



Künstliche Grundwasseranreicherung (MAR) und rechtliche Machbarkeit

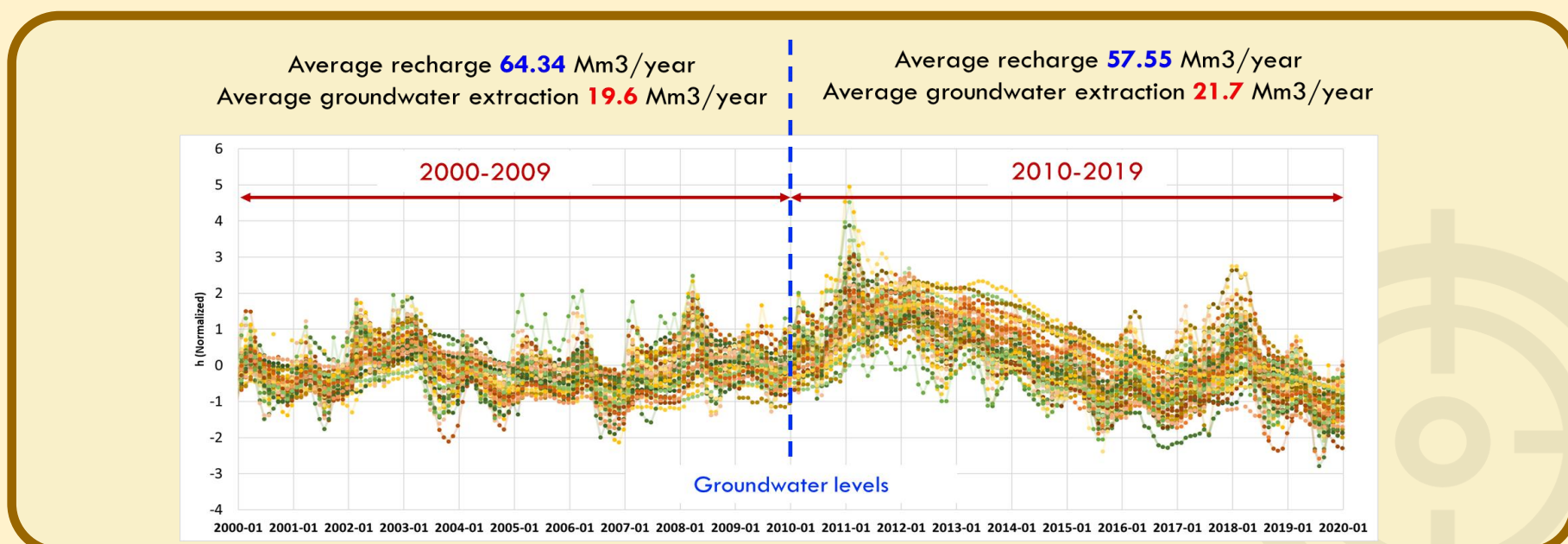
A. Joodavi¹, A. Abdelrahman¹, J. Knollmann¹, J. Stauzebach², D. Schaeidt³, C. Merz², J. Steidl², M. Reinhardt³, I. Engelhardt¹

1. Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Berlin, Berlin
2. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg
3. Institut für Deutsches und Europäisches Wasserwirtschaftsrecht, Uni Trier, Trier

1 Einführung

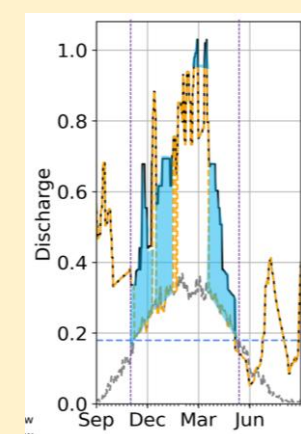
Grundwasser ist die Hauptquelle für städtische und industrielle Nutzung im Einzugsgebiet der unteren Spree südöstlich von Berlin und unterstützt grundwasserabhängige Ökosysteme. In jüngster Zeit haben Dürren und Übernutzung des Grundwassers zu einem Rückgang des Grundwasserspiegels, des Seewasserspiegels und der Flusströmungen geführt.

Kontrollierte Grundwasseranreicherung (MAR) verbessert die Wassersicherheit, Dürresistenz und verhindert eine Salzwasserintrusion im Aquifer. Die Standortwahl basiert auf hydrogeologischen Bedingungen für eine effiziente Anreicherung und Rückgewinnung. Geeignete MAR-Methoden, wie Versickerungsbecken oder Schluckbrunnen, werden standortspezifisch ausgewählt. Gesetzliche Vorschriften sind für die Gestaltung entscheidend.

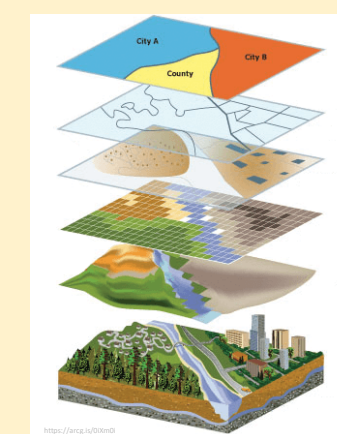


2 Methodik

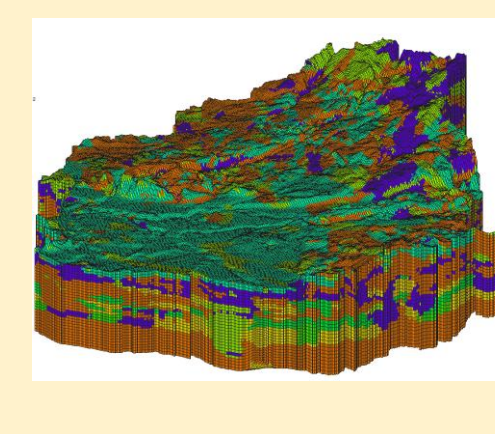
Zur optimalen Gestaltung von MAR im Untersuchungsgebiet wird ein hydrogeologisches Konzeptmodell und ein numerisches Grundwasserströmungsmodell entwickelt und eine GIS-basierte Analyse zur Standortkartierung sowie einer Bewertung des für MAR verfügbaren Oberflächenwassers durchgeführt.



Wie viel Wasser ist für MAR verfügbar?



Welche Orte sind für MAR geeignet?



Was ist das optimale MAR-Design unter komplexen hydrogeologischen Bedingungen?

Das für MAR verfügbare Wasser

Das für die Einspeisung verfügbare MAR-Oberflächenwasser wurde anhand historischer Daten zum Wasserabfluss und Schwellenwerten wie hydroökologischen Grenzen, dem durchschnittlichen täglichen Durchfluss und den Abflüssen für die Kanalwartung geschätzt.

Standorteignungskartierung für MAR

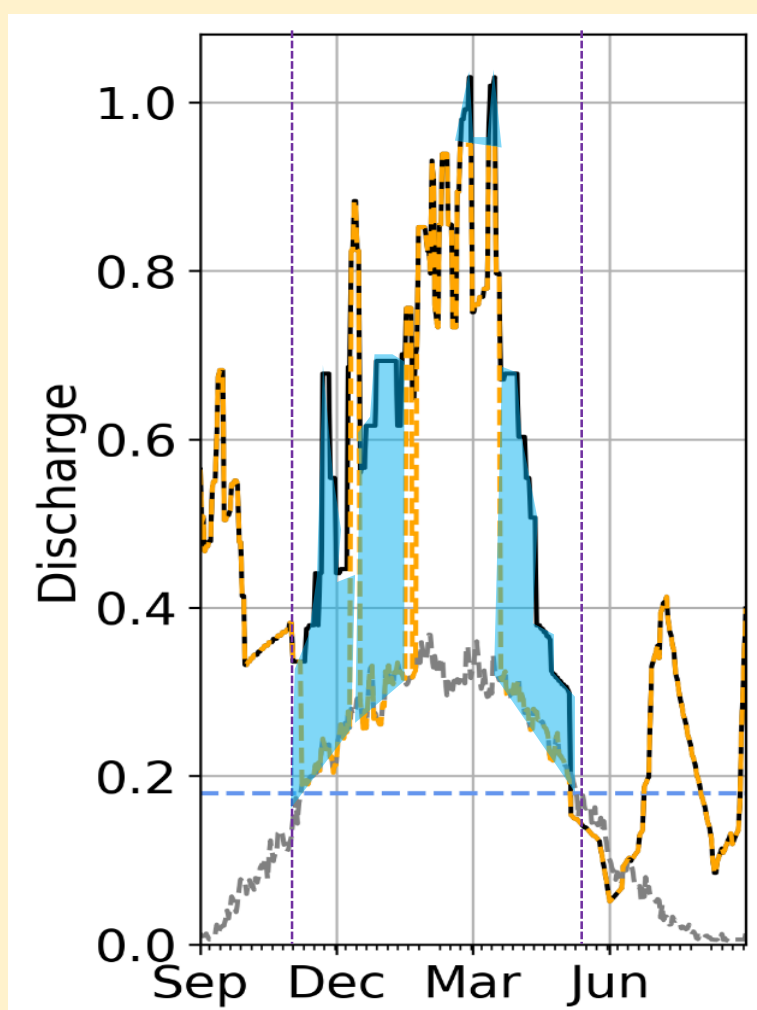
Potenzielle MAR-Standorte werden unter bestimmten Bewertungskriterien, wie dem Vorhandensein eines ertragreichen tiefen Grundwasserleiters, der Grundwasserleiterdicke, der Nähe zum Quellwasser und der Entfernung zu vorhandenen Förderbrunnen identifiziert.

Numerisches Grundwasserströmungsmodell

Grundwassermodelle werden entwickelt und verwendet, um das MAR-Design zu optimieren, die Reaktion des Grundwasserleiters zu bewerten und Szenarien zur Klimawandelanpassung zu testen.

3 Wie viel Oberflächenwasser ist für MAR verfügbar?

Ansatz: Kombination von Schwellenwerten (Ökologischer Mindestabfluss, mittlerer Tagesdurchfluss, 2- und 5-jähriger Jahreshöchstdurchfluss)

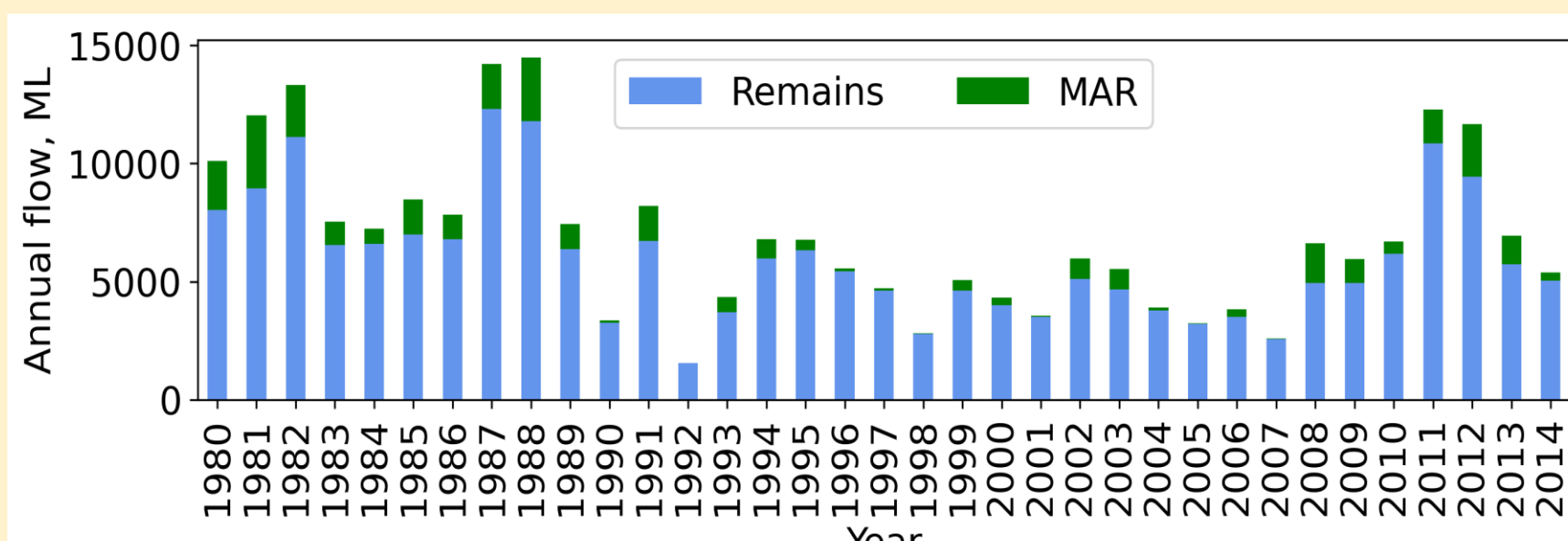


I. Keine Entnahme, wenn der Durchfluss

- am oder unter dem ökologischen Mindestabfluss liegt
- am oder unter dem mittleren Tagesdurchfluss liegt
- zwischen 2- und 5-jährigen Hochwasserständen liegt, um ökologisch relevante Hochwasserereignisse zu berücksichtigen
- oder zu Zeiten, wenn der mittlere Tagesdurchfluss unter dem ökologischen Mindestabfluss liegt, um den Durchfluss in Trockenperioden zu erhalten

II. Entnahme, wenn

- Durchfluss über dem mittleren Tagesdurchfluss, aber unter dem 2-jährigen Hochwasserstand
- Durchfluss über dem 5-jährigen Hochwasserstand



- Für die MAR stehen pro Einzugsgebiet max. 1 – 4 Mio. m³ pro Jahr (mindestens 0,5 – 1,8 Mio. m³ pro Jahr) zur Verfügung.
- Dies entspricht 10–30 % der jährlichen Förderleistung aller im jeweiligen Einzugsgebiet liegenden Wasserwerke.



4 Standortkartierung für MAR

Stärkung der Grundwasserneubildung

Durch gezielte Versickerung von überschüssigem Wasser kann die natürliche Grundwasserneubildung unterstützt werden.

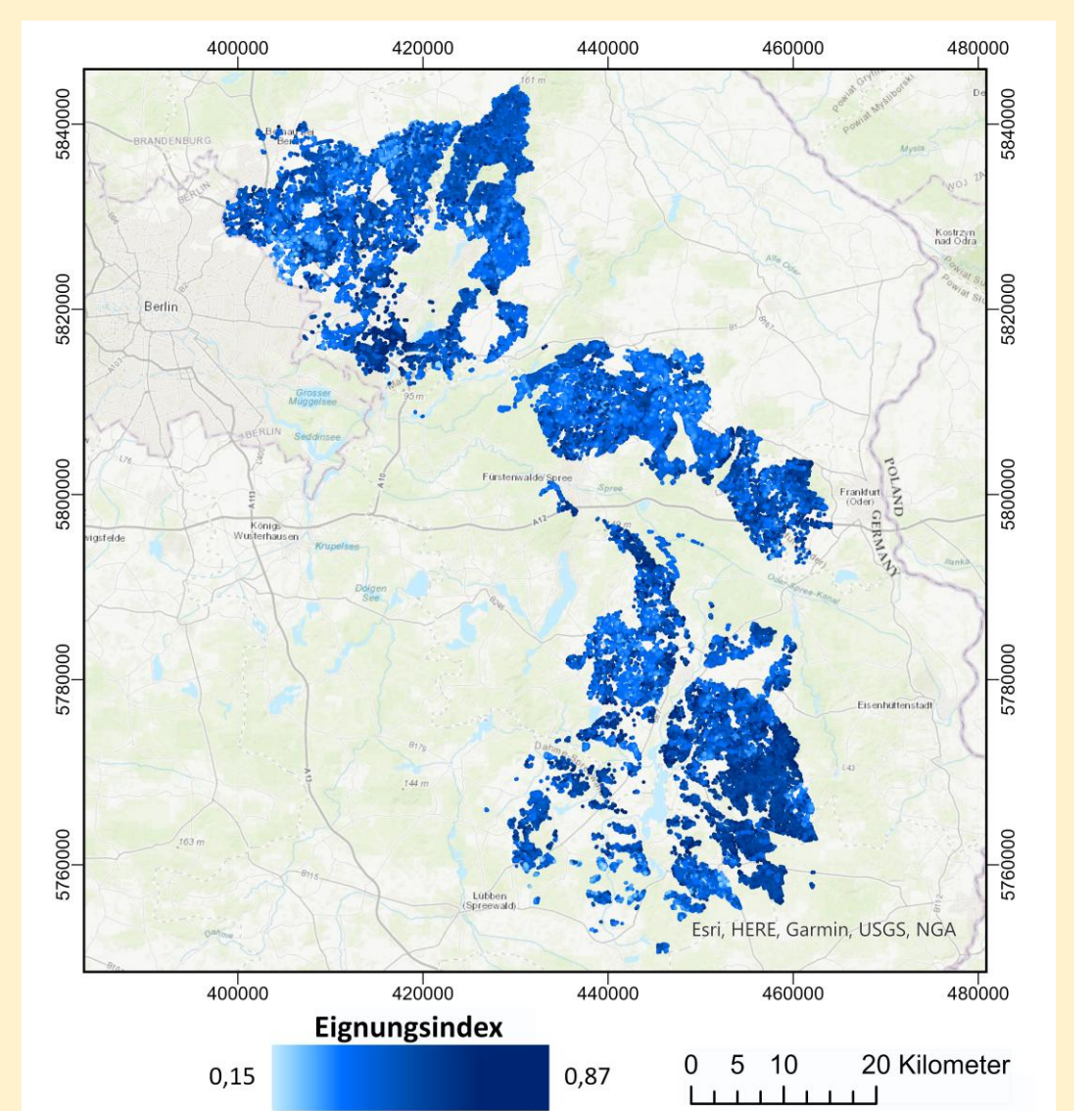
Lokalisierung und Bewertung

Hierfür werden geeignete Standorte lokalisiert und hinsichtlich ihrer Eignung für die oberflächen-induzierte künstliche Grundwasseranreicherung bewertet:

- Generelle Eignung (Landnutzung, Kontaminationen, Vernässung)
- Grundwasserflurabstand als Kennzeichen von Neubildungsgebieten
- Identifikation natürlicher Senken in der Landschaft
- Versickerungsrelevante Bodenverhältnisse
- Verfügbarkeit von Wasserquellen
- Zugänglichkeit oberflächennaher Grundwasserleiter
- Landnutzungsabhängige ökonomische Umsetzbarkeit

Ergebnisse

- 22% der Gesamtfläche sind geeignet
- Mehr als 100000 Einzelstandorte
 - Ca. 105000 natürliche Senken
 - Ca. 8500 Senken sind baulich erweiterbar
- Vornehmlich mittelmäßig bis gute Gesamteignung



Gesamtbewertung geeigneter Standorte hinsichtlich MAR durch Versickerung

Ein Gesamtvolumen der Senken von mehr als 8,5 Mio. m³ steht für die Zwischenspeicherung und Versickerung zur Verfügung

5 Grundwasserströmungsmodellierung

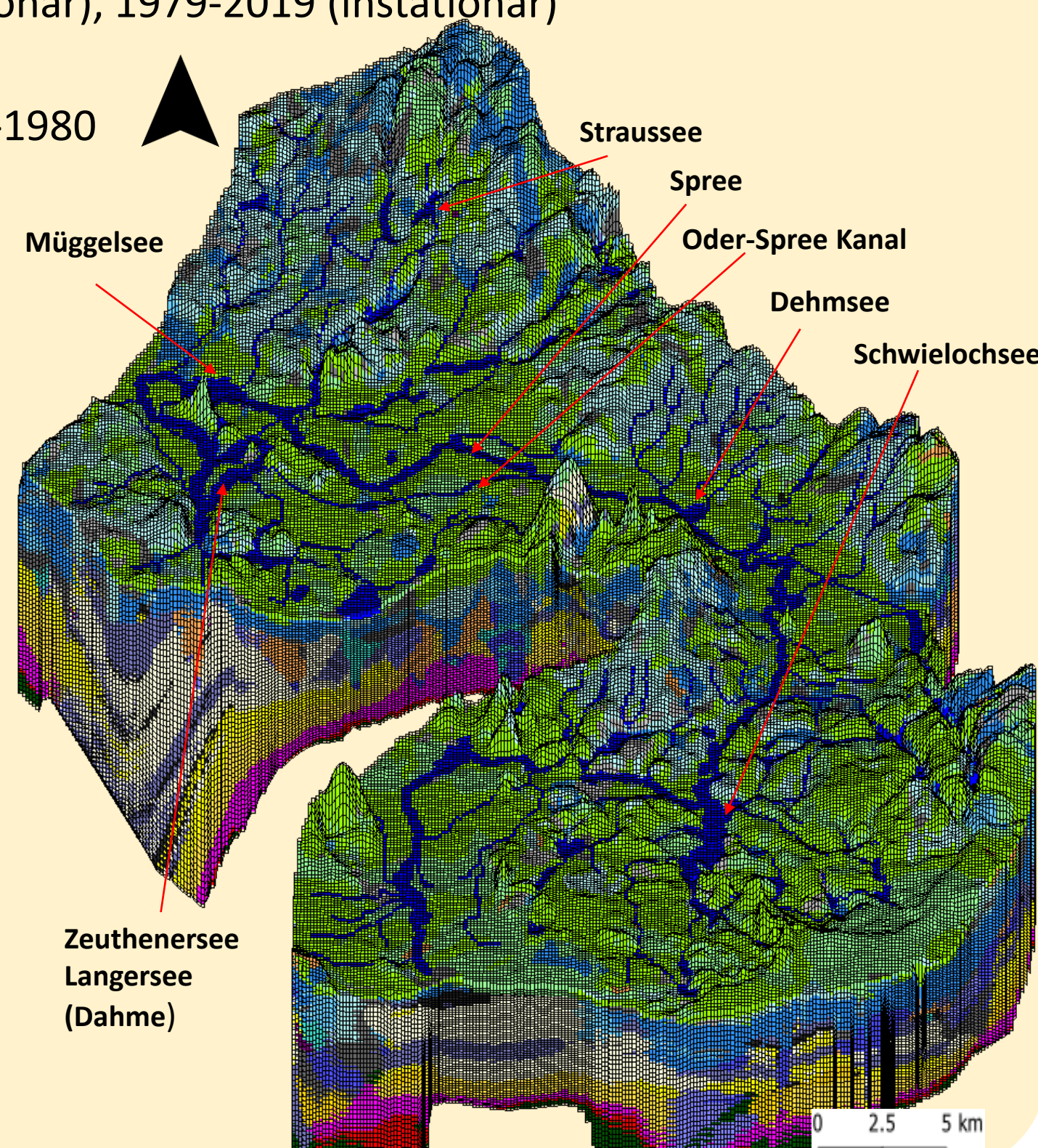
Ein hochauflösendes Grundwasserströmungsmodell dient der Analyse, um instationäre Strömungen zu simulieren, MAR zu optimieren und Salzwasserdynamiken festzustellen.

➤ **Hydrogeologisches Modell:** ANNs zur Interpolation von 22 hydrogeologischen Einheiten zwischen Bohrlöchern und Querschnitten zur Erfassung der räumlichen Heterogenität

➤ Strömungsmodell:

- Diskretisierung: ≈ 4 Mio. Zellen (150 m horizontal, 8 m vertikal, monatliche Zeitschritte)
- Grundwasserneubildung: 1960-1980 (stationär), 1979-2019 (instationär)
- Entnahmen: 1994-2021
- Anfangsbedingungen: Spin-up Phase 1960-1980
- Kalibrierung: Optimiert mit PEST

Hydrogeologische Einheiten	Stratigraphie
GWL 1.1 Feinsand	Weichsel-Eiszeit - Jüngere Saale-Stufe
GWL 1.2 Mittel-/Grob sand	
GWL 2.1 Feinsand	Saale-Komplex - Holstein-Warmzeit
GWL 2.2 Mittel-/Grob sand	
GWL 3.1 Feinsand	Elster-Eiszeit
GWL 3.2 Mittel-/Grob sand	
GWL 4.1 Feinsand	Miozän
GWL 4.2 Mittel-/Grob sand	
GWL 5.1 Feinsand	Oligozän
GWL 5.2 Mittel-/Grob sand	
Geschiebemergel	Weichselian Ice Age - Younger Saale Stage
Geschiebemergel	Saale Complex - Holstein Interglacial
Geschiebemergel	Elsterian Ice Age
Schluff/Ton, Mulde/Torf	Weichsel-Eiszeit - Jüngere Saale-Stufe
Schluff/Ton, Mulde/Torf	Saale-Komplex - Holstein-Warmzeit
Schluff/Ton, Mulde/Torf	Elster-Eiszeit
Schluff-Sand-Wechsellaagerung	Quartär
Braunkohle	
Schluff/Ton	Miozän
Schluff-Sand-Wechsellaagerung	
Rupelton	Rupellium
Sand unter Rupelton	
Modellunterkante	Tertiär



6 Rechtliche Machbarkeit

Die Wasserspeicherung im Grundwasserleiter mittels Versickerung bzw. Schluckbrunnen ist nach aktueller Rechtslage grundsätzlich möglich, bedarf jedoch der Zulassung. Die Wasserspeicherung besteht dabei nicht als eigener Benutzungstatbestand, sie bedarf der Einordnung in das allgemeine Regelwerk und ist in Einleitung in den Grundwasserleiter und Entnahme aufzugliedern (vgl. § 9 Abs. 1 Nr. 4 und 5 Wasserhaushaltsgesetz (WHG)). Im Einzelfall kann statt einer Gewässerbenutzung ein Gewässerausbau anzunehmen sein, welcher meist einen erhöhten Verfahrens- und Begründungsaufwand mit sich bringt.

Bei der Einleitung und Entnahme sind insbesondere die Bewirtschaftungsziele (mengenmäßiger und chemischer Zustand, vgl. § 47 Abs. 1 Nr. 1 WHG) zu beachten. Es gelten das Verschlechterungsverbot und Verbesserungsgebot. Eine fachliche Prognose der Vorhabenauswirkungen ist zu erstellen. Ausnahmen von den Bewirtschaftungszielen sind unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Die Gestattungsanforderungen erhöhen sich, soweit das Vorhaben in einem Wasserschutz- oder Naturschutzgebiet liegt. Bei der Versickerung durch Bodenschichten sind darüber hinaus die Anforderungen nach dem Bundesbodenschutzgesetz zu beachten (vgl. §§ 4, 7 BBodSchG).

Projektpartner



Finanzielle Förderung

