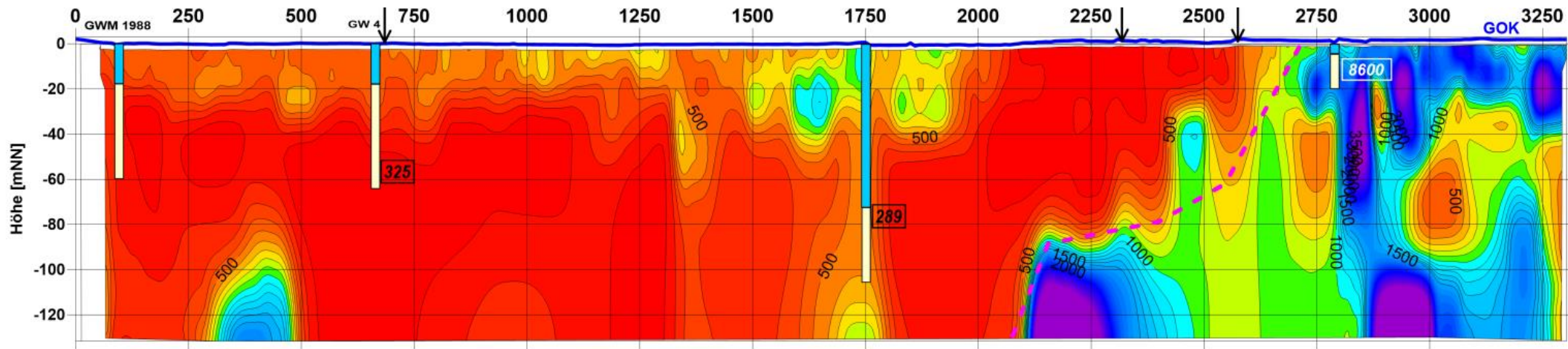


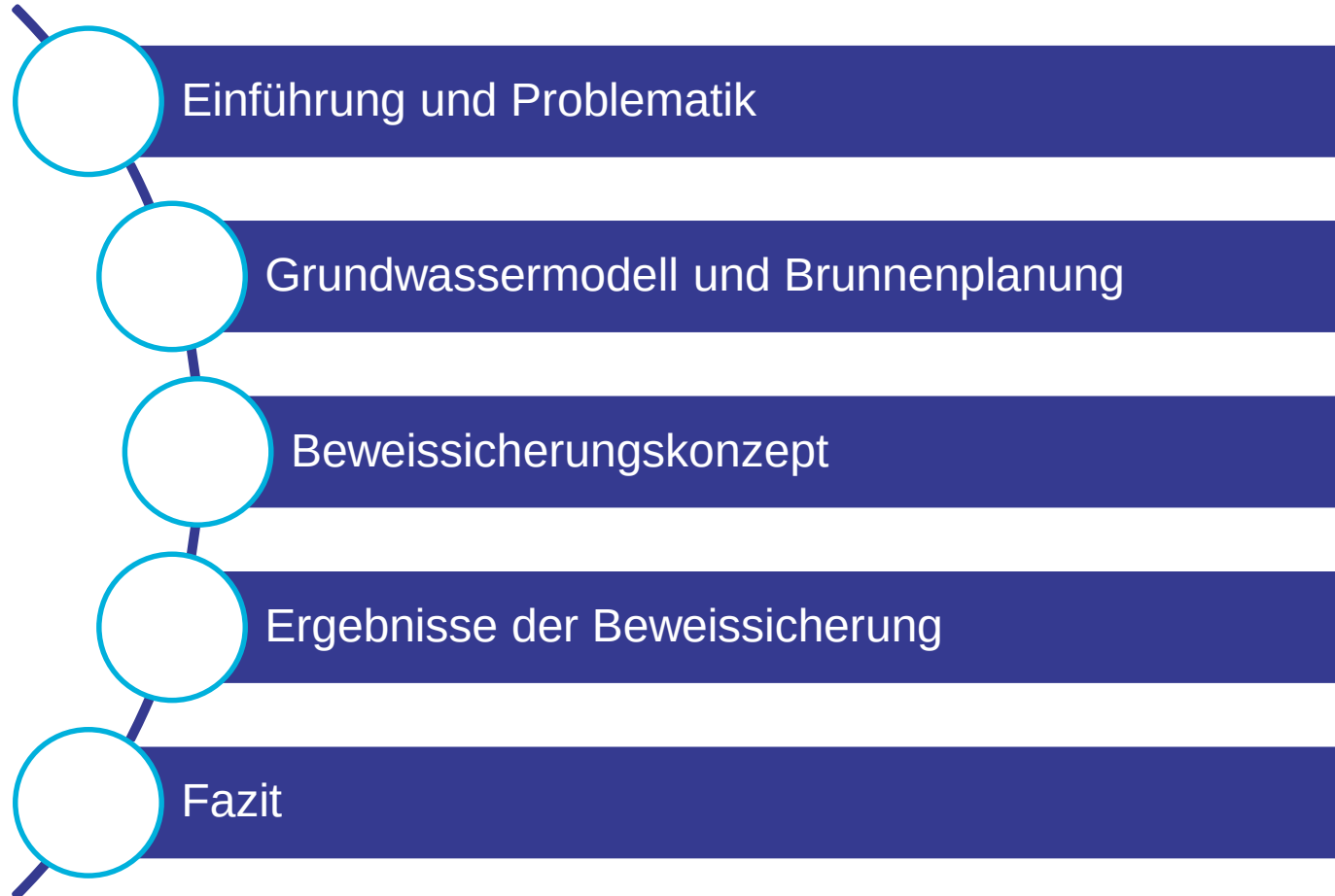
Nachhaltige Grundwassernutzung nahe der Süß-/Salzwassergrenze

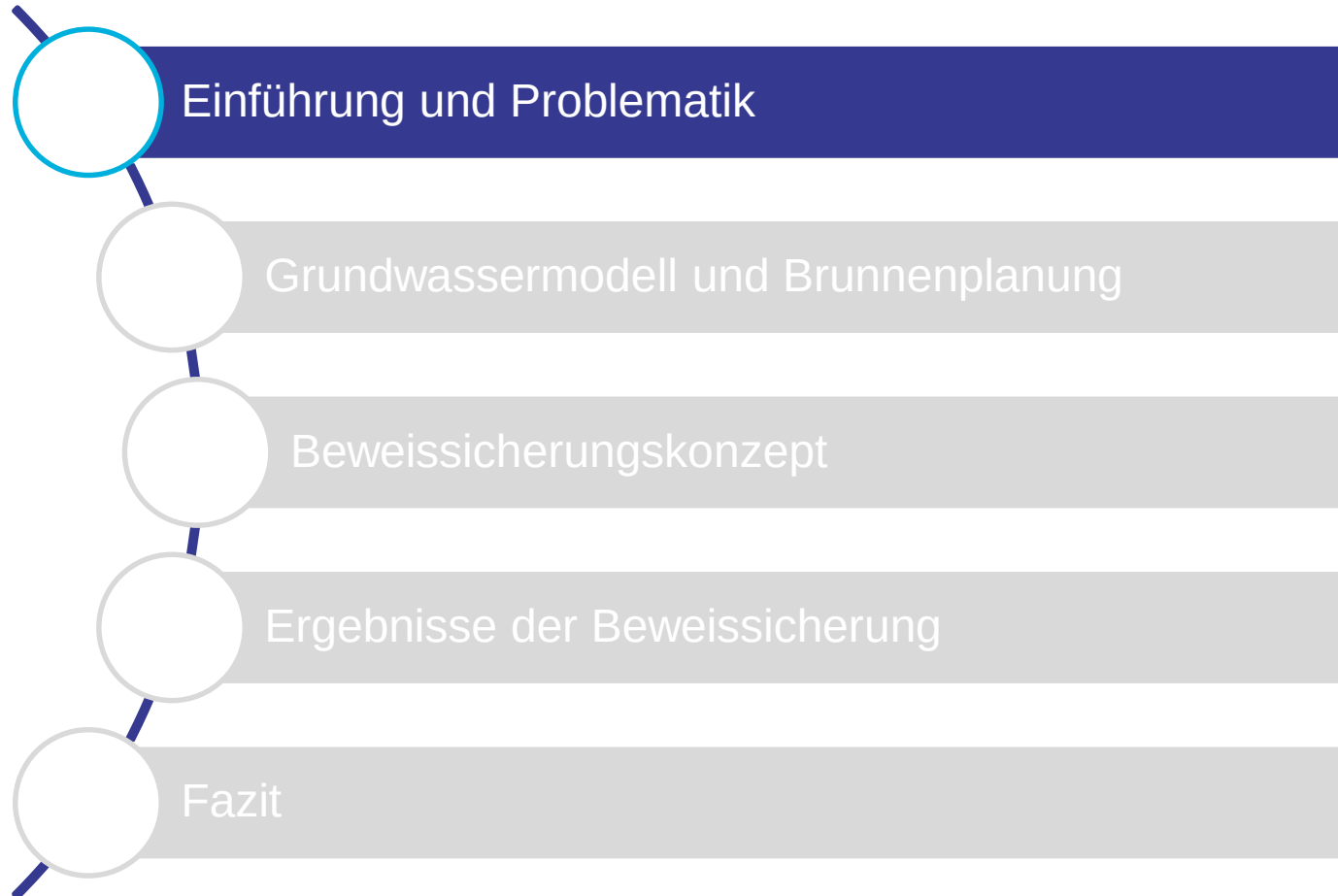
Fallbeispiel Papier- und Kartonfabrik Varel



14.05.2025

Dr.-Ing. Henriette Wilke





Grundwasserentnahme durch PKV

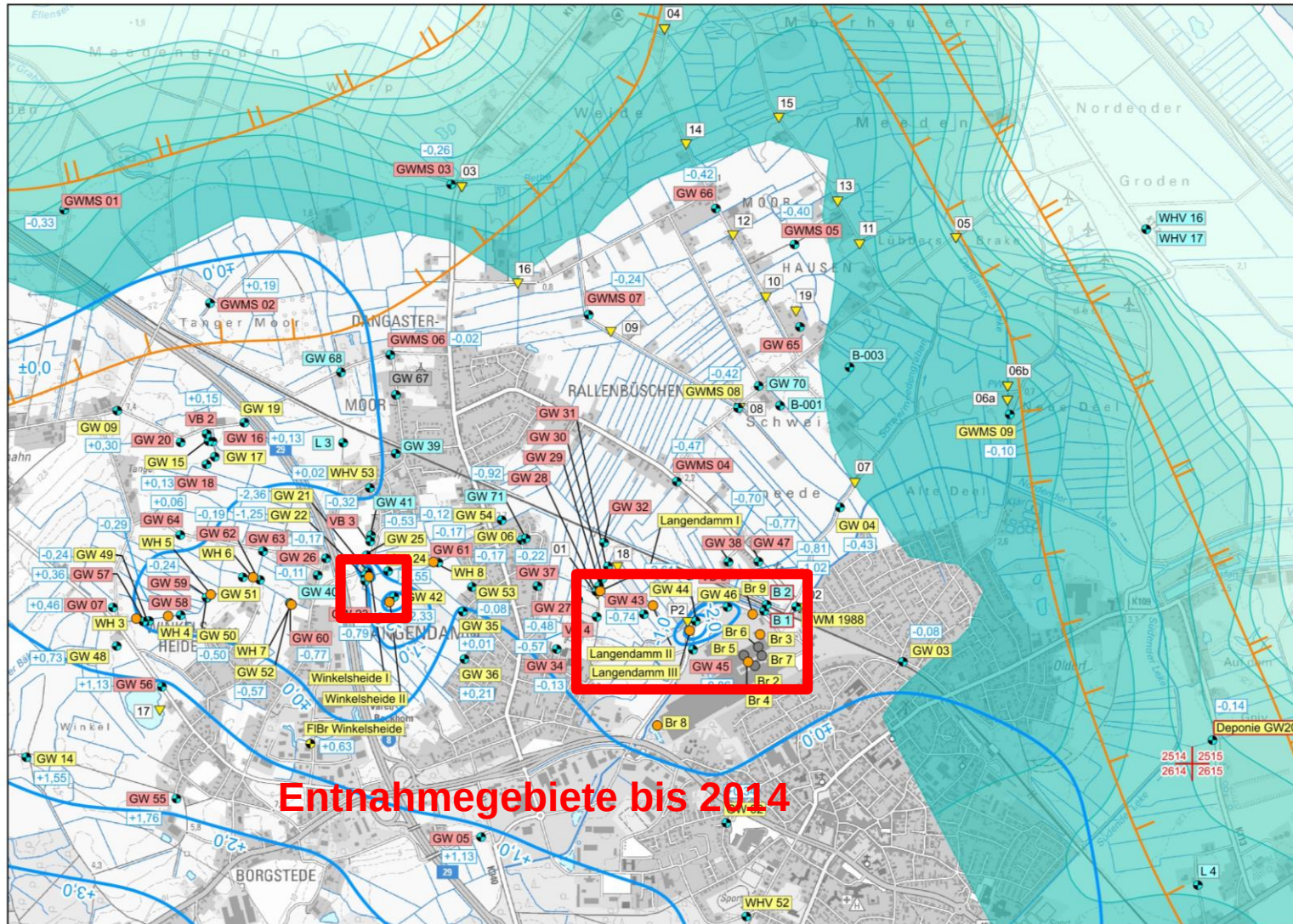
- Die Papier- und Kartonfabrik Varel GmbH & Co. KG (PKV) entnimmt im Raum Varel Grundwasser zur betrieblichen Wasserversorgung
- Wasserrechtliche Bewilligung (erteilt 2004) zur Entnahme von 2,8 Mio. m³/a Grundwasser
- Entnahme bis 2014 über 10 Brunnen



Grundwasserentnahme durch PKV

- Umbau der Papiermaschine 4 zur Produktion andere Papiersorten
→ **erhöhter Wasserbedarf**
- Mehrbedarf von 1,7 Mio. m³/a Wasser
- Wasserrechtliche Bewilligung zur Entnahme von 4,5 Mio. m³/a Grundwasser angestrebt
- **Neubau mehrerer Brunnen** erforderlich





Süß-/Salzwasserproblematik im Entnahmegebiet

- Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt (>250 mg/l Cl)
- unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt (>250 mg/l Cl)

Salz- / Süßwassergrenze (Tiefenstufen) [mNN]

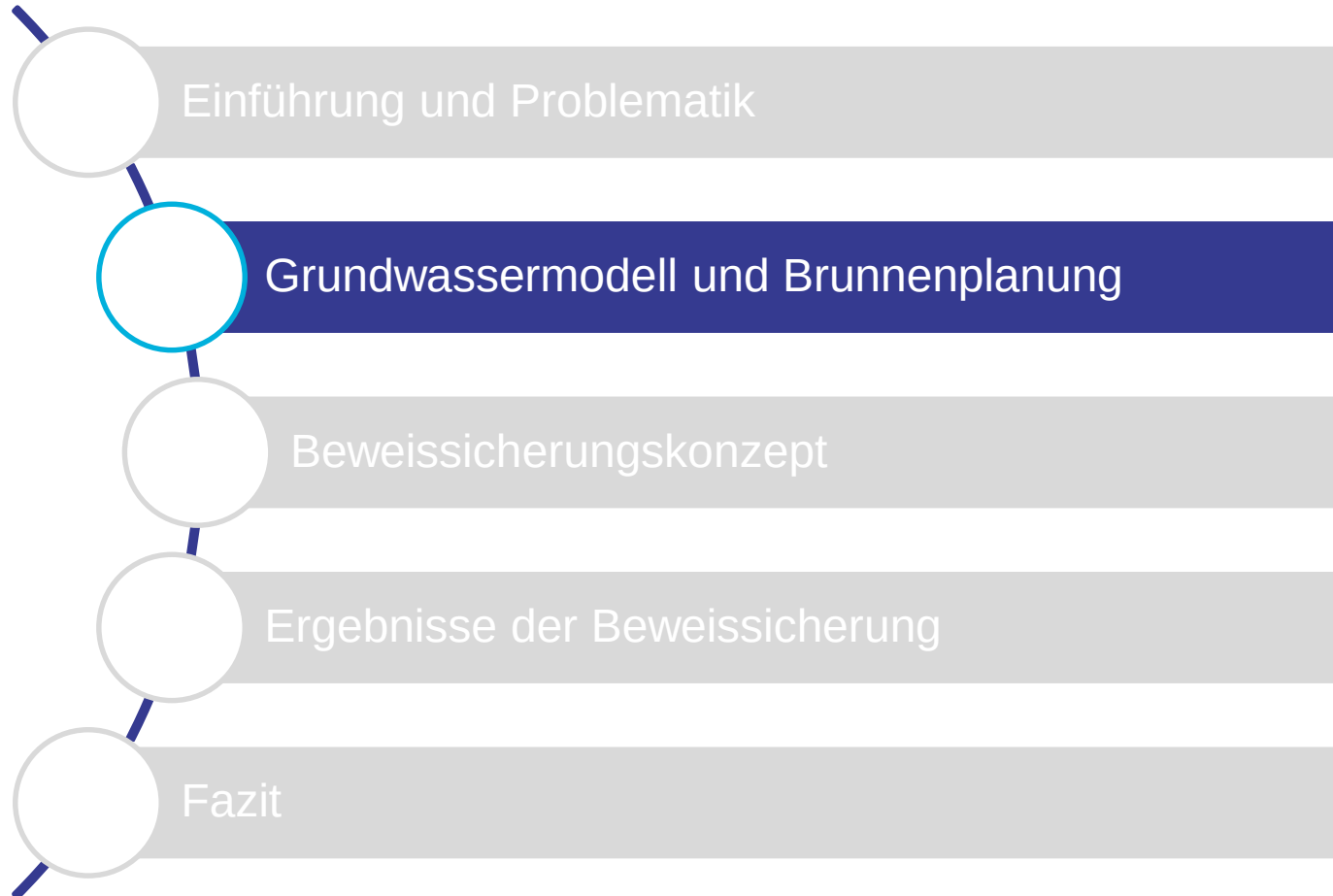
	0 bis -5 m
	<-5 bis -10 m
	<-10 bis -15 m
	<-15 bis -20 m
	<-20 bis -40 m
	<-40 bis -60 m
	<-60 bis -80 m
	<-80 bis -100 m
	<-100 bis -120 m

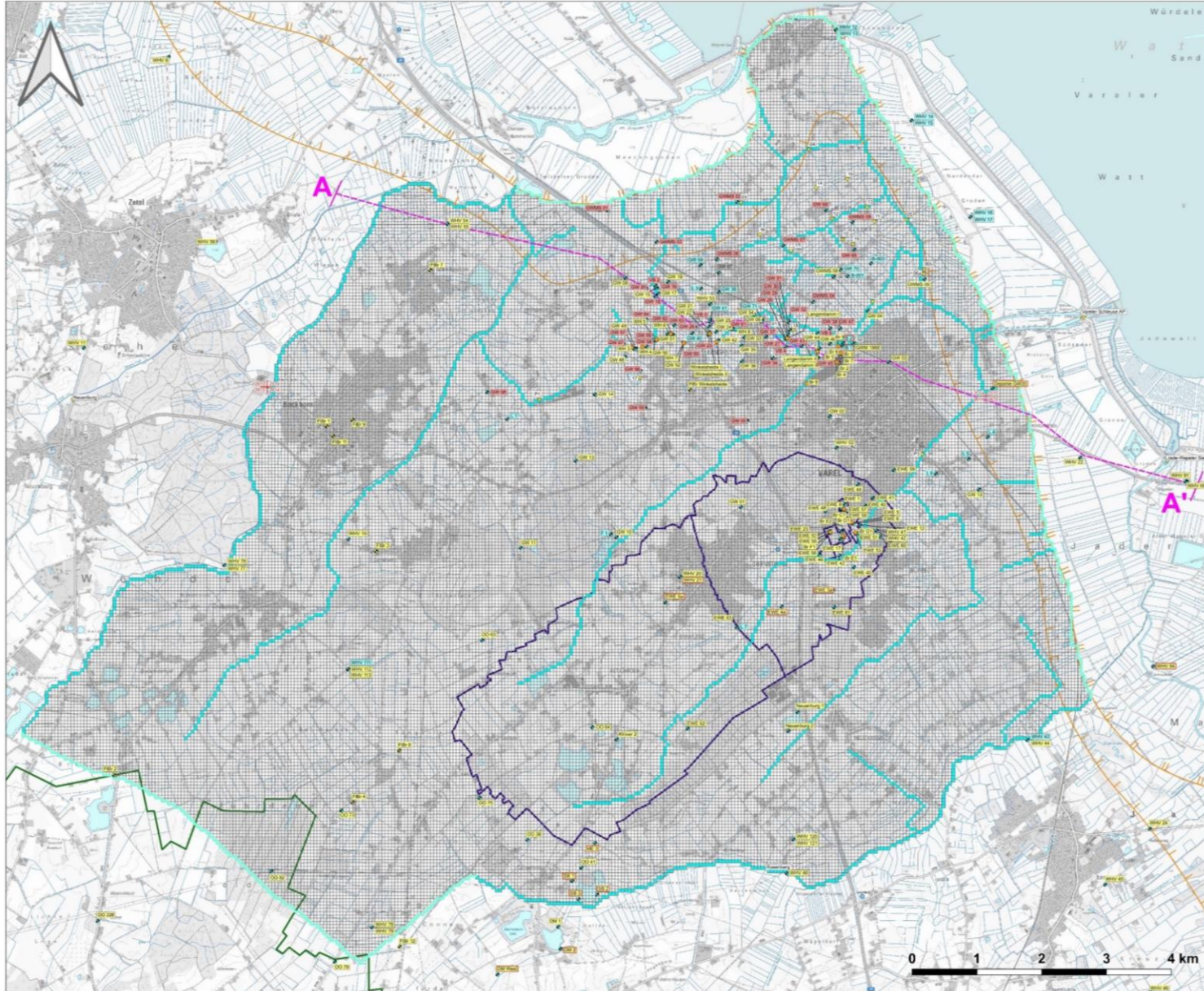
+1,0

Grundwassergleiche [mNN]

Aufbau eines numerische Grundwasserströmungsmodell

- Durch die **Entnahme bis 2014** erfolgte **keine Beeinflussung** der Süß-/Salzwassergrenze
- Prüfung der Auswirkungen einer erhöhten Entnahme auf den Grundwasserhaushalt
- Prüfung der Lage der geplanten Brunnenstandorte in Bezug auf eine Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze
 - Positionierung der Brunnen im größtmöglichen Abstand zur Süß-/Salzwassergrenze unter Berücksichtigung der Grundwasserfließrichtung
 - Untersuchung zum maximalen Zutritt von versalztem Grundwasser in den Modellraum



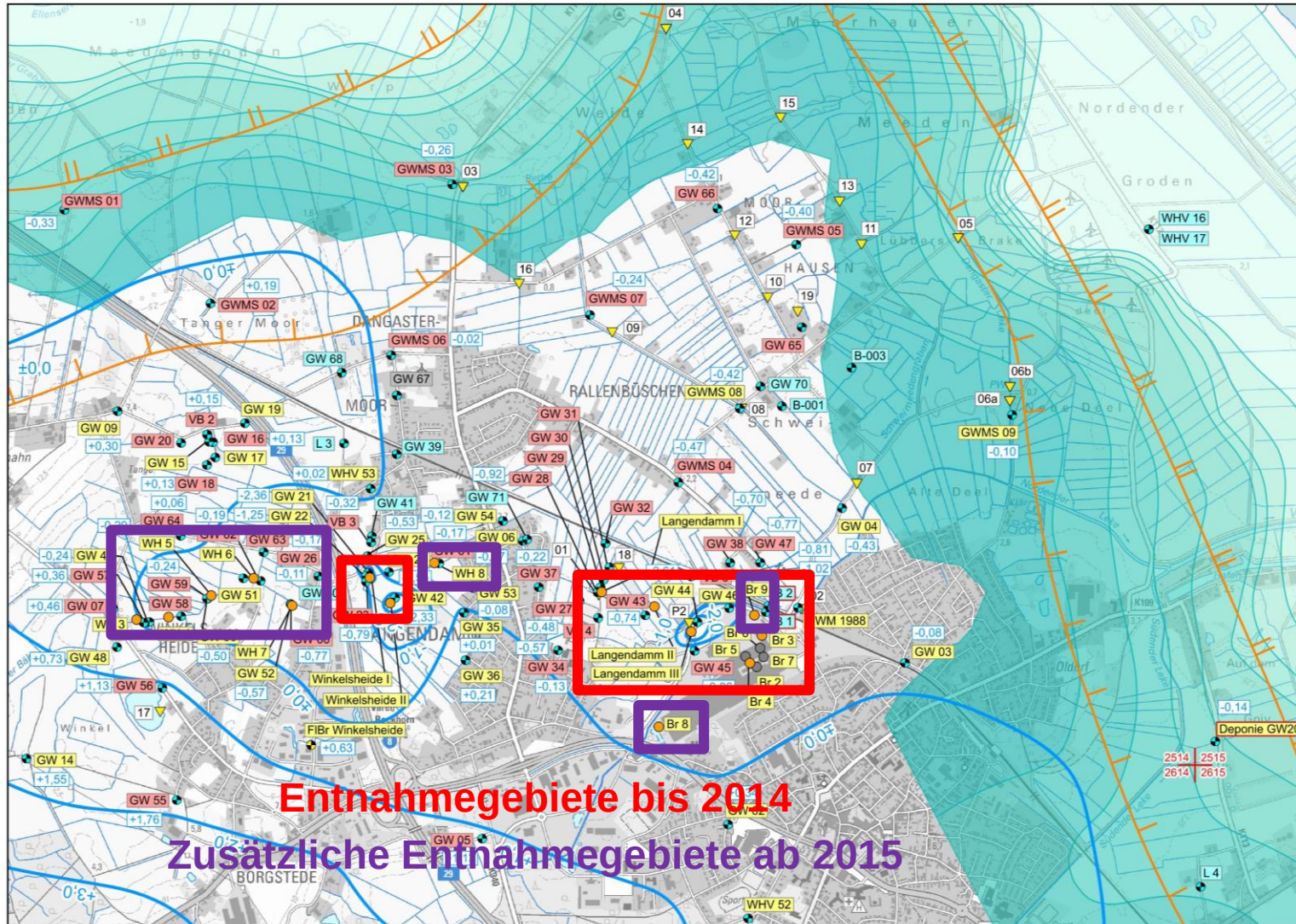


Lage des Modellgebiets

- Größe: 17,6 km x 16,0 km
- Horizontales Modellnetz aus 352 x 320 Zellen
- Zellgröße: 50 x 50 m
- 6 Schichten

- Gewässer (Cauchy-Rand)
- Modellzellen
- undurchlässiger Rand
- Wasserschutzgebiet Varel (EWE Netz)
- Wassergewinnungsgebiet Westerstedde (OOWV)

Lage der geplanten Brunnen (Förderung ab 2015)

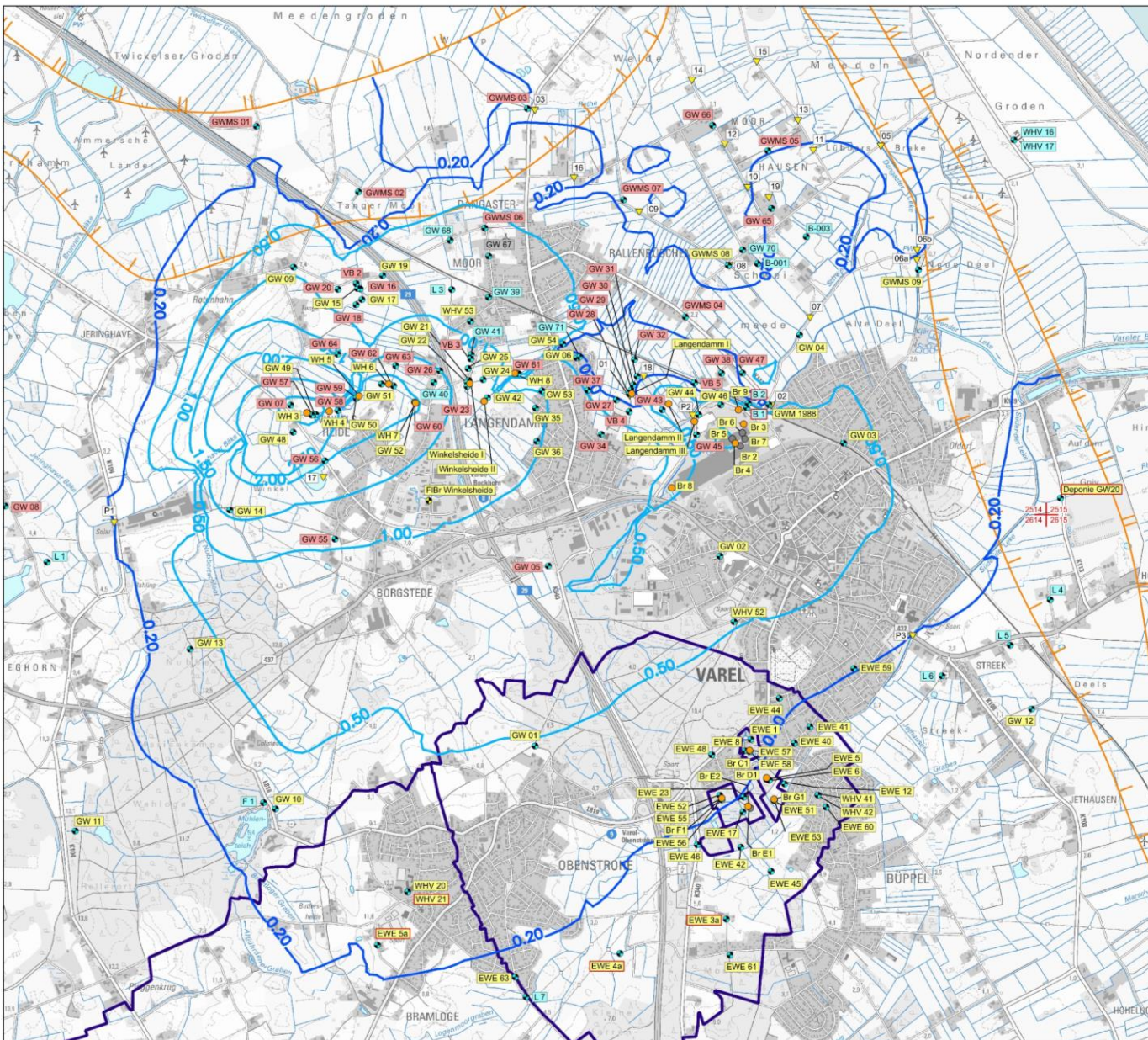


Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt (>250 mg/l Cl)
unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt (>250 mg/l Cl)

Salz- / Süßwassergrenze (Tiefenstufen) [mNN]

	0 bis -5 m
	<-5 bis -10 m
	<-10 bis -15 m
	<-15 bis -20 m
	<-20 bis -40 m
	<-40 bis -60 m
	<-60 bis -80 m
	<-80 bis -100 m
	<-100 bis -120 m

+1,0
Grundwassergleiche [mNN]



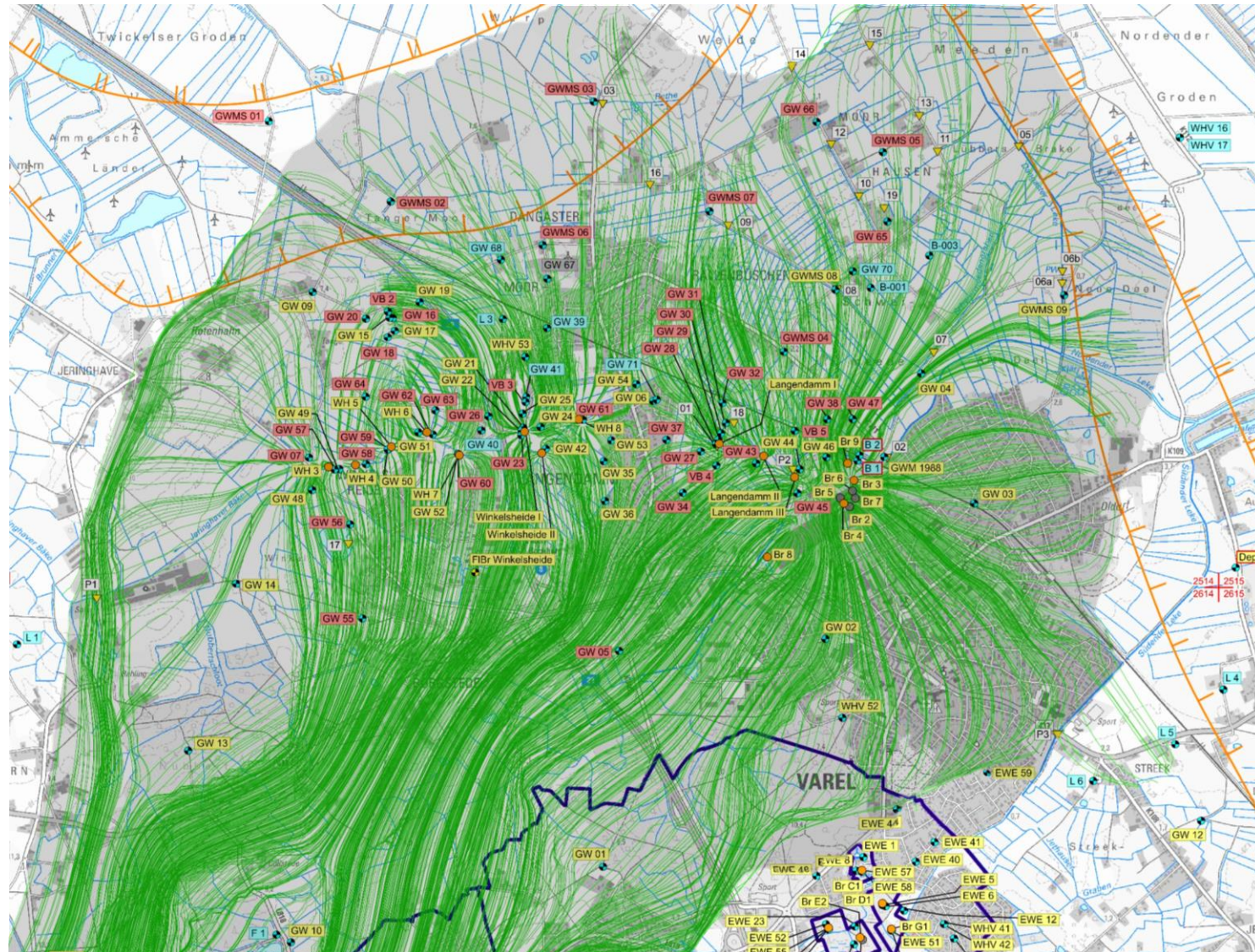
GW-Absenkung (Modellschicht 1), Prognose-Zustand gegen Ist-Zustand

Prognose-Zustand:

4,5 Mio. m³/a

Ist-Zustand:

2,33 Mio. m³/a



Simulation

Prognose-Zustand (4,5 Mio. m³/a)

Einzugsgebiet

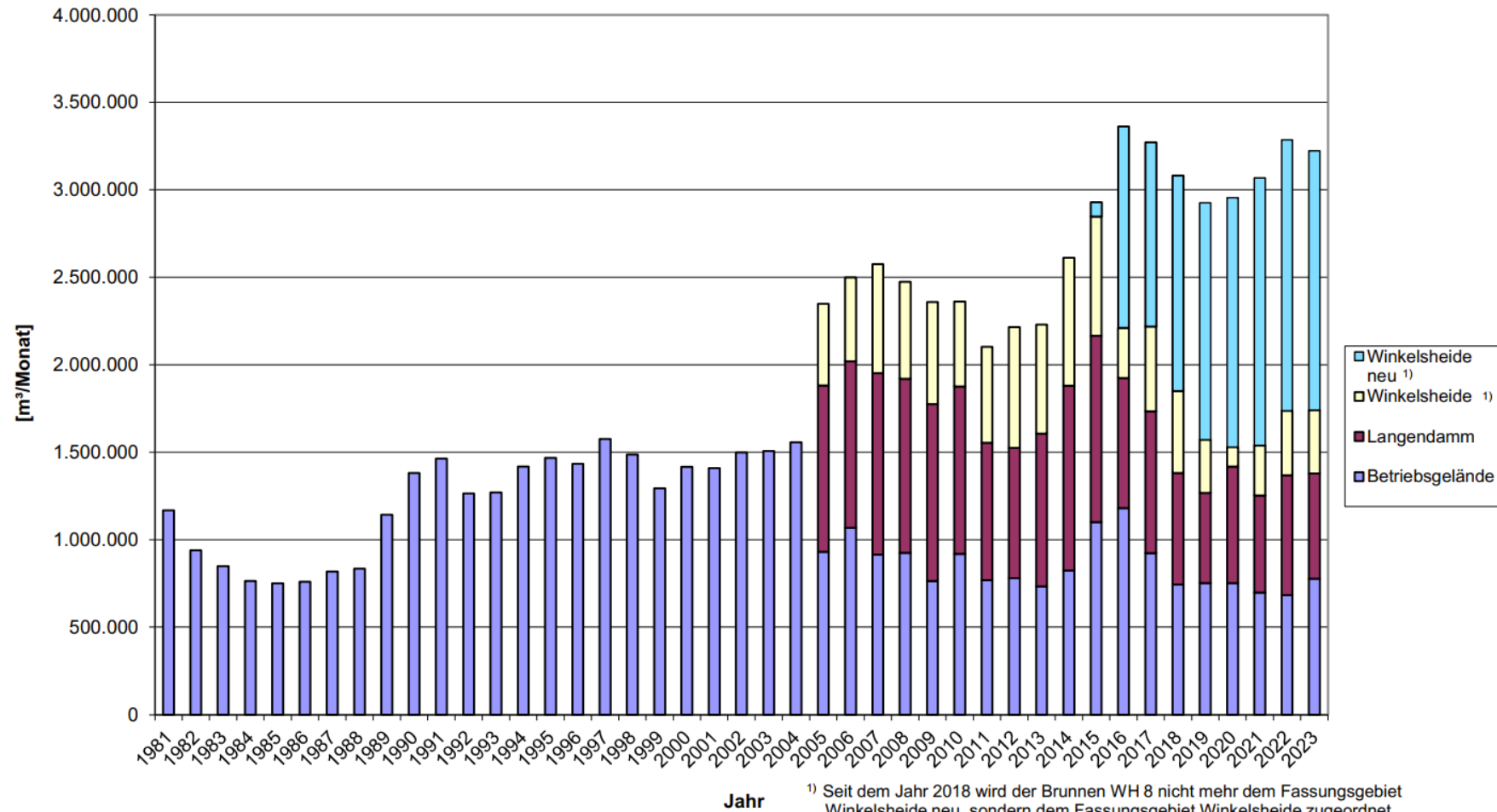
15 Brunnen

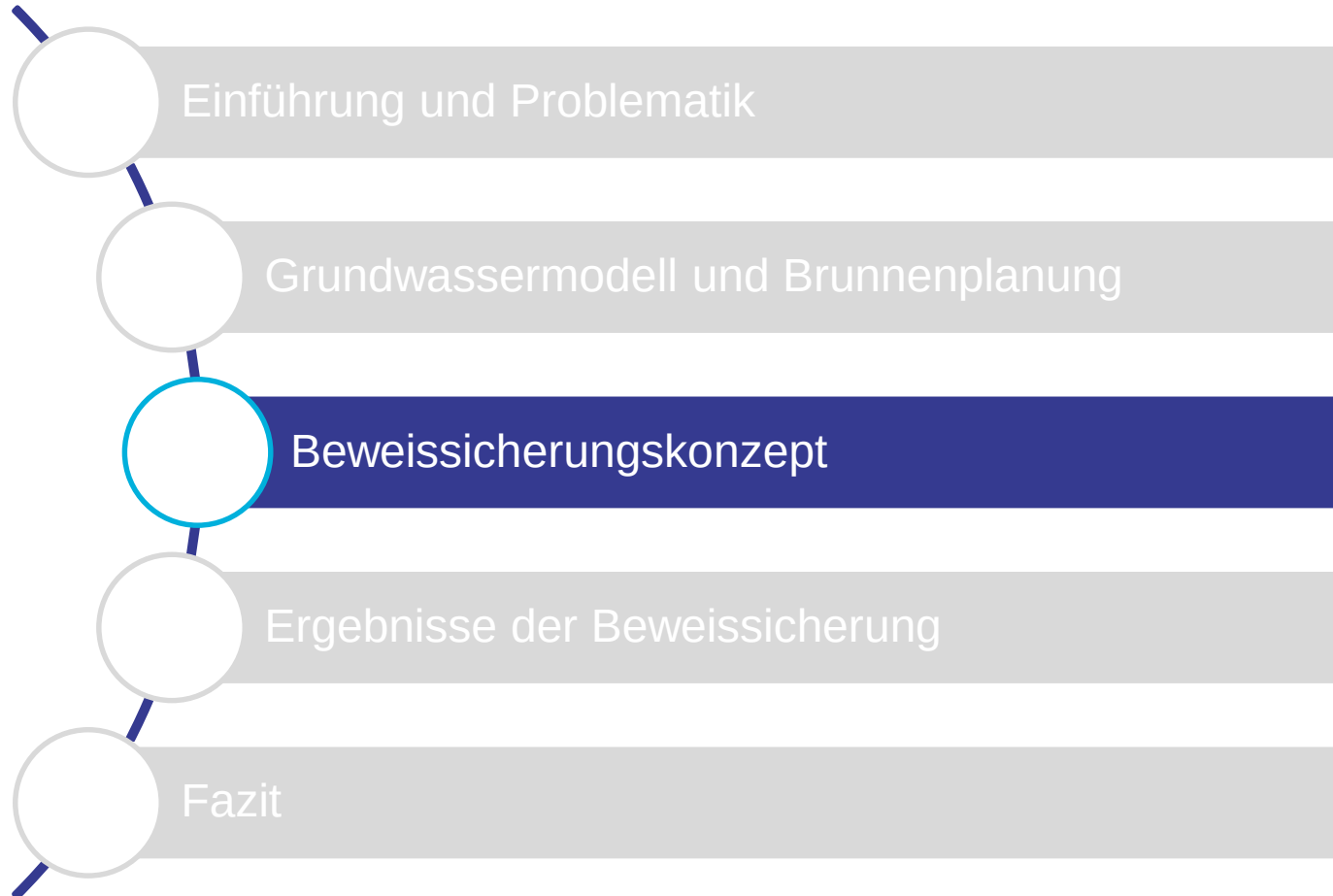
Förderrate: ca. 34 m³/h

Modellergebnisse unter Verwendung der geplanten Brunnenstandorte

- Die oberflächennahen Absenkungsbeträge in der ersten Modellschicht sind gering
- Der berechnete Absenkungsbereich und das Einzugsgebiet erreichen die Süß-/Salzwassergrenze
- Sensitivitätsuntersuchungen zeigen, dass die Veränderungen der Volumenströme entlang der Süß-/Salzwassergrenze gering sind
- ➔ Nennenswerte Änderungen der Lage der Süß-/Salzwassergrenze sind nicht zu erwarten
- ➔ Beweissicherung zur langfristigen Sicherung der GW-Qualität bzw. zur Überwachung der Lage der Süß-/Salzwassergrenze

Reale Erhöhung der Entnahme





Beweissicherung

- **Ziel:** Vermeidung eines entnahmebedingten lateralen in das Landesinnere gerichteten oder vertikalen Voranschreitens der Süß-/Salzwassergrenze durch die erhöhte Entnahme
 - Beweissicherung mittels Überwachung der Grundwassergüte an Grundwassermessstellen und Brunnen sowie geophysikalischer Methoden
 - Kopplung der Grundwasserbewirtschaftung im Raum Varel an die Ergebnisse des Monitorings
 - Beim nachgewiesenen Auftreten einer wesentlichen Verschiebung der bisherigen Süß-/Salzwassergrenze zu den Fassungen hin
- ➡ unverzügliche Ergreifung von Maßnahmen zur Stabilisierung der Lage der Süß-/Salzwassergrenze

Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit

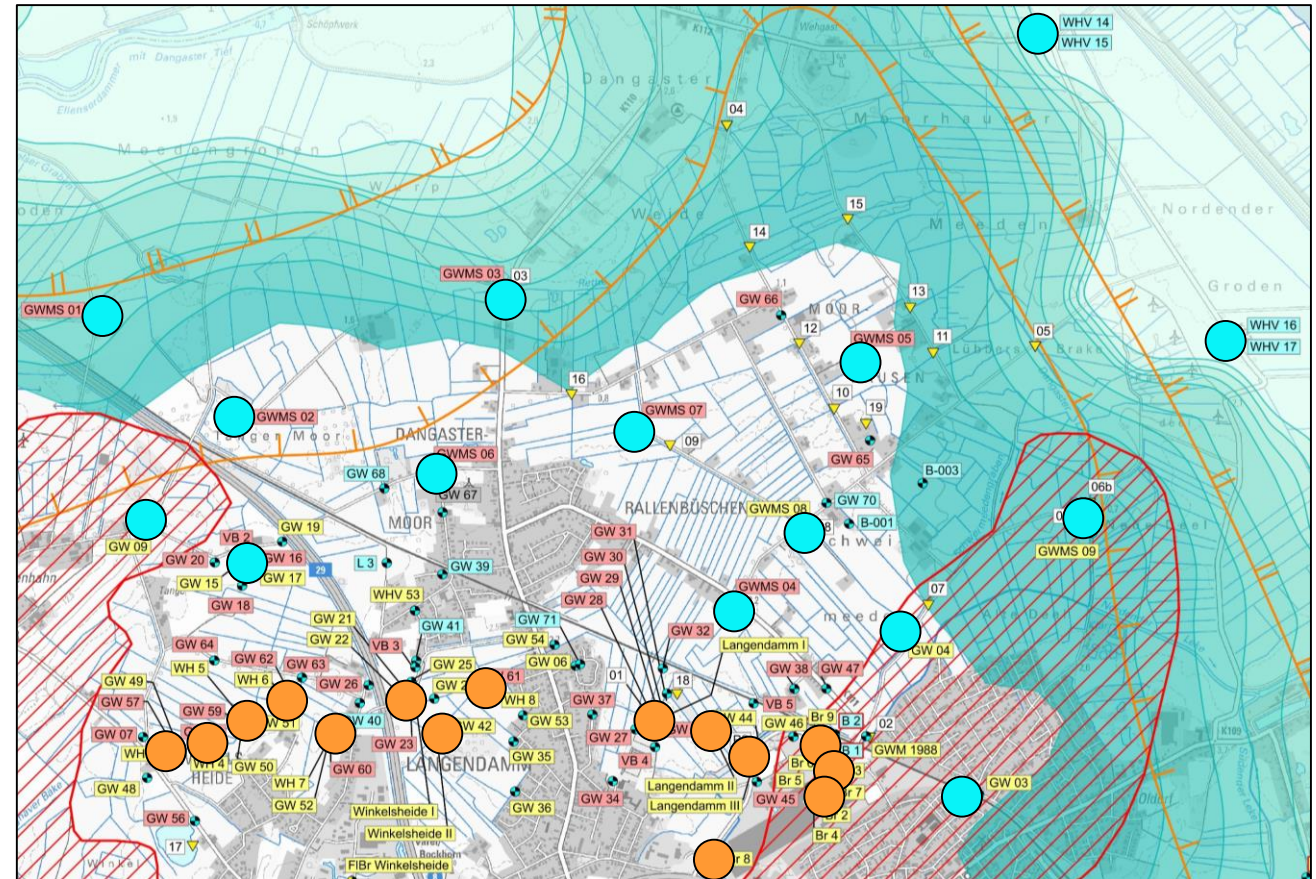
■ An **salzwasserintrusionsorientierten Vorfeldmessstellen** ●

im oberflächennahen und unteren Abschnitt des Hauptgrundwasserleiters:

- Vor-Ort-Parameter (halbjährlich)
- Chloridgehalt (halbjährlich)

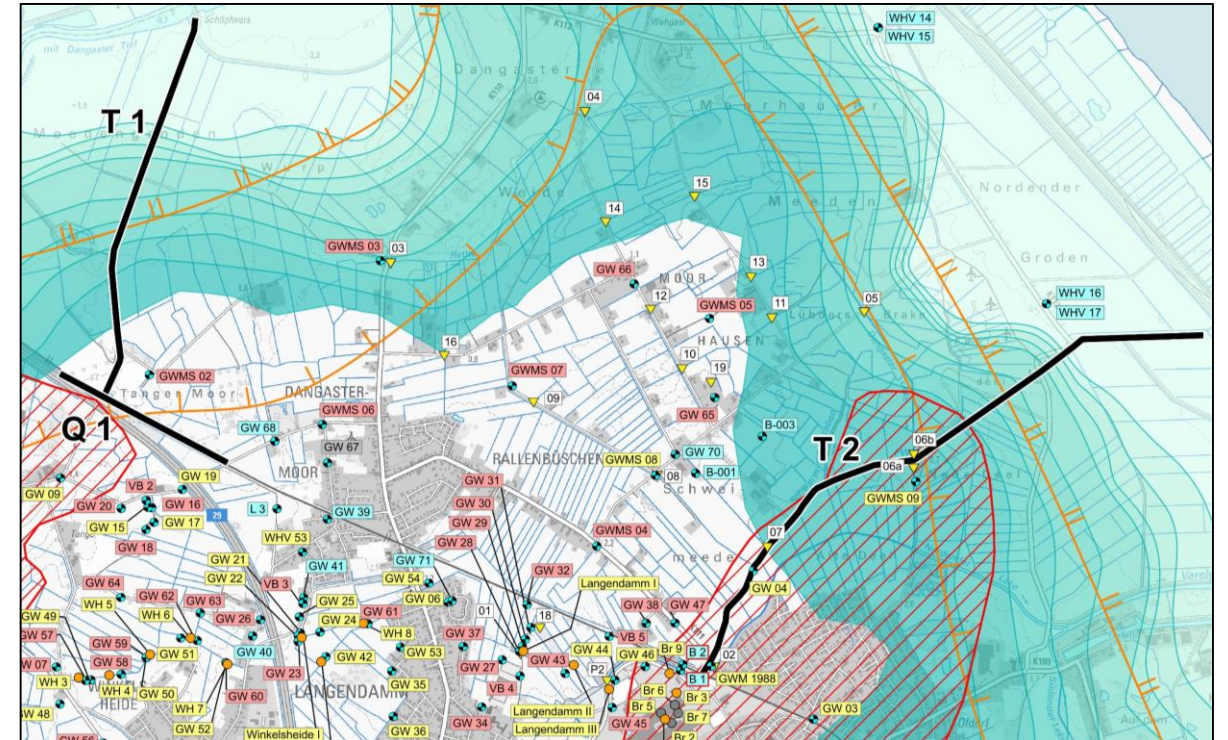
■ An den **Förderbrunnen** ●:

- Vor-Ort-Parameter (jährlich)
- Chloridgehalt (jährlich)
- Kontinuierliche (stündliche) und monatliche Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Rohwassers



Geophysikalische Erkundung

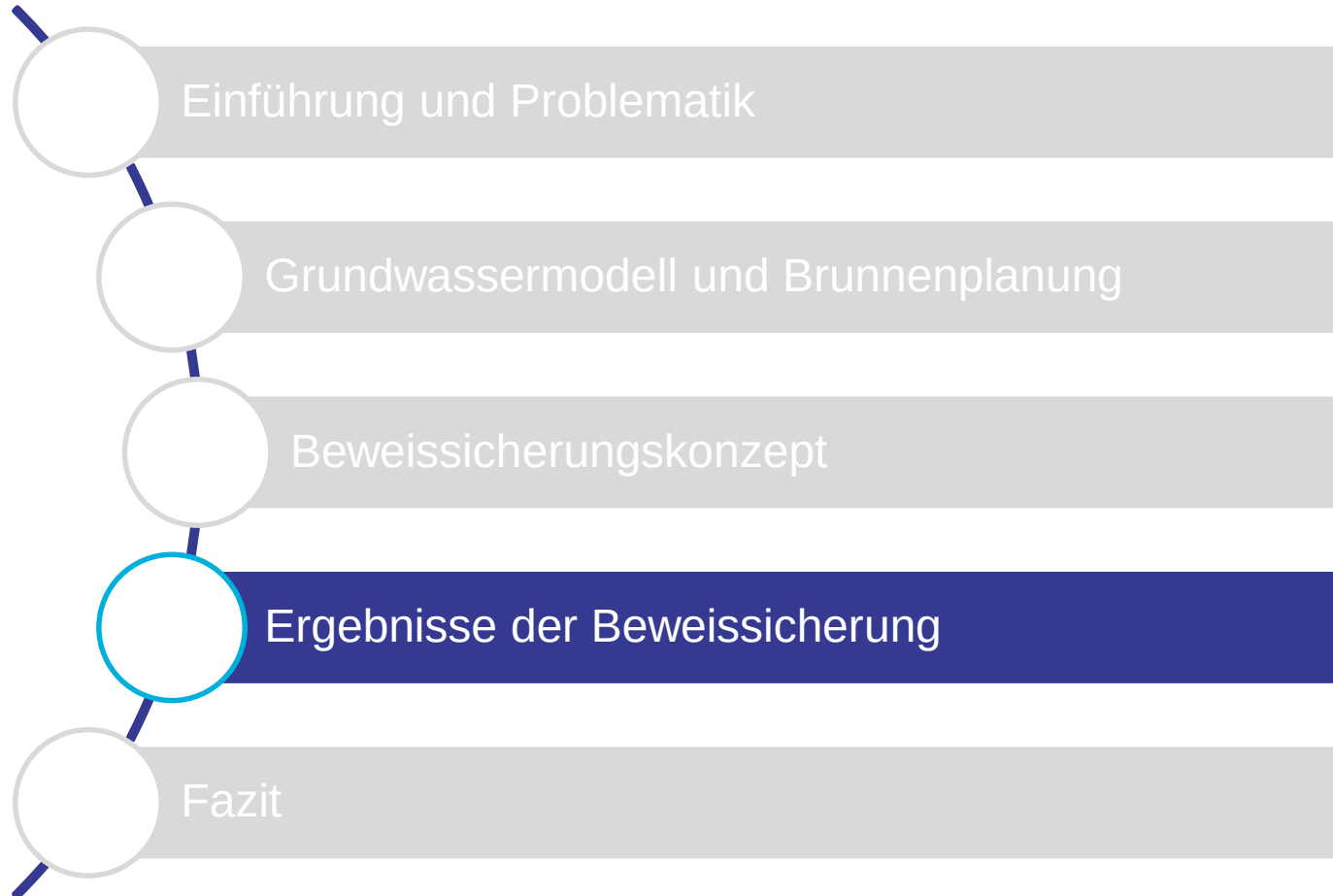
- **Geoelektrische Untersuchungen** zur Erkundung des Ist-Zustands der Lage der Süß-/Salzwassergrenze im Raum Varel 2012/2013 an ausgewählten Transekten
- Wiederholung der Messungen in mehrjährigen Abständen
- Zusätzlich:
 - Erstellung einer **Dry-hole-Messstelle** zur Überwachung der Lage der Süß-/Salzwassergrenze
 - Lage in Abhängigkeit von den Ergebnissen der geoelektrischen Erkundungen
- Regelmäßige geoelektrische Messungen zur Bestimmung der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze



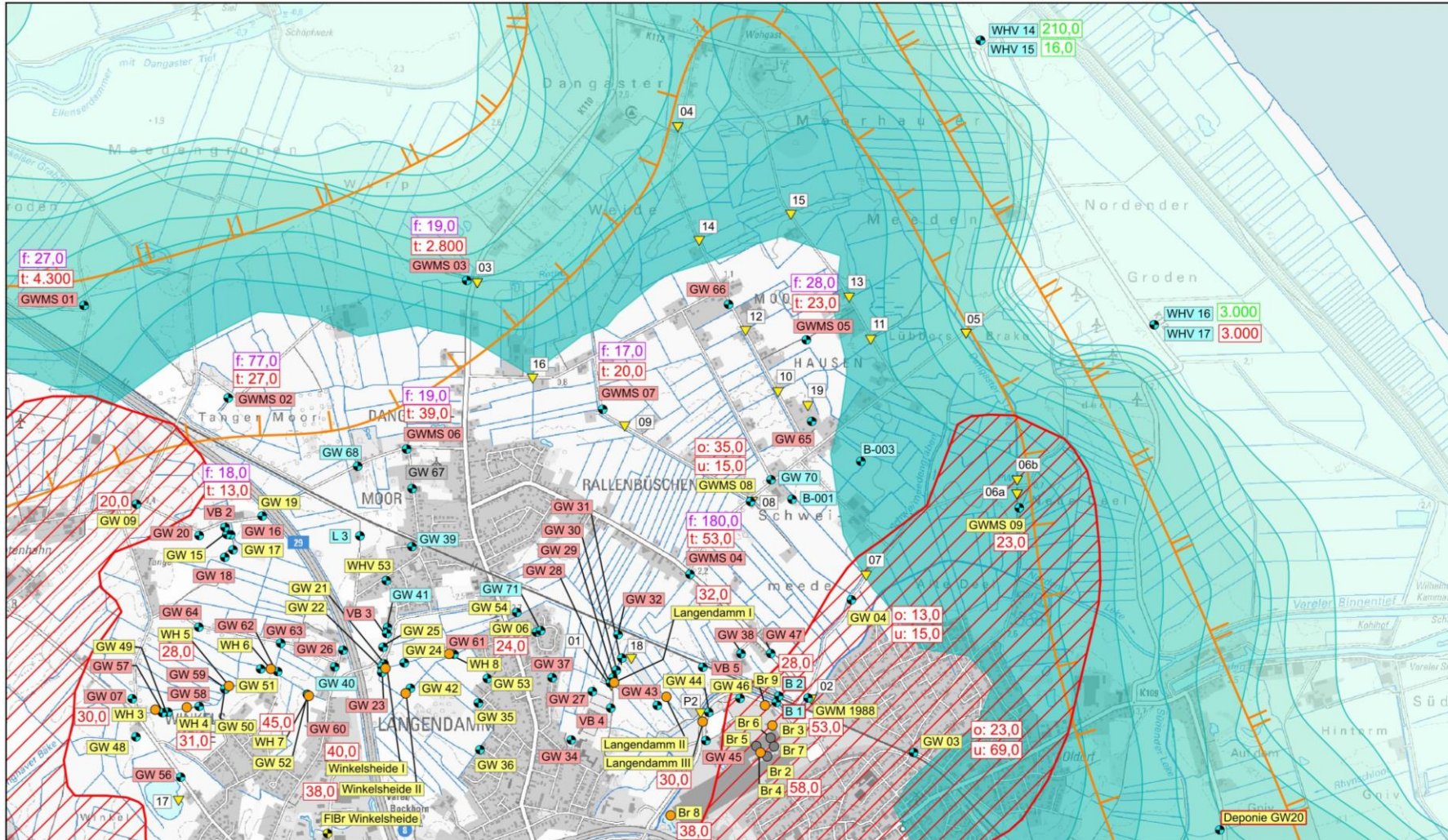
Maßnahmenplan

- Festlegung von **Auslöseschwellenwerte** für weiterführende Untersuchungen
 - Elektrische Leitfähigkeiten des Rohwassers der Förderbrunnen $> 750 \mu\text{S}/\text{cm}$
 - Chloridgehalte an festgelegten Vorfeldmessstellen $> 125 \text{ mg/l}$
 - ➔ Zusätzliche Beprobungen

- Festlegung von **Maßnahmenwerten**
 - Chloridgehalte der Förderbrunnen $> 125 \text{ mg/l}$ ($> 200 \text{ mg/l} \rightarrow$ vorläufige Außerbetriebnahme)
 - Mittel der Chloridgehalte eines Jahres an festgelegten Vorfeldmessstellen $> 125 \text{ mg/l}$
 - Andere Anhaltspunkte für ein förderbedingtes Vorrücken oder Tiefenverlagerung der Süß-/Salzwassergrenze
 - ➔ Konzept zur Anpassung der Grundwasserentnahme bzgl. Höhe, Verteilung auf Einzelfassungen, weitere messtechnischen Überwachung



Ergebnisse der Chloridmessungen an den GWM (2023)



Chloridkonzentration [mg/l] im oberflächennahen Abschnitt des Hauptgrundwasserleiter (Mai 2023)

3.000

Chloridkonzentration [mg/l] im oberflächennahen Abschnitt des Hauptgrundwasserleiter (Dezember 2023)

f: 19,0

Chloridkonzentration [mg/l] im unteren Abschnitt des Hauptgrundwasserleiter (Dezember 2023)

f: 27,0

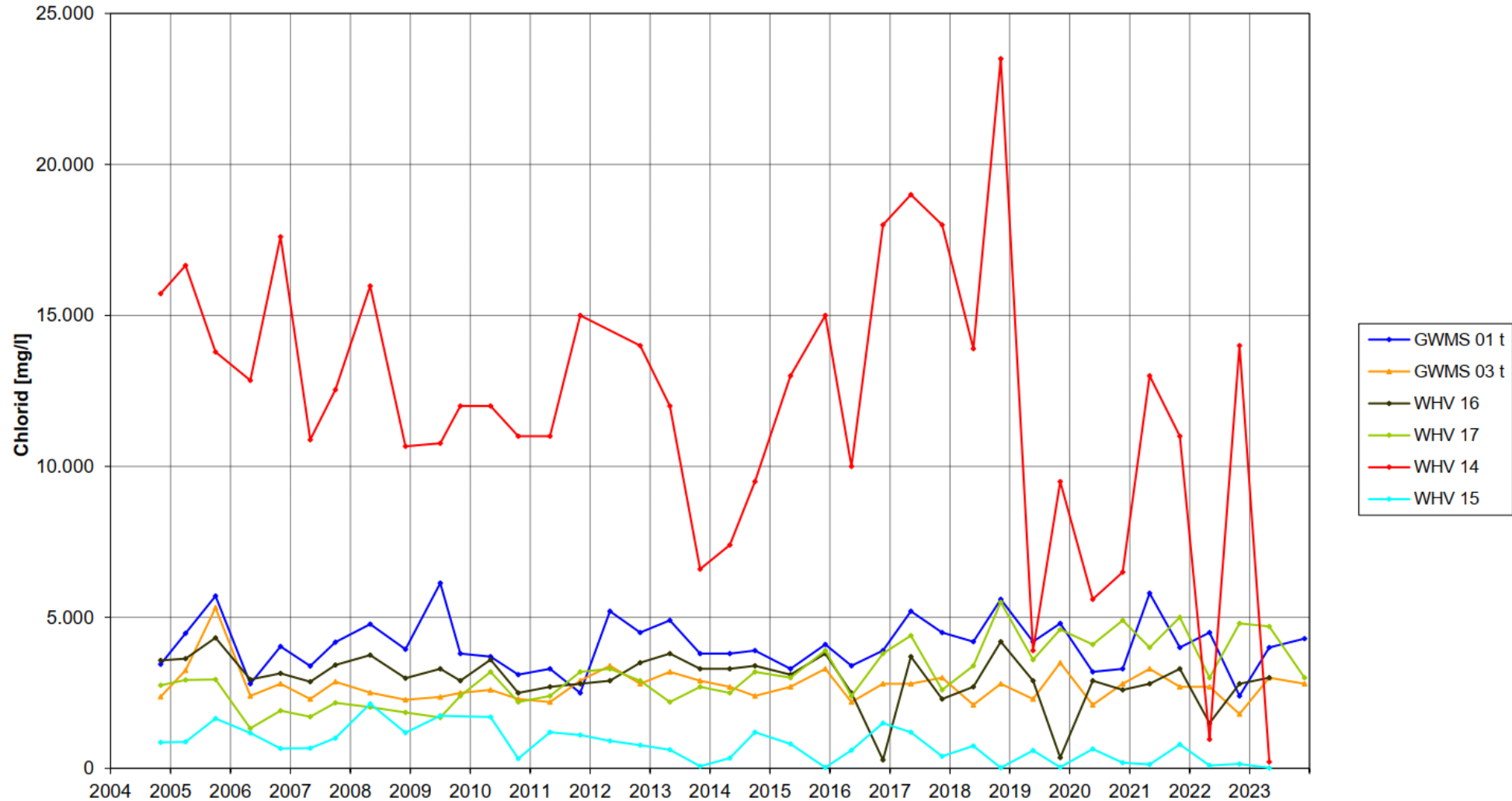
t: 2.800

o: 23,0

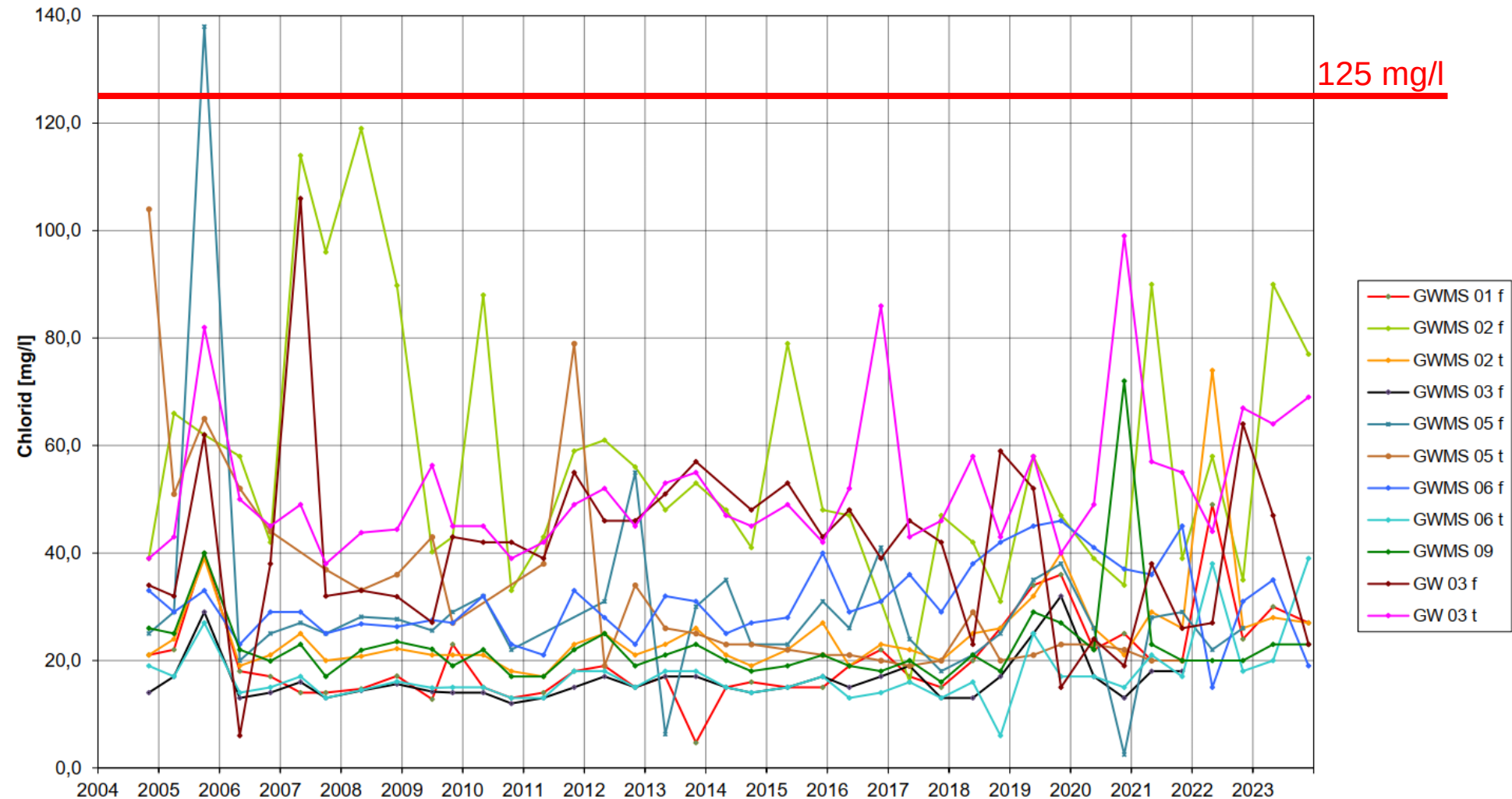
u: 69,0

53,0

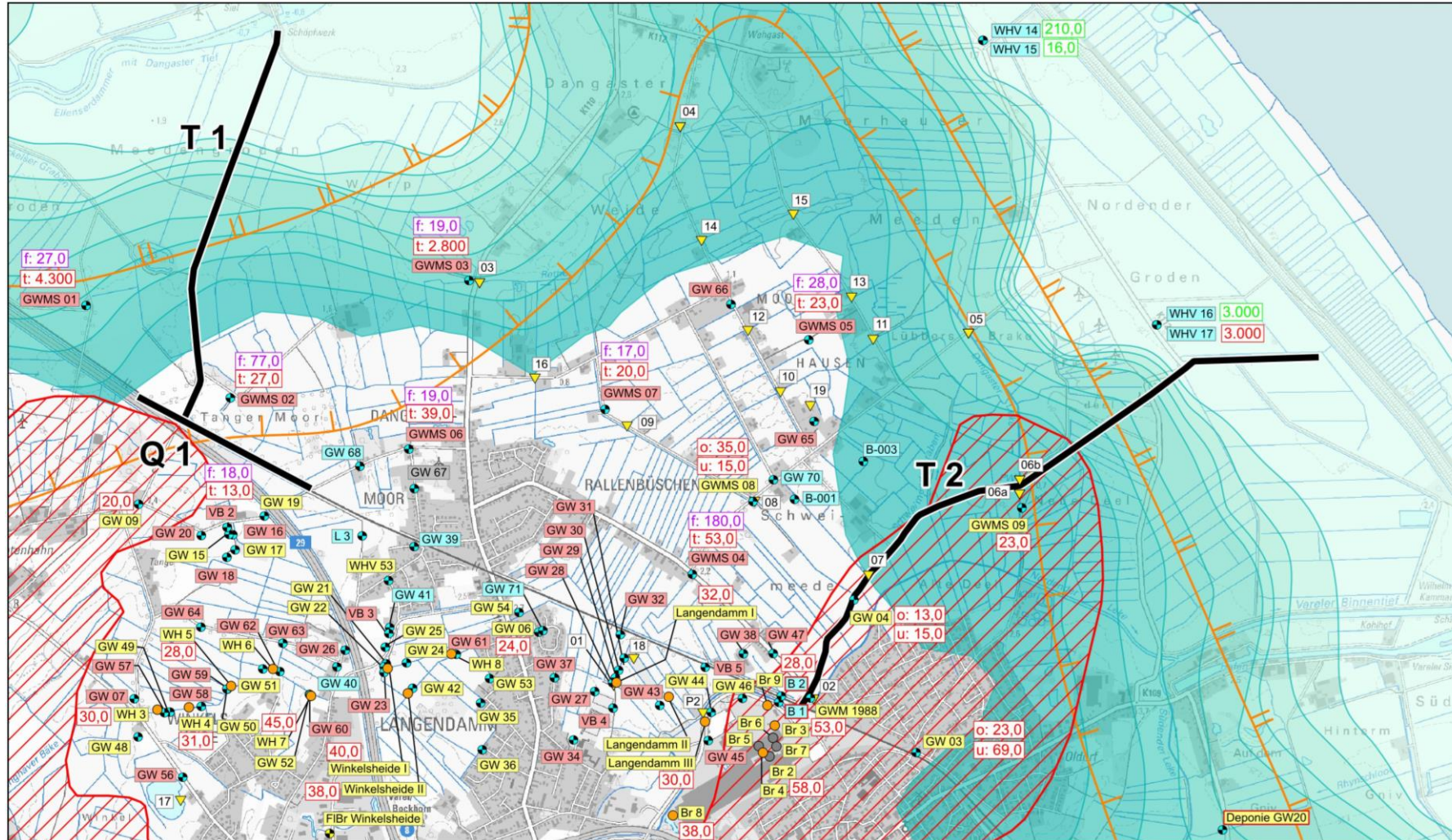
Entwicklung der Chloridgehalte an den GWM im versalzten Grundwasser



Entwicklung der Chloridgehalte an den GWM im nicht versalzten Grundwasser

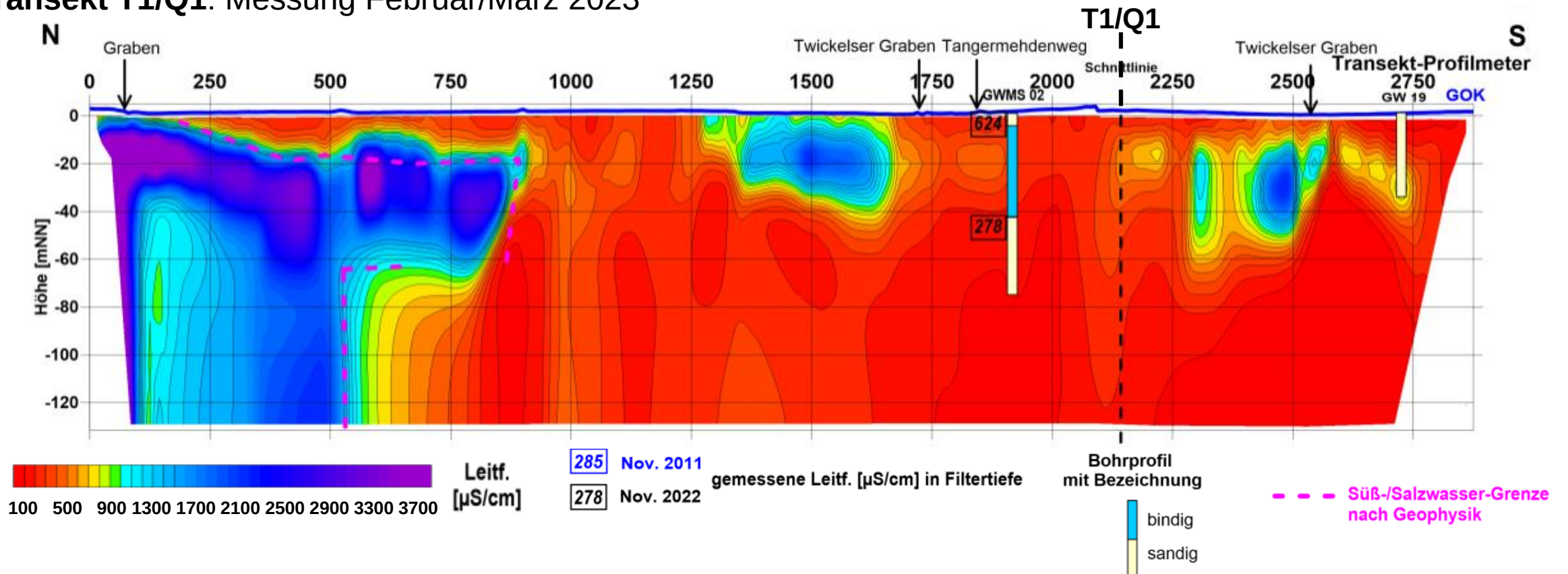


Geoelektrische Messungen: Lage der Transekten



Geoelektrische Messungen: Leitfähigkeitsverteilung

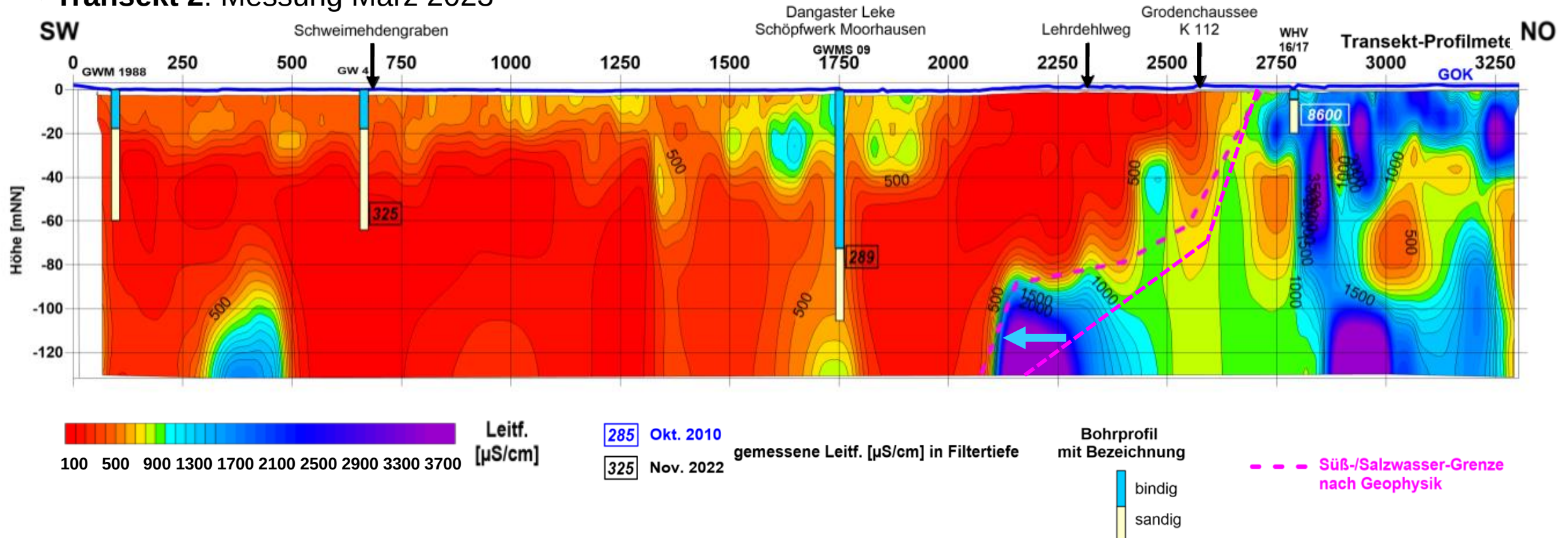
Transekt T1/Q1: Messung Februar/März 2023



→ Keine Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze

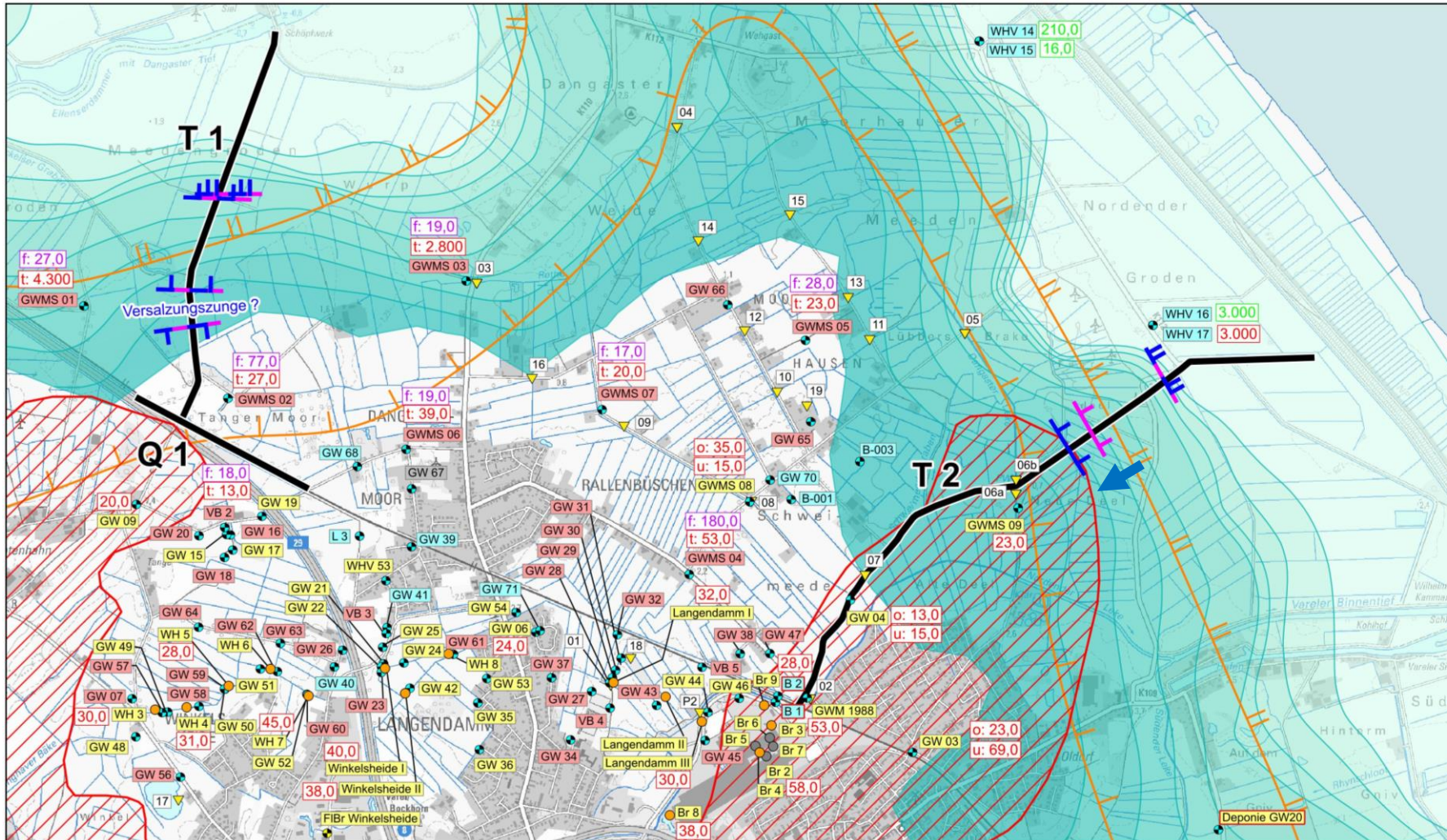
Geoelektrische Messungen: Leitfähigkeitsverteilung

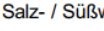
Transekt 2: Messung März 2023



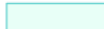
➡ Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze ca. 150 nach Südwesten

Geoelektrische Messungen: Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze



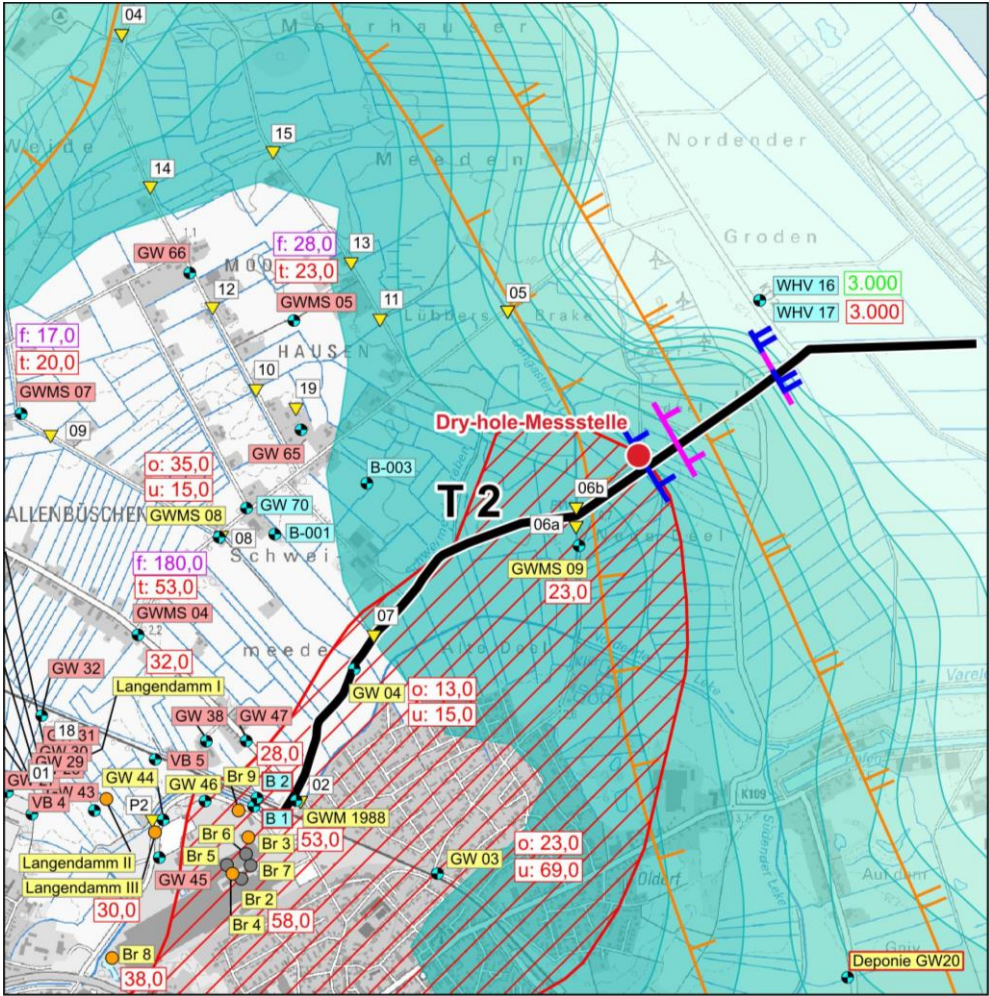
-  Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt (> 250 mg/l Cl) gem. geophysikalischer Vermessung 2012
-  unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt (> 250 mg/l Cl) gem. geophysikalischer Vermessung 2012
-  Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt (> 250 mg/l Cl) gem. geophysikalischer Vermessung 2023
-  unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt (> 250 mg/l Cl) gem. geophysikalischer Vermessung 2023
-  Grundwasserleiter vollständig oder fast vollständig versalzt (> 250 mg/l Cl)
-  unterer Teil des Grundwasserleiters versalzt (> 250 mg/l Cl)

Salz- / Süßwassergrenze (Tiefenstufen) [mNN]

	0 bis -5 m
	<-5 bis -10 m
	<-10 bis -15 m
	<-15 bis -20 m
	<-20 bis -40 m
	<-40 bis -60 m
	<-60 bis -80 m
	<-80 bis -100 m
	<-100 bis -120 m

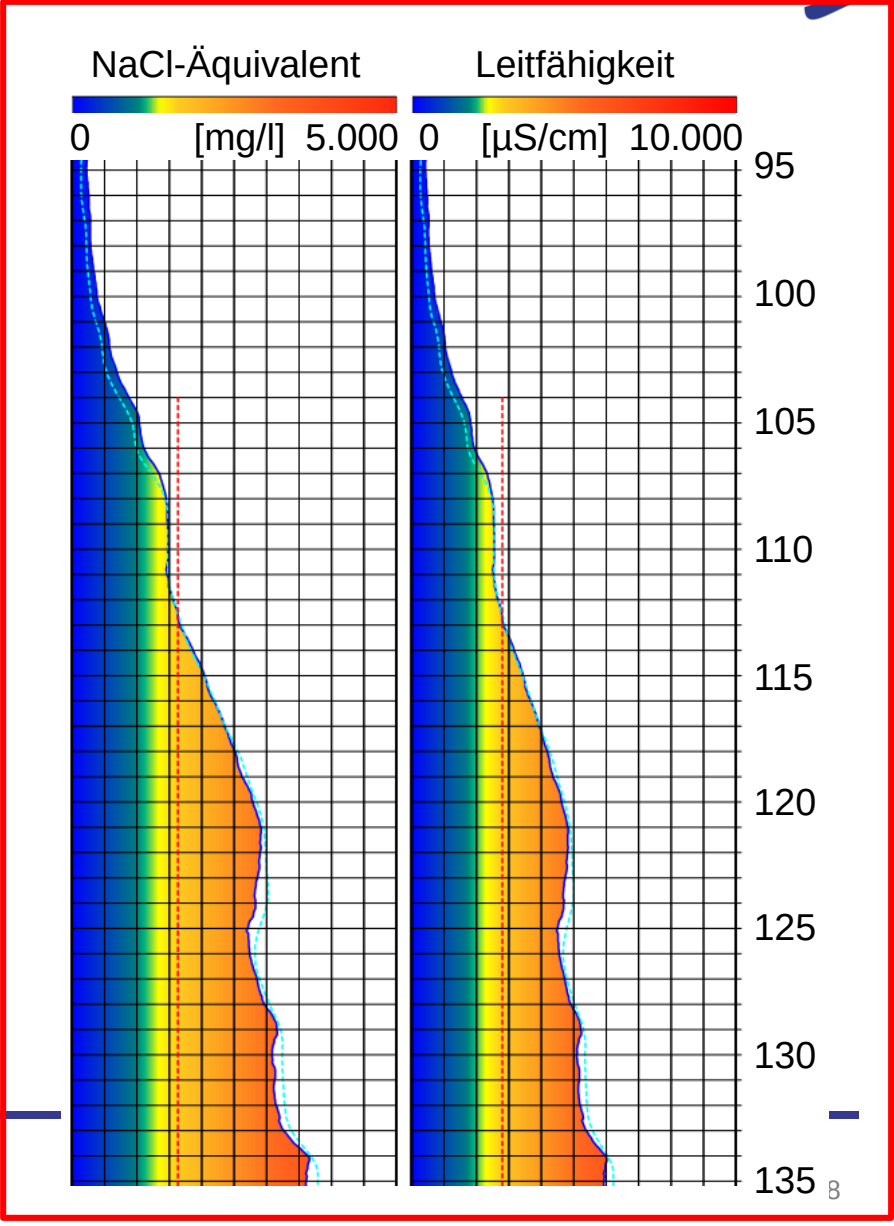
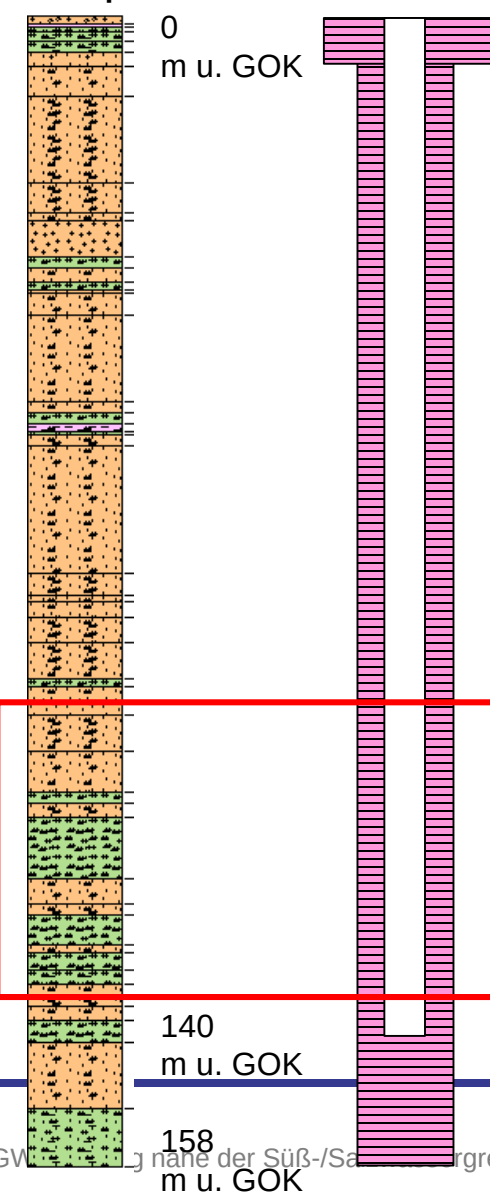
Dry-hole-Messstelle

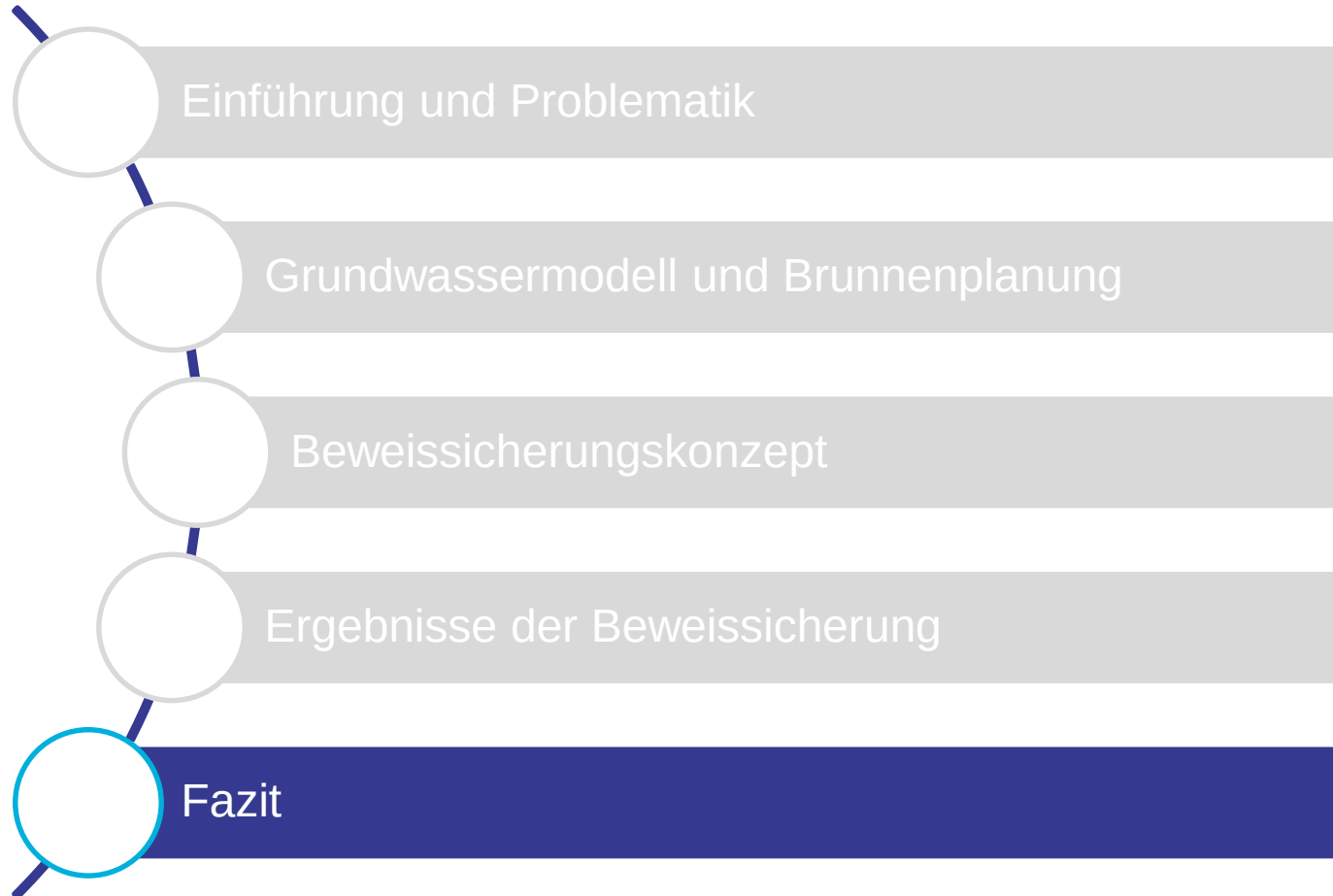
Baujahr: 2024



Bohrprofil

Ausbau





Planungen und Überwachung zur Lage der Süß-/Salzwassergrenze

- Auswirkungen der erhöhten Grundwasserentnahme wurden modelliert
- Die Positionen der geplanten Brunnen überprüft
 - Es ergaben sich keine Hinweise auf eine relevante Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze
- Überwachung der Entwicklung der Süß-/Salzwassergrenze durch Beweissicherungsmaßnahmen
 - Anhand des hydrochemischen Monitorings an den Grundwassermessstellen und Brunnen wurde keine Verschiebung der Süß-/Salzwassergrenze festgestellt
 - Die geoelektrischen Messung konnten eine geringe Verschiebungen der Süß-/Salzwassergrenze detektieren
 - Engmaschige Überwachung der Entwicklung der Lage der Süß-/Salzwassergrenze durch regelmäßige geophysikalische Messungen an der Dry-hole-Messstelle

Wir bedanken uns herzlich für ihre Aufmerksamkeit.