



HOCHSCHULE
NEUBRANDENBURG
University of Applied Sciences

Minderung des Einflusses von Windenergieanlagen-Echos in Wetterradaarmessungen des Deutschen Wetterdienstes

GeoForum MV 2024

Uwe Köster

03.09.2024

- Einführung
- Das Wetterradar
- Genutzte Radardaten
- Der Algorithmus
- Startwertfindung
- Validierung
- Ausblick

WINDRÄDER DRINGEN IN SCHUTZZONE VON WETTER-RADARSTATIONEN EIN



- ⊙ Radar (mit 20-km-Schutzzone)
- ⊙ Windprofiler
- Windenergieanlagen

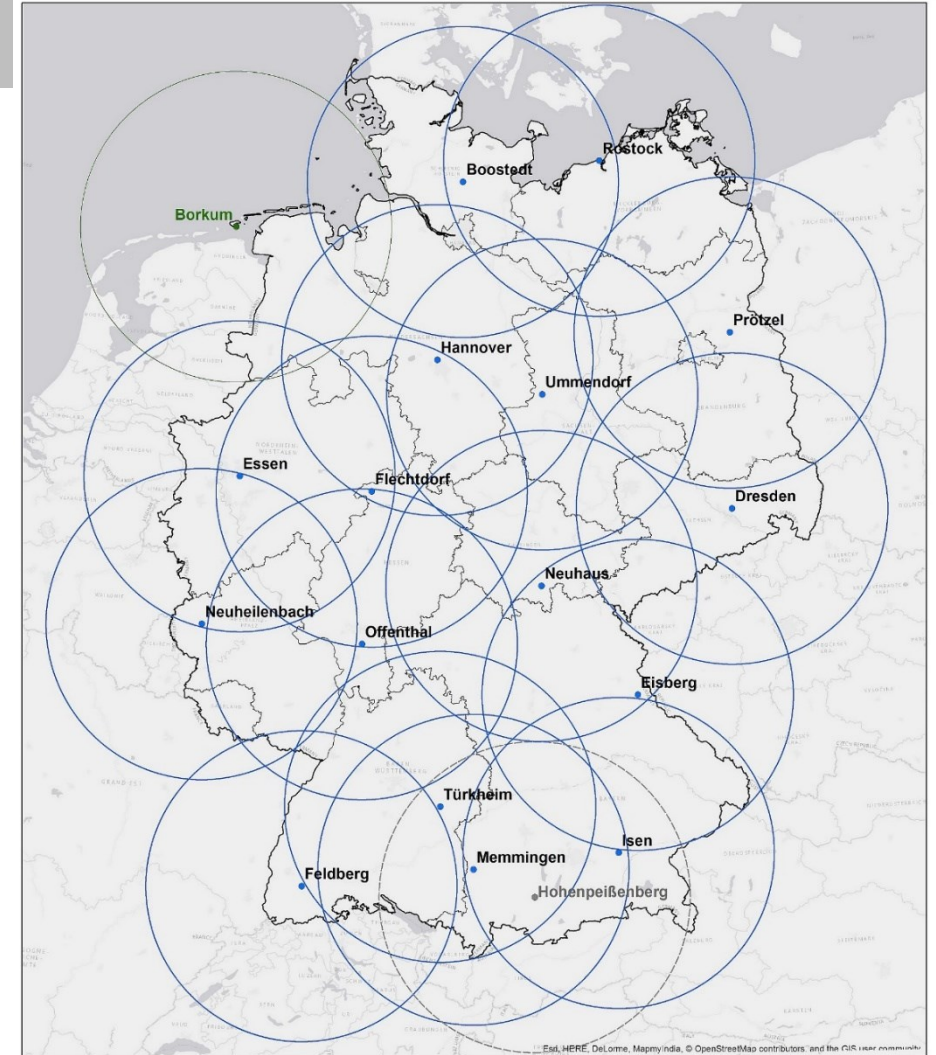


QUELLE: DEUTSCHER WETTERDIENST; STAND 07/2013

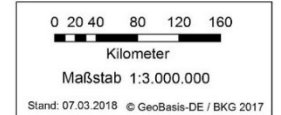
Einführung

Fläche Deutschland = 357.386 km²
Fläche Mecklenburg-Vorpommern = 23.174 km²

$$18 \cdot \pi \cdot (15 \text{ km})^2 = 12.723 \text{ km}^2 = 3,6\%$$
$$18 \cdot \pi \cdot (5 \text{ km})^2 = 1.414 \text{ km}^2 = 0,4\%$$



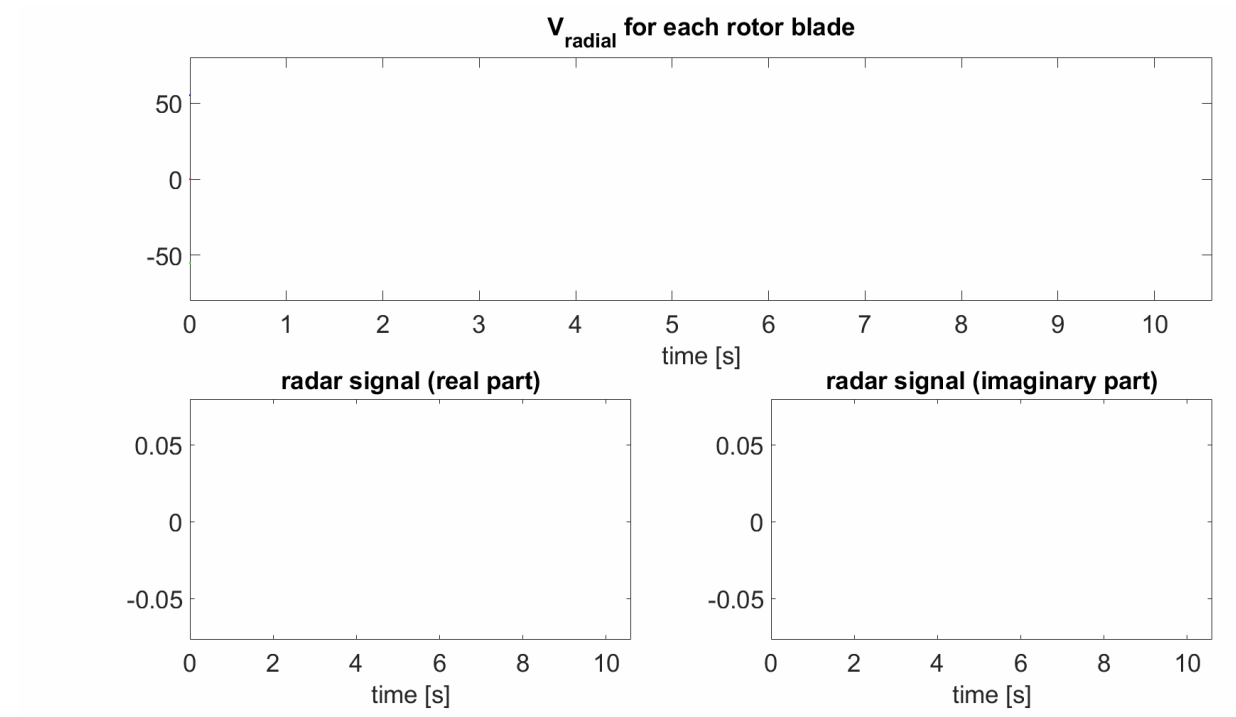
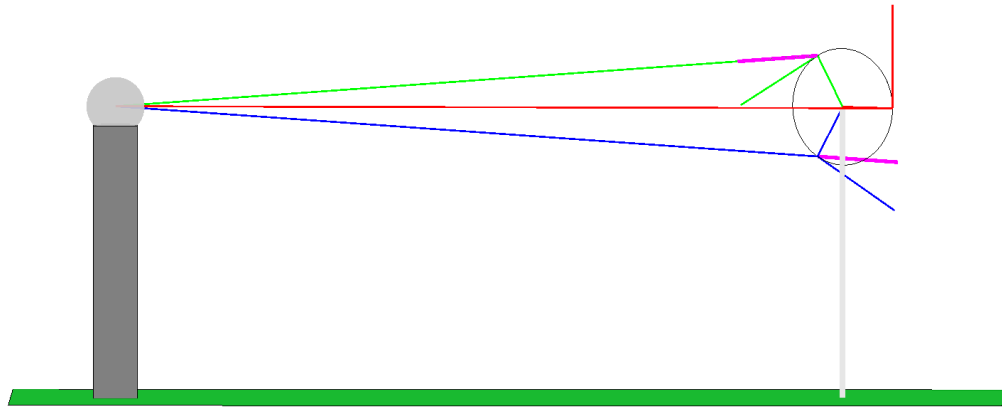
- Legende**
- operationelles Verbundradar
 - Qualitätssicherungsradar
 - Ausfallsicherungsradar (Ersatz für Radarstandort Emden)
 - 150 km Abdeckungsradius



Das Problem der Rückstreuung des Radarsignals aufgrund der sich drehenden Windenergieanlage



Einführung



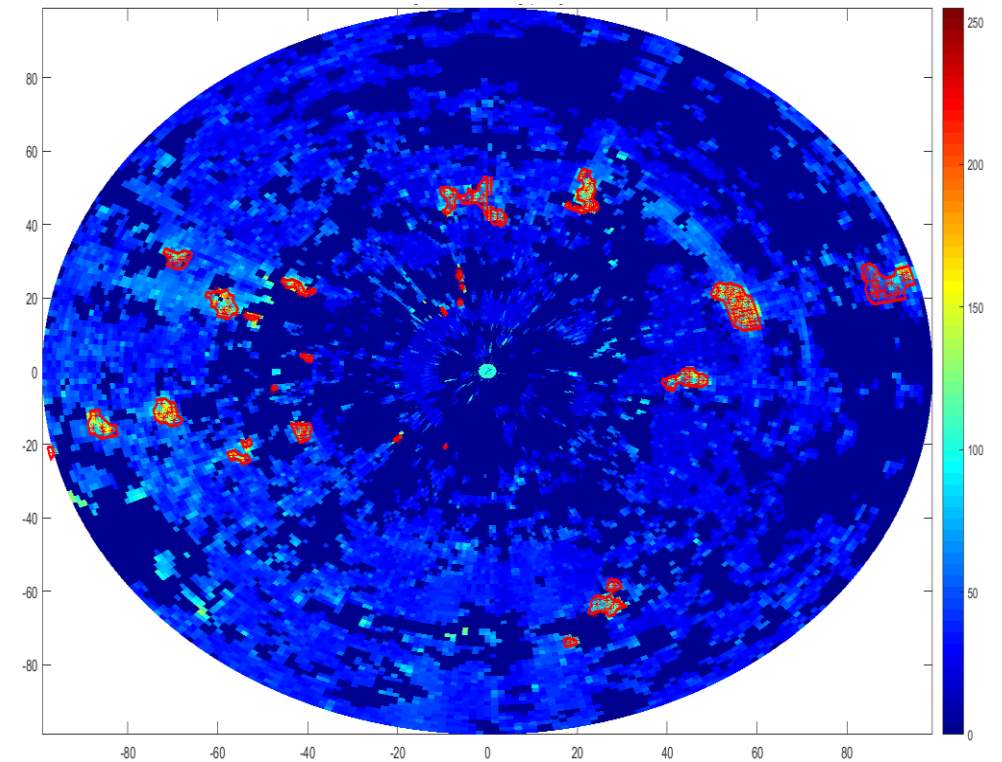
Das Wetterradar

- Radarstandort: Prötzel
- Typ DWSR/5001/SDP/CE
- Reichweite 180 km
- Pulsleistung 500 kW
- Länge eines „Pixels“: 250 m
- Azimutalauflösung: 1°
- 265 Windenergieanlagen im Sichtfeld des Radars im Umkreis von 25 km

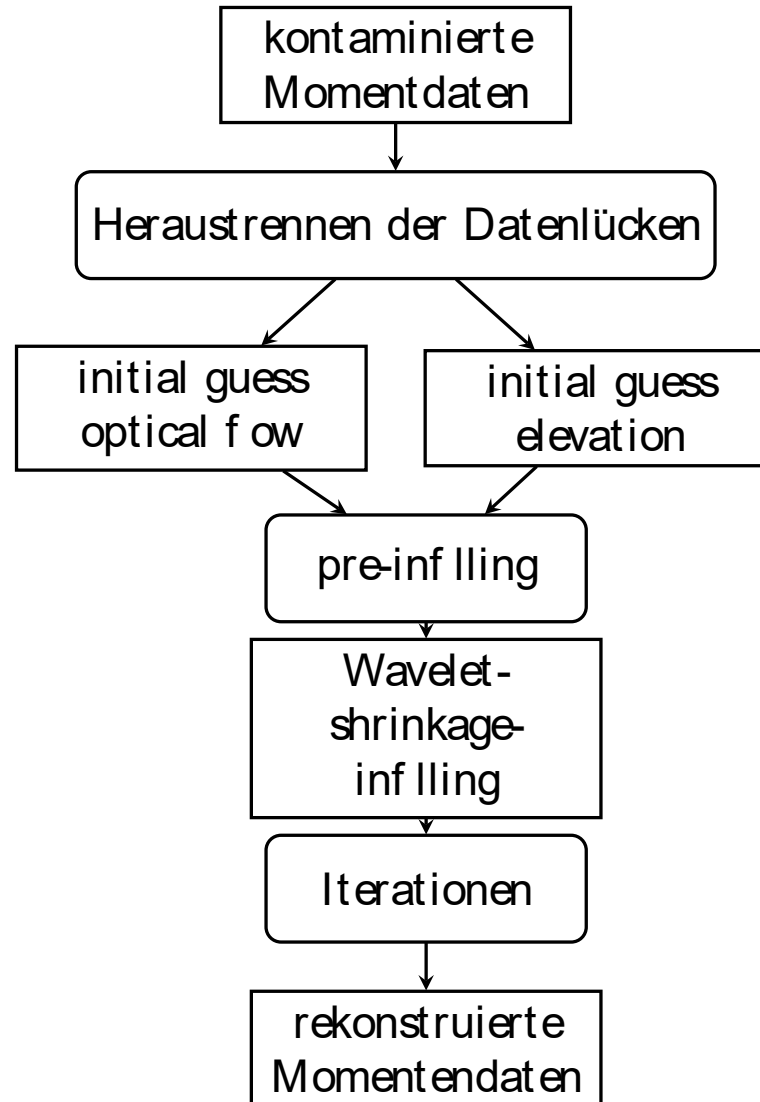


Genutzte Radardaten

- Radarstandorte: Prötzel und Memmingen
- Verschiedene Wetterszenarien
- Verwendung einer echten Gapmaske, die alle Windenergieanlagen in einem Umkreis von 25 km umfasst
- Synthetische Lücke zur Validierung

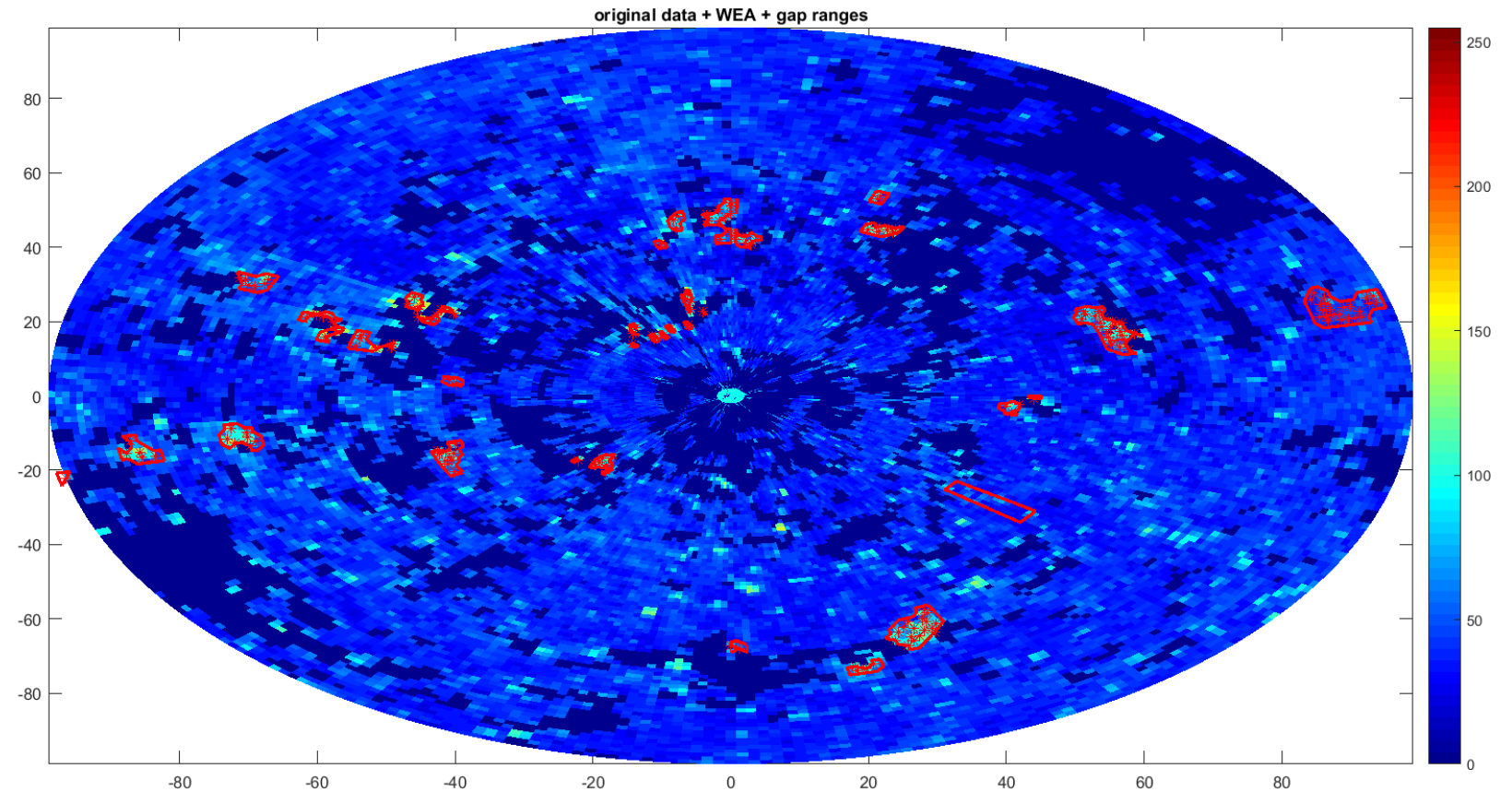


Algorithmus



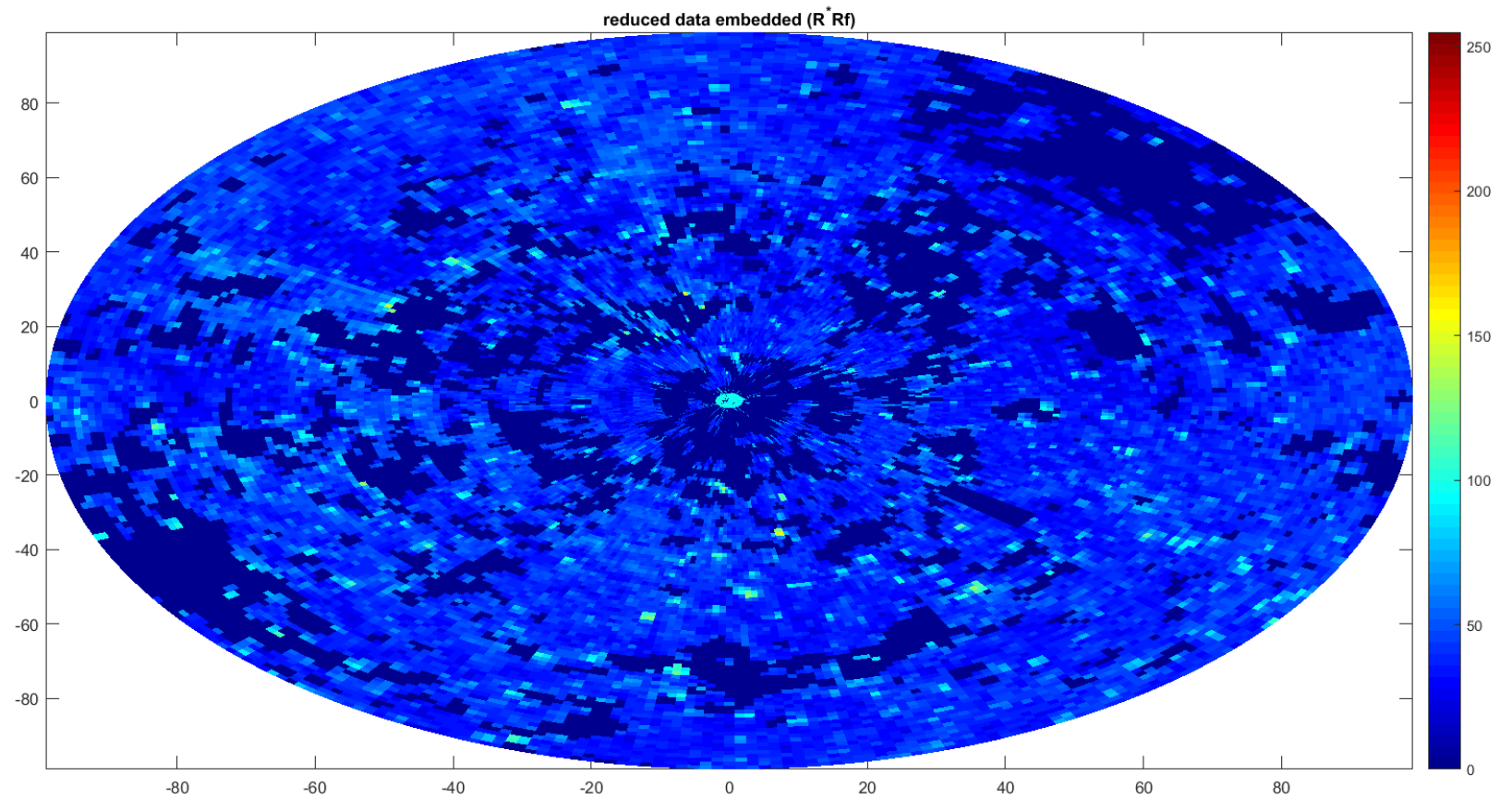
Wavelet-basierter Ansatz

- Festlegung der Datenlücken (Maske)



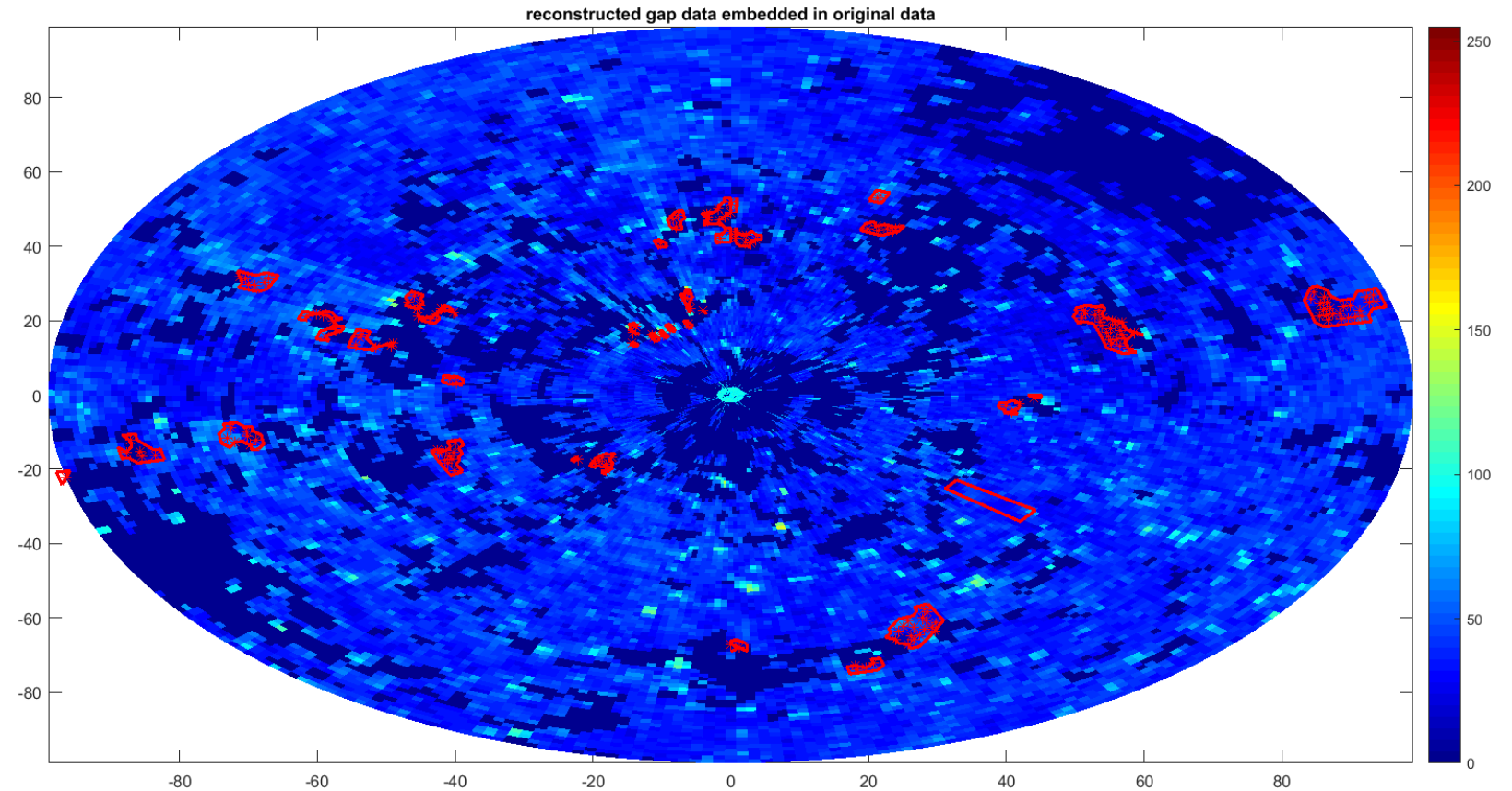
Wavelet-basierter Ansatz

- Festlegung der Datenlücken (Maske)
- **Entfernung der kontaminierten Lücken**



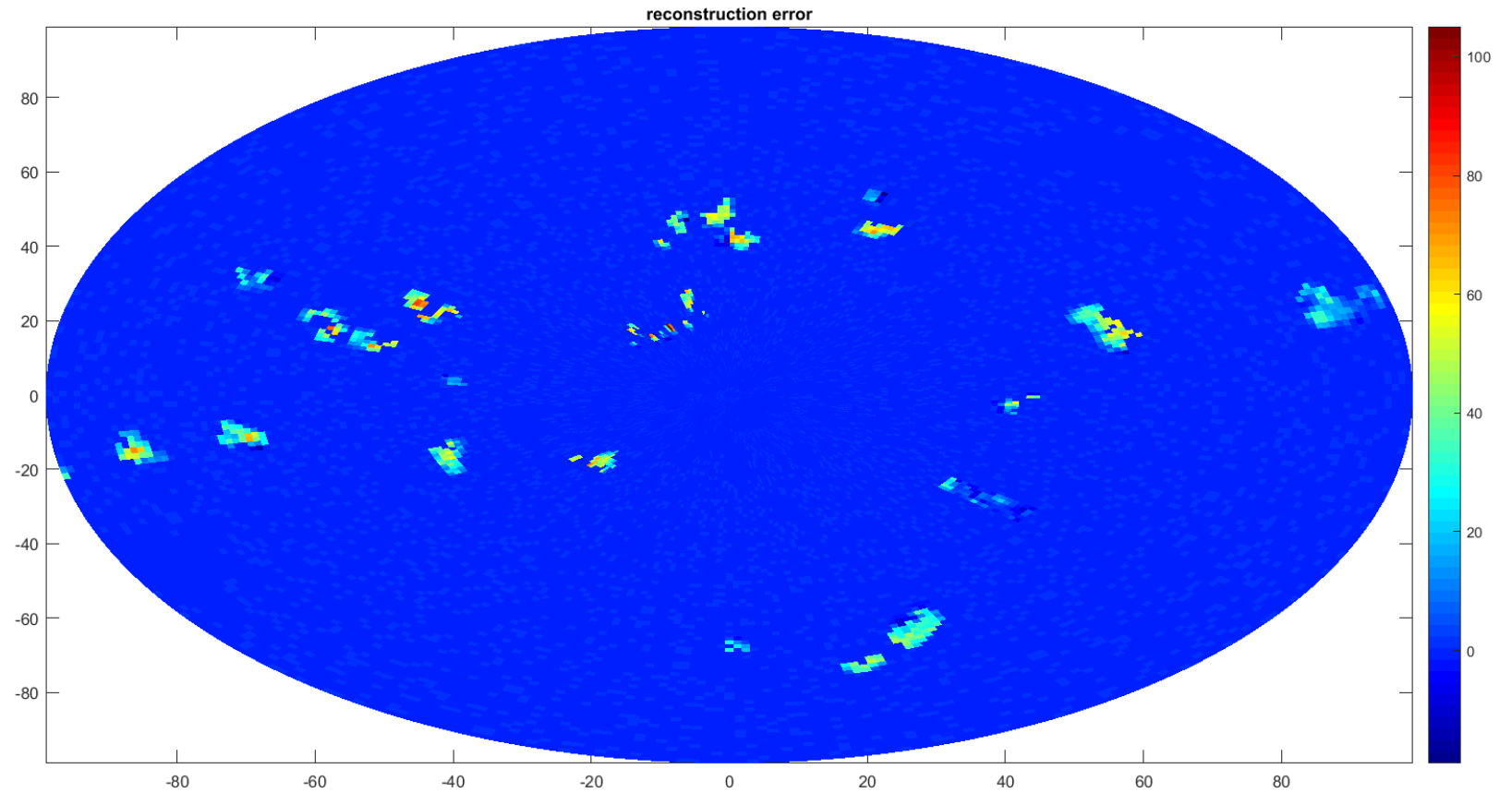
Wavelet-basierter Ansatz

- Festlegung der Datenlücken (Maske)
- Entfernung der kontaminierten Lücken
- **Inpainting in die Lücken**



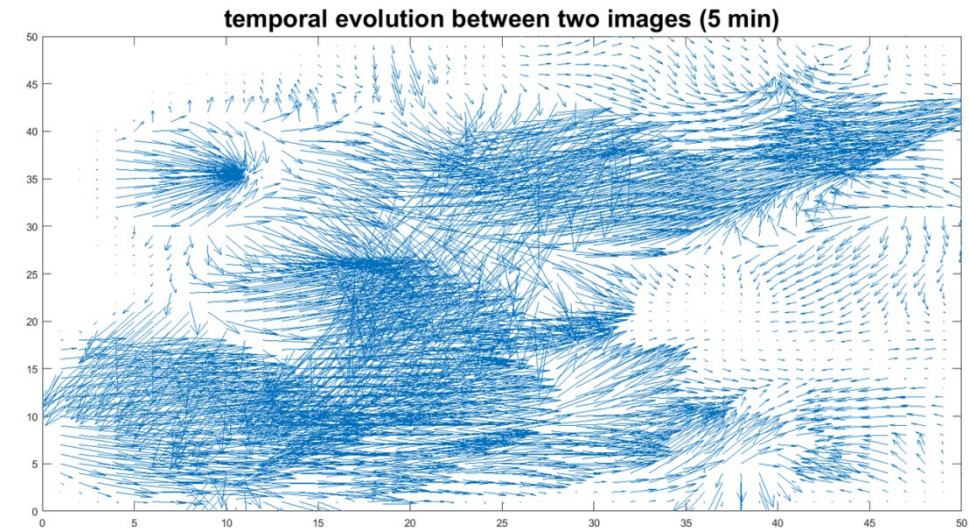
Wavelet-basierter Ansatz

- Festlegung der Datenlücken (Maske)
- Entfernung der kontaminierten Lücken
- Inpainting in die Lücken
- **Rekonstruktionsfehler**



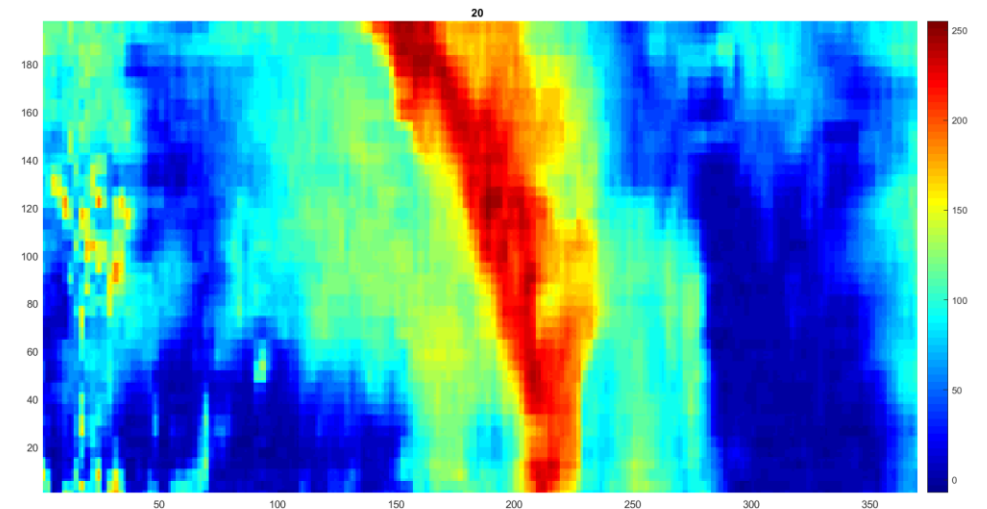
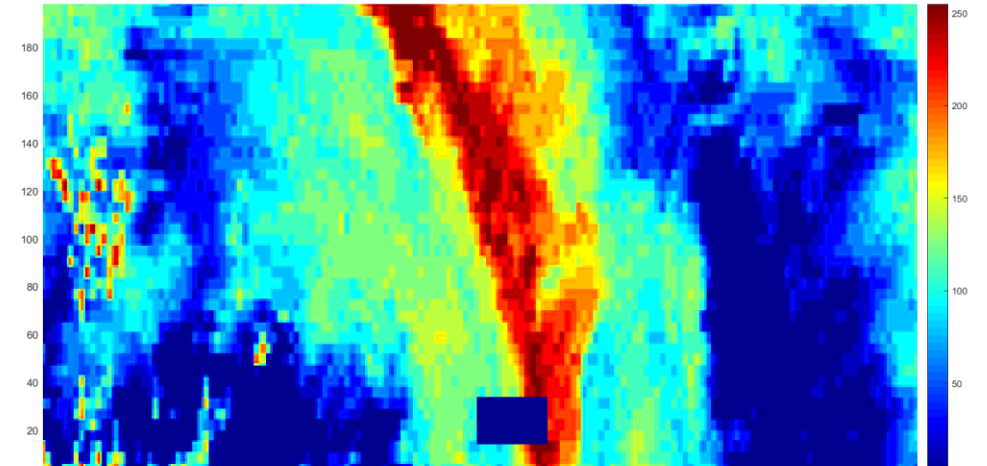
Startwertfindung

- Erste Schätzung für einen schnelleren und effektiveren Ablauf
- Kombination zweier unterschiedlicher Methoden
- Optischer Fluss: Nutzung des zeitlichen Flusses zwischen zwei Zeitschritten
- Datenprojektion: Nutzung höherer Elevationen, die nicht kontaminiert sind



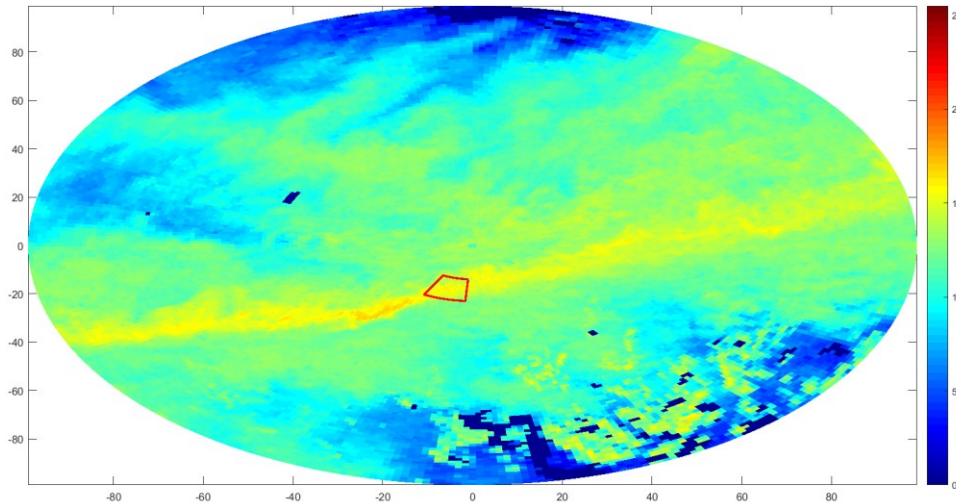
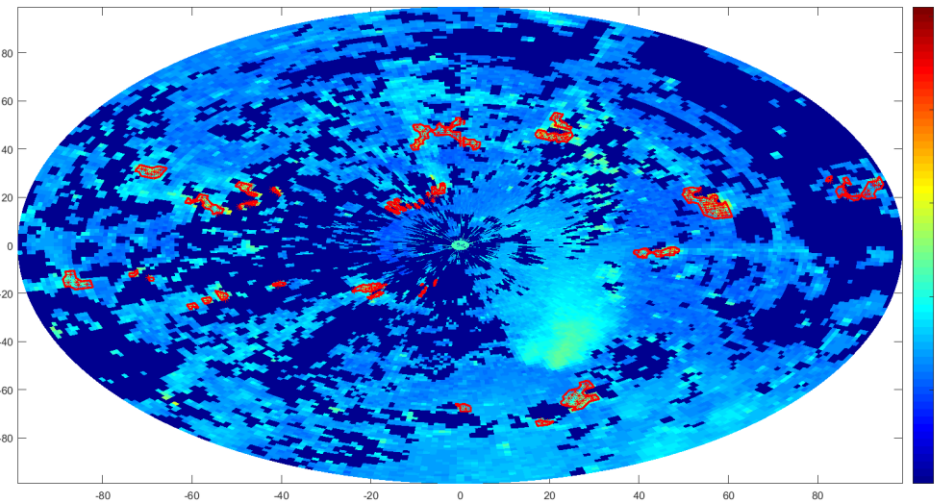
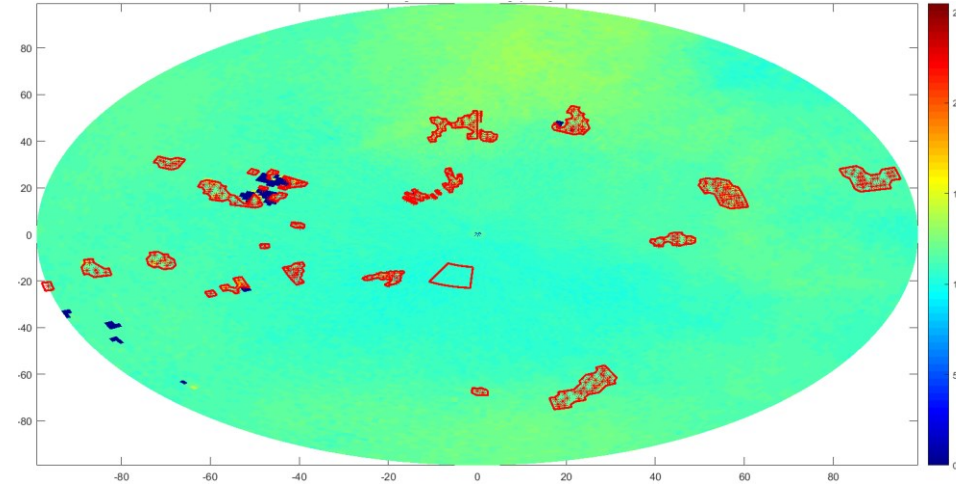
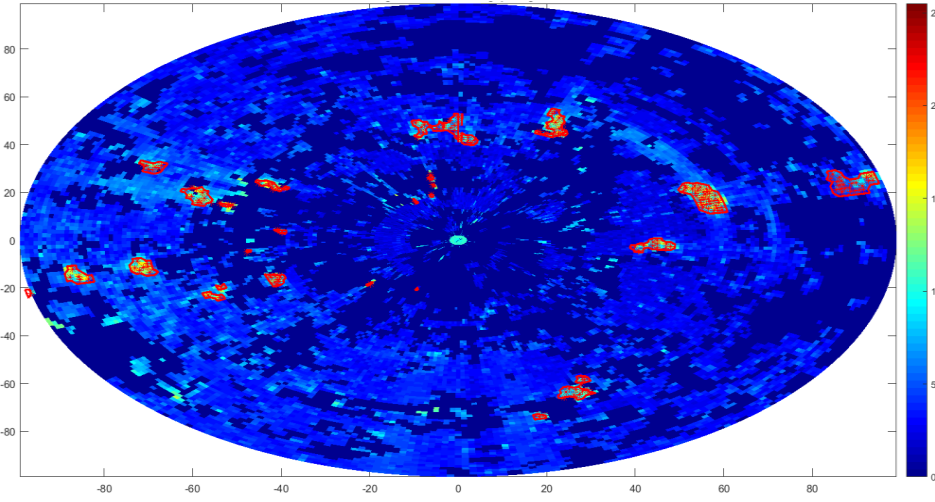
Startwertfindung

- Singularwertzerlegung
- $M = U \Sigma V$
- Es werden nur die stark von Null verschiedenen Elemente von Σ verwendet
- Wiederherstellung der Bildmatrix
- Iterative Methode
- Schnelles und robustes Verfahren
- Möglichst optimale Ausgangswerte für die Hauptmethode



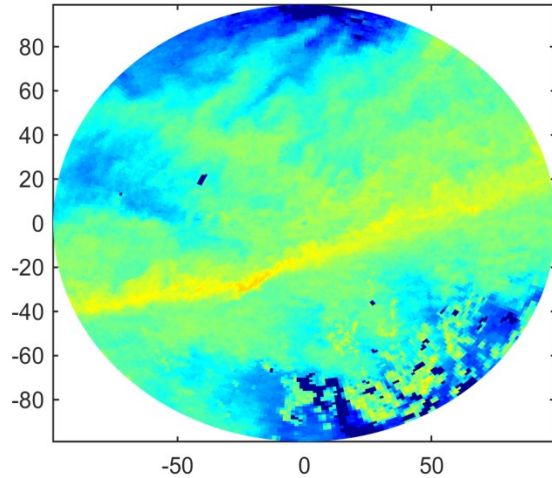
Validierung

- Verschiedene Wetterszenarien in enger Zusammenarbeit mit dem DWD

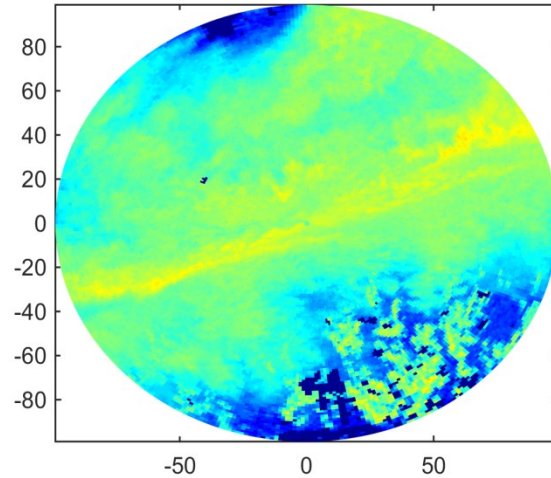


Validierung

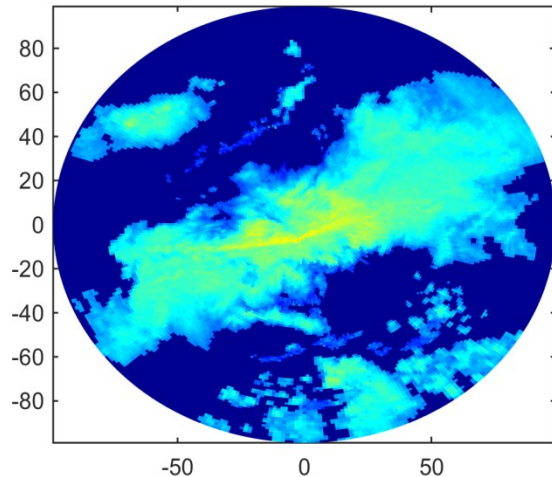
original data: actual time step



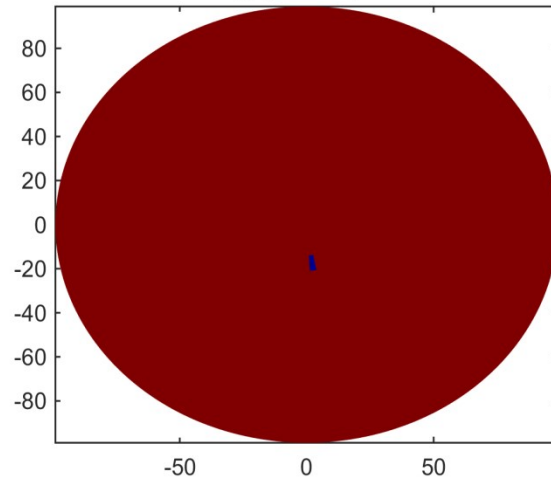
original data: previous time step



original data: next elevation



actual gap mask, 49 cells



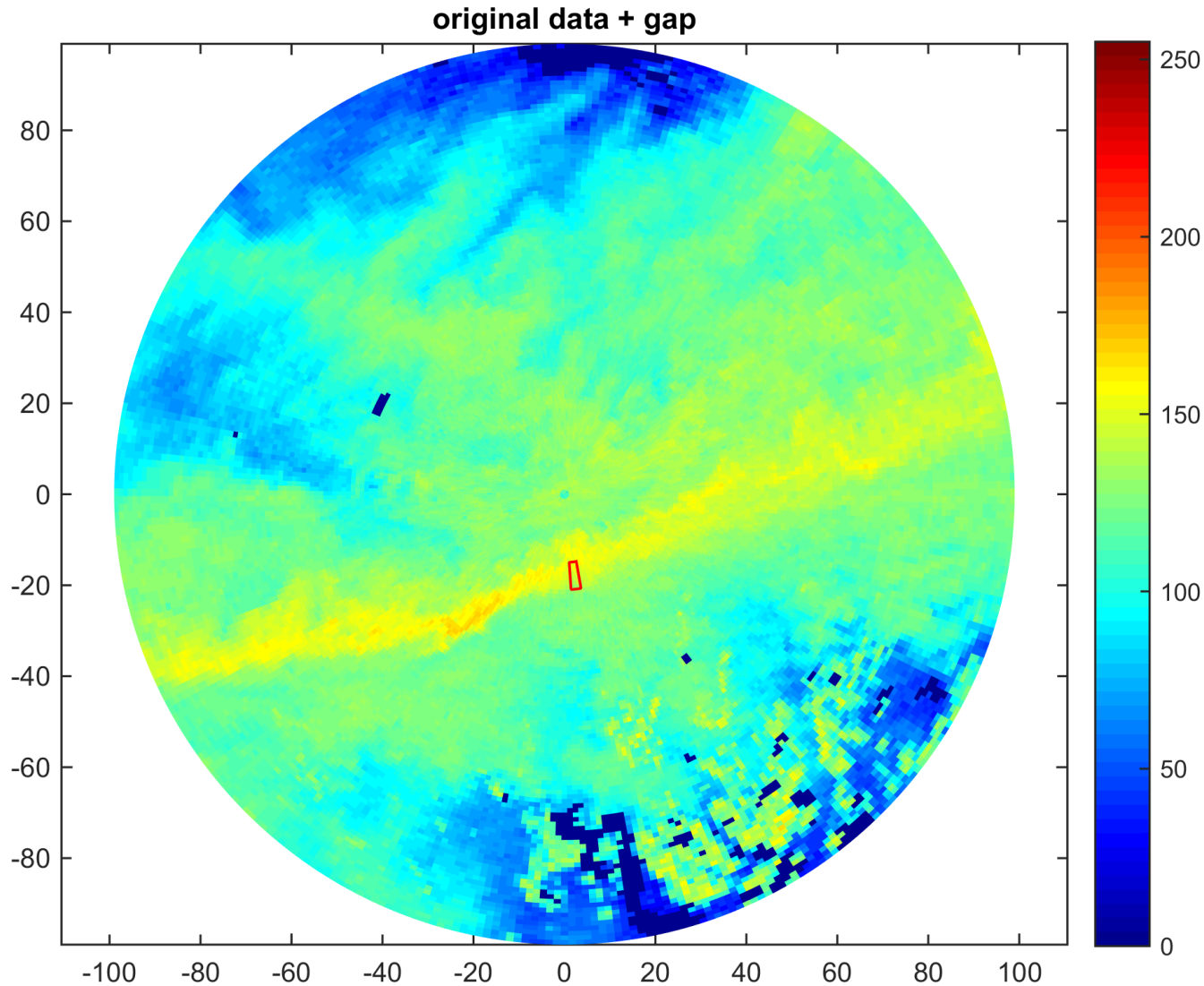
Datenumfang:

100 range gates

360 angles

- Scan 08:45 UTC on 10.2.2020
- Scan 08:40 UTC on 10.2.2020
- Scan 08:47 UTC on 10.2.2020
Elevation +2°

Validierung

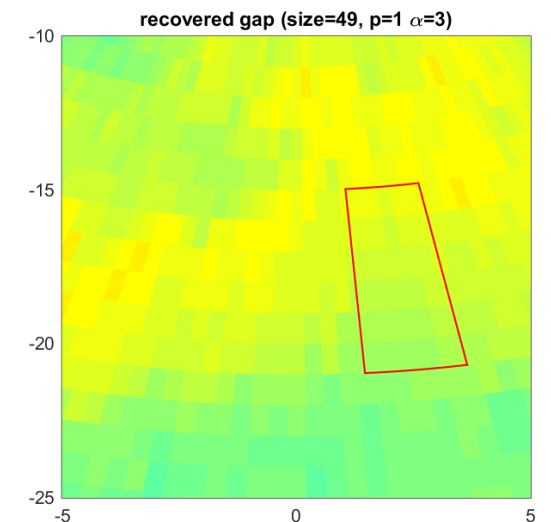
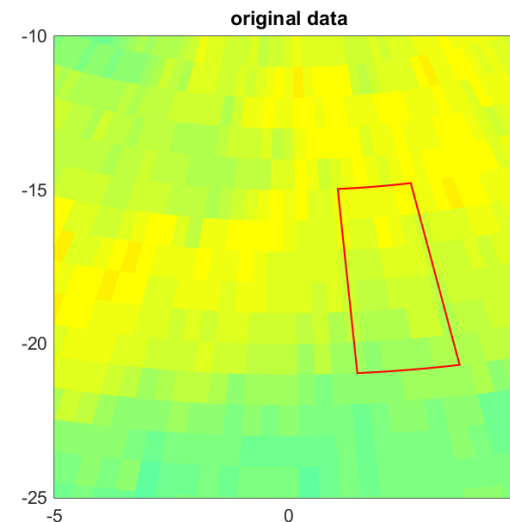
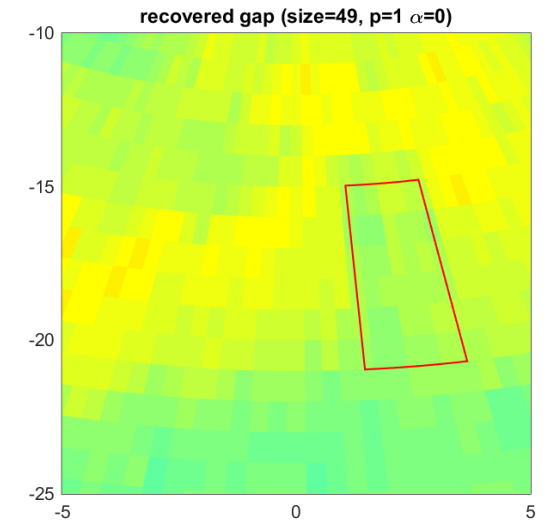
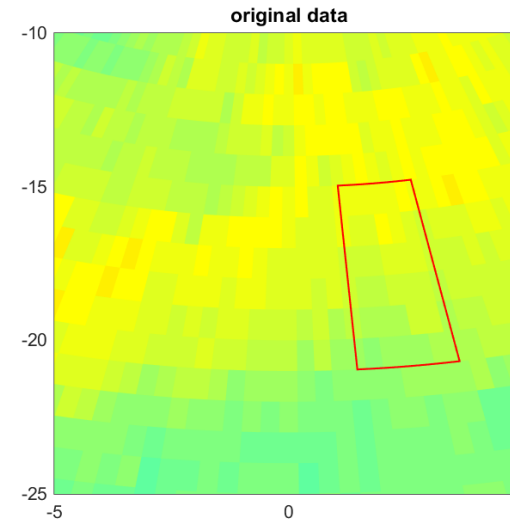


Artificial gap:

- Scan 08:45 UTC am 10.2.2020
- At range gate: 15
- At angle pos.: 170
- Size: 7 x 7 cells

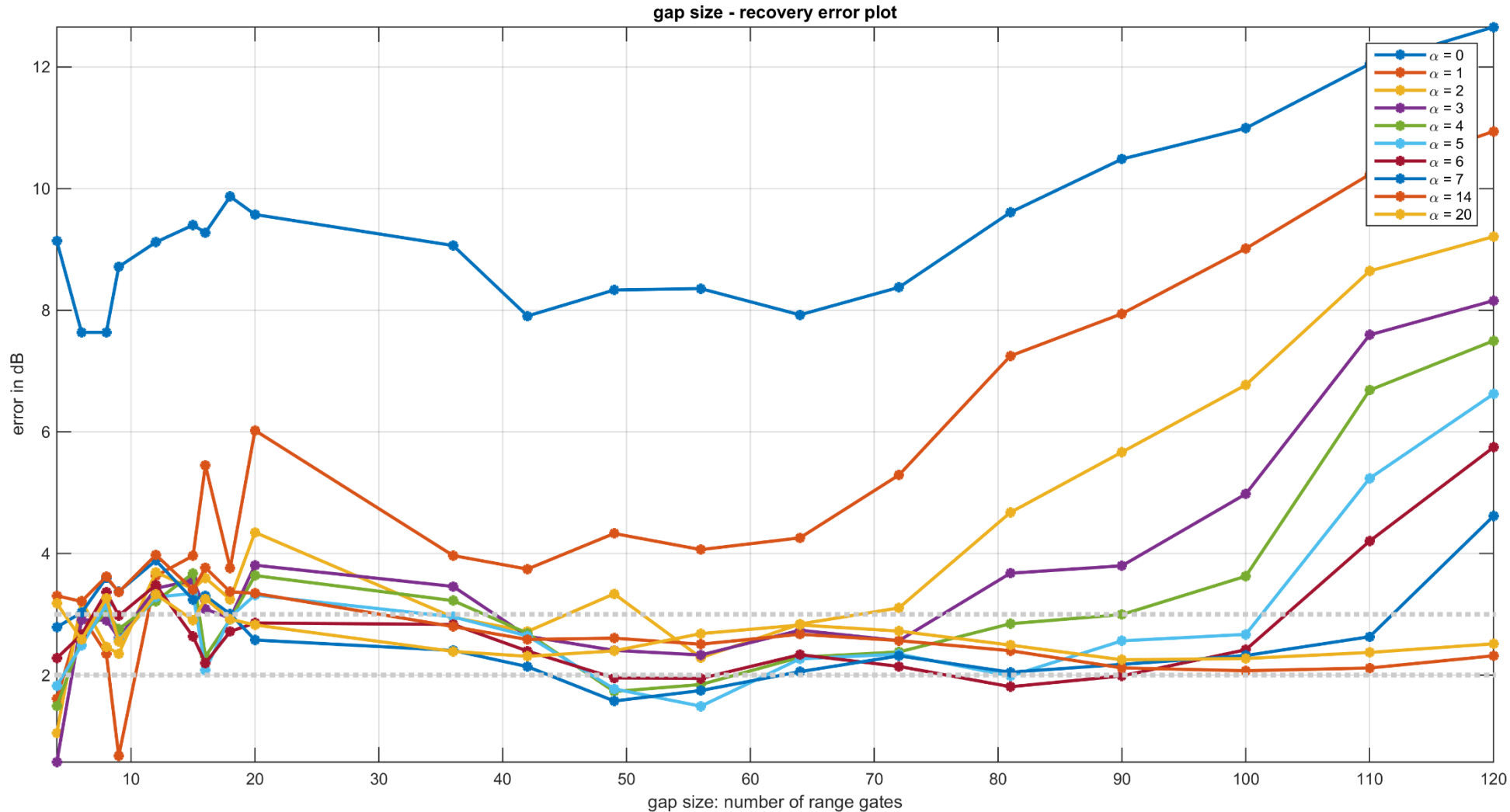
Validierung

- Finden der optimalen Parameter
- Das Wavelet, Iterationen und andere Parameter können angepasst werden.
- Die Zuverlässigkeit hängt von der Lückengröße ab
- Die höchstmögliche Genauigkeit liegt im Bereich von zwei Dezibel



Validierung

- **Grenzen des Algorithmus:**
- Kritische Lückengröße
- Ab einer bestimmten Größe werden die Lücken nicht mehr ausreichend wiederhergestellt
- Die kritische Lückengröße ist größer als die aktuellen Windparkgrößen



Pressemitteilung

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Deutscher Wetterdienst unterstützt Ausbau der Windkraft in Deutschland

Deutscher Wetterdienst verkleinert Schutzzonen um Wetterradare um fast 90 Prozent

Offenbach, 10. März 2023 - Der Ausbau der Erneuerbaren Energien stärkt die Versorgungssicherheit in Deutschland und ist unverzichtbar für den Klimaschutz. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) - seit Jahrzehnten enger Kooperationspartner der Energiewirtschaft - gibt deshalb ab Anfang 2024 fast 90 Prozent der Schutzzonen um seine Wetterradartürme und Windprofiler für den Bau und Betrieb von Windkraftanlagen frei. Es handelt sich um den 5 km bis 15 km-Radius um 18 existierende und vier im Genehmigungsprozess befindliche Wetterradarstandorte sowie um vier Windprofiler. Prof. Dr. Gerhard Adrian, Präsident des DWD: „Diese Entscheidung ist uns nicht leichtgefallen. Windkraftanlagen im Nahbereich von Wetterradaranlagen können die Qualität unserer Wetterüberwachung und damit von Unwetterwarnungen deutlich stören. Wir hoffen, dass sich nun auch die Windkraftbetreiber kompromissbereit zeigen und uns anonymisierte Betriebsdaten und, falls vorhanden, meteorologische Daten ihrer Anlagen im 15 km-Radius um Wetterradare überlassen.“ Diese Daten könnten dem DWD helfen, die Störungen der Radardaten durch sich bewegende Rotorblätter etwas auszugleichen. Gleichzeitig wären sie auch hilfreich bei der Verbesserung der Vorhersagen, von der auch die Energiewirtschaft profitiert.