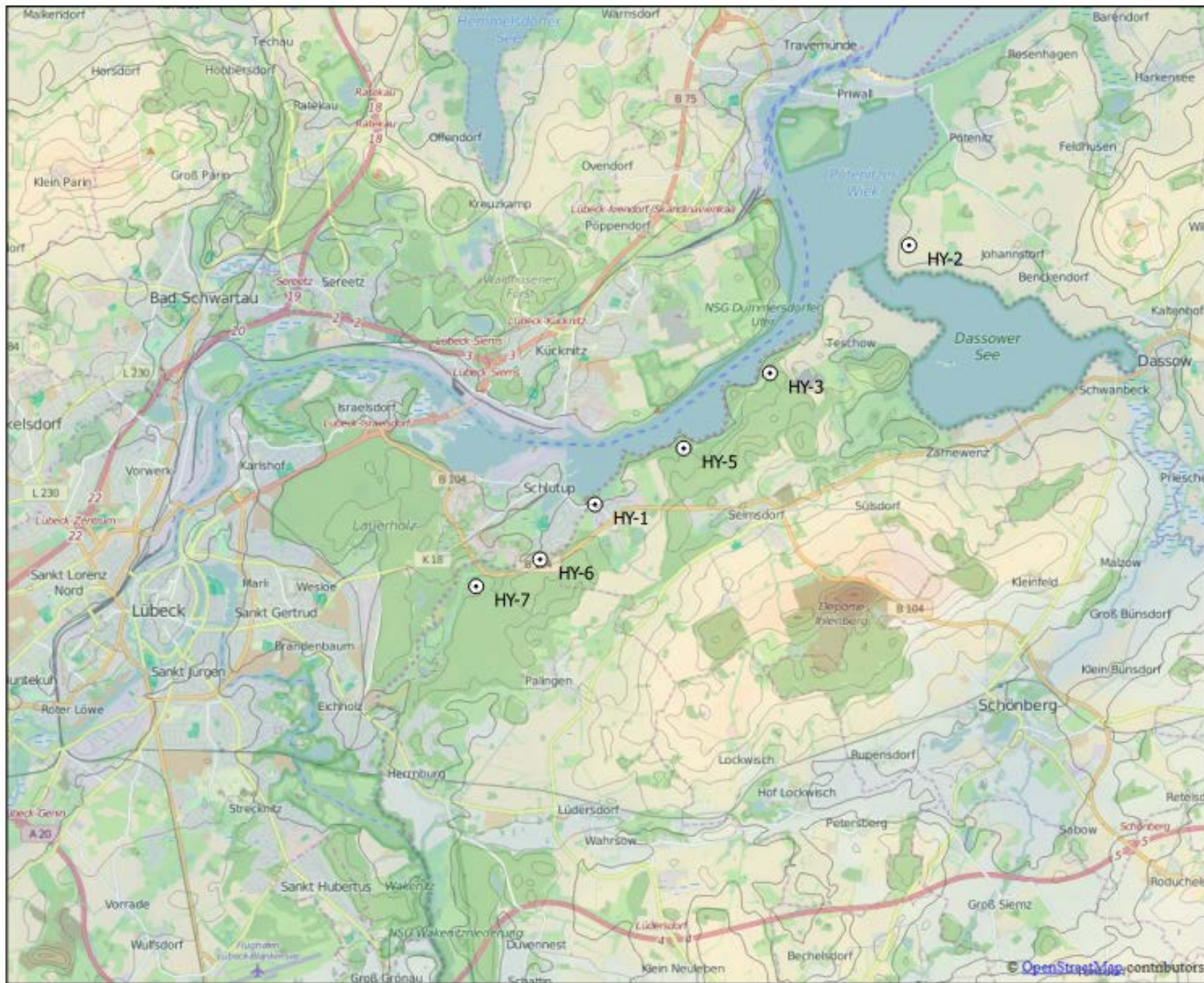


Untersuchung des Grundwassers an der Landesgrenze

*Grundwasseralter, Hydrochemie und
Isotopenanalysen*

Lageplan der Messstellen



Legende

— Höhenlinien

Höhenmodell

0

10

20

30

40

50

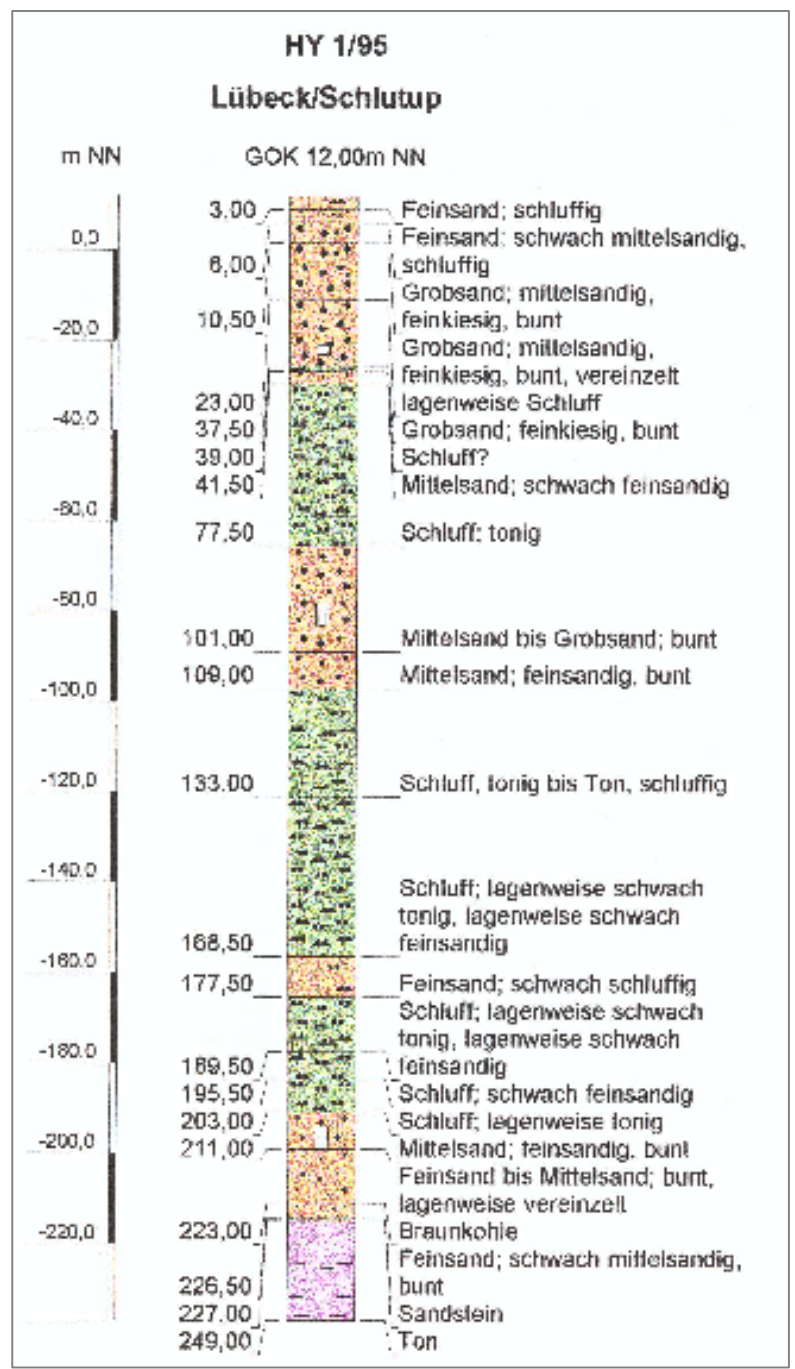
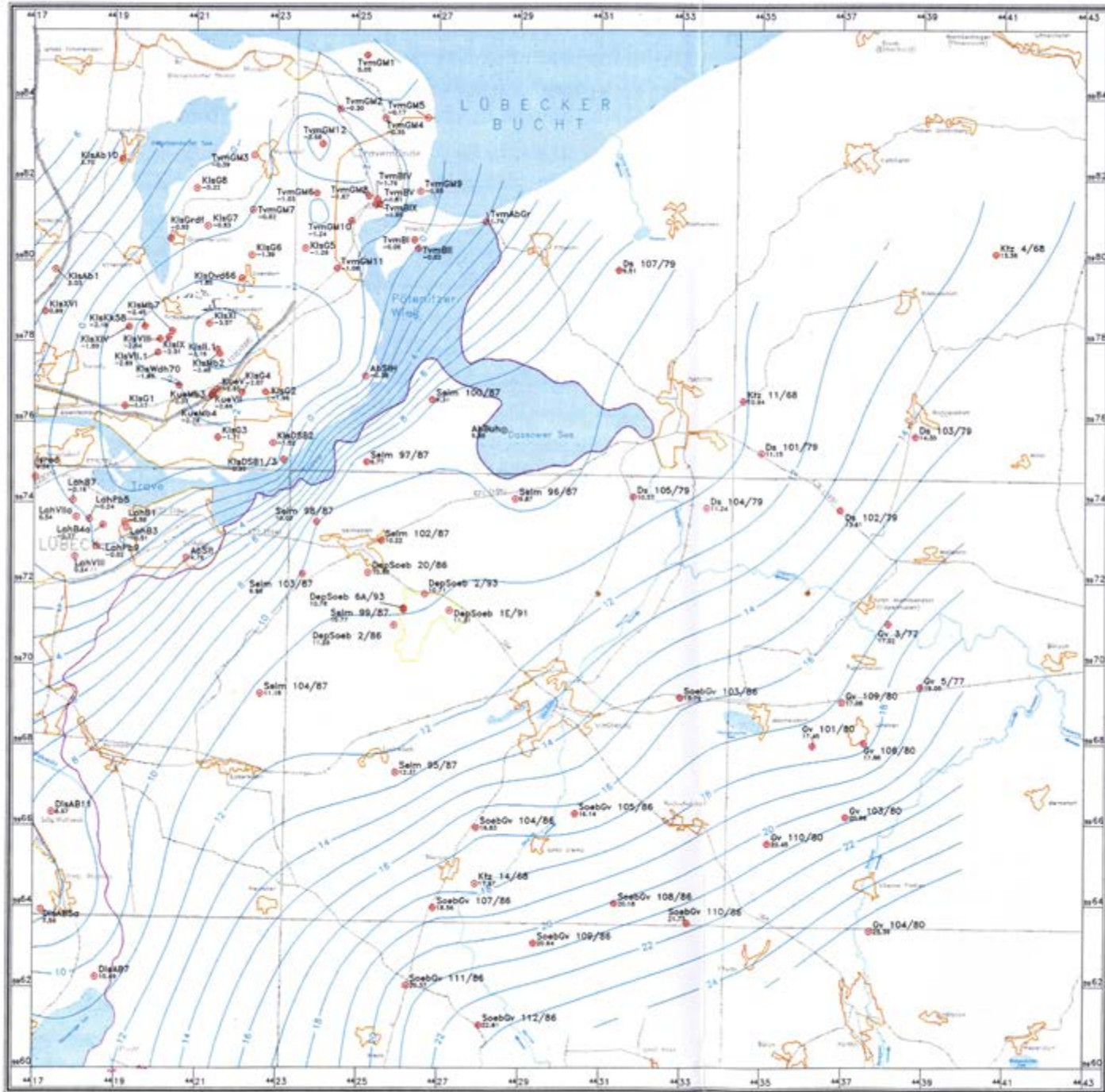
75

100 m. ü. NN

⊙ Brunnen

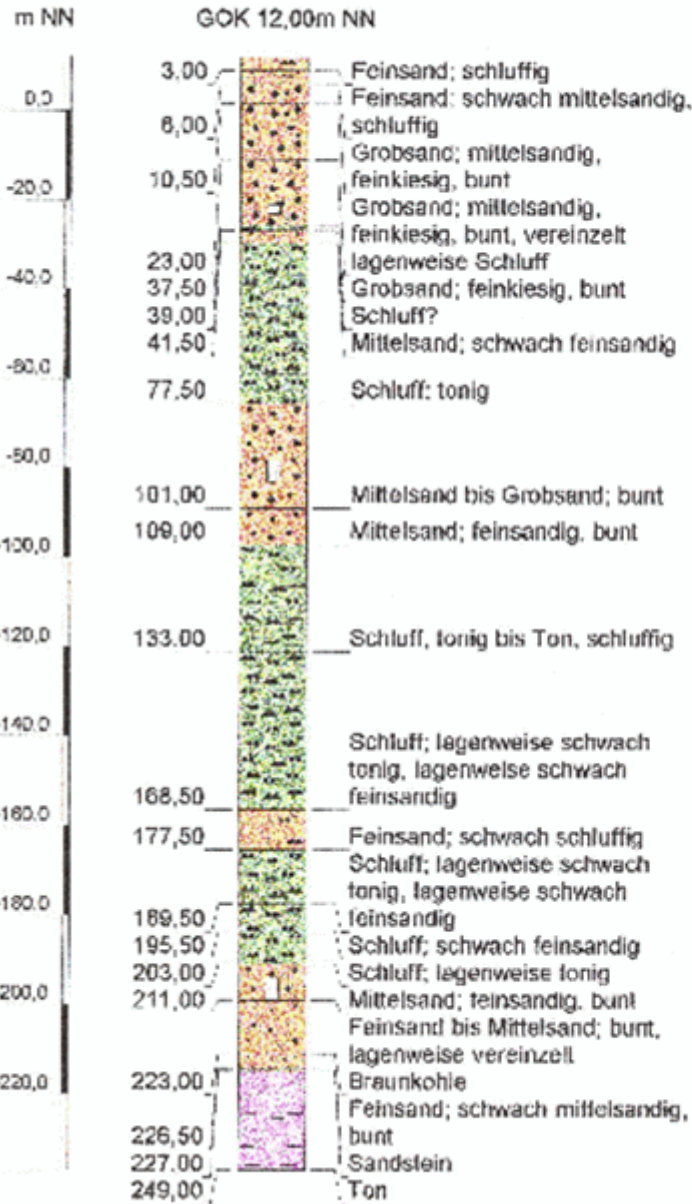
0 5 10 km





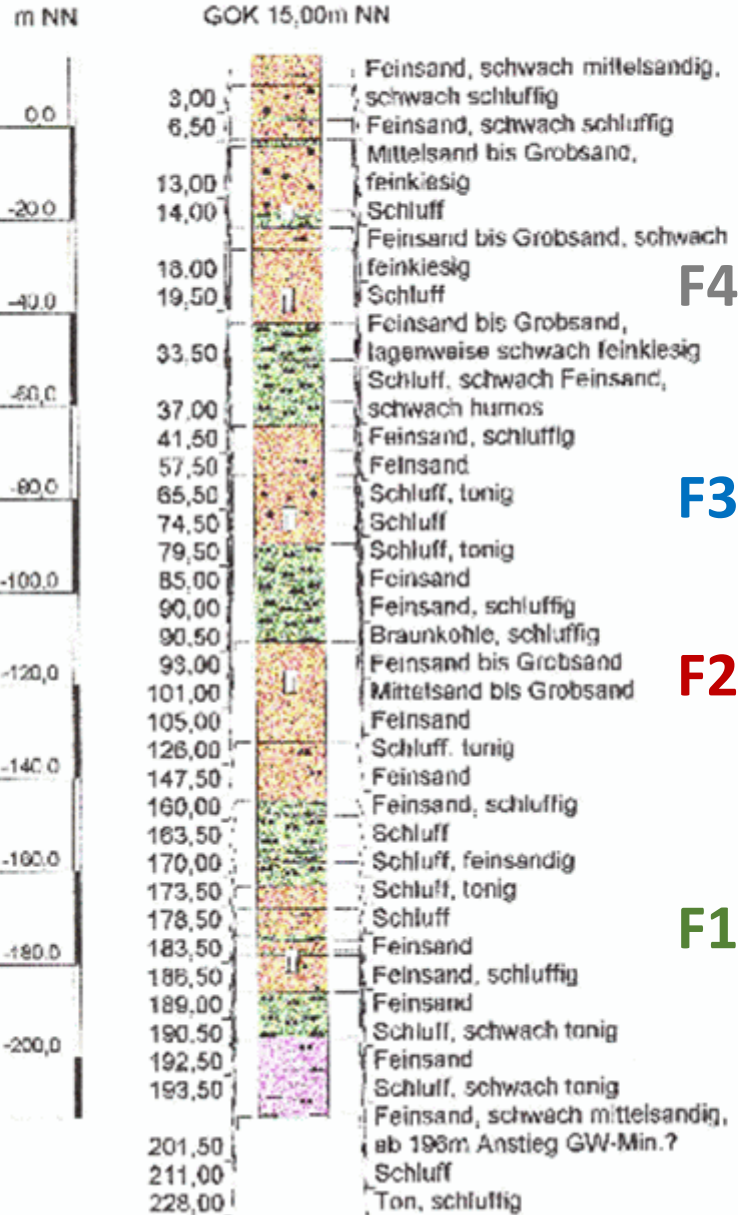
HY 1/95

Lübeck/Schlutup



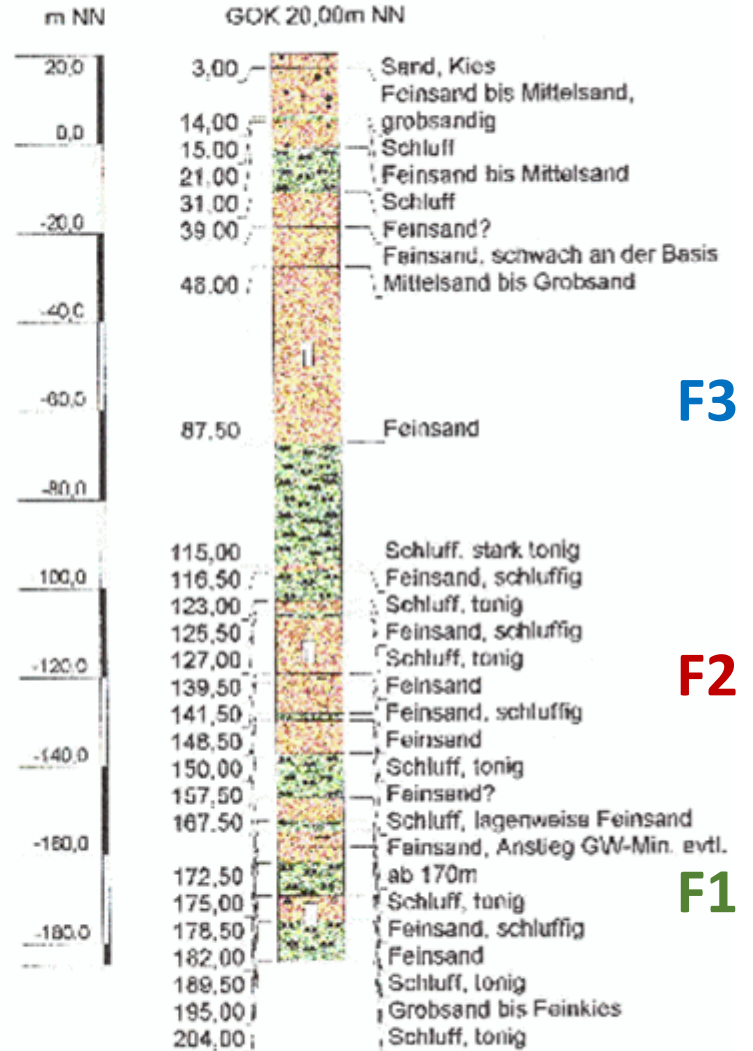
HY 5/95

Selmsdorf (Traveufer)



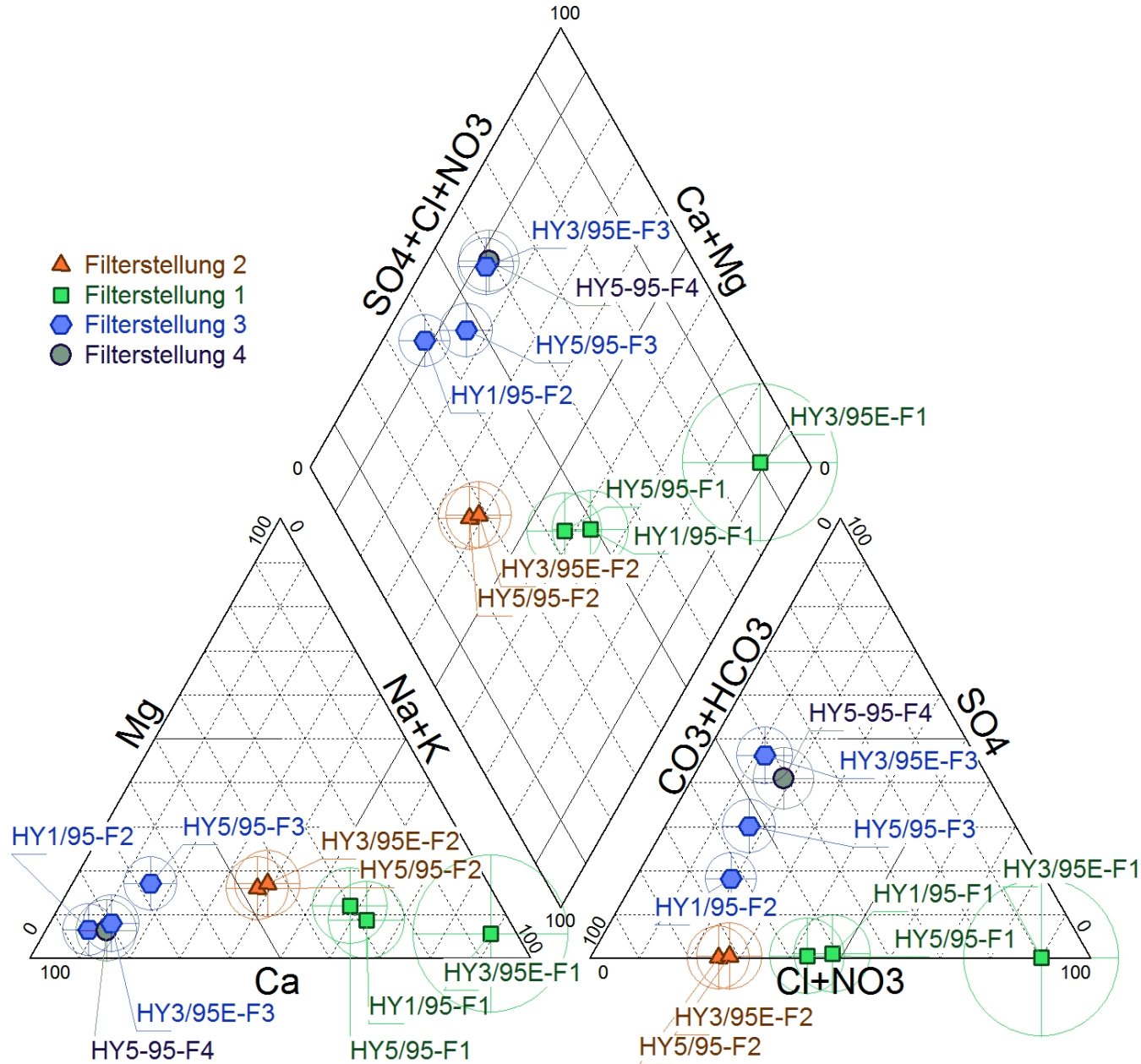
HY 3/95E

Tschechow (Traveufer)



Hydrochemische Daten

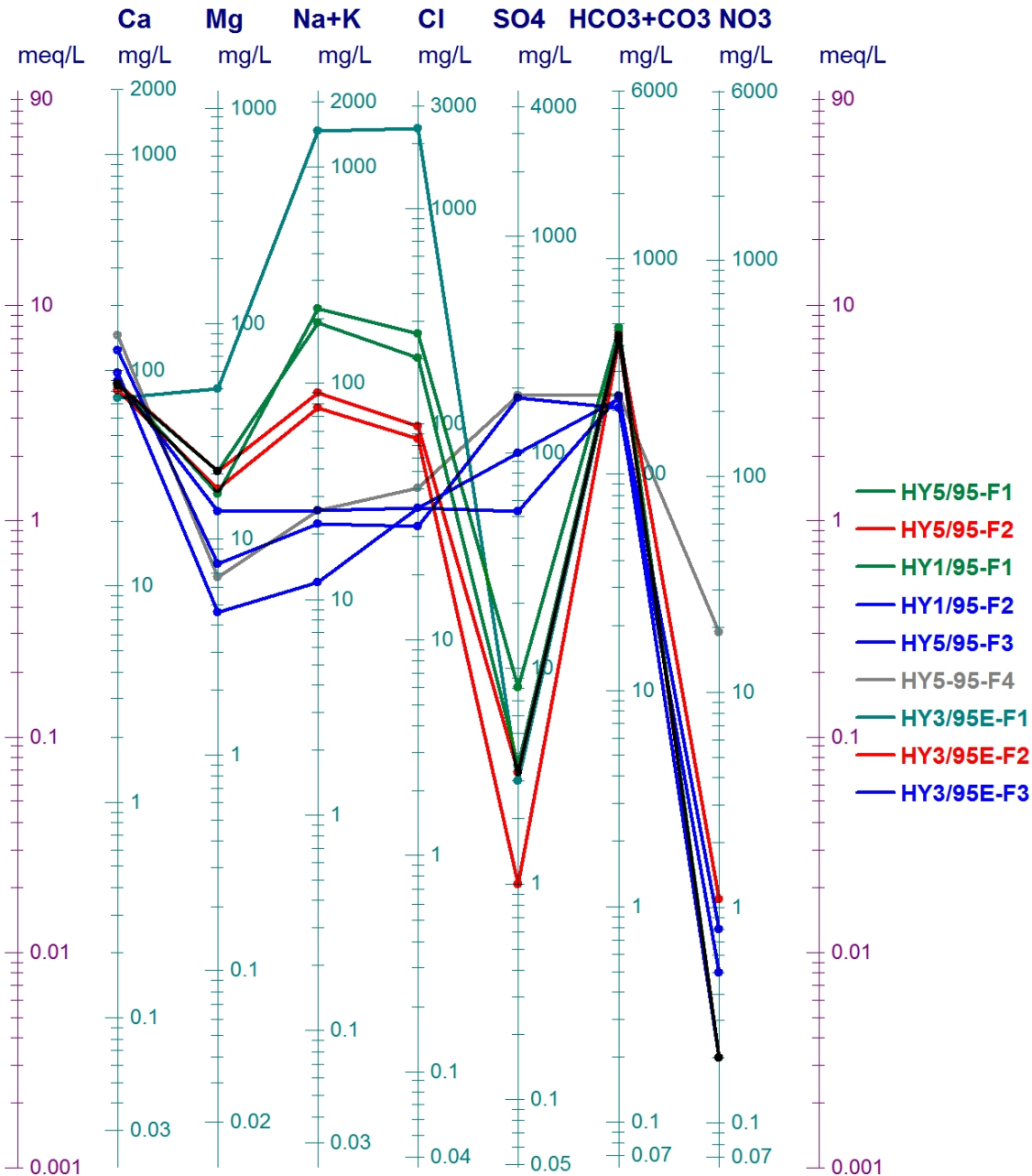
Piperdiagramm



Ergebnisse:

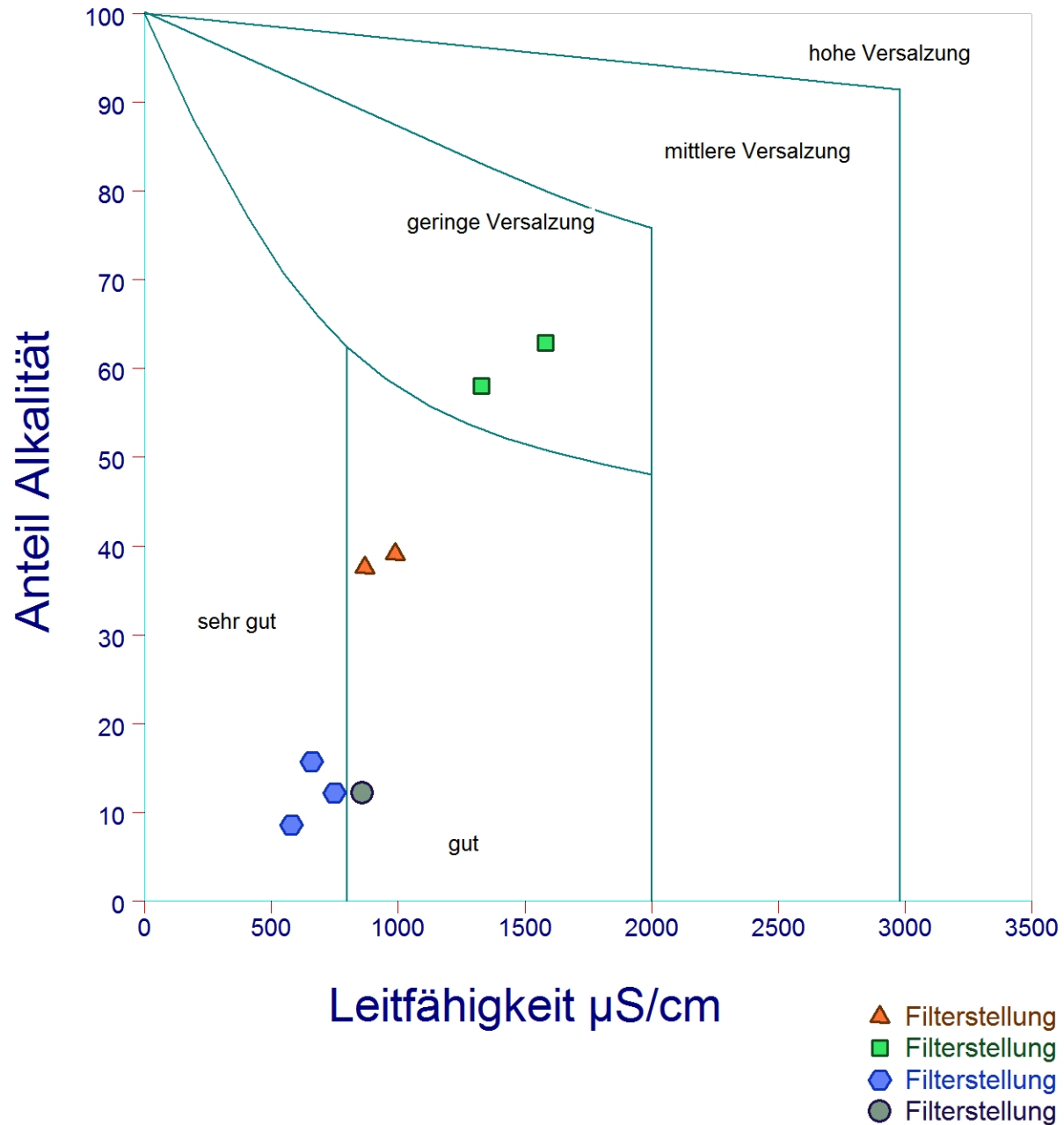
- HY1/95-F2 gehört der Chemie nach zur Filterstellung 3+4
- Alle Gruppen sind klar unterscheidbar
- Filterstellung 1 (F1, grün) hat hohe Salzgehalte (Na/Cl)
- Filterstellung 2 (F2, rot) Ca-(Na)-HCO₃-Wasser
- Filterstellung 3 (F3, blau) Ca-SO₄-HCO₃-Wasser

Lübeck



Ergebnisse:

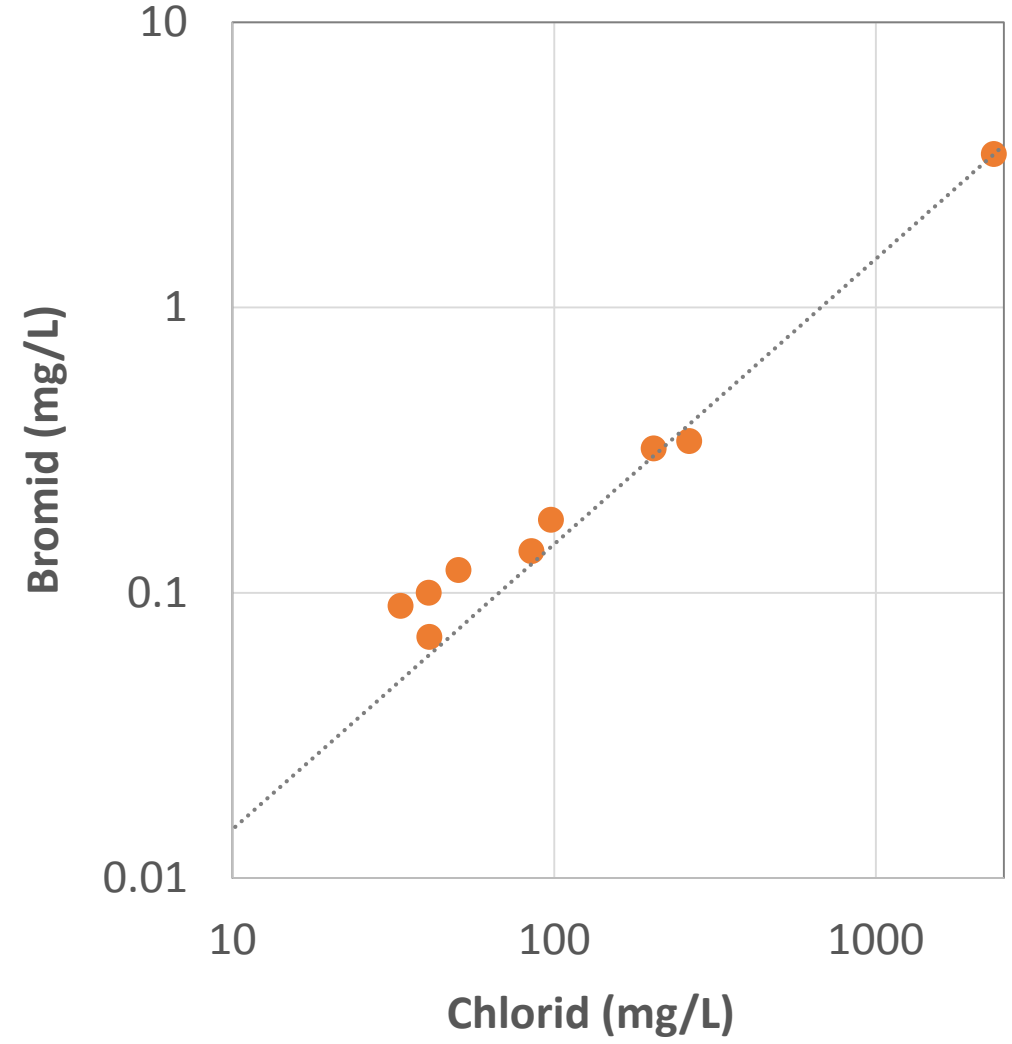
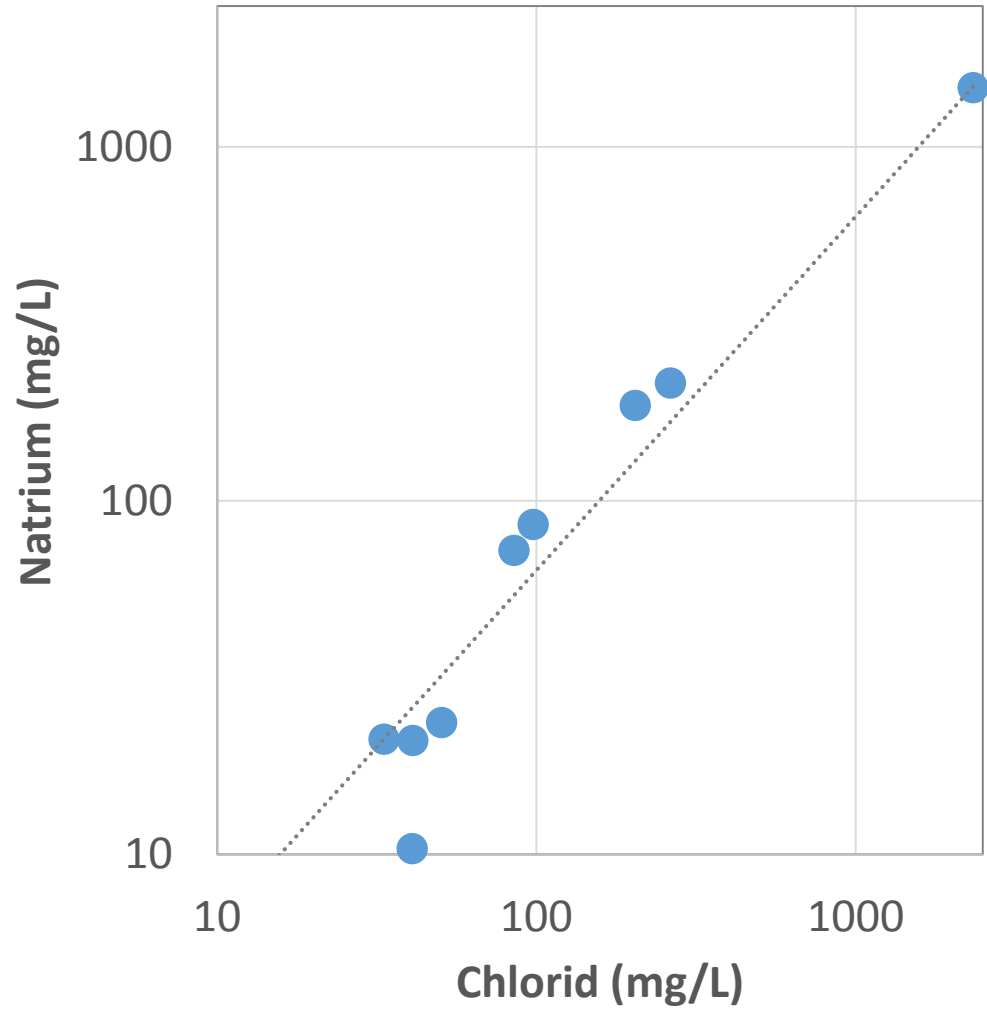
- HY3/95E-F1 hat den höchsten Salzgehalt
- Stockwerk 1 (F1) beeinflusst Stockwerk 2 (F2) – Mischung Stockwerk 3 +4 (F3+F4) sind anderer Wassertyp
- In Filterstellungen 1, 2 und 3 wird Nitrat abgebaut
- In Filterstellung 1 (komplett) und in Filterstellung 2 (überwiegend) wird Sulfat abgebaut
- Nitrat und Sulfat-Abbau können durch organische Substanz aus Deponie ausgelöst werden, dies kann auch ein natürlicher Prozess sein



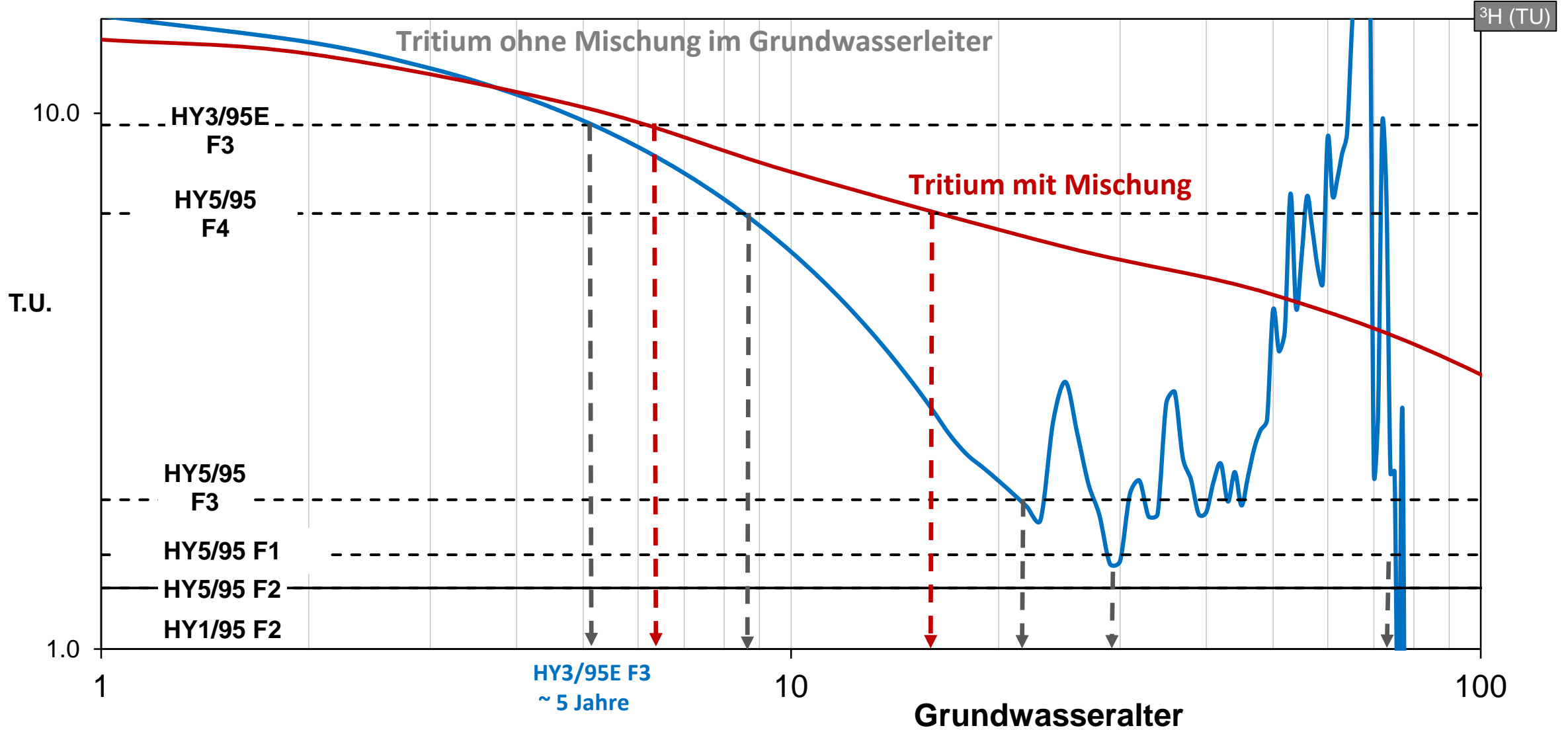
Ergebnisse:

- Versalzung betrifft vor allem das untere Stockwerk (F1)
- Das mittlere Stockwerk ist ein Mischwasser
- Geringe Versalzung im oberen Stockwerk F3+F4

Ionenverhältnis und Mischungsrechnung Na/Cl



Altersdatierung des Grundwassers



Tritiumuntersuchung der Grundwässer an der Landesgrenze

Bestimmung durch Schnittpunkt der horizontalen gestrichelten Linie (Messwert) mit dem Verlauf der Tritiumkonzentration in den letzten 65 Jahren ohne (grau) und mit Durchmischung (rot)

Tritiumuntersuchung der Grundwässer an der Landesgrenze

Probe	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	HY5/95 F1	HY5/95 F2	HY1/95 F1	HY1/95 F2	HY5/95 F3	HY5/95 F4	HY3/95E F1	HY3/95E F2	HY3/95E F3
	KI 513997	KI 513998	KI 513999	KI 514000	KI 514001	KI 514002	KI 514003	KI 514004	KI 514005
Tritiumalter, kein Modell	1975	1970	<1950	1970	1980	2010	<1950	<1950	~2010
Fehler +Jahre	7.5	7.5		7.5	7.5	5			5
Fehler -Jahre	7.5	7.5		7.5	7.5	5			5

Kernpunkte der Interpretation:

- **Altes Grundwasser > 65 Jahre** HY1/95 F1, HY3/95E F1 und HY3/95E F2
- **Mittlere Grundwasseralter 50 bis 15 Jahre** HY1/95 F2 und HY5/95 F1+F2+F3
- **Junges Grundwasser < 15 Jahre** HY5/95 F4, HY3/95E F3

Tritiumuntersuchung der Grundwässer an der Landesgrenze

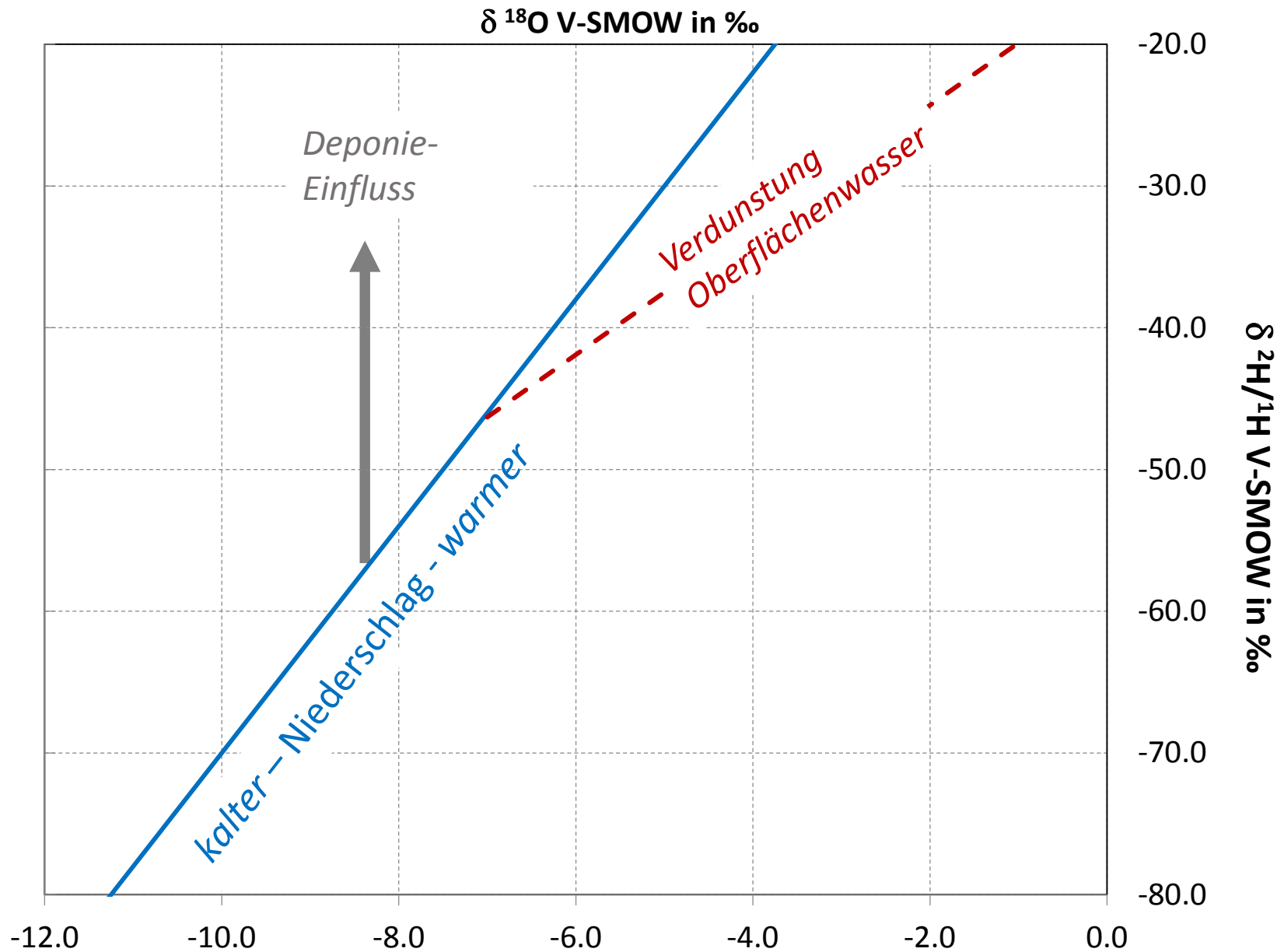
Zonierung und Charakterisierung

Ergebnisse:

- **Hohes Grundwasseralter (> 65 Jahre),
Belastung würde verzögert
und schleichend auftreten** HY1/95 F1, Hy3/95E F1 und HY3/95E F2
- **Mittlere Grundwasseralter 50 bis 15 Jahre
zu beobachten, Einfluss von rezentem (<65 Jahre)
aber nicht sehr jungem Wasser (< 15 Jahre),
weiter entferntes Einzugsgebiet** HY1/95 F2 und HY5/95 F1+F2+F3
- **Hoher Umsatz – Deponiewässer schnell sichtbar,
wahrscheinlich kleineres, nahes Einzugsgebiet** HY5/95 F4, HY3/95E F3

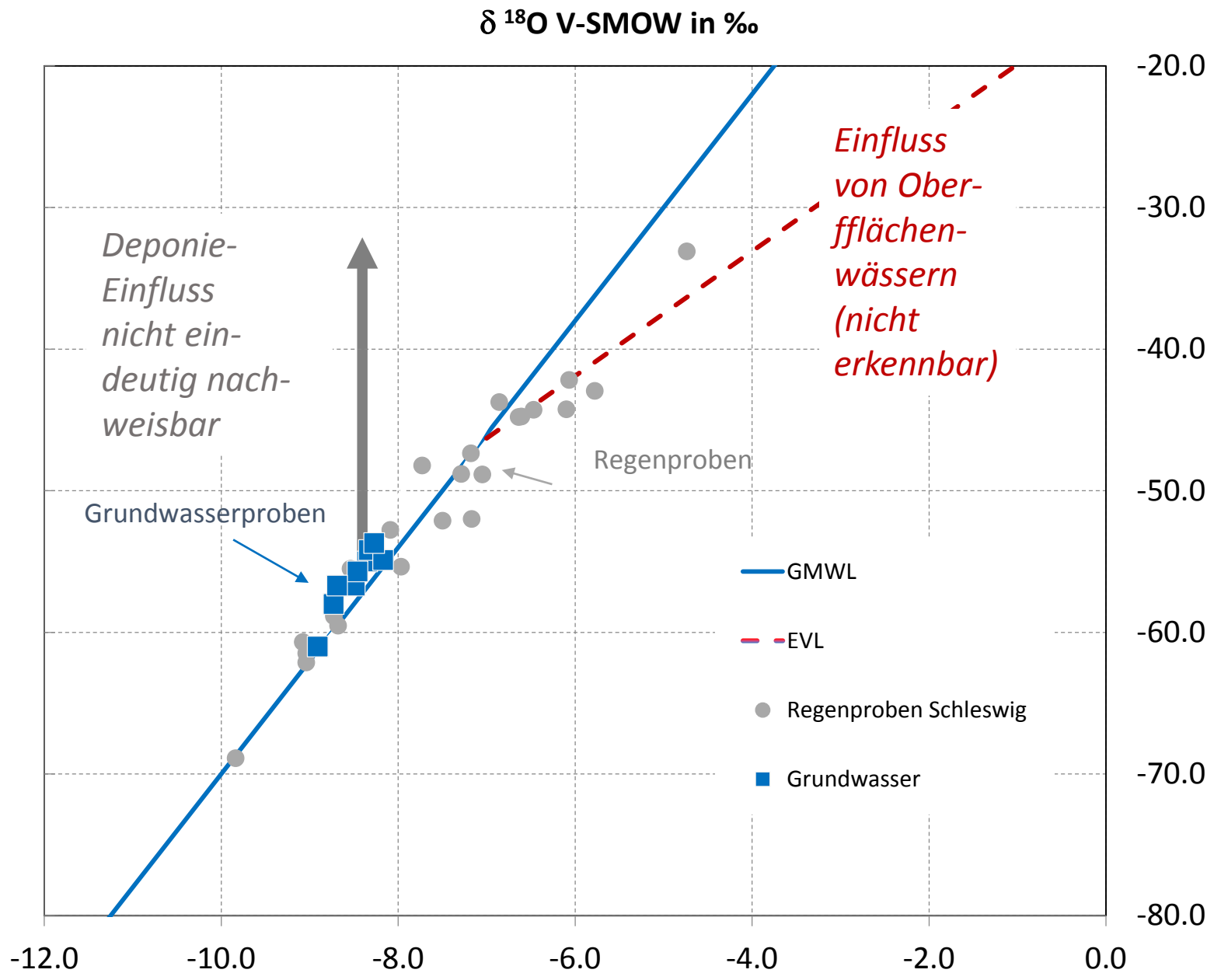
Untersuchung der stabilen Isotope

Wasserisotope



Methode:

- In Deponien entsteht Wasserstoff
- Dieser beeinflusst die Isotopenwerte des Wassers
- Wasserstoffisotope werden schwerer (Werte werden größer)

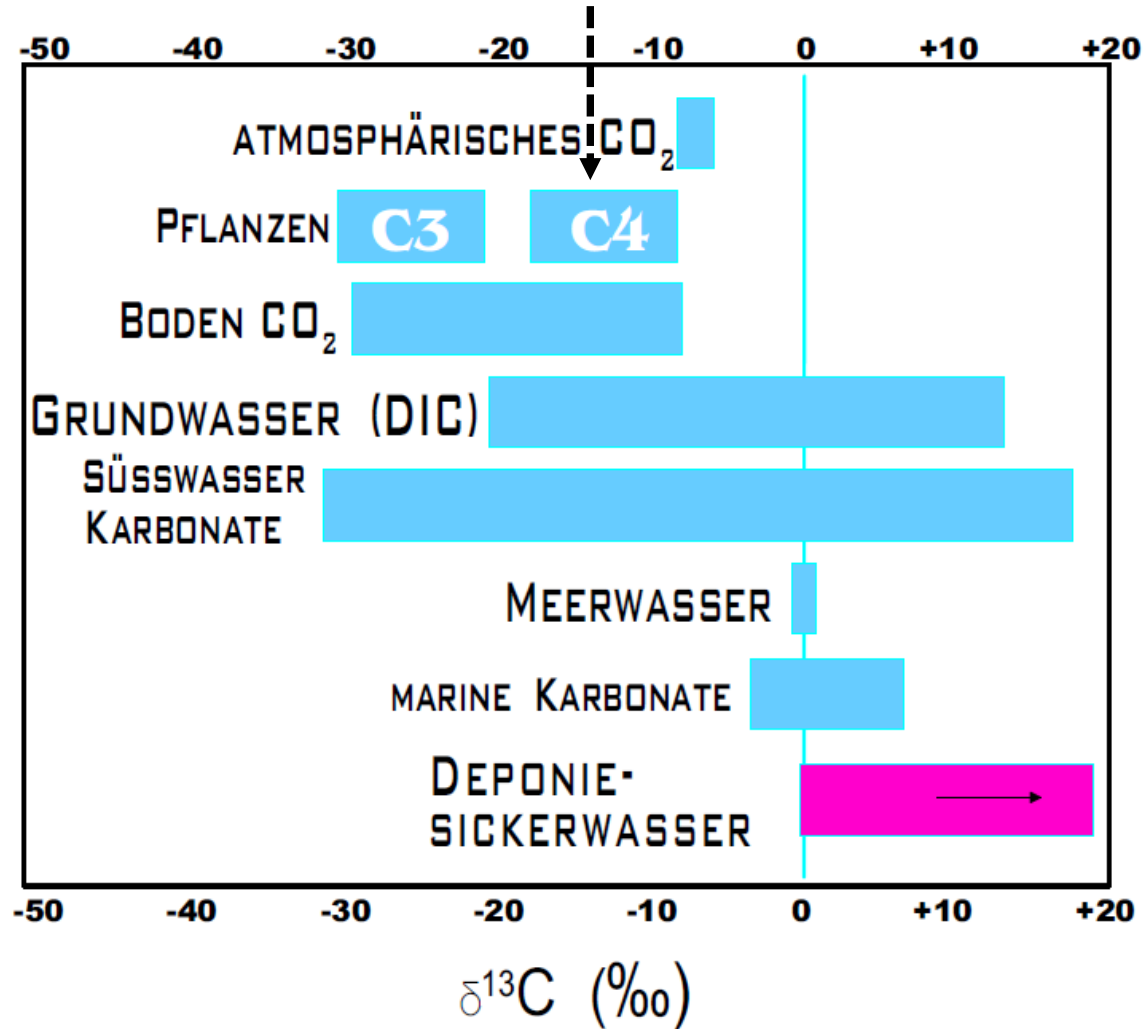


- Ergebnisse Isotope:**
- Keine deutlichen Anzeichen von Wasserstoffbildung (Deponiewasser, grau)
 - Proben liegen auf der Niederschlagsgerade (GMWL)
 - Kein Oberflächenwasser in den Brunnen (rote Linie)
 - Homogene Beschaffenheit ähnliches Neubildungsgebiet

Untersuchung der stabilen Isotope

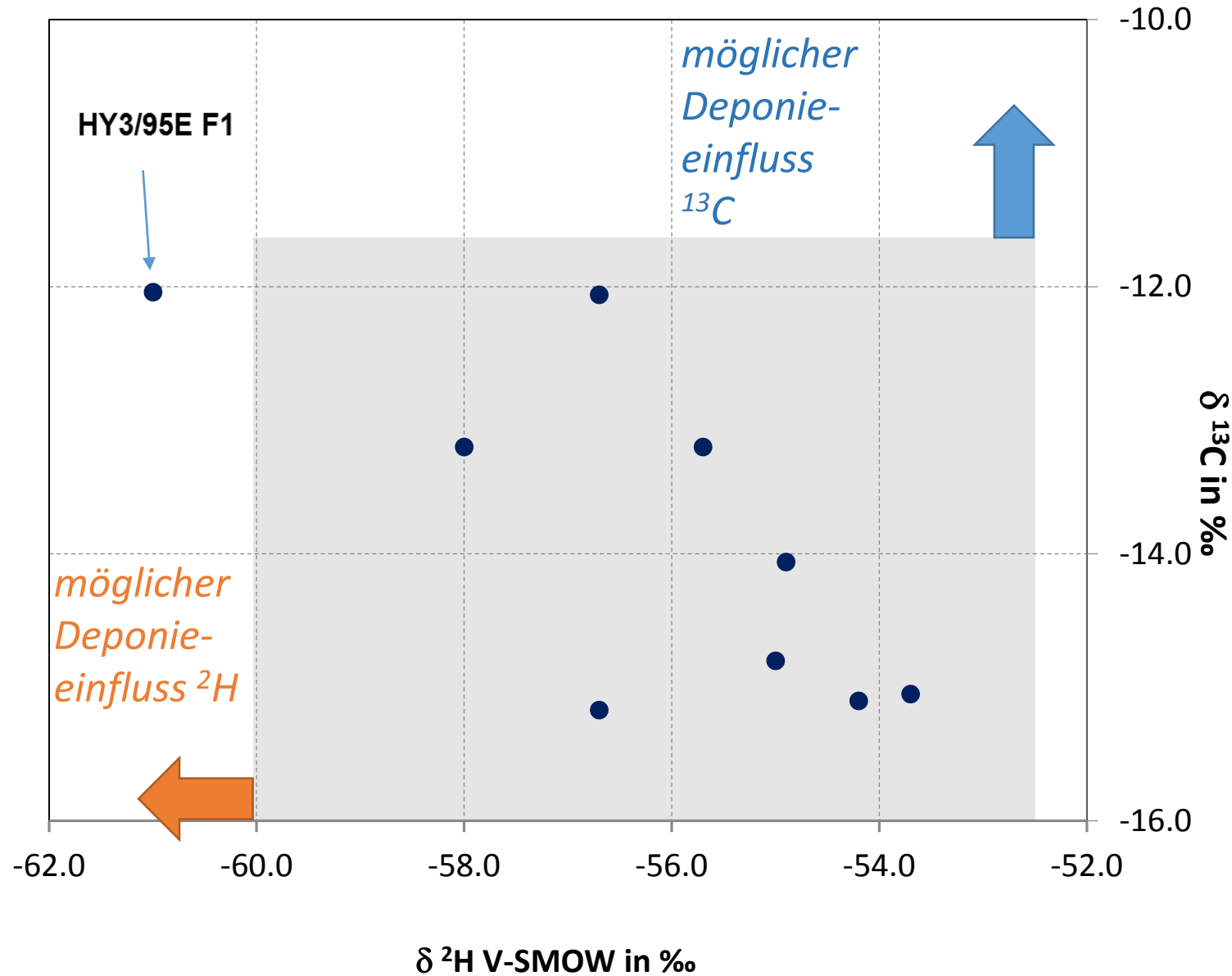
Kohlenstoffisotope

Grundwasser
Lübeck



Methode:

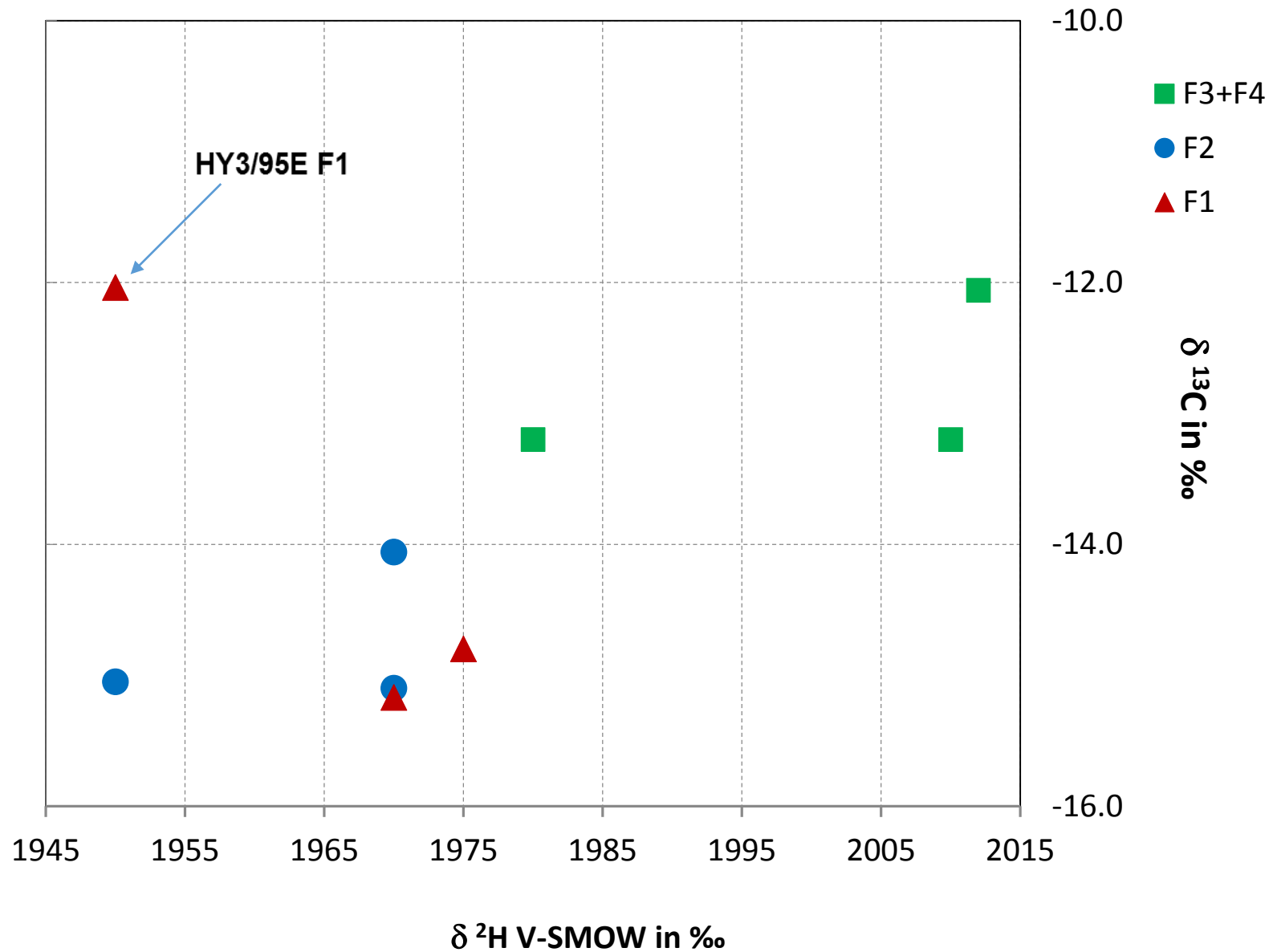
- Kohlenstoffisotope können Deponieeinfluss anzeigen
- Werte werden größer (schwerer)



Ergebnisse der Kohlenstoff-Isotope:

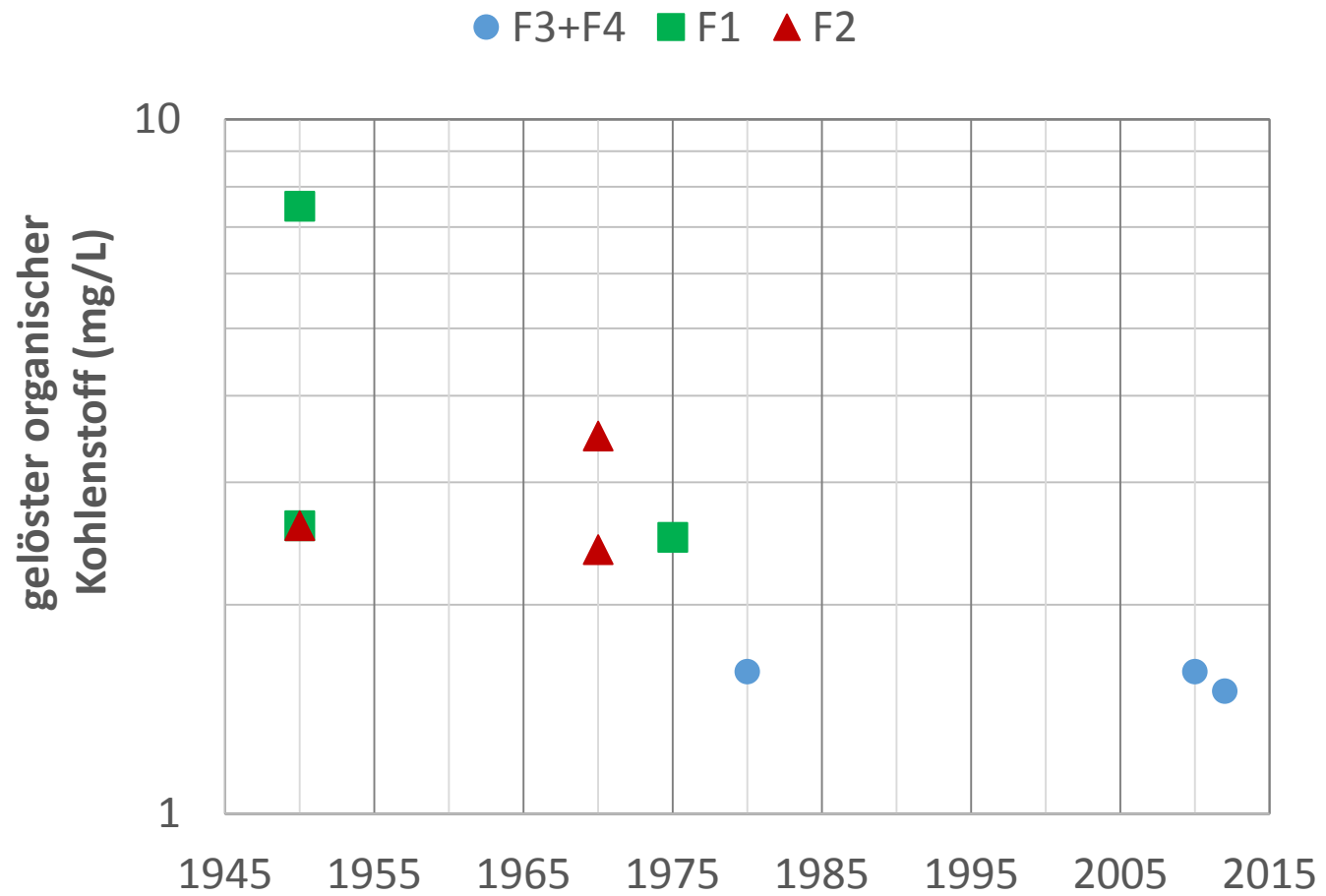
- Isotopen zeigen sehr geringe Spuren des Abbaus im Deuterium und im Kohlenstoff
- Kein eindeutiger Nachweis von Deponieeinfluss
- Sehr gutes Instrument zum Monitoring

Altersdatierung
kombiniert mit
Wasserchemie



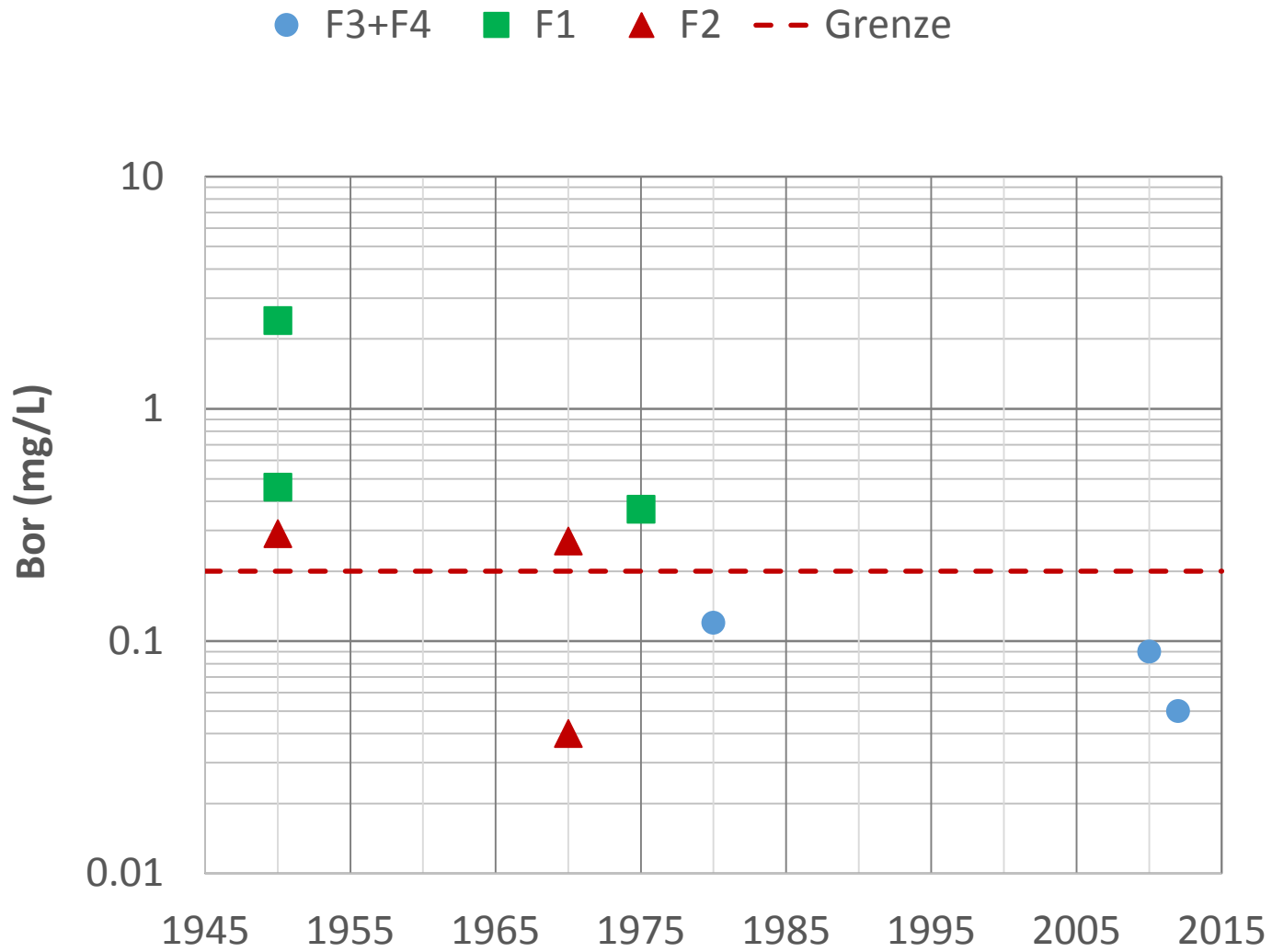
Ergebnisse:

- Deponieeinfluss kann sich durch schwerere Werte der Kohlenstoffisotope andeuten
- Ab ca. 1970 werden die Werte schwerer
- Korrelation mit Alter und Filterstellung
- Ausnahme ist wieder HY3/95E – F1



Ergebnisse:

- Zeitliche Ordnung zeigt nicht zunehmende Werte
- Hohe Verweilzeit, große Entfernung und langer Fließweg
- Trennung nach unterschiedlichen Stockwerken

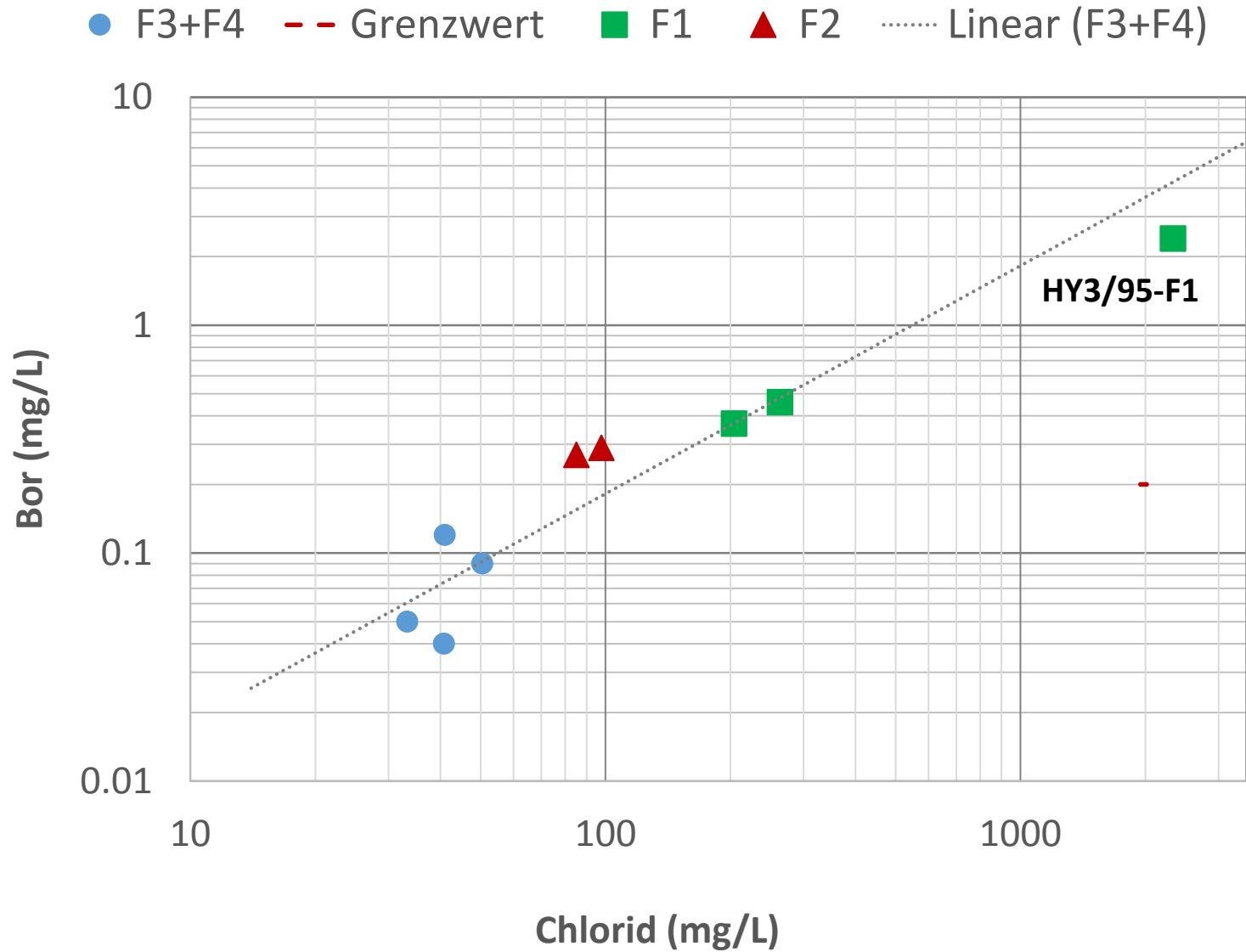


Ergebnisse:

- Zeitliche Ordnung zeigt keinen Trend zunehmender Wert
- Hohe Verweilzeit, große Entfernung und langer Fließweg
- Trennung nach unterschiedlichen Stockwerken

Indikatoren für Deponieeinfluss

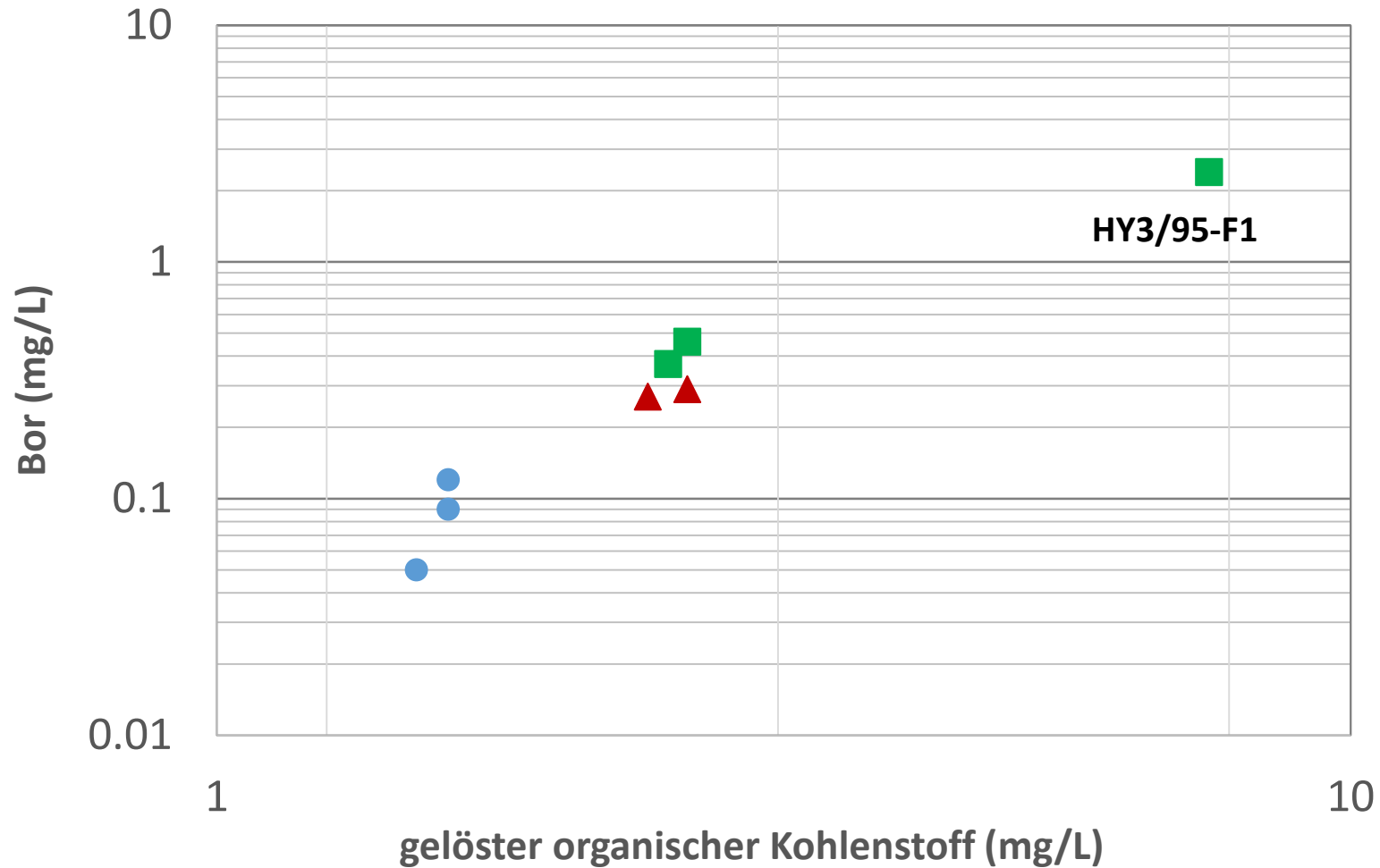
Bor und DOC



Ergebnisse:

- Ab 200 µg/L Bor kann ein anthropogener Einfluss vermutet werden
- Allerdings liegt Bor auch mit 4.5 mg/L im Meerwasser vor
- Im unteren Stockwerk wird der kritische Wert überschritten
- Er korreliert aber mit Chlorid – deutet auf Salzwasserintrusion hin

● F3+F4 - - Grenzwert ■ F1 ▲ F2



Ergebnisse:

- Der gelöste organische Kohlenstoff steigt in den unteren Stockwerken an
- Es gibt eine Korrelation mit Bor. Versalzung erklärt nicht den Kohlenstoff, aber Braunkohlesande
- Möglicher Indikator für Deponieeinfluss

Ergebnisse - Fazit

Kein direkter Nachweis von Deponieeinfluss

- Kein Nachweis von Schwermetallen, LHKW, Pestiziden oder PAK
- **H3/95-F1** zeigt mehrere Auffälligkeiten: CSB 41 mg/L, DOC 7.5 mg/L, ^{13}C und ^2H relativ schwerer, Bor 2.4 mg/L, kein ^3H

Chemische Indikatoren

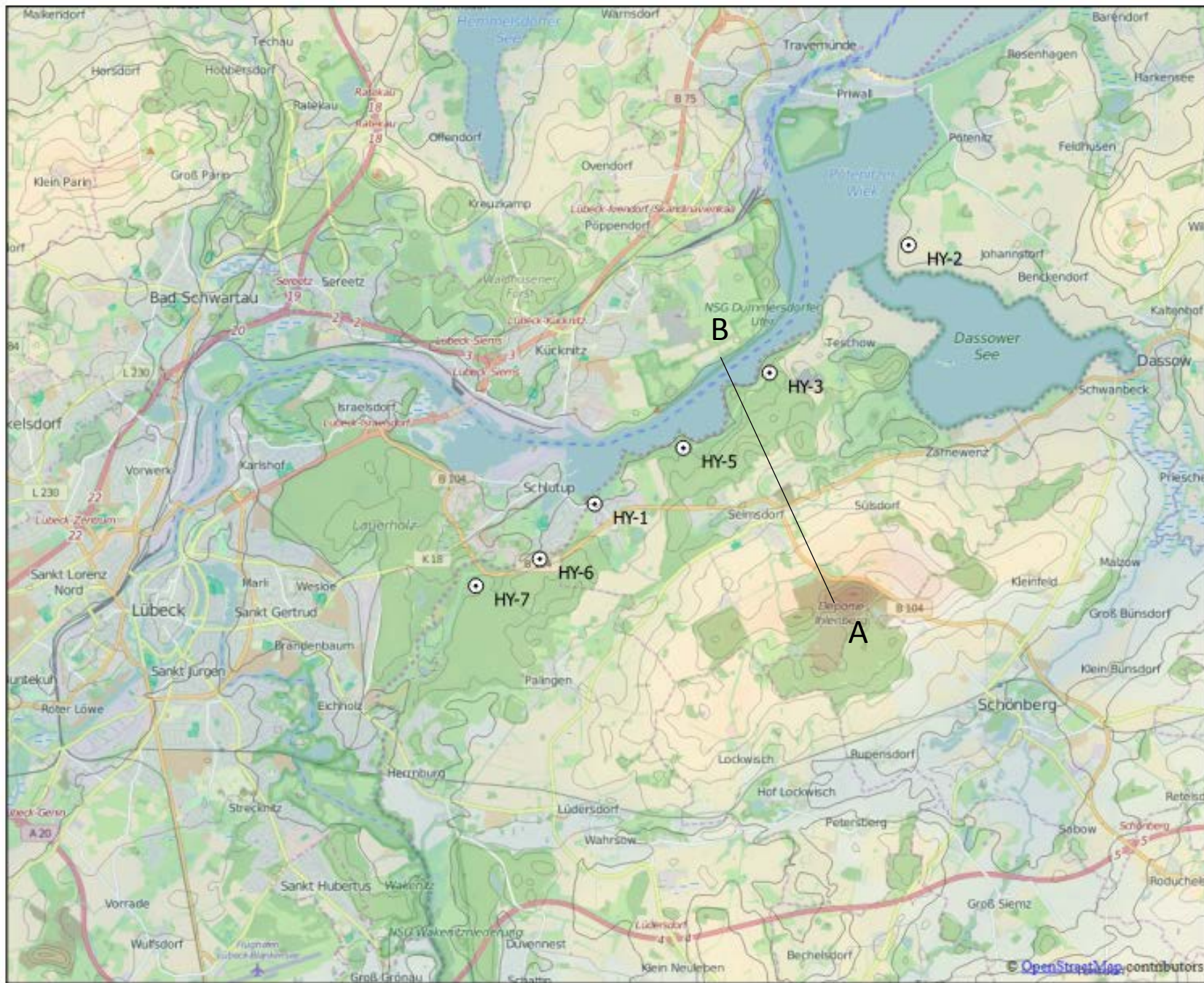
- Bor und DOC können Deponieeinfluss anzeigen, es gibt aber auch geochemische Quellen
- Überlagerung mit Versalzung und Braunkohlevorkommen in F1 – genaue Prüfung mit Na/Cl und Cl/Br

Altersbestimmung

- Gliederung nach Verweilzeiten: > 50 Jahren (F1), 50-25 Jahren (F2) und < 15 Jahren (F3+F4)
- Einfluss durch Deponie möglich in F1 (größtes Einzugsgebiet) und F2 (höhere Vulnerabilität)
- Tritium sehr guter Indikator, Vorkommen in der Deponie (4.600 T.U.) – Nachweis ab 0,6 T.U., Hintergrund 9.5 T.U.

Isotopenmethoden

- Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope zeigen leichte Trends – eindeutiger Einfluss ab $^{13}\text{C} = 0$
- Gute Indikatoren ^2H , ^{13}C – FCKW sind sehr empfindliche Indikatoren (10^{-12} bis 10^{-14})



Legende

— Höhenlinien

Höhenmodell

0

10

20

30

40

50

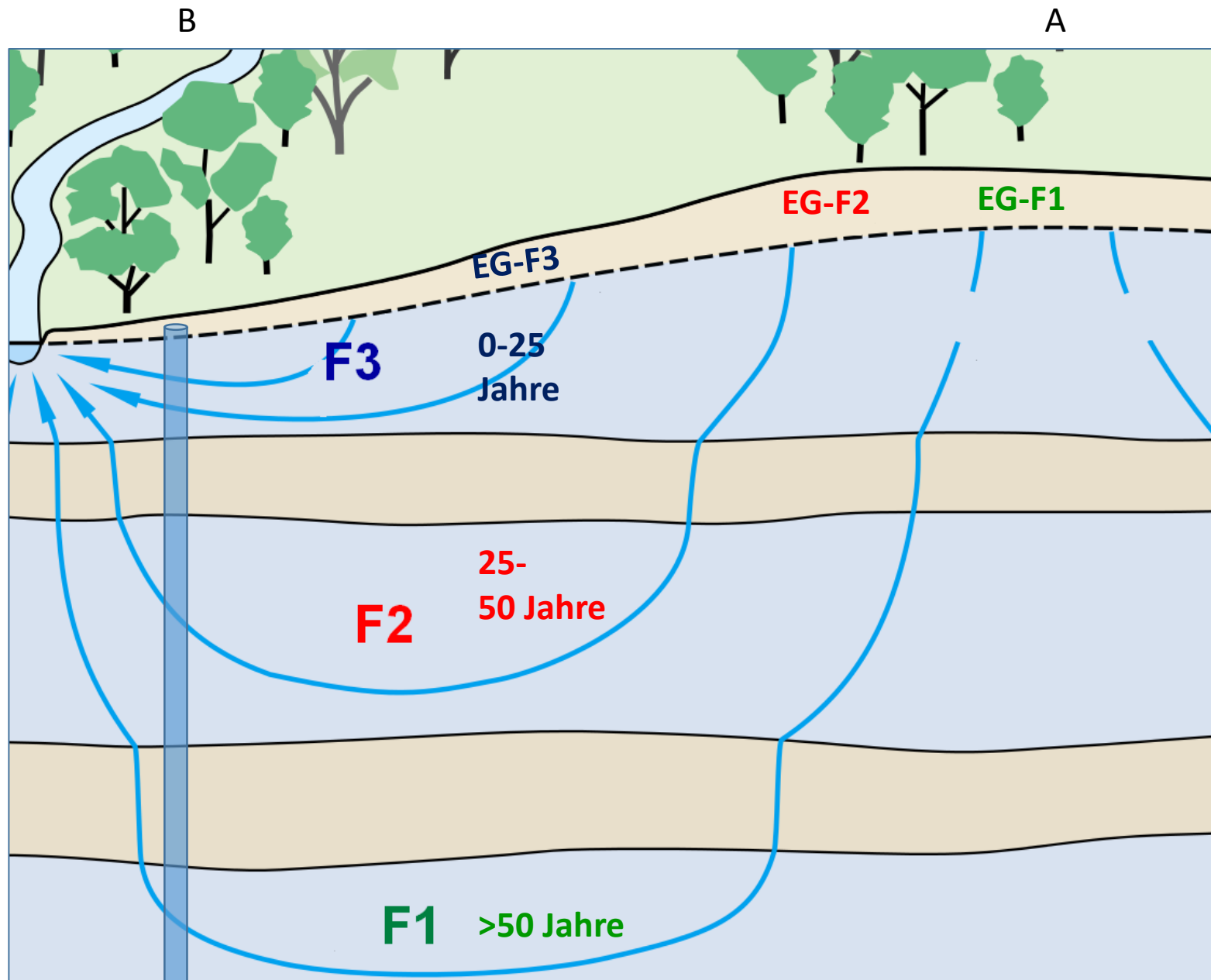
75

100 m. ü. NN

⊙ Brunnen

0 5 10 km





Ergebnisse:

- Die Filterstrecken spiegeln die nahen und entfernteren Neubildungsgebiete (EG) wider
- Auftreten ist daher zeitlich und räumlich eher in F2 und oder F3 zu erwarten
- Fließdauern sind nun bekannt, die von F1 ist noch nicht zeitlich begrenzt

Indikator für Deponiewässer	Substanzen	Löslichkeit, Menge	Verzögerung	Abbau		Indikator, Eignung
Gelöste Schwermetalle	Pb, Cd, As	gering	durch Sorption	kaum		gering
Komplexierte Schwermetalle	Hg	gering	je nach Komplex			gering
Gelöste sorbierbare organische Stoffe	Pestizide	gering	hoch	vorhanden		gering
Gelöste, mobile organische Stoffe, hohe Dichte	LHKW	gering	durch Absinken	vorhanden		gering
Leicht abbaubare organische Stoffe, geringe Dichte	Öle, Benzine, Alkohole	hoch	Aufschwimmen	hoch		gering
Schwer abbaubare, mobile org. Stoffe	FCKW	gering	gering	sehr gering		gut
Abbaubare anorganische Stoffe	Sulfat, Nitrat	hoch	gering	hoch		mittel
Schwer abbaubare, wenig mobile anorganische Stoffe	K	hoch	mittel	kein		nicht spezifisch
Schwer abbaubare, mobile anorganische Stoffe	Bor (Borat)	gut	keine	kein		gut / nicht eindeutig
Kohlenstoff-13 (unterliegt Prozessen)		gut	keine	Folgeprozesse		gut
Isotope, nicht abbaubar, mobil, Teil des Wassers	Tritium, Deuterium	sehr gut	keine	kein Abbau		Sehr gut

Empfehlungen

Weitere Beobachtung

- **Vorfeld von H3/95-F1** hinsichtlich CSB, DOC, ^{13}C und ^2H , Bor untersuchen

Chemische Indikatoren nutzen

- Bor und DOC als chemische Indikatoren, Deponiewasser zur Kontrolle

Altersbestimmung

- Tritium sehr guter Indikator, Vorkommen in der Deponie (4600 T.U.) –
- Daten zu Tritiumaktivitäten in Deponiewasser abfragen

Isotopenmethoden

- Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope sind gute Indikatoren ^2H , ^{13}C
- Test direkt an der Deponie