

GeoSalz



KWB

Trinkwassergewinnung trotz Grundwasserversalzung Analyse und Bewertung der Dynamik an einem großen Berliner Wasserwerk

Christoph Sprenger & Dwight Baldwin (KWB)

Alexander Sperlich & Gunnar Lorenzen (BWB)

Mit Unterstützung und Zuarbeit auf Seiten der BWB von:

Dörte Siebenthaler, Bertram Monnkinkhoff, Lutz Schmolke, Jan Loth, Lisa-Maija Paul, Gloria Abel, Christiane Böhl und vielen mehr!

Projektvolumen: 345.000 € (KWB)

Projektdauer: 01. Aug 2021 – 31. Jan 2025 (3,5 Jahre inkl. 6 Monate Verlängerung)

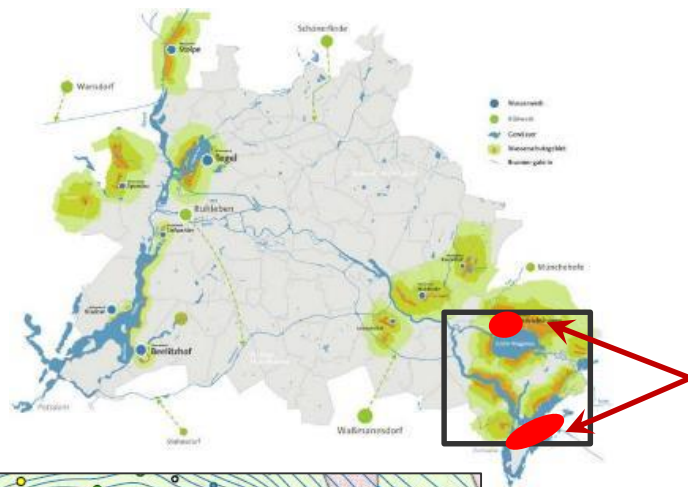
1

Hintergrund und Motivation

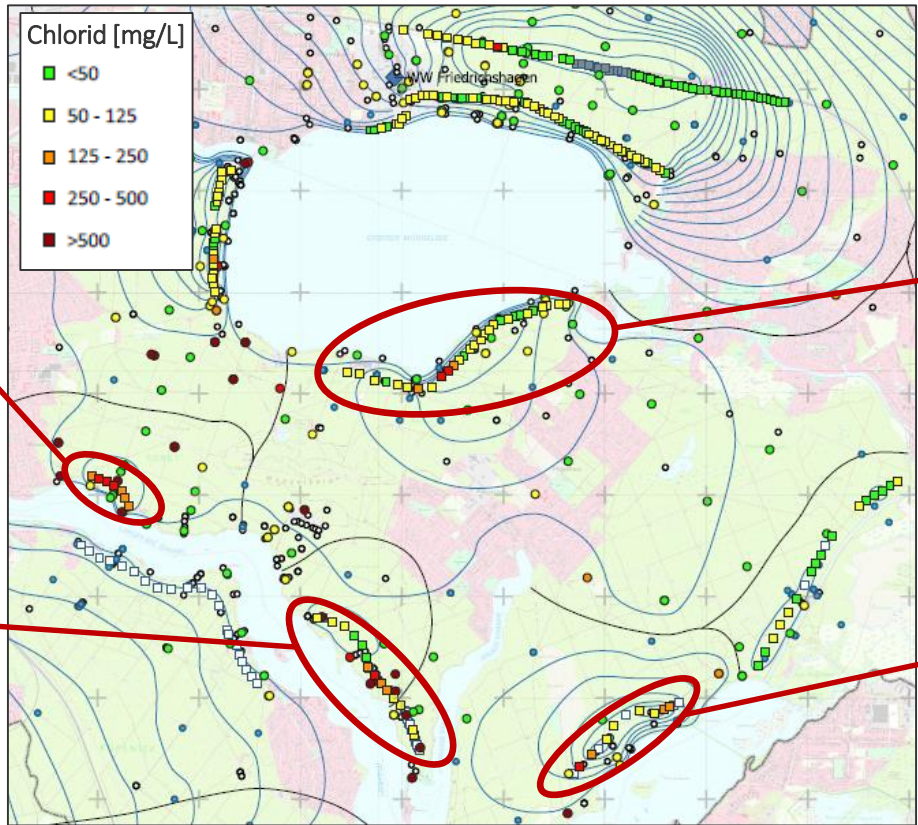
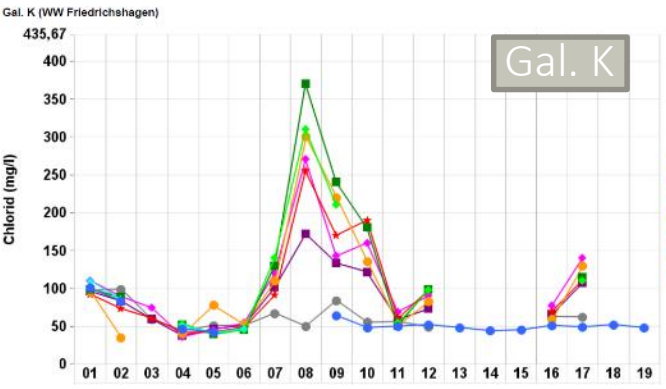
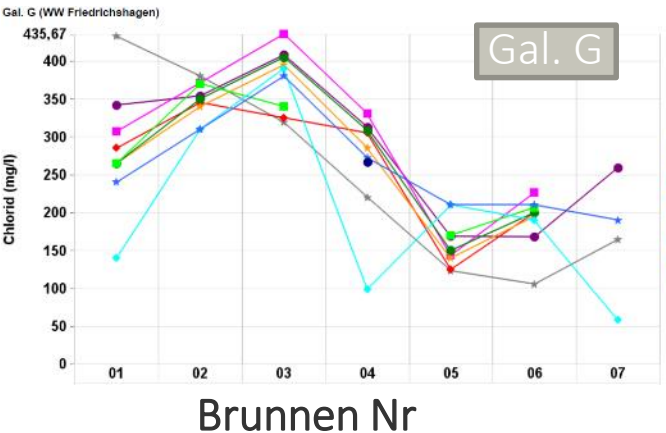
Hintergrund und Motivation



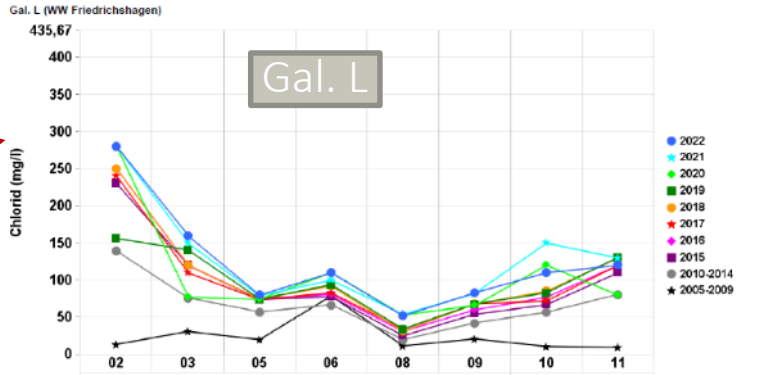
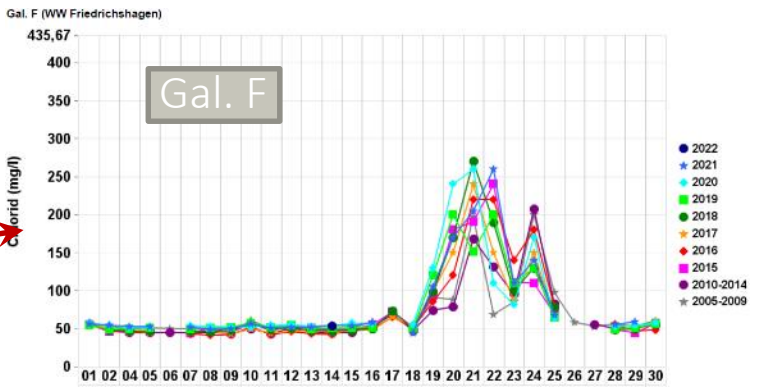
Chlorid in Brunnen Südgalerien WW Friedrichshagen



Rupeltonfehlstelle



Karte: Stand 2022 jeweils aktuellste Analyse



Ziele

Prozessverständnis: **Genese und zeitliche Dynamik**

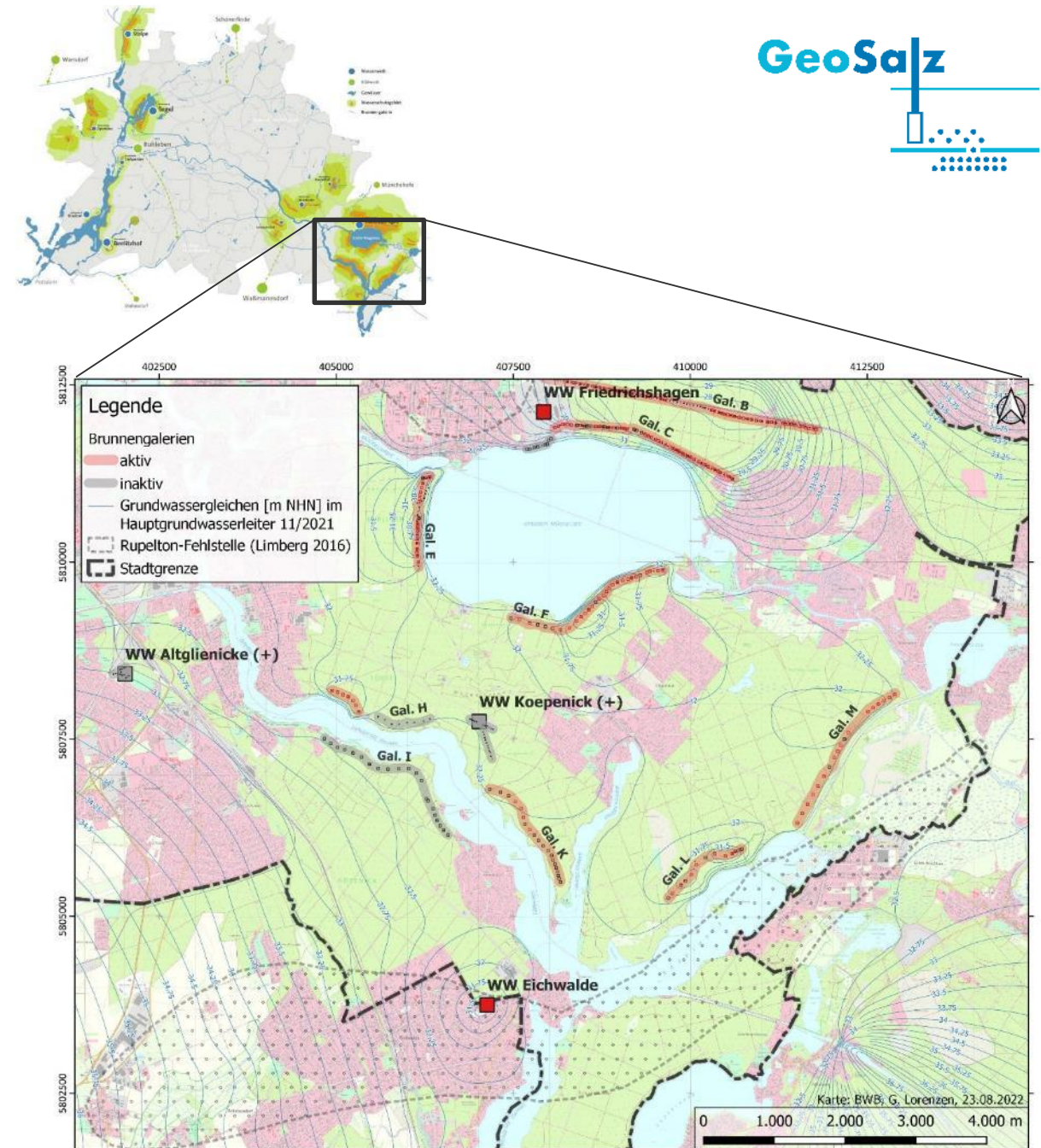
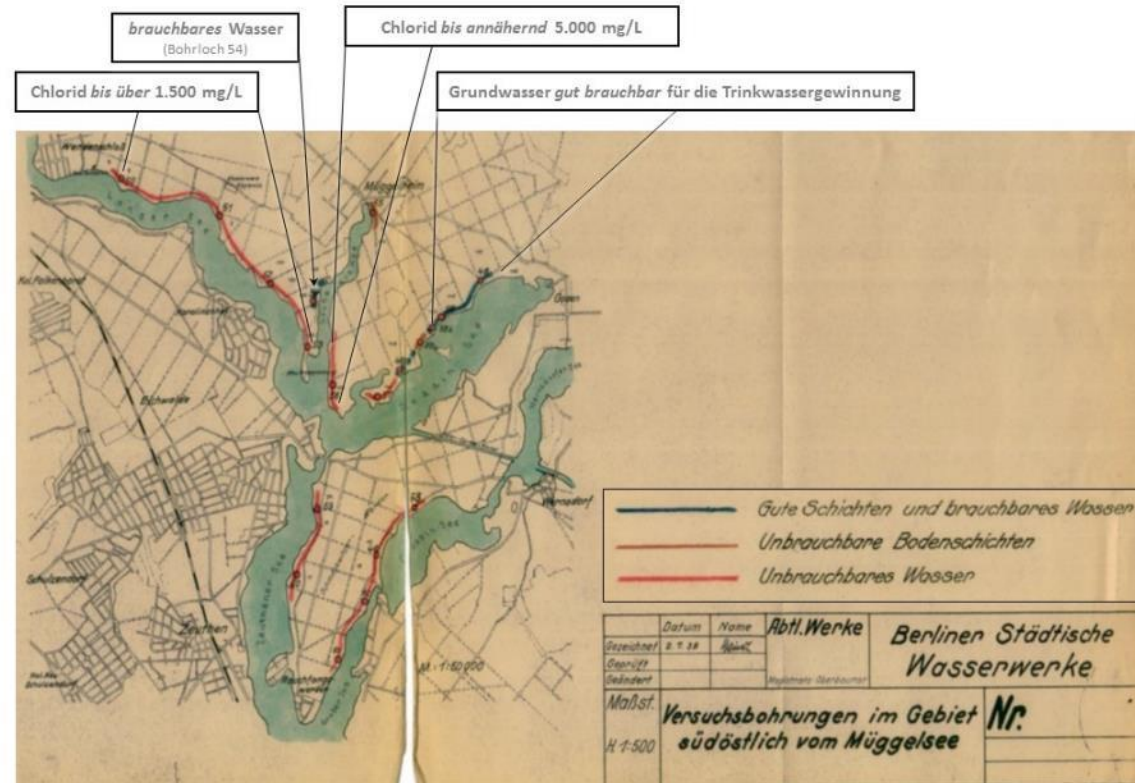
- Welche Rolle spielt die regionale Hydrogeologie?
- Wie beeinflussen unterschiedliche Faktoren die Versalzungsmuster?

Ressourcenmanagement: **Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung**

- Welche betrieblichen Maßnahmen (z.B. Brunnenbau, Fördermengen) können eine sichere Grundwassergewinnung gewährleisten?
- Welche Methoden sind für das dauerhafte Monitoring der Versalzung geeignet?

Untersuchungsgebiet

- Südl. Einzugsgebiet WW Friedrichshagen
- Schwerpunkt: Neubau K-Galerie
- Historie: Erkundungsbericht 1938

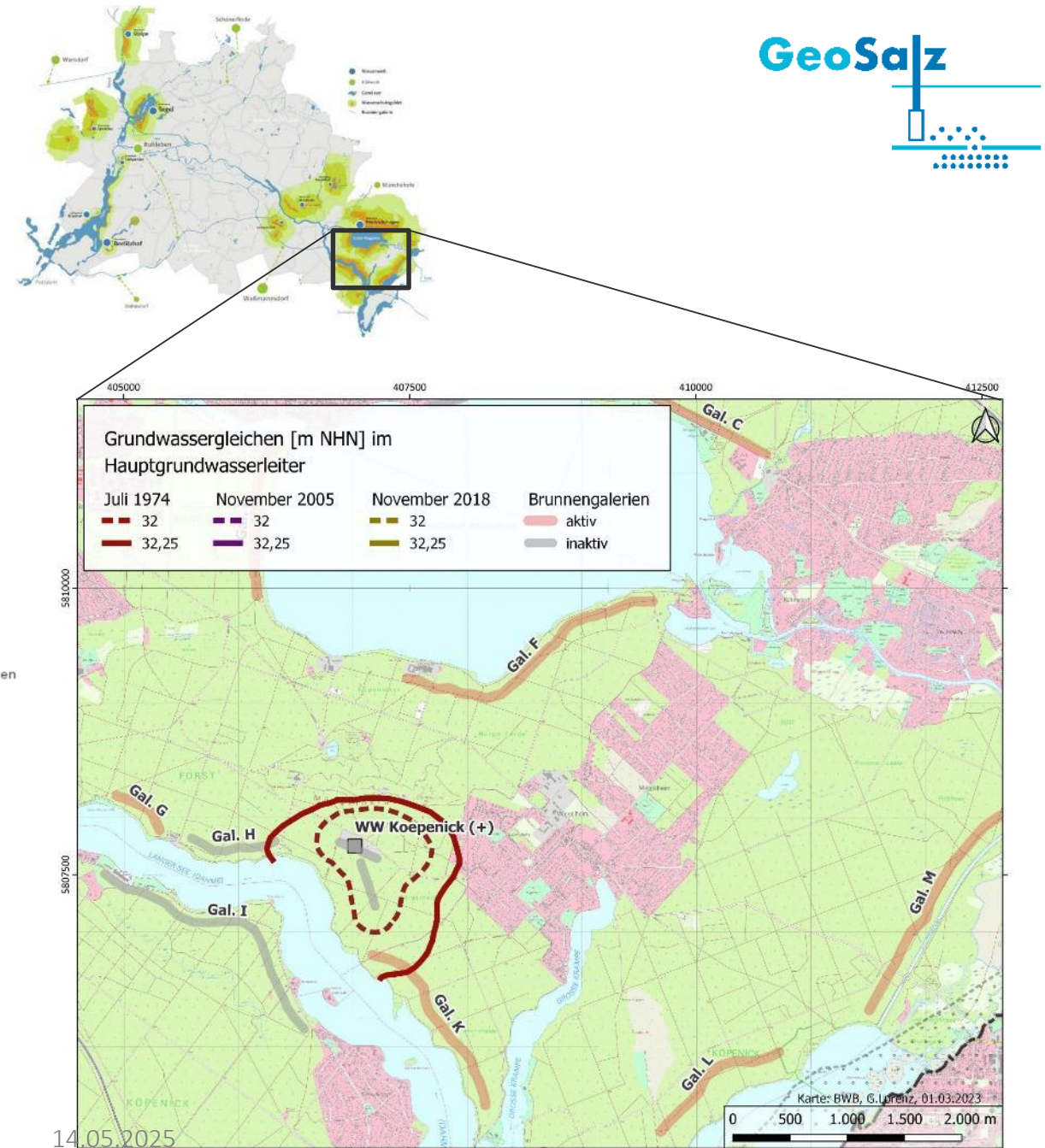
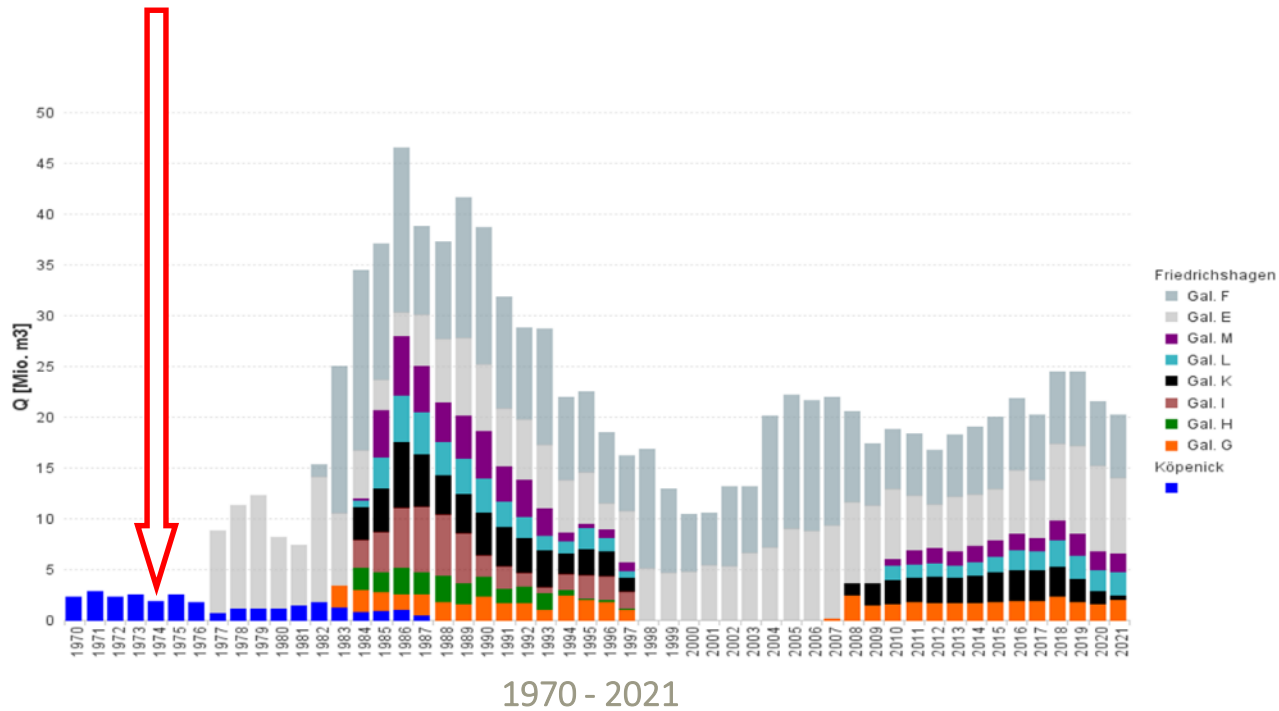


Untersuchungsgebiet

Historie der Grundwasserförderung

- Grundwasserförderung seit 1907

Zustand 1974



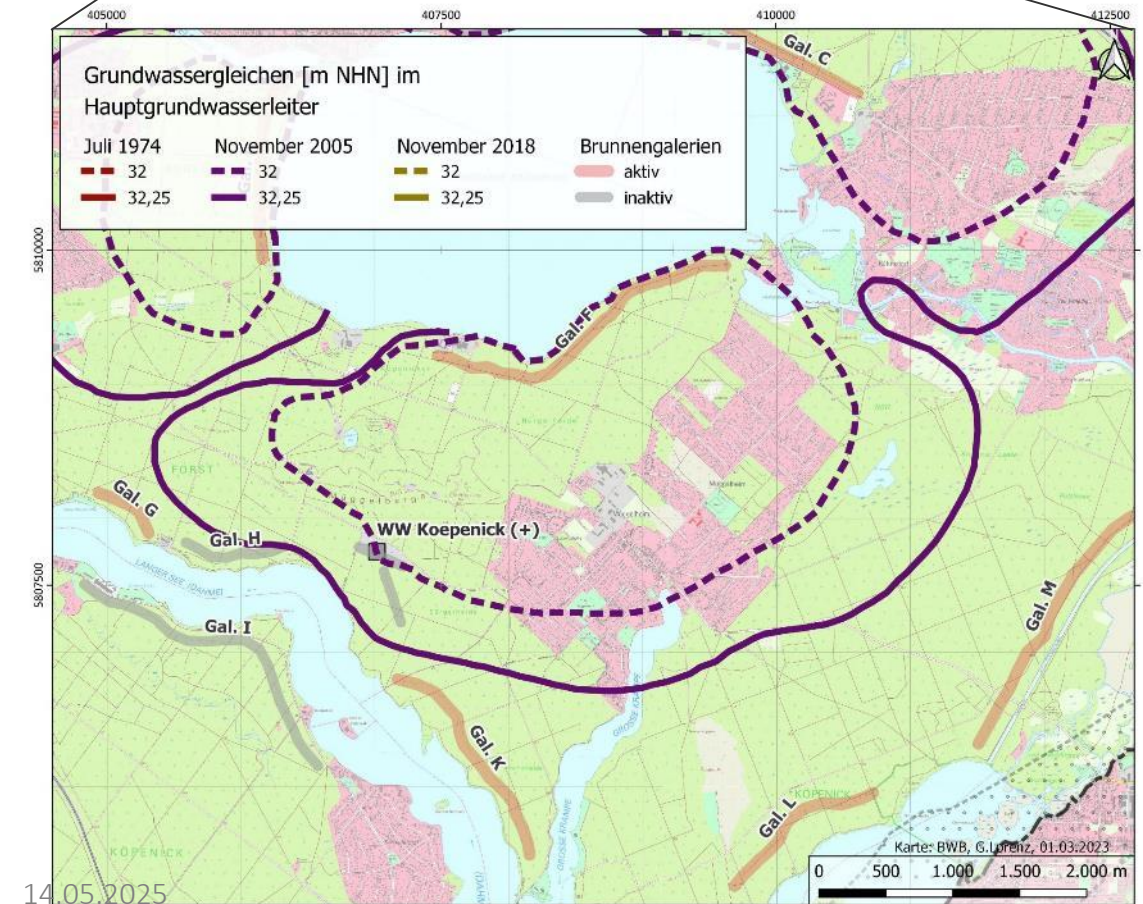
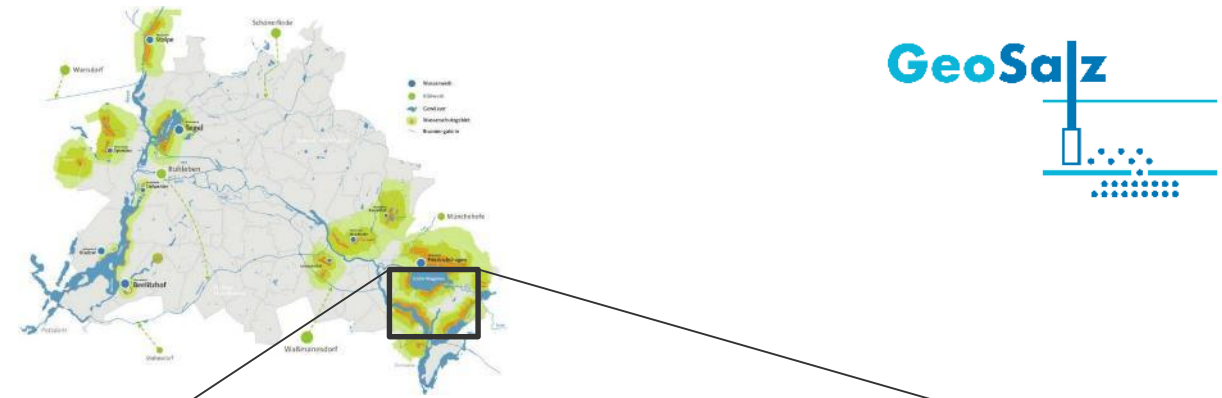
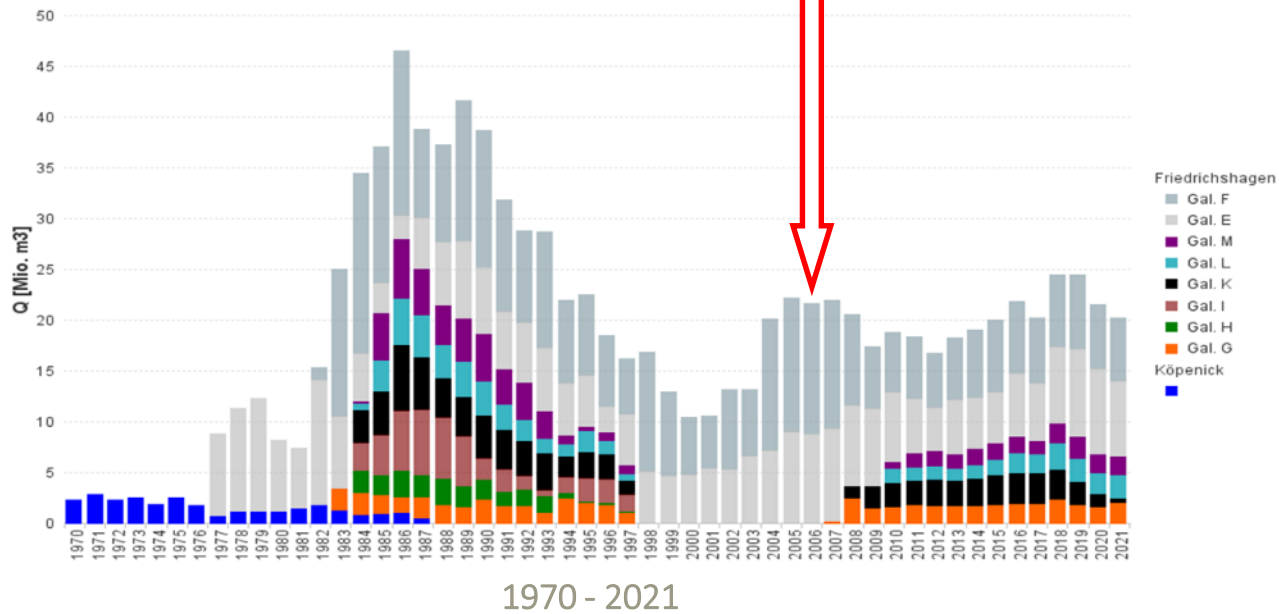
Untersuchungsgebiet

Historie der Grundwasserförderung

- Grundwasserförderung seit 1907

Zustand

2005



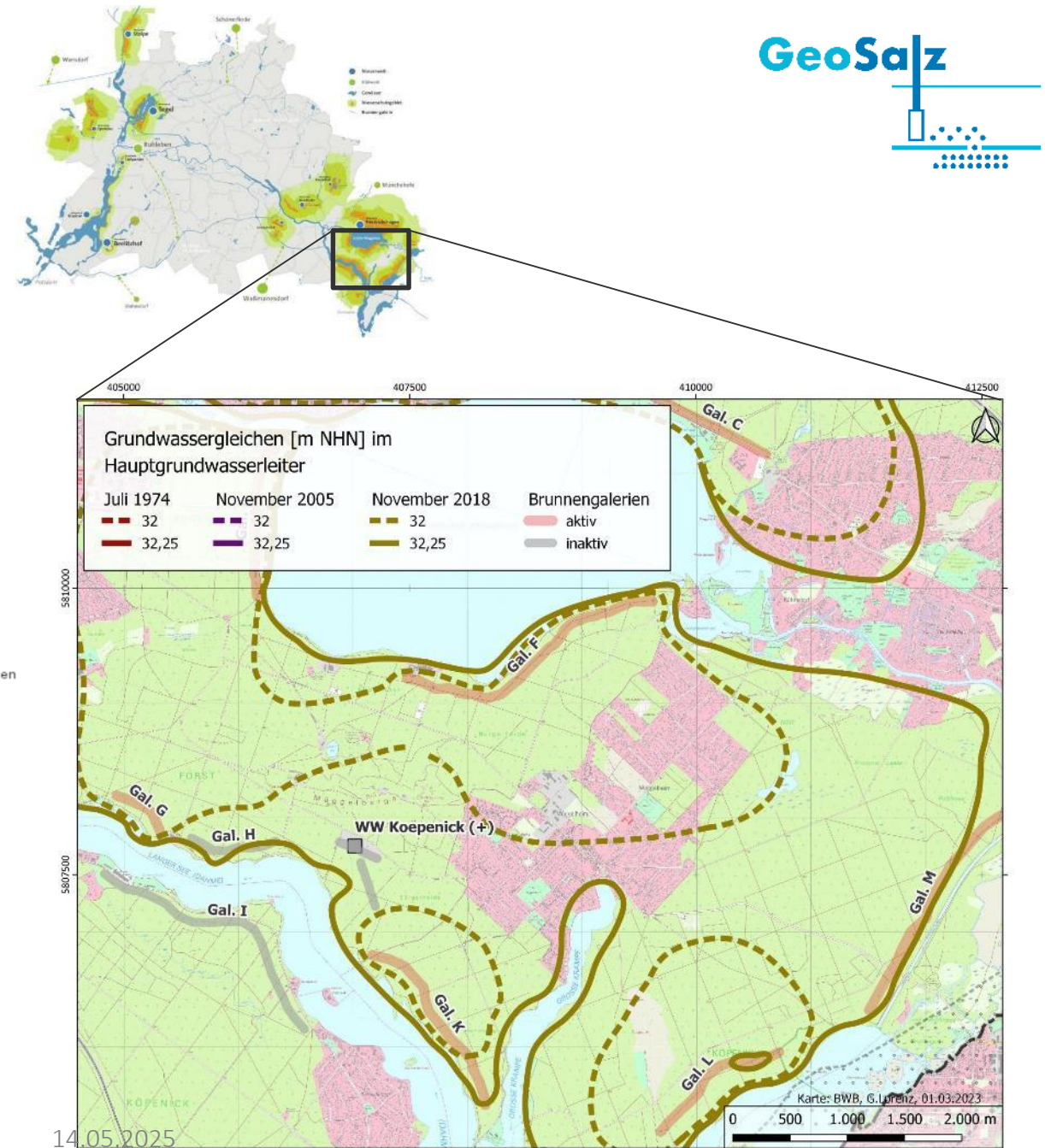
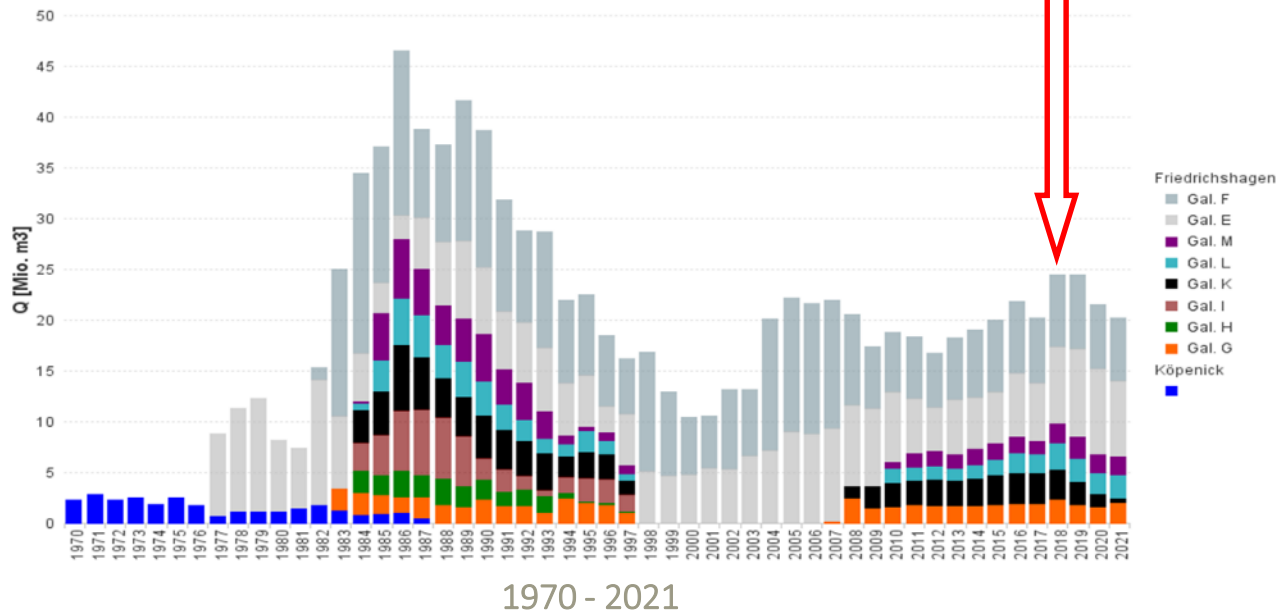
Untersuchungsgebiet

Historie der Grundwasserförderung

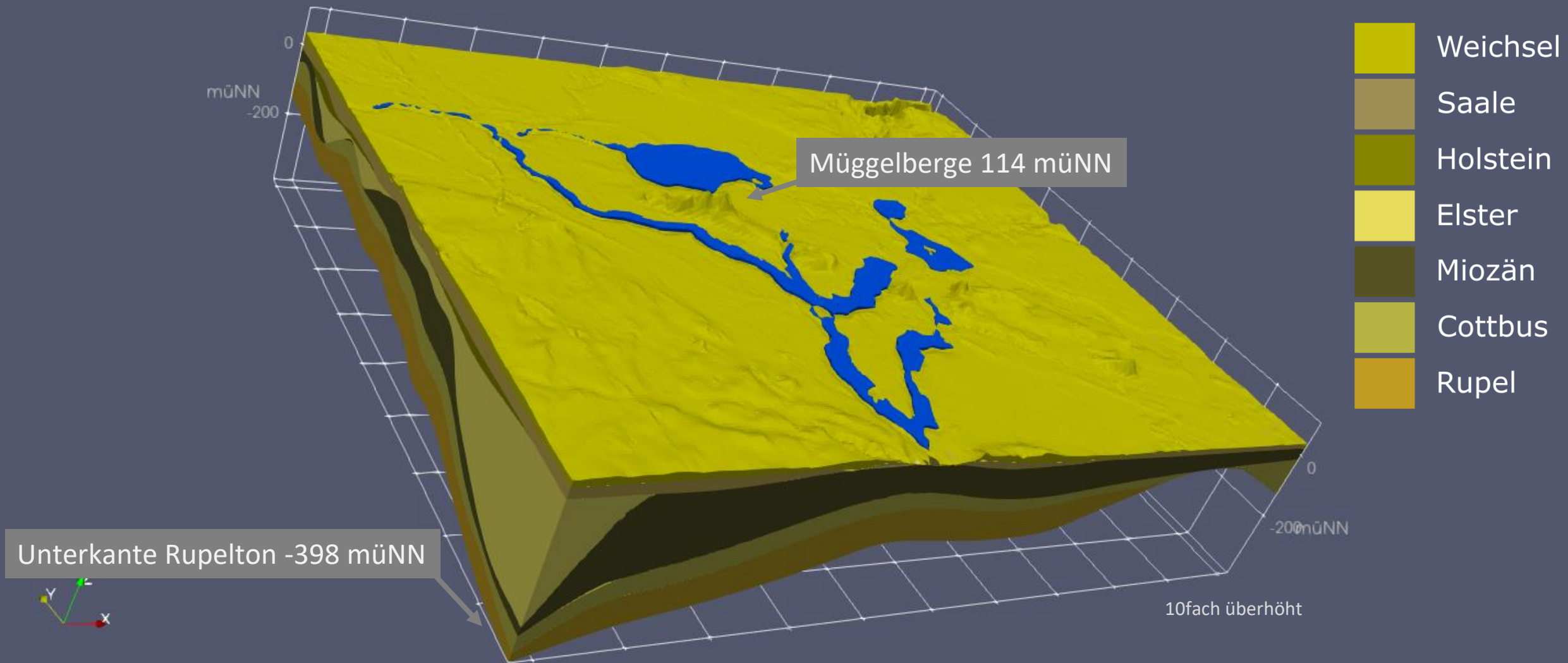
- Grundwasserförderung seit 1907

Zustand

2018

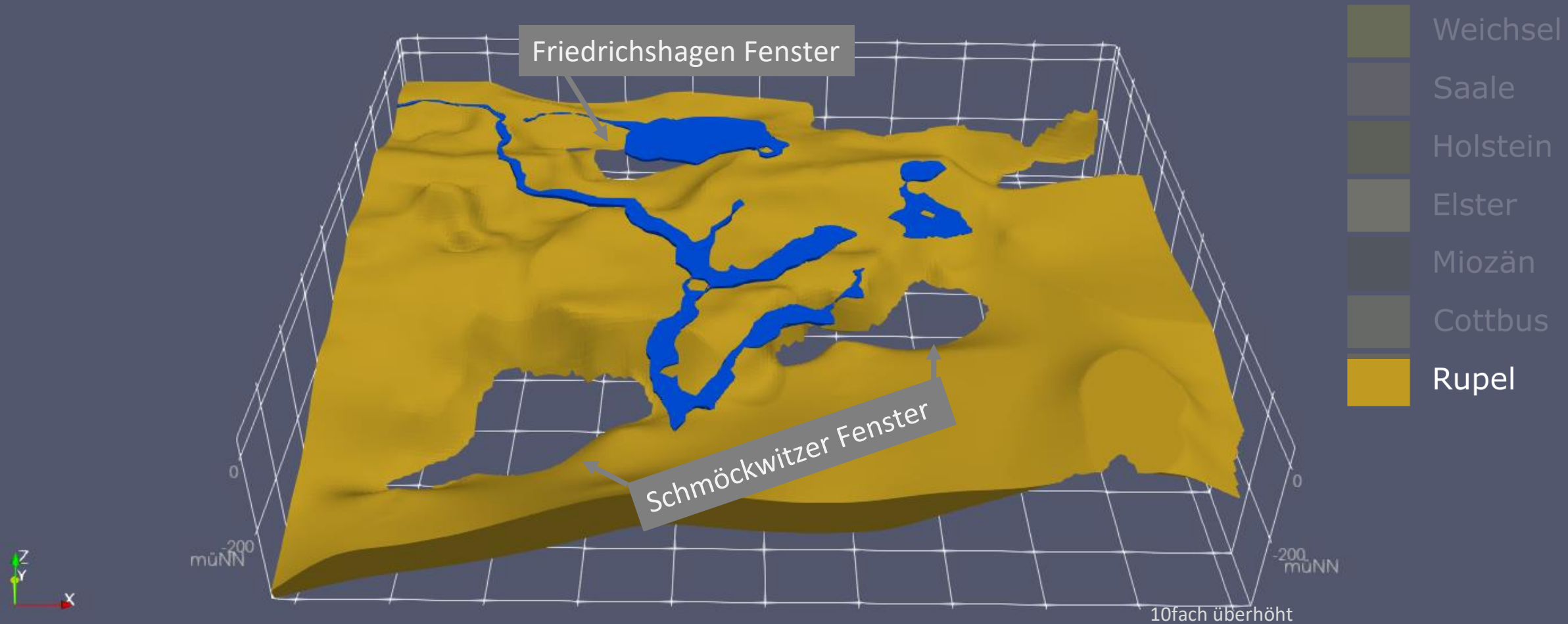


3D Geologie

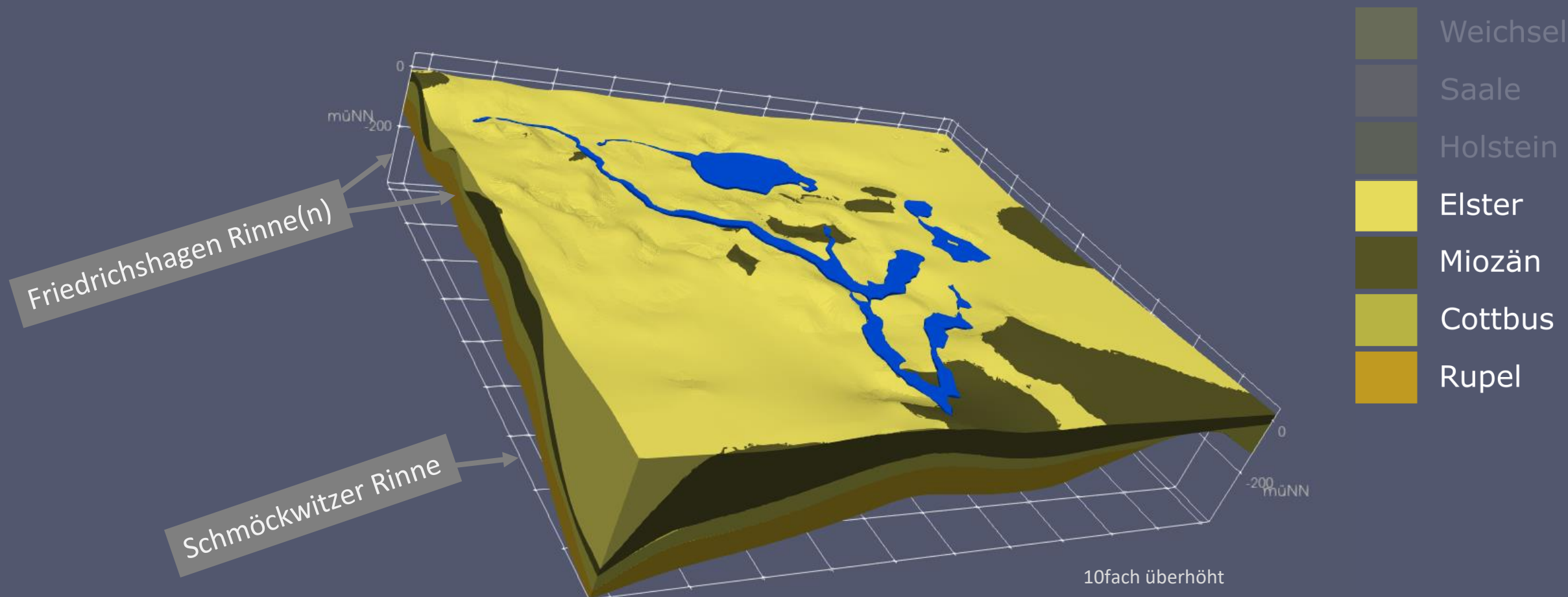


Frick, M.; Bott, J.; Scheck-Wenderoth, M.; Cacace, M.; Haacke, N.; Schneider, M. (2020): 3D geological model of Berlin - Germany. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.2020.005>

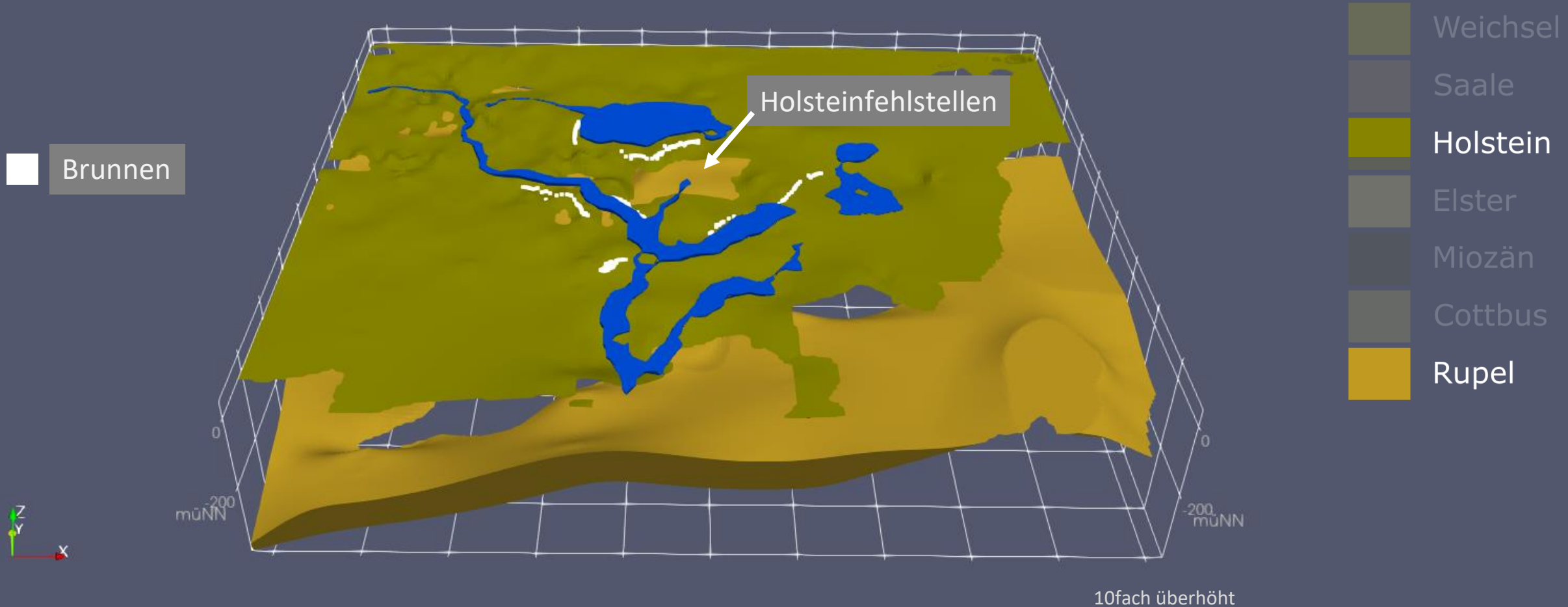
3D Geologie – Rupeltonfehlstellen



3D Geologie – Elsterzeitliche Rinnen



3D Geologie – Holstein Interglazial



Frick, M.; Bott, J.; Scheck-Wenderoth, M.; Cacace, M.; Haacke, N.; Schneider, M. (2020): 3D geological model of Berlin - Germany. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.5.2020.005>

3 | Vorgehensweise

Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

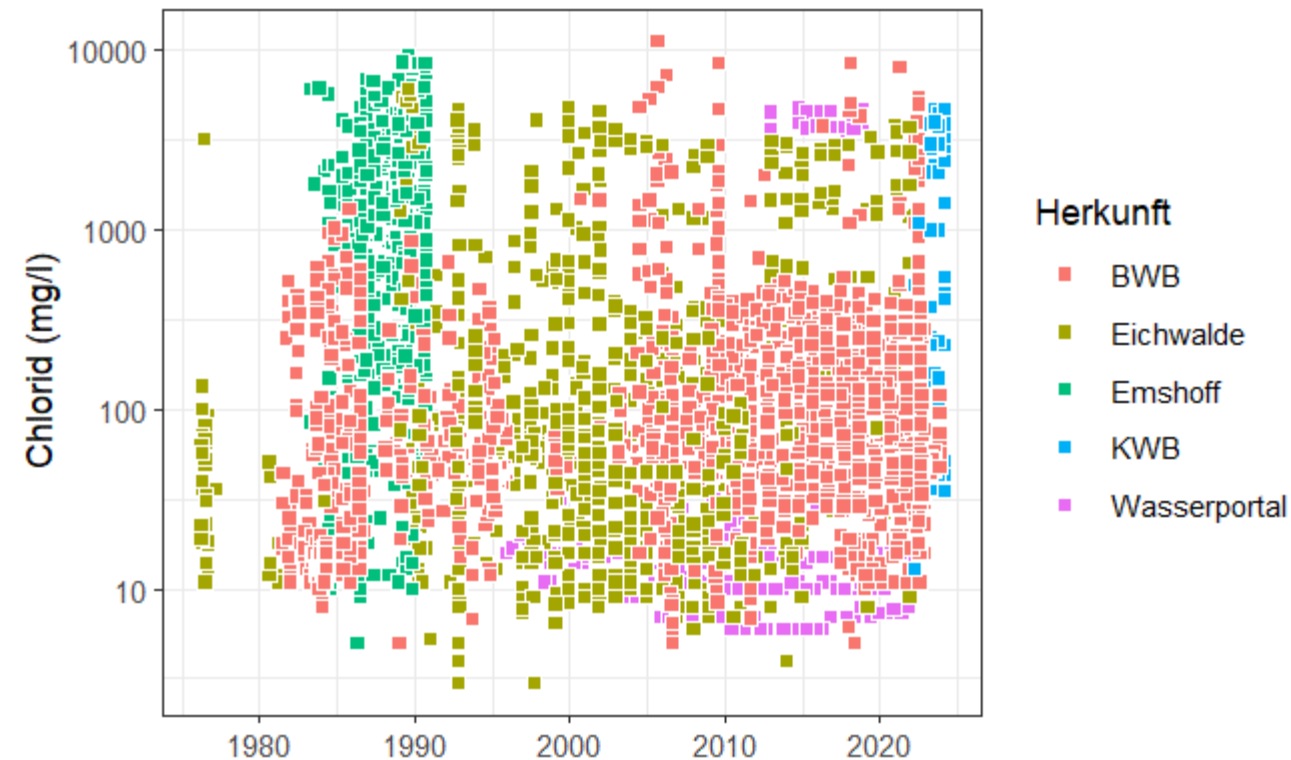
Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $^{18}\text{O}+2\text{H}$ und $^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)

Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell (Unterauftrag)

Anzahl_{Cl} = 5811



Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

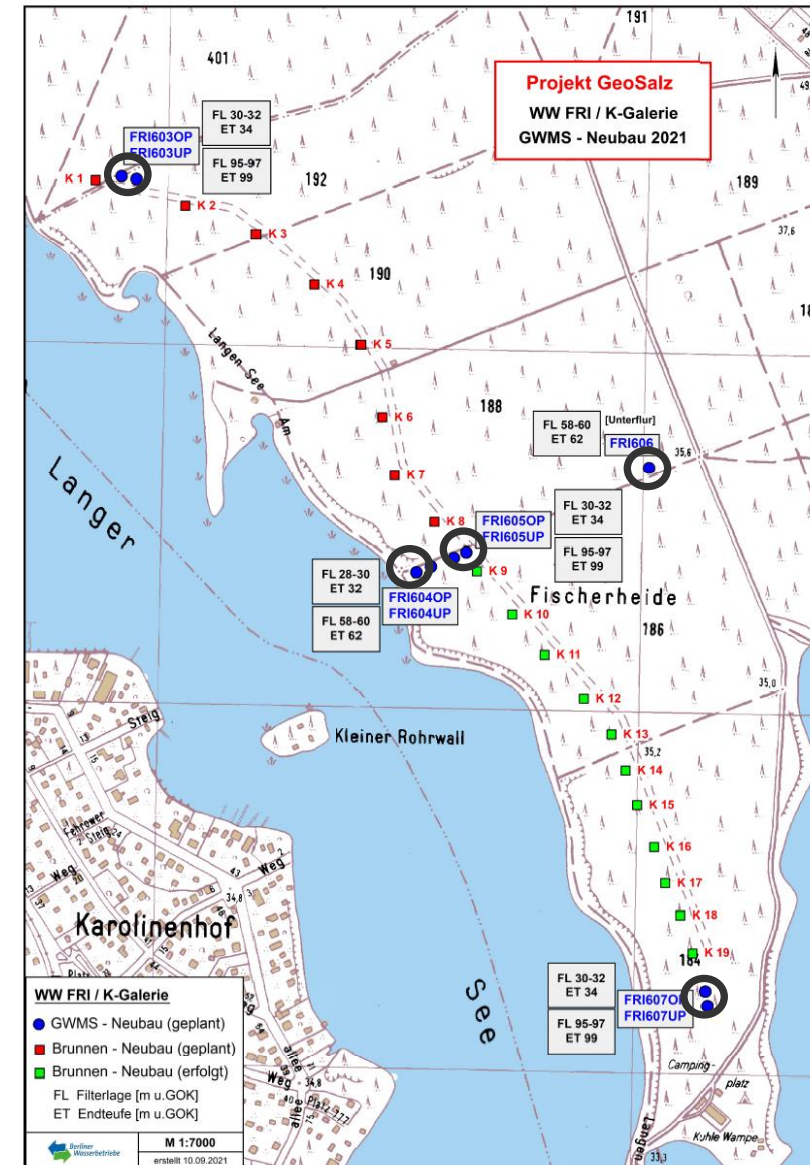
- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen (GWM)
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $18\text{O}+2\text{H}$ und $13\text{C}+14\text{C}$)

Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell (Unterauftrag)



Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

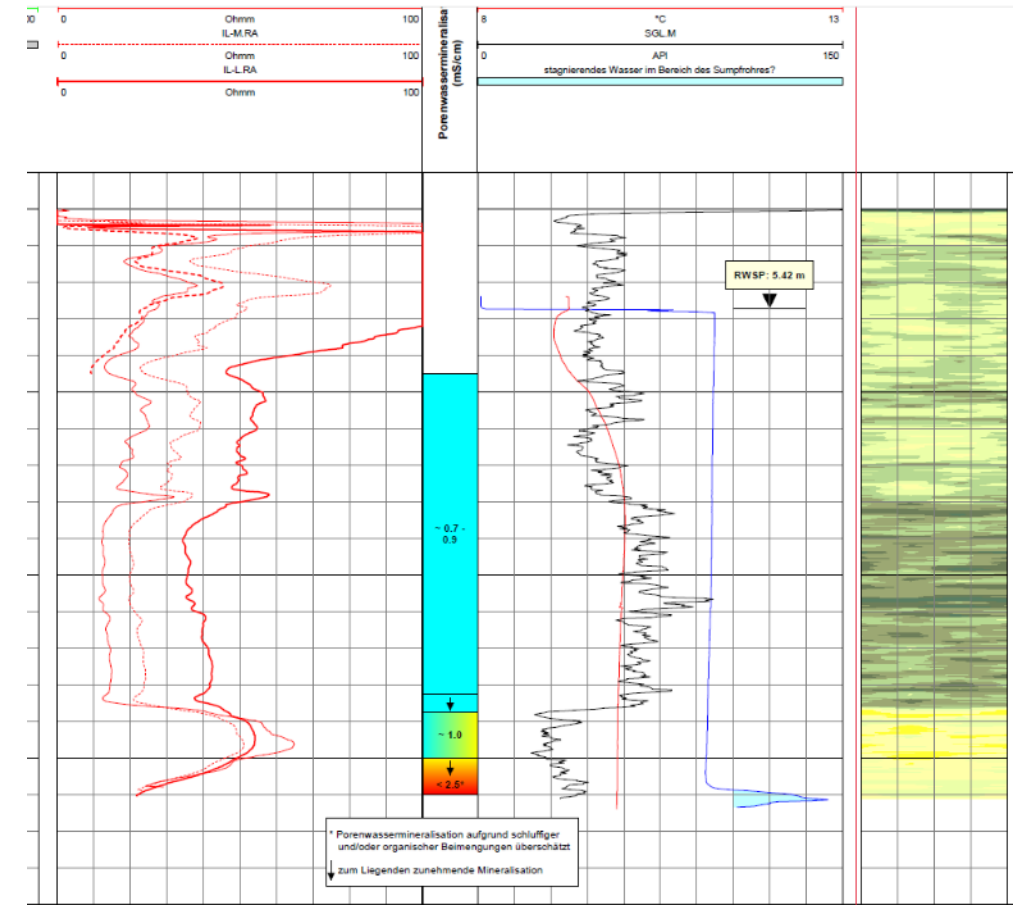
- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $^{18}\text{O}+^{2}\text{H}$ und $^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)

Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell (Unterauftrag)



Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

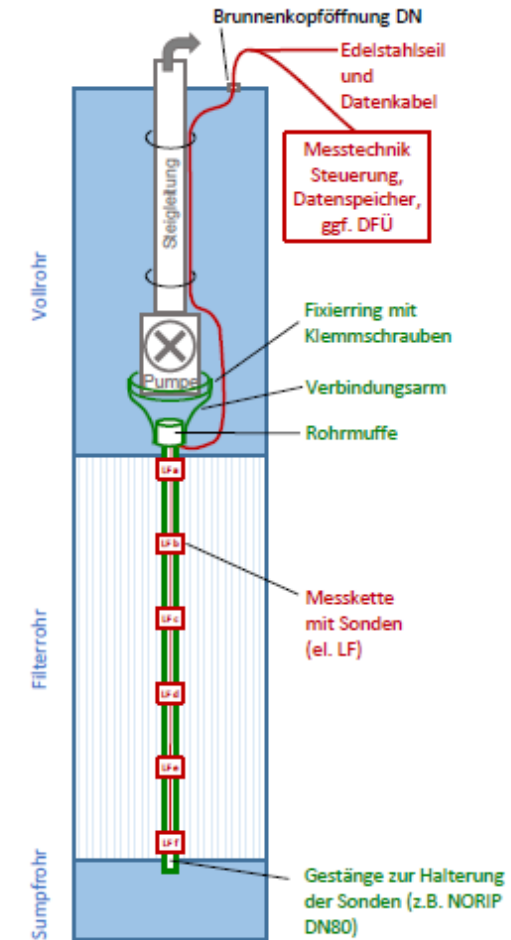
- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $18\text{O}+2\text{H}$ und $13\text{C}+14\text{C}$)

Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell (Unterauftrag)



Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $^{18}\text{O}+2\text{H}$ und $^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)

Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell (Unterauftrag)



Vorgehensweise

Literatur- und Datenrecherche

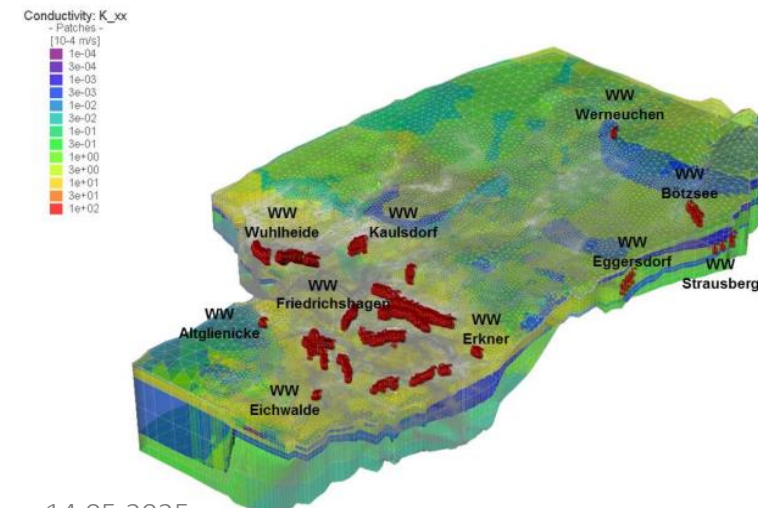
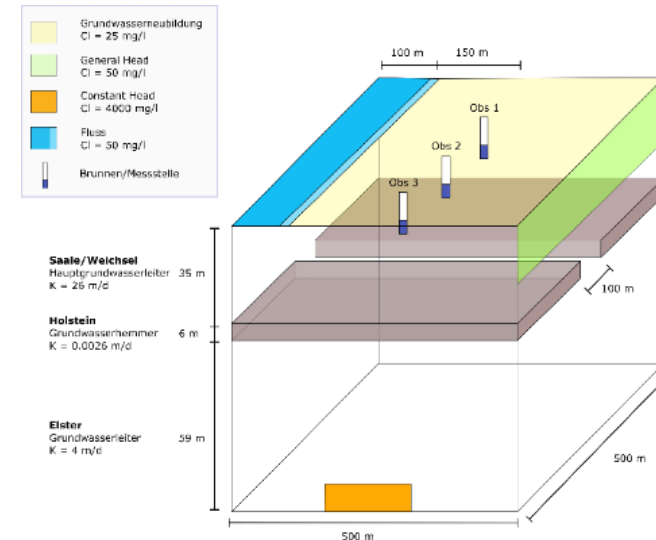
- BWB Datenbank und Archiv
- benachbartes Wasserwerk, online Daten, etc.

Erkundung und Monitoring

- Neubau von Grundwassermessstellen
(5 GWM Paare, FUK ca. 25m und 100m unter Gelände)
- Bohrlochgeophysik
(Porenwassermineralisation mittels Induktions-Log)
- Messketten in Betriebsbrunnen
(Online Messung der el. Leitfähigkeit im Filterbereich)
- Probenahme und Analytik (Brunnen und GWM)
(Anorganische Hydrochemie, Isotope $^{18}\text{O}+2\text{H}$ und $^{13}\text{C}+^{14}\text{C}$)

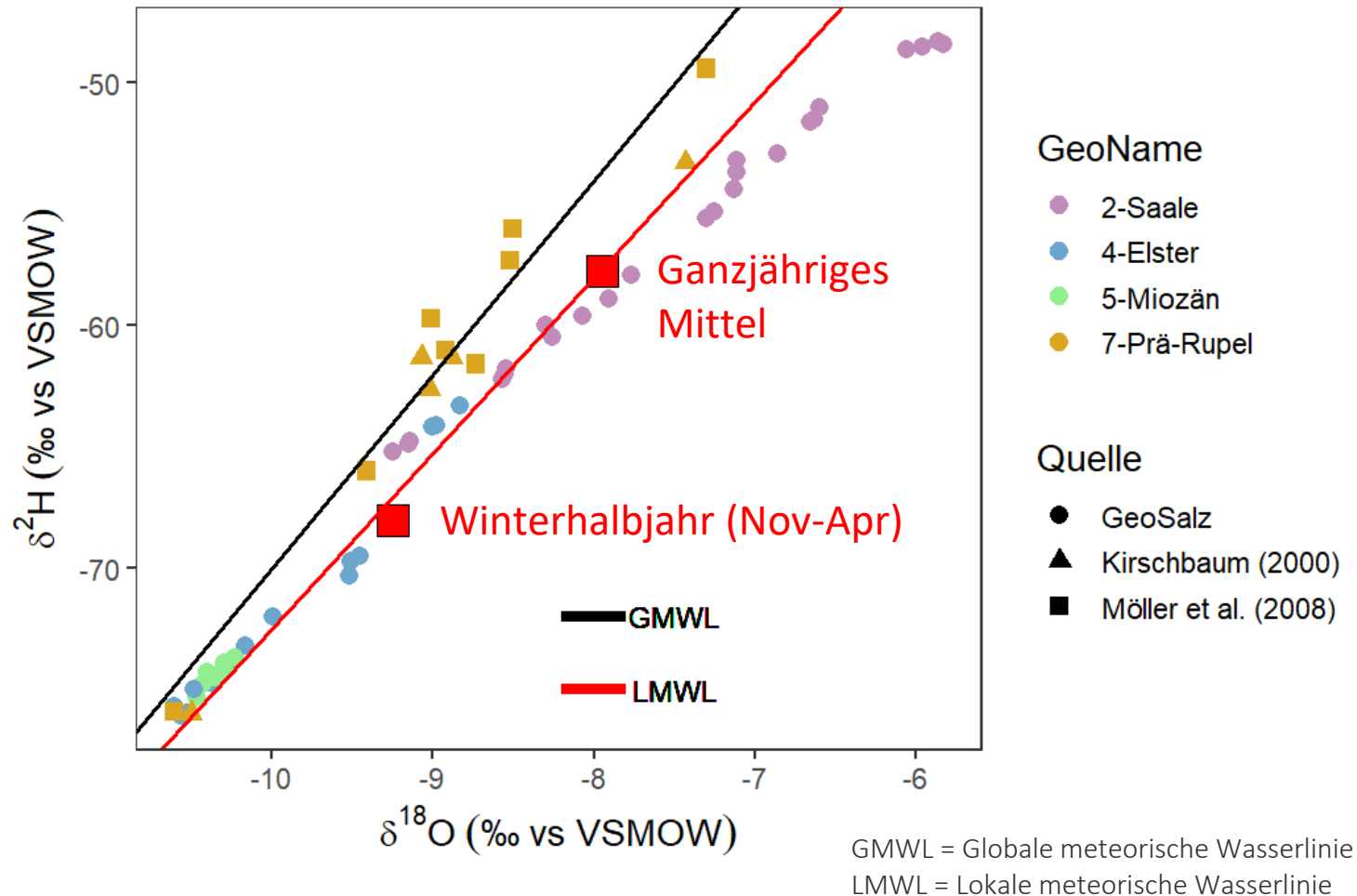
Modellierung

- Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell
- Großraum Modell der BWB (Unterauftrag)



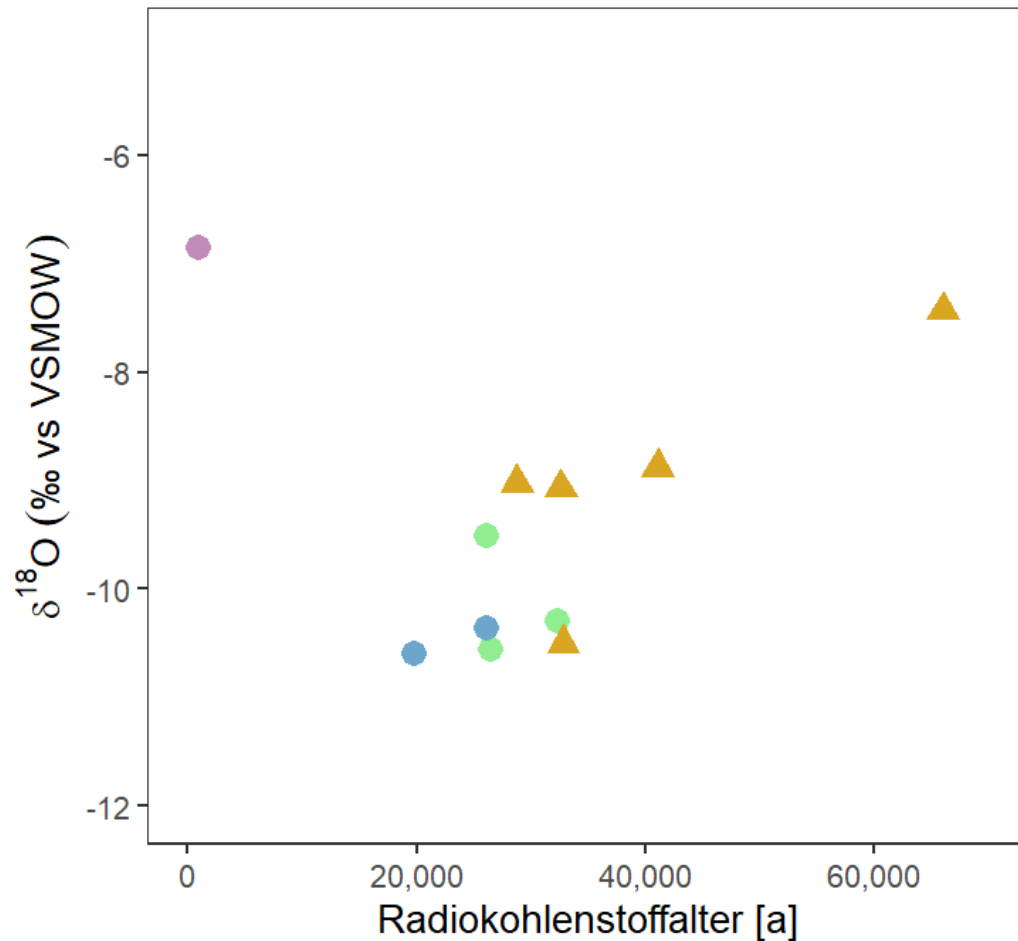
4 | Ergebnisse

Stabile Isotope



- Lokale meteorische Wasserlinie (LMWL) durch Regenmengengewichtete Regression (Data: Global Networks of Isotopes in Precipitation)
- Elster und Miozän Proben zeigen kaltzeitliche Bildungsbedingungen
- Prä-Rupel auf globaler meteorischer Wasserlinie (GMWL)

Radiokohlenstoff-Datierung



Quelle

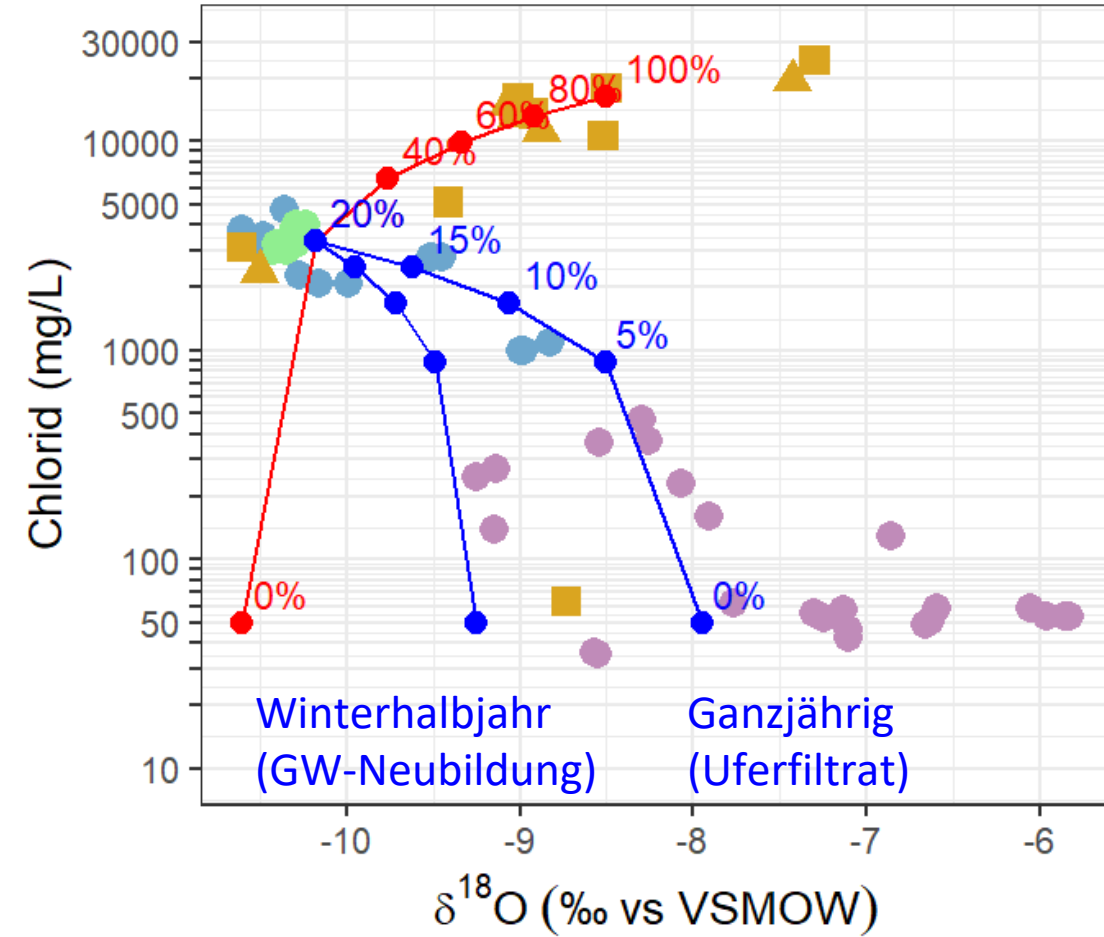
- GeoSalz
- ▲ Kirschbaum (2000)

GeoName

- 2-Saale
- 4-Elster
- 5-Miozän
- 7-Prä-Rupel

- $\delta^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$ Radiokohlenstoffdatierung nach dem „piston flow model“
- Elster/Miozän 20.000 – 30.000a
- Prä-Rupel > 30.000a

Mischungsmodelle



GeoName

- 2-Saale
- 4-Elster
- 5-Miozän
- 7-Prä-Rupel

Quelle

- GeoSalz
- Kirschbaum (2000)
- Möller et al. (2008)

Mischungsberechnung

$$C_m = f \times C_1 + (1 - f) \times C_2$$

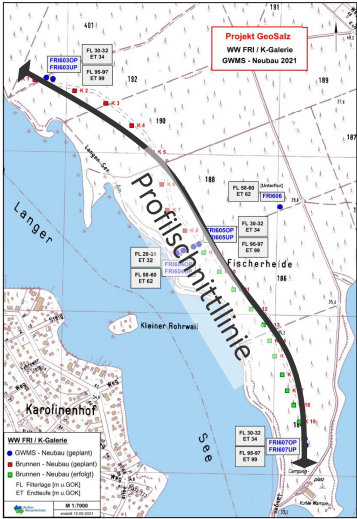
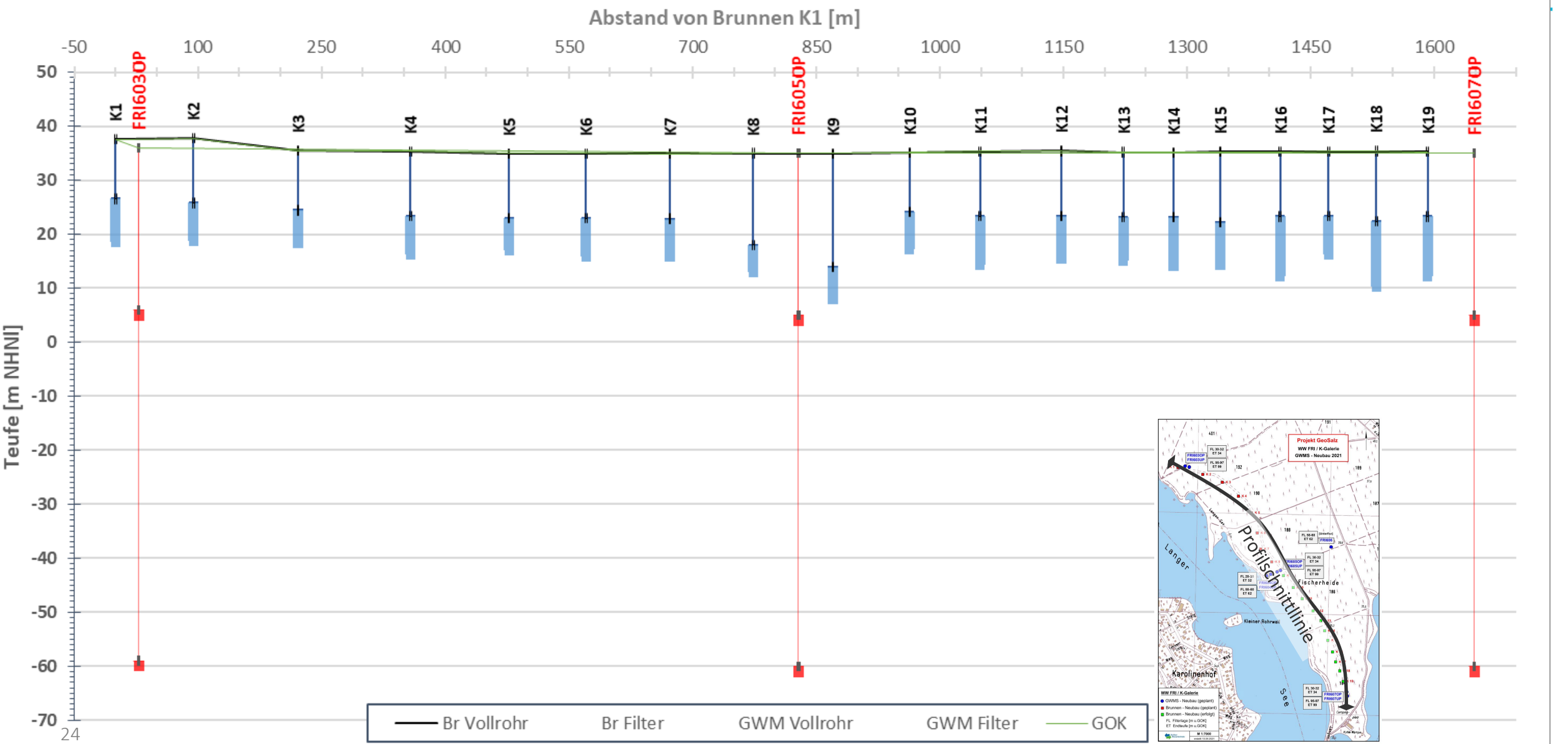
C_m : Mischkonzentration

C_1 : Endglied 1 (z.B. Chlorid im Prä-Rupel = 16 500 mg/l)

C_2 : Endglied 2 (z.B. Chlorid im Uferfiltrat = 50 mg/L)

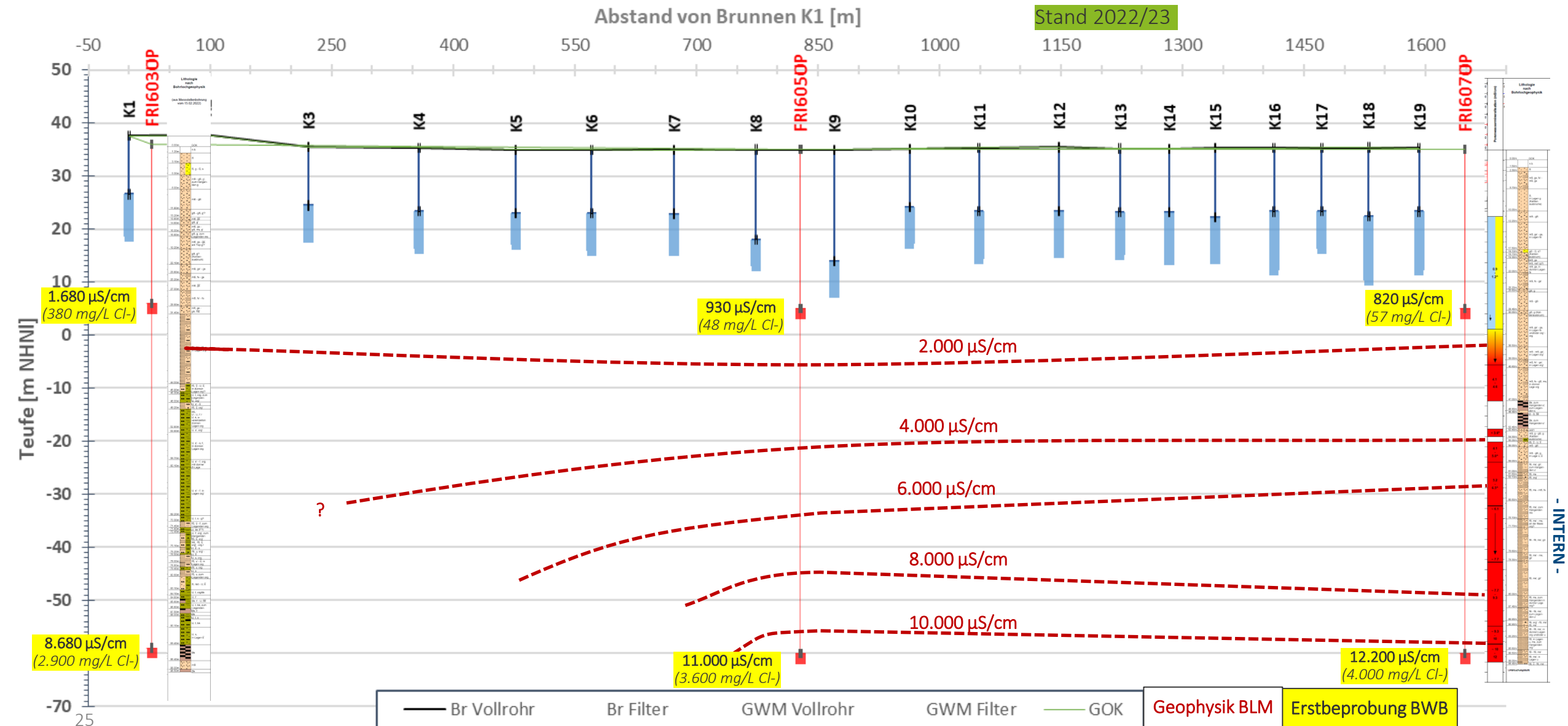
f : Mischungsverhältnis

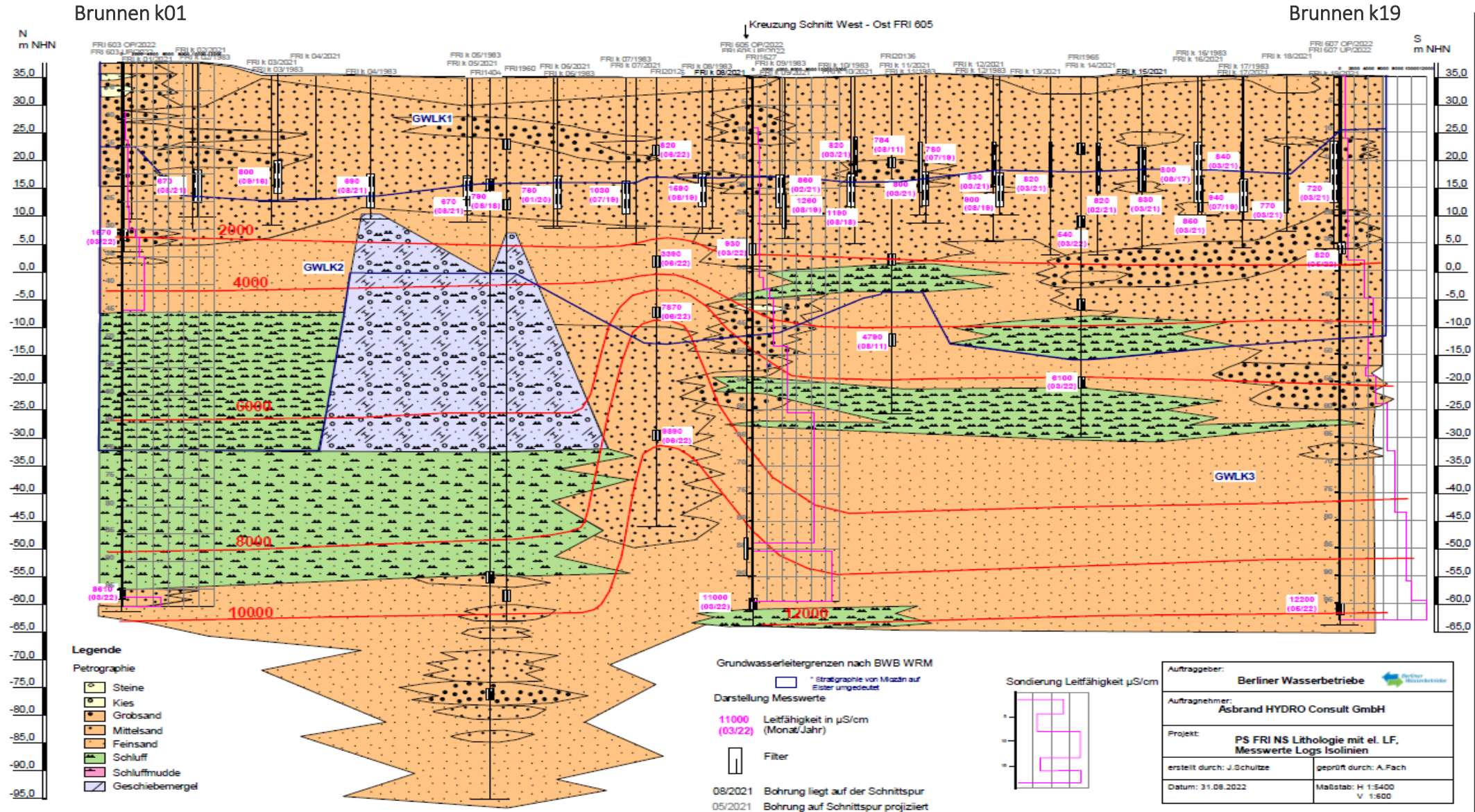
Profilschnitt Brunnengalerie K



Profilschnitt Brunnengalerie K

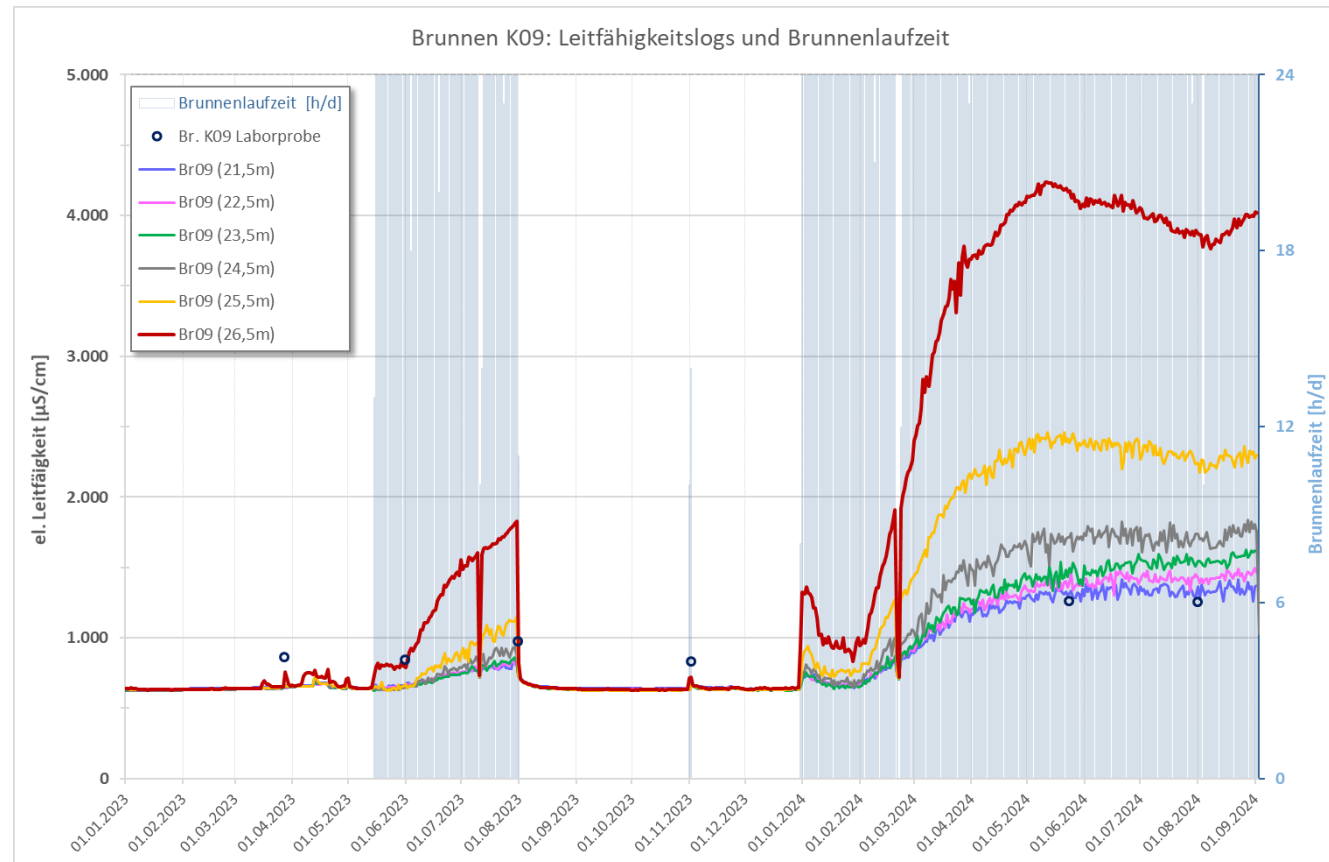
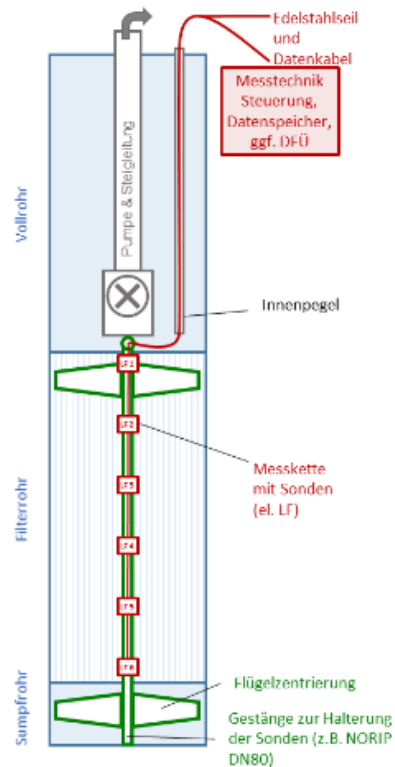
el. LF aus Geophysik sowie aus Erstbeprobung der Grundwassermessstellen





el. LF - Messketten in Brunnen

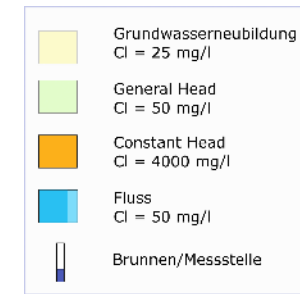
Brunnen K09



- Unmittelbar bei Inbetriebnahme Zustrom von Salzwasser im untersten Filterbereich.
- Schalteffekte; Stabilisierung nach ca. 1 Jahr Betrieb (mit Unterbrechung)
- Mineralisation im untersten Filterbereich ist ein vielfaches höher als in der Brunnen(mischwasser)probe

Idealisiertes Strömungs- und Transportmodell

- MODFLOW2005 und MT3DMS mit FloPy (Python)
- Modellaufbau und Randbedingungen basieren auf Messungen

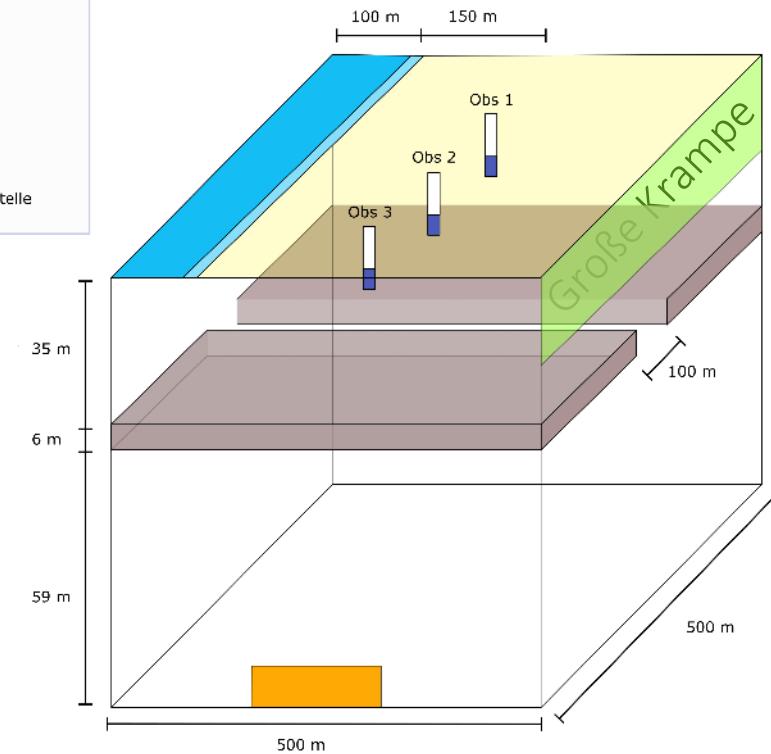


- Fluss, Cl = 50 mg/l
- Grundwasserneubildung, Cl = 25 mg/l
- Brunnen, Q = 380-410 m³/d
- Constant head (Dichtekorrigiert), Cl = 4000 mg/l

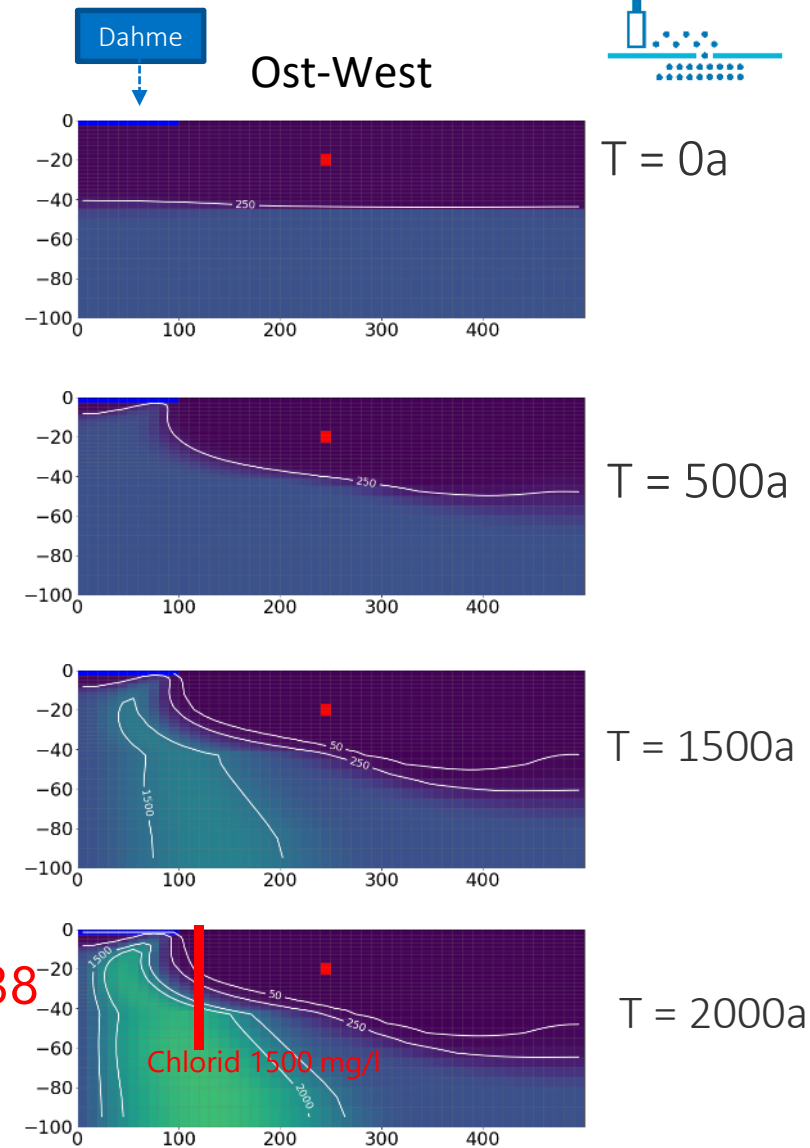
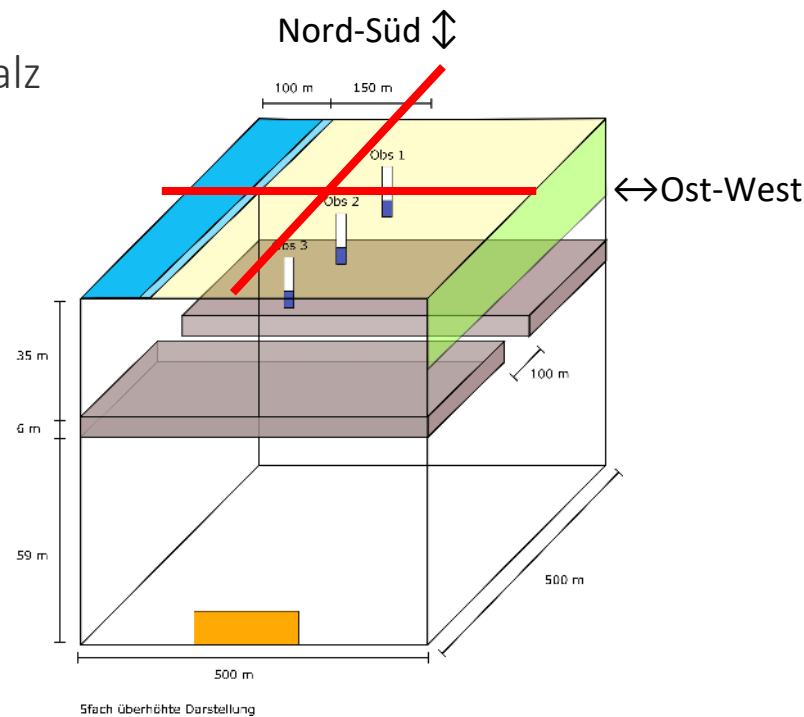
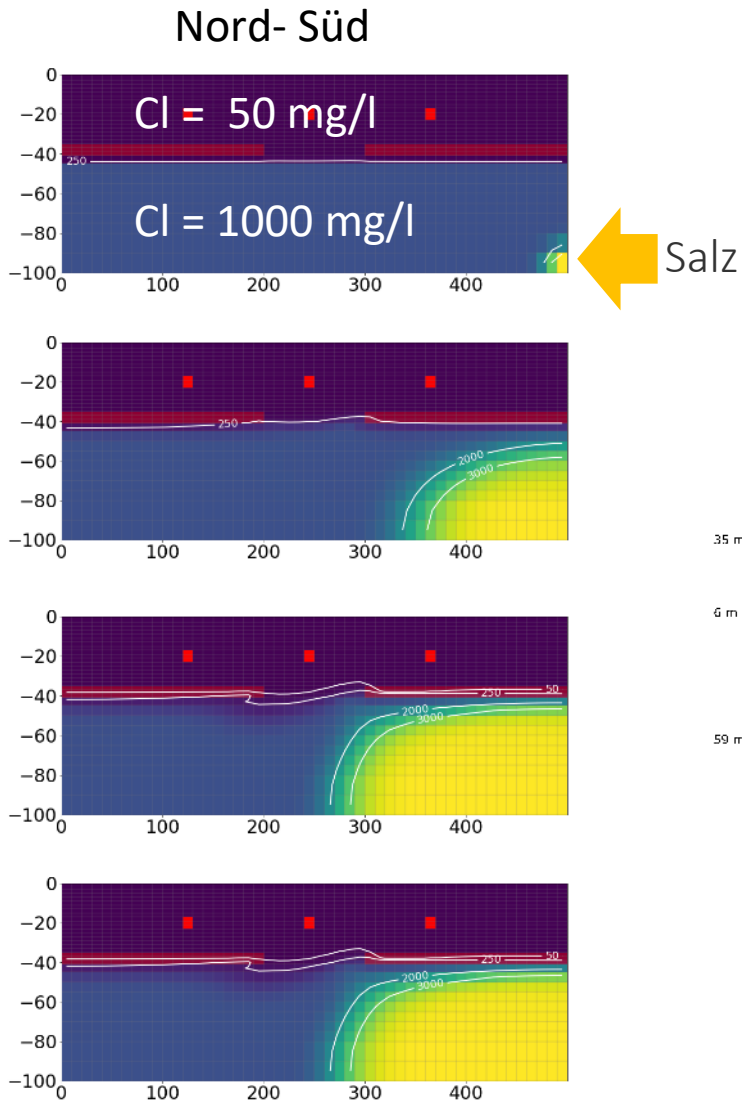
Saale/Weichsel

Holstein Hemmer

Elster



Quasi-natürlicher Zustand (Brunnen aus)



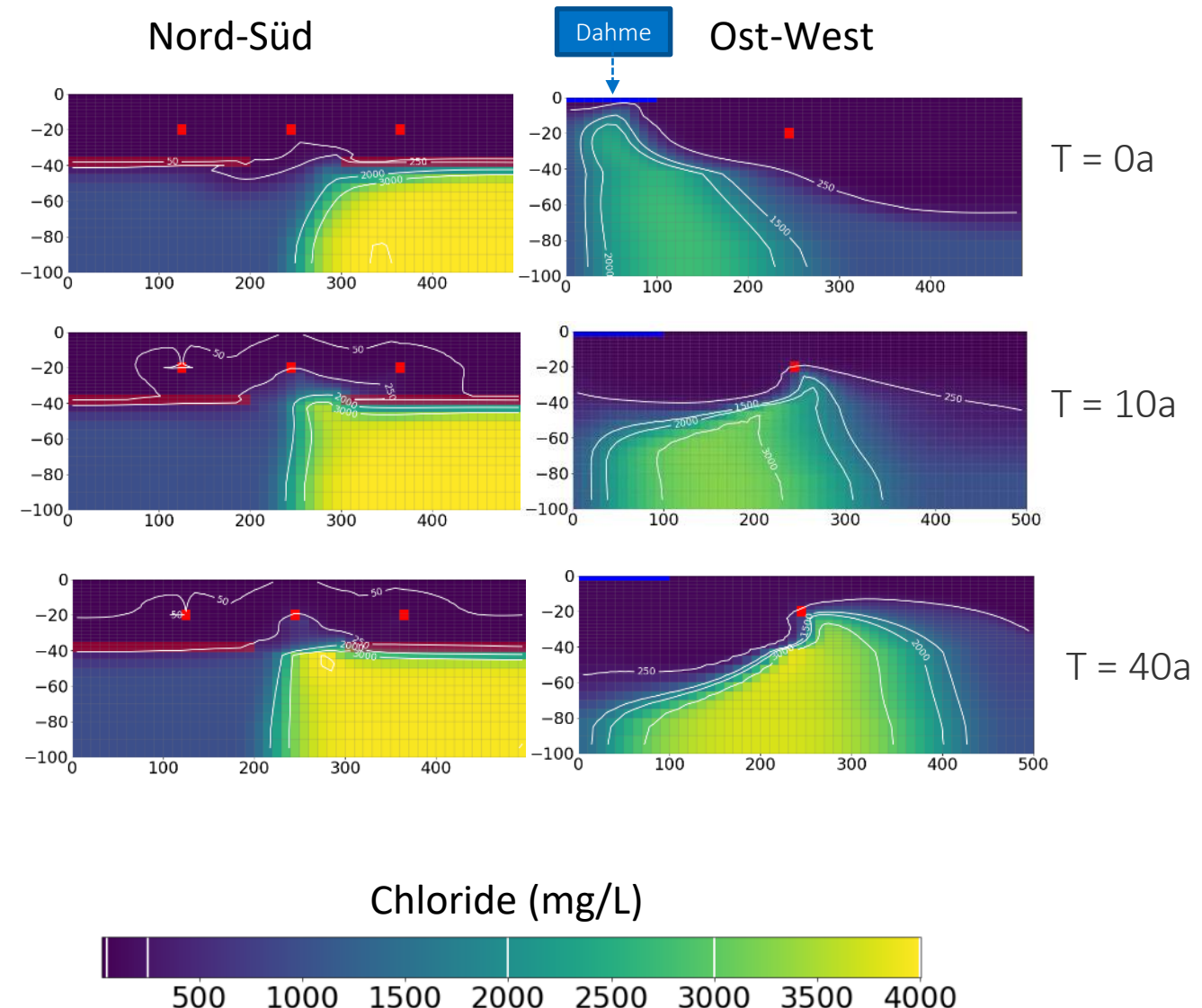
Bohrung aus dem Jahr 1938

Chloride (mg/L)

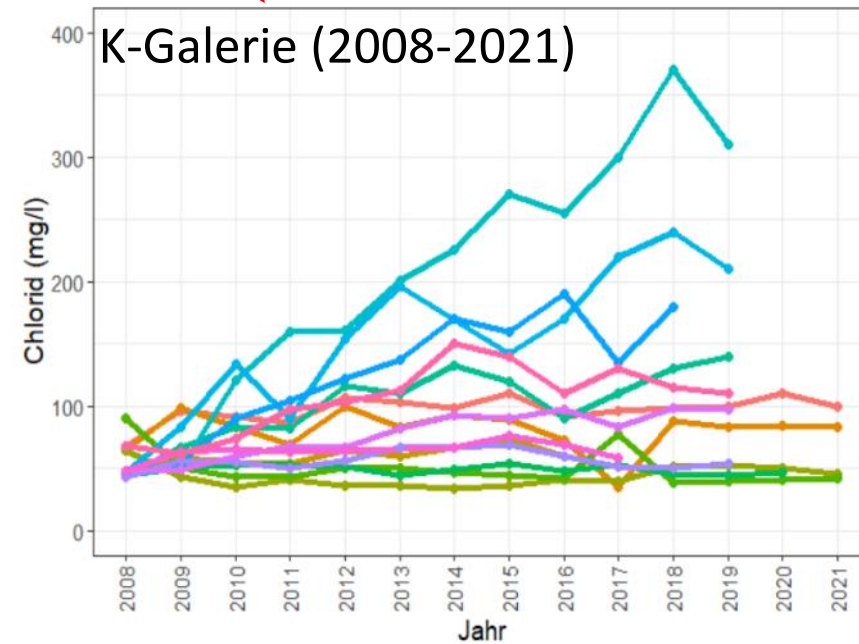
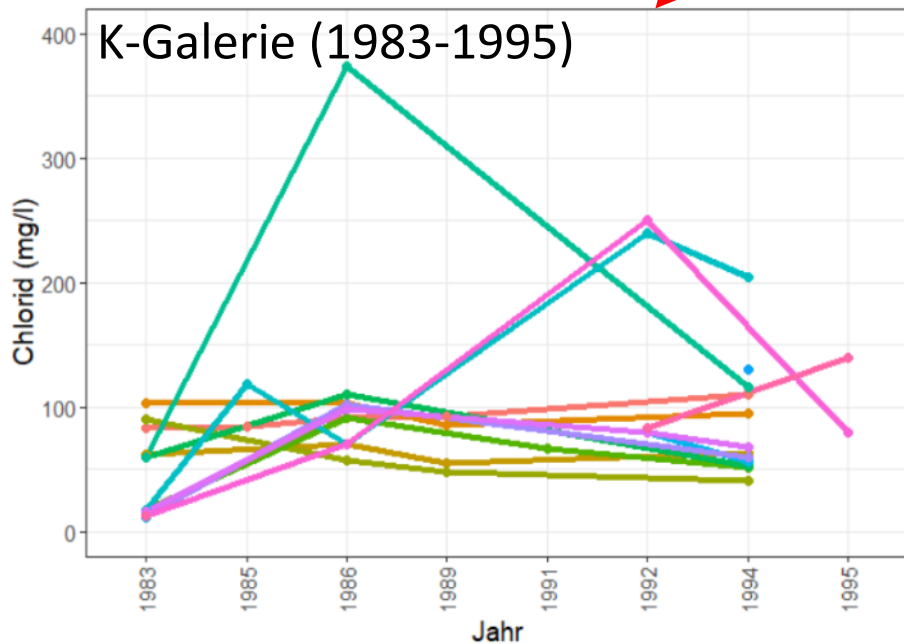
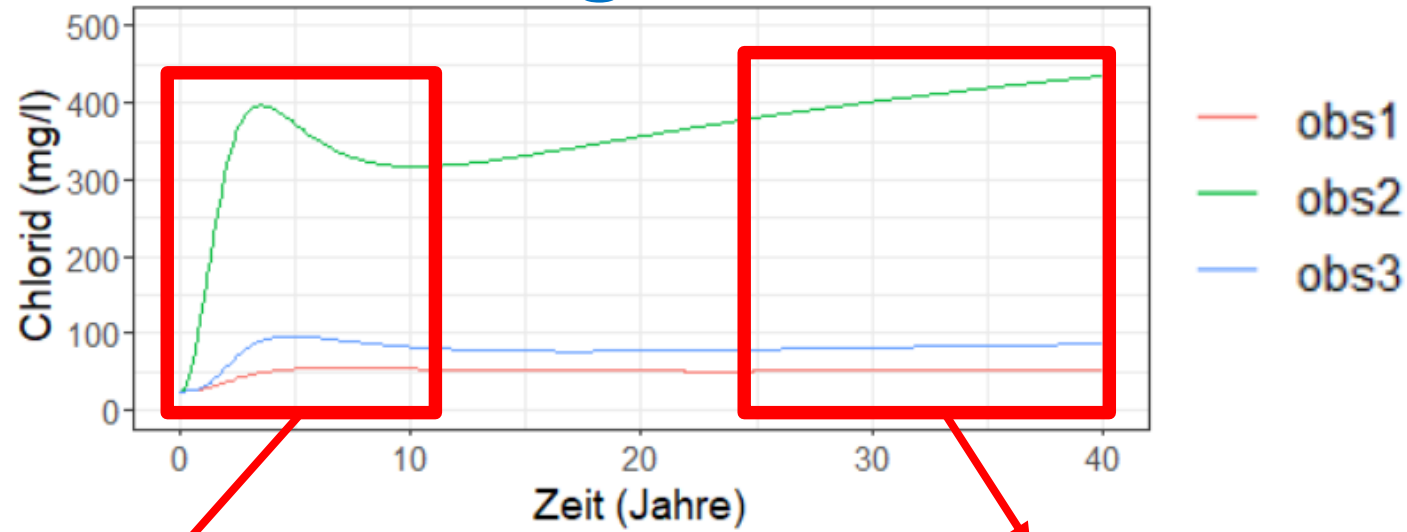


Grundwasserbewirtschaftung (Brunnen an)

- Ausgangssituation: Quasi-natürlicher Zustand
- Randbedingungen konstant
- Uferfiltratanteil in den Brunnen ~89%



Vergleich mit Messungen



Dichtegekoppelte Modellierung des Salzwasseraufstiegs mit einem Großraummodell der BWB

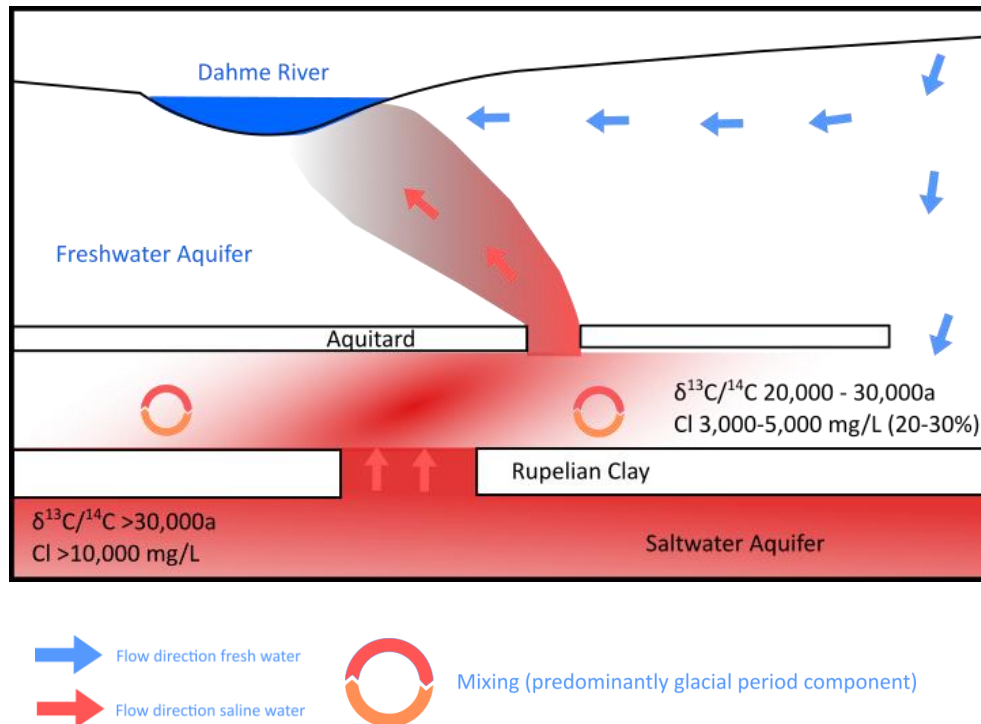
Junfeng Luo und Peter Schätzl



5

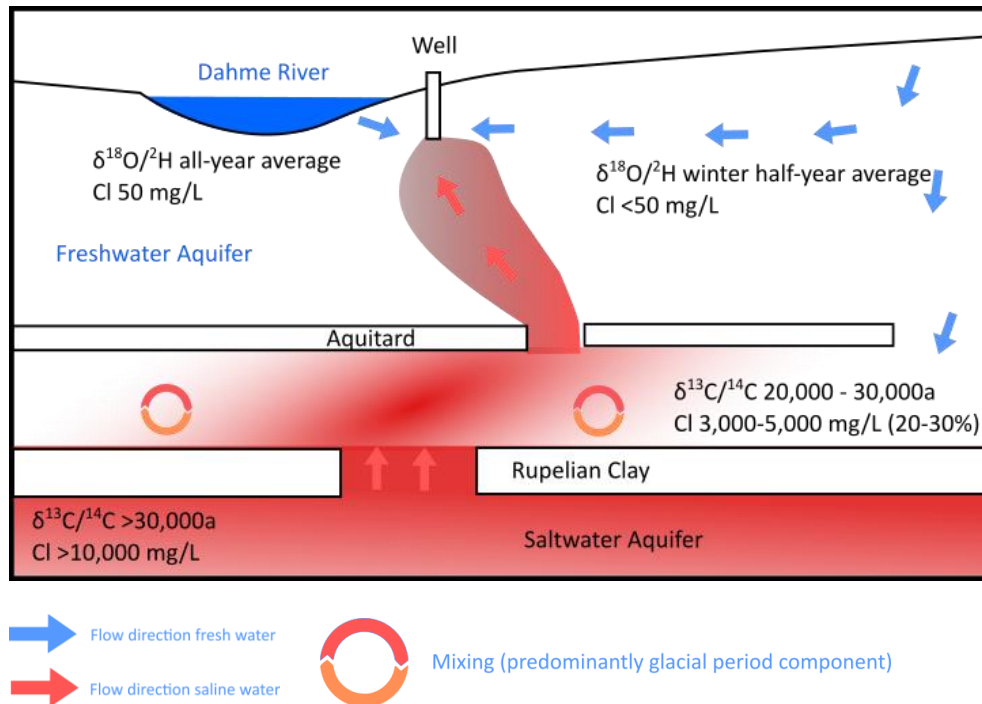
Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Genese und zeitliche Dynamik



- Advektive Vermischung von salinarem mit süßem Wasser und die Migration im Grundwasserleiter verlaufen sehr langsam (Jahrtausende)
- Ablaugungswässer ($r\text{Cl}/\text{Br} > 1000$) treten über elsterzeitliche Rinnen als wichtige Migrationspfade in das Süßwasserstockwerk
- Unter hydraulischen Entlastungsgebiete treten „Brackwasserfahnen“ auf

→ Oberflächennahe Grundwasserversalzung ist ein natürlicher Prozess



- Grundwasserentnahmen und Flusspegel beeinflussen lokale hydraulische Gradienten und können Salzwasseraufstiege/ -einträge beschleunigen (Tage bis Jahrzehnte)
- Uferfiltrat entspricht dem ganzjährigem Mittel ($\delta^{18}\text{O}/^2\text{H}$) und führt zur Aussüßung des Grundwasserleiters

→ Eintrag von salzhaltigen Wasser in die Brunnen ist kontrollierbar

Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftungsstrategie

Brunnenbau und -betrieb

- Aufschlussbohrung bis (mindestens) bis ersten Hemmer (z.B. Holstein, Geschiebemergel...)
- Absenktrichter über Aufstiegspfad (,,Holsteinfenster“) minimieren
- Mehr Uferfiltrat = weniger Salzwasser
- Keine Gefährdung, dass es zu „unkontrollierbaren Salzwasserdurchbrüchen“ kommt

Monitoring

- GWM analog zu K-Galerie in Transekten erweitern
- Brunnen und GWM mindestens jährlich beproben
- Geophysik-Logs alle 3-5 Jahre
- Dichtekorrigierte Druckhöhen verwenden

Die Förderung von Anteilen versalzten Grundwassers ist im Untersuchungsgebiet unumgänglich aber kontrollierbar!



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

...und für Unterstützung und Zuarbeit von Kolleginnen und Kollegen

BLM Storkow, Ackermann KG, Aquasoil GmbH, der Senatsverwaltung, des KWB und der BWB!

