

Informationsbasierte Optimierung von hydrogeologischen Messnetzen

Fabienne Doll¹, Marc Ohmer¹, Tanja Liesch¹, Lena Katharina Schmidt², Angela Hermsdorf², Maria Wetzel³, Stefan Kunz³ und Stefan Broda³

¹ Karlsruher Institut für Technologie, ² Landesamt für Umwelt Brandenburg, ³ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Hintergrund und Möglichkeiten

In der Regel liegen historisch gewachsene Grundwasser-Messnetze vor, die jedoch oft unzureichend sind, um die Dynamik des Grundwasserleiters wissenschaftlich zu überwachen. Erweiterungen mit neuen Grundwassermessstellen (GWM) dieser Netze erfolgen häufig auf Ad-hoc-Basis, was die Effizienz und die räumliche und zeitliche Aussagekraft der Messungen beeinträchtigen kann. Das Ziel der informationsbasierten Optimierung ist es, ein Grundwassermessnetz zu entwickeln, das einen maximalen Informationsgehalt bei minimalem Wartungsaufwand bietet.

Die Verwendung der informationsbasierten Optimierung des Messnetzes ermöglicht:

- **Teilnetz-Auswahl:**
Auswahl repräsentativer Teilmessnetze, für spezifische Überwachungszwecke.
- **Sensoren/Logger-Aufrüstung:**
Identifizierung der wichtigsten GWM für die Bestückung mit neuen Sensoren.
- **Planung von Messkampagnen:**
Anzahl und Position der informativsten GWM bestimmen.
- **Anpassung der Beprobungsintervalle:**
Kürzere Beprobungsintervalle an den informativsten GWM.
- **Systemverständnis:**
Tiefere Einblicke in die Dynamik des Grundwassersystems.

Datengrundlage

Die Grundwasserstandsdaten aus dem hydrogeologischen Landesmessnetz des Landesamt für Umwelt Brandenburg.

Auswahlkriterien:

- Verwendeter Zeitraum: 1990-2022
 - Maximaler Anteil an Datenlücken pro Messstelle: 15%
- Resultiert in 1042 GWM

Datenaufbereitung:

- Umrechnung auf wöchentliche Mittel
- Füllen der Datenlücken mit einem iterativen Imputer auf Basis von Random Forest

Methodik: Pysensors SSPOR

Sparse Sensor Placement Optimization for Reconstruction (SSPOR) (1) erstellt mittels QR-Faktorisierung eine Rangfolge der Ganglinien, beginnend mit der informativsten Ganglinie (Rang 0). Mit Hilfe dieses Rankings können Ganglinien von Messstellen höherer Ränge (redundante Ganglinien) auf Basis des Informationsgehaltes der Ganglinien niedrigerer Ränge rekonstruiert werden.

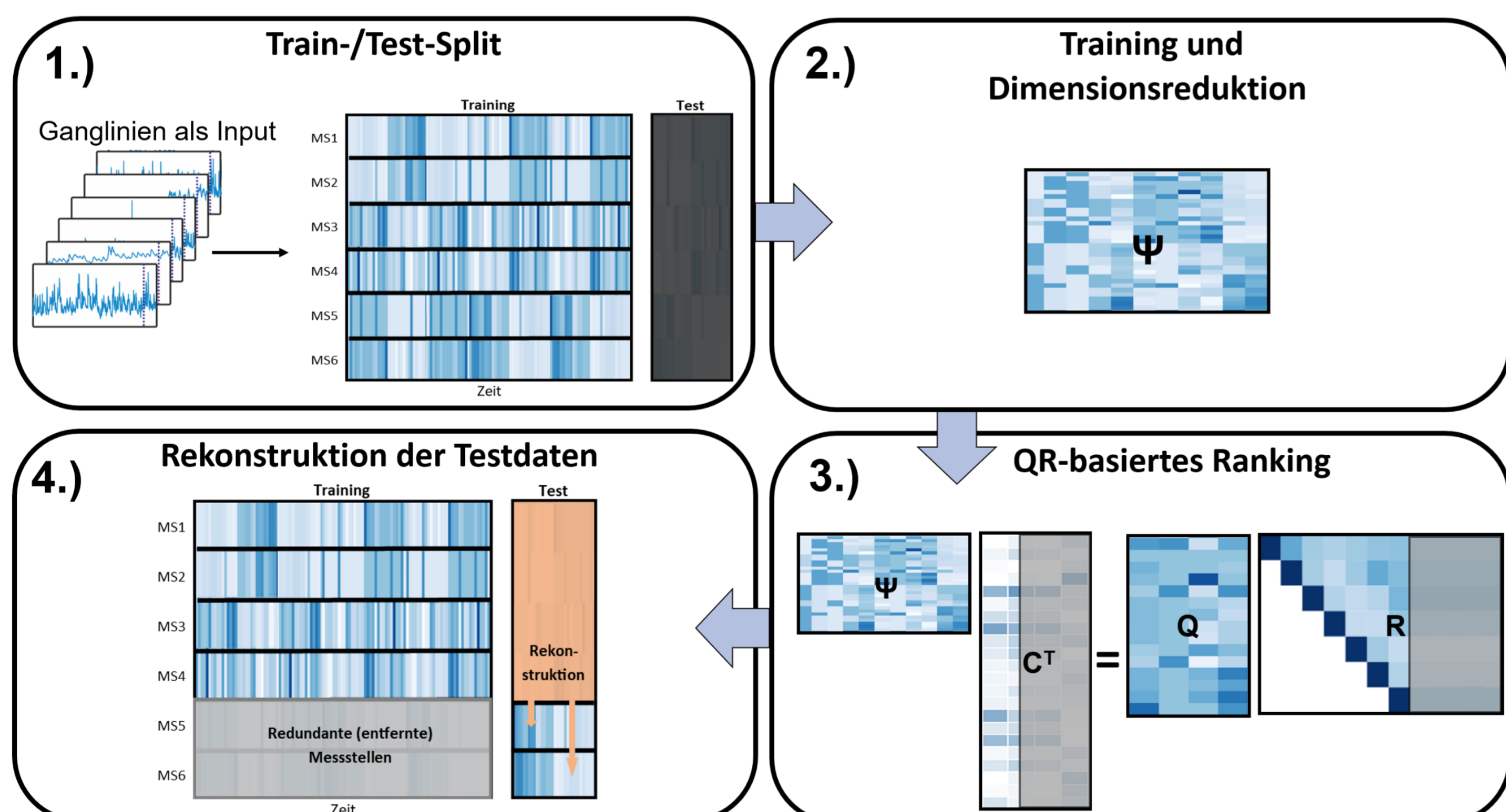


Abb. 1: Schematische Darstellung der Anwendung von SSPOR auf Grundwasser-Ganglinien. Quelle: In Anlehnung an (1), (2).

Diese Arbeit ist ein Beitrag zum Projekt KIMoDIs

KIMoDIs-KI-basiertes Monitoring-, Datenmanagement- und Informationssystem zur gekoppelten Vorhersage und Frühwarnung vor Grundwasserniedrigständen und – versalzung welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als Verbundprojekt unter dem Förderkennzeichen 02WGW1662B zur Fördermaßnahme „LURCH: Nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung“ im Rahmen des Bundesprogramms „Wasser:N“. Wasser:N ist Teil der BMBF-Strategie „Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)“ gefördert wird.

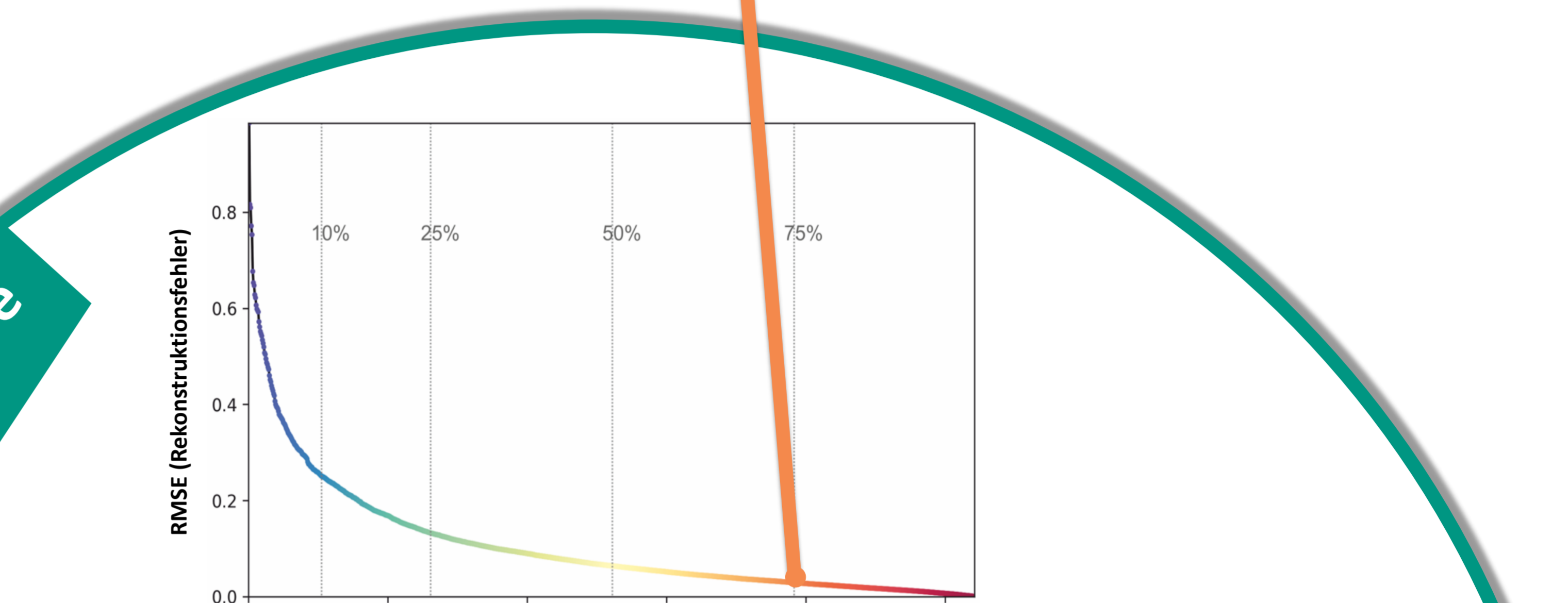
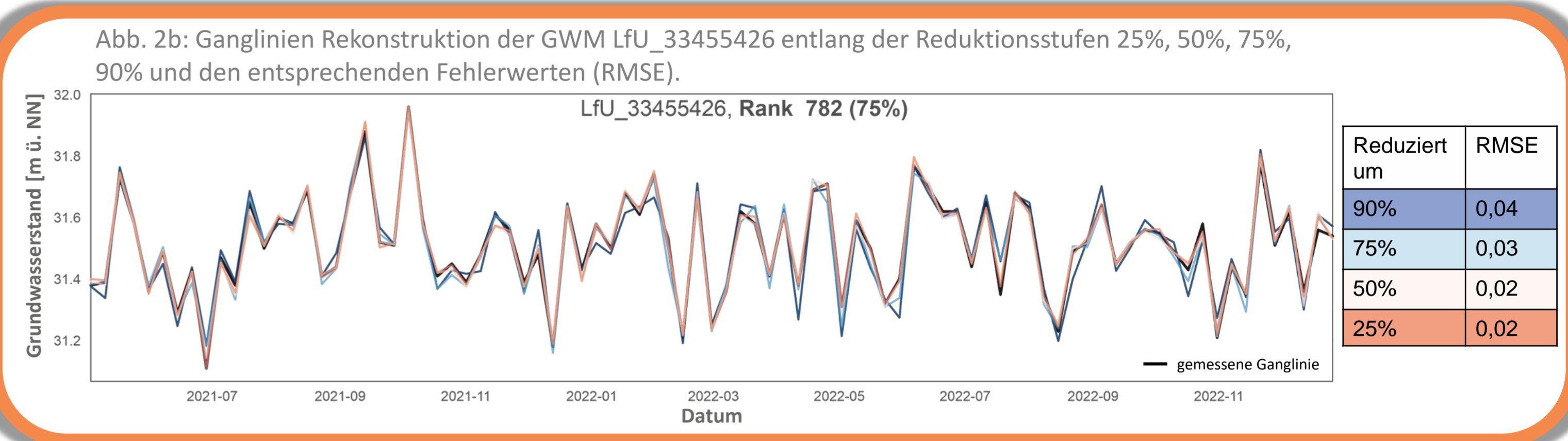


Abb. 2a: Der Median des Rekonstruktionsfehlers (RMSE), aufgetragen über den Rang der Messstellen. Jede Messstelle wurde mit Hilfe der Informationen aus den verbleibenden Ganglinien niedrigerer Ränge rekonstruiert und der RMSE der Rekonstruktion berechnet.

Beispiel: Die in **Abb. 2b** dargestellte Ganglinie mit dem Rang 782 (75%) kann mithilfe von Ganglinien niedrigerer Ränge (bis Rang 781) rekonstruiert werden. Reduziert man die Anzahl der Messstellen um die redundantesten **25%** (Rang 783 bis Rang 1042) kann die Ganglinie mit einem **RMSE von 0,02m** rekonstruiert werden. Entfernt man beispielsweise **75%** der Messstellen (Rang 262 bis Rang 1042) kann die Messstelle immer noch mit einem sehr guten **RMSE von 0,03m** rekonstruiert werden.

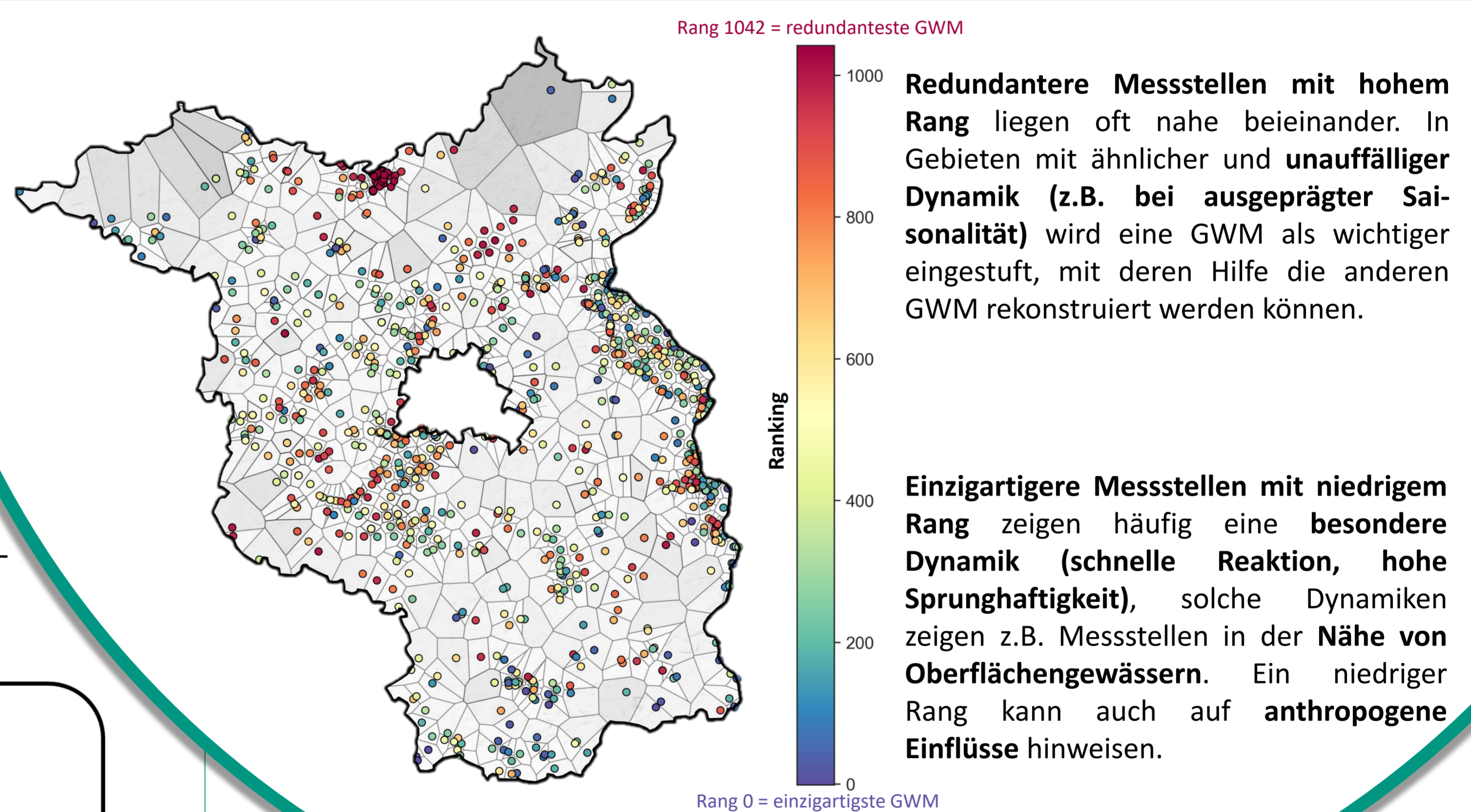


Abb. 3: Karte der gerankten 2042 Grundwassermessstellen, eingefärbt nach entsprechendem Rang. Hintergrund: Thiessen-Polygone.

Messstellen Priorisierung

SSPOR basierte Priorisierung der Grundwassermessstellen des hydrogeologischen Landesmessnetzes auf die informativsten:

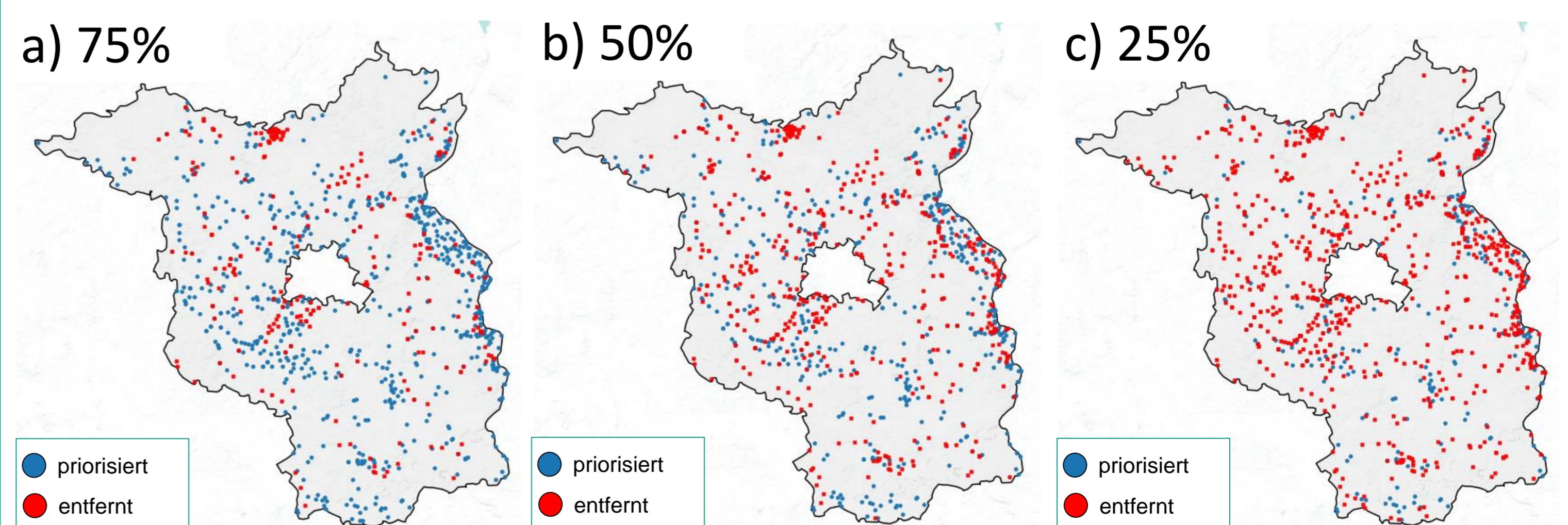


Abb. 4: Lage der priorisierten Messstellen bei einer Priorisierung des Messnetzes auf die informativsten a) 75%, b) 50%, c) 25% der Messstellen. Blau = priorisierte Messstelle, rot = für dieses Szenario entfernte (redundante) Messstelle.

Literatur:

- (1) de Silva, B. M., Manohar, K., Clark, E., Brunton, B. W., Brunton, S. L., and Kutz, J. N.: PySensors: A Python Package for Sparse Sensor Placement, J. of Open Source Softw., 6, 2828, <https://doi.org/10.21105/joss.02828>, 2021.
- (2) Ohmer, M., Liesch, T., and Wunsch, A.: Spatiotemporal optimization of groundwater monitoring networks using data-driven sparse sensing methods, Hydrol. Earth Syst. Sci., 26, 4033–4053, <https://doi.org/10.5194/hess-26-4033-2022>, 2022.