓ WEA ENERCON E-138 EP3 E2
 - ✓ Mittlere Jahresproduktion in kWh/a
 - ✓ Brutto-Standortgüte
 - ✓ WEA VESTAS V-150
 - ✓ Mittlere Jahresproduktion in kWh/a
 - ✓ Brutto-Standortgüte
 - ✓ WEA VESTAS V-126
 - ✓ Mittlere Jahresproduktion in kWh/a
 - ✓ Brutto-Standortgüte
- ✓ Windgradient 100m - 160m
- ✓ Unsicherheit bezogen auf die mittlere Windgeschwindigkeit in %



Mögliche Zielparameter für Planungsträger

Parameter	Bewertungsaspekte						
	Mittleres Windangebot	Geschwindigkeitsverteilung	Luftdichte	Wiedergabe WEA Verhalten	Technologieunabhängigkeit	Verständnis	Dauerhaftigkeit
Mittlere Windgeschwindigkeit	++	-	-	0	++	++	++
Mittlere Windleistungsdichte	++	++	++	+ bis 0	++	-	++
Mittlere gekappte Windleistungsdichte	++	++	++	+	+	-	+
Brutto-Standortgüte	++	++	++	++	0	+	-
Energieproduktion WEA	++	++	++	++	-	+	0













Deutsche
Akkreditierungsstelle

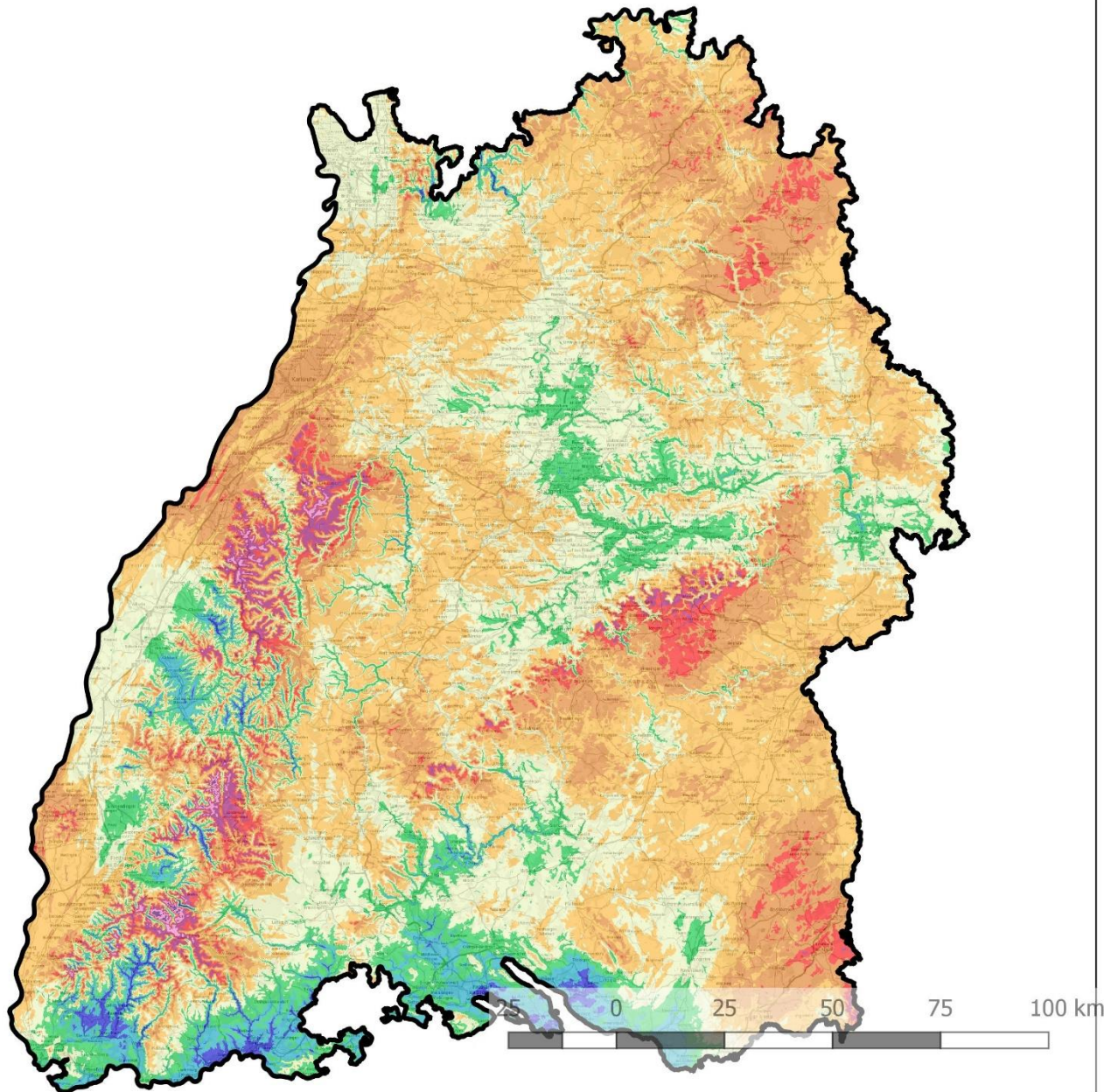


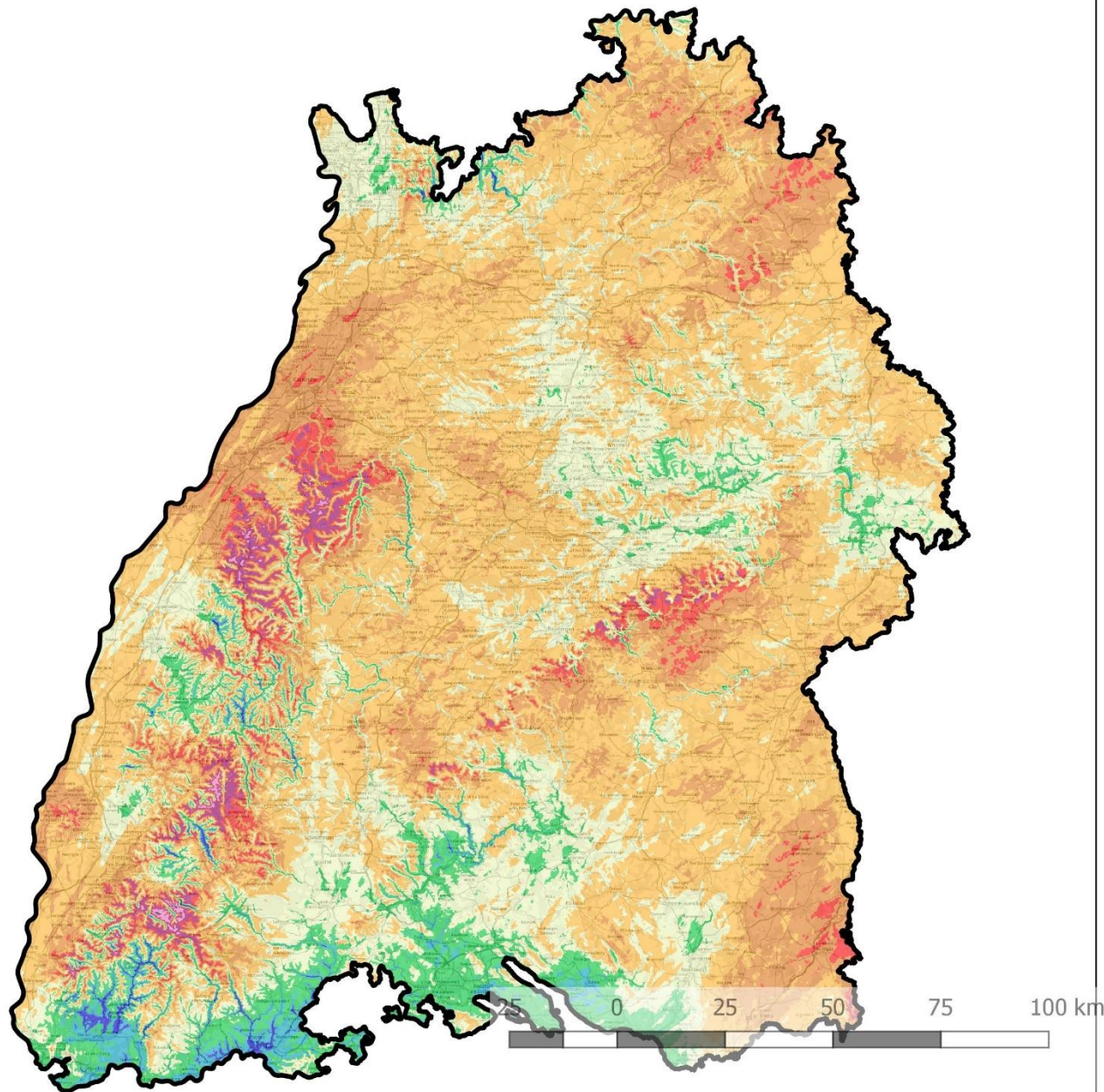
Windatlas Baden-Württemberg 2019

Mittlere Windgeschwindigkeit
160m
in m/s

Legende

-  ≤ 4
-  4 - 4.5
-  4.5 - 5
-  5 - 5.5
-  5.5 - 6
-  6 - 6.5
-  6.5 - 7
-  7 - 8
-  8 - 9
-  9 - 20





AL-PRO

Windatlas Baden-Württemberg 2019

Mittlere gekappte
Windleistungsdichte 160m
in W/m^2

Legende

- ≤ 75
- 75 - 105
- 105 - 145
- 145 - 190
- 190 - 250
- 250 - 310
- 310 - 375
- 375 - 515
- 515 - 660
- 660 - 1600

Zahlen und Fakten zur Erstellung des Windatlas

- ✓ CFD Berechnung auf HPC Cluster, 144 CPU Kerne, 1 TB Hauptspeicher
 - ✓ 29.572 Berechnungsjobs
 - ✓ 64.234 Stunden (2.676 Tage) CPU Zeit
 - ✓ 147.263 Stunden (6.136 Tage) Berechnungszeit
- ✓ Modellkopplung Mesoskala-CFD auf demselben Cluster
 - ✓ 7.920 Tage Berechnungszeit (ca.)
- ✓ GWS® ALIGN (Modellkorrektur mit Validierungsdaten)
 - ✓ 150 Stunden Berechnungszeit (ca.)
- ✓ Erzeugung der abgeleiteten Parameter, 2x Windows-Server, je 16 CPU Kerne, 1x 128 GB, 1x 64 GB Hauptspeicher
 - ✓ 320 Stunden Berechnungszeit (ca.)



Herzlichen Dank!

