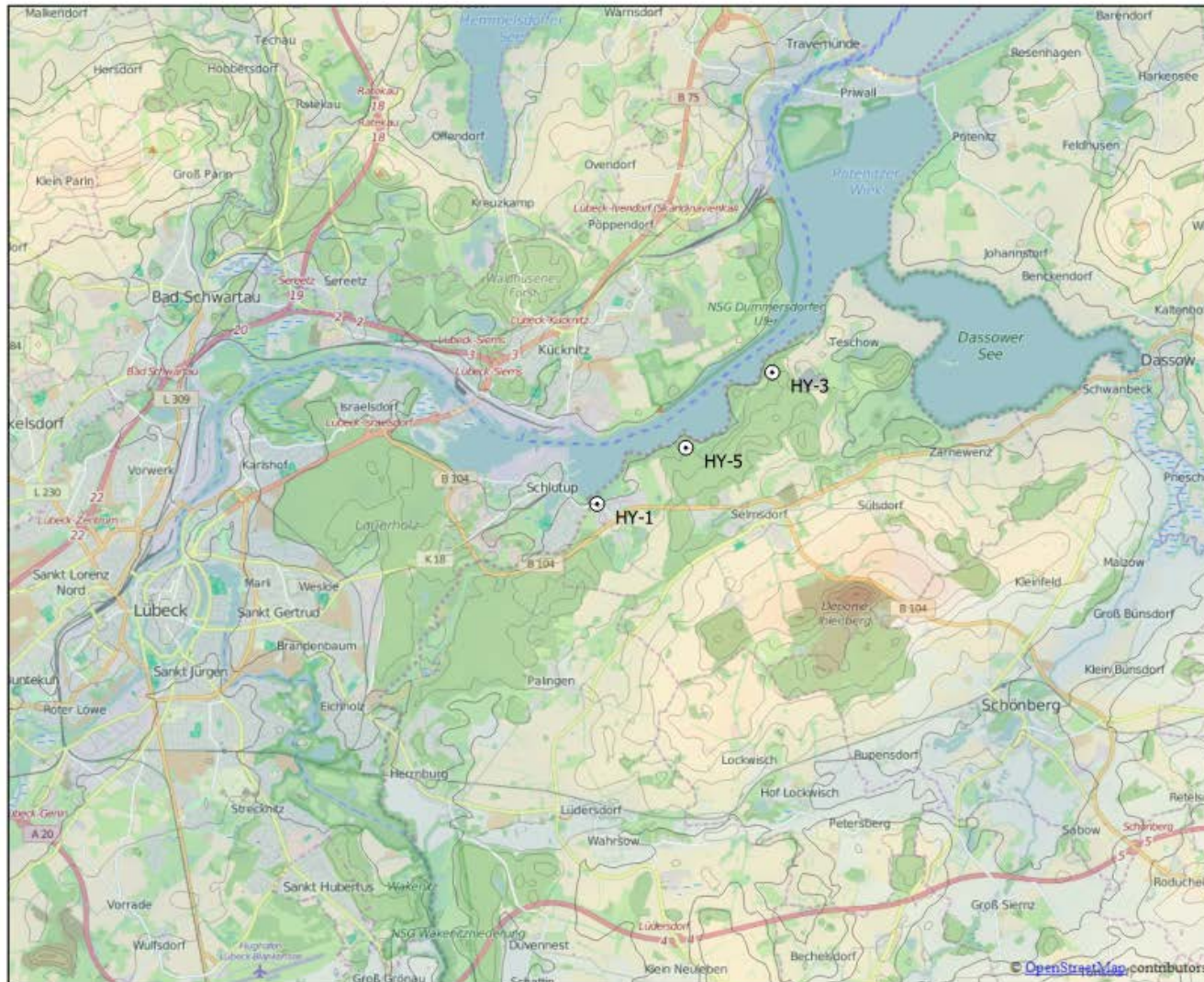


# Untersuchung des Grundwassers an der Landesgrenze

Grundwasseralter, Hydrochemie und  
Isotopenanalysen

*Im Auftrag der Stadt Lübeck*

Prof. Dr. Christoph Külls  
Labor für Hydrologie und Wasserwirtschaft



### Legende

- Höhenlinien
- Höhenmodell
- 0
- 10
- 20
- 30
- 40
- 50
- 75
- 100 m. ü. NN
- ⊙ Brunnen

0 5 10 km

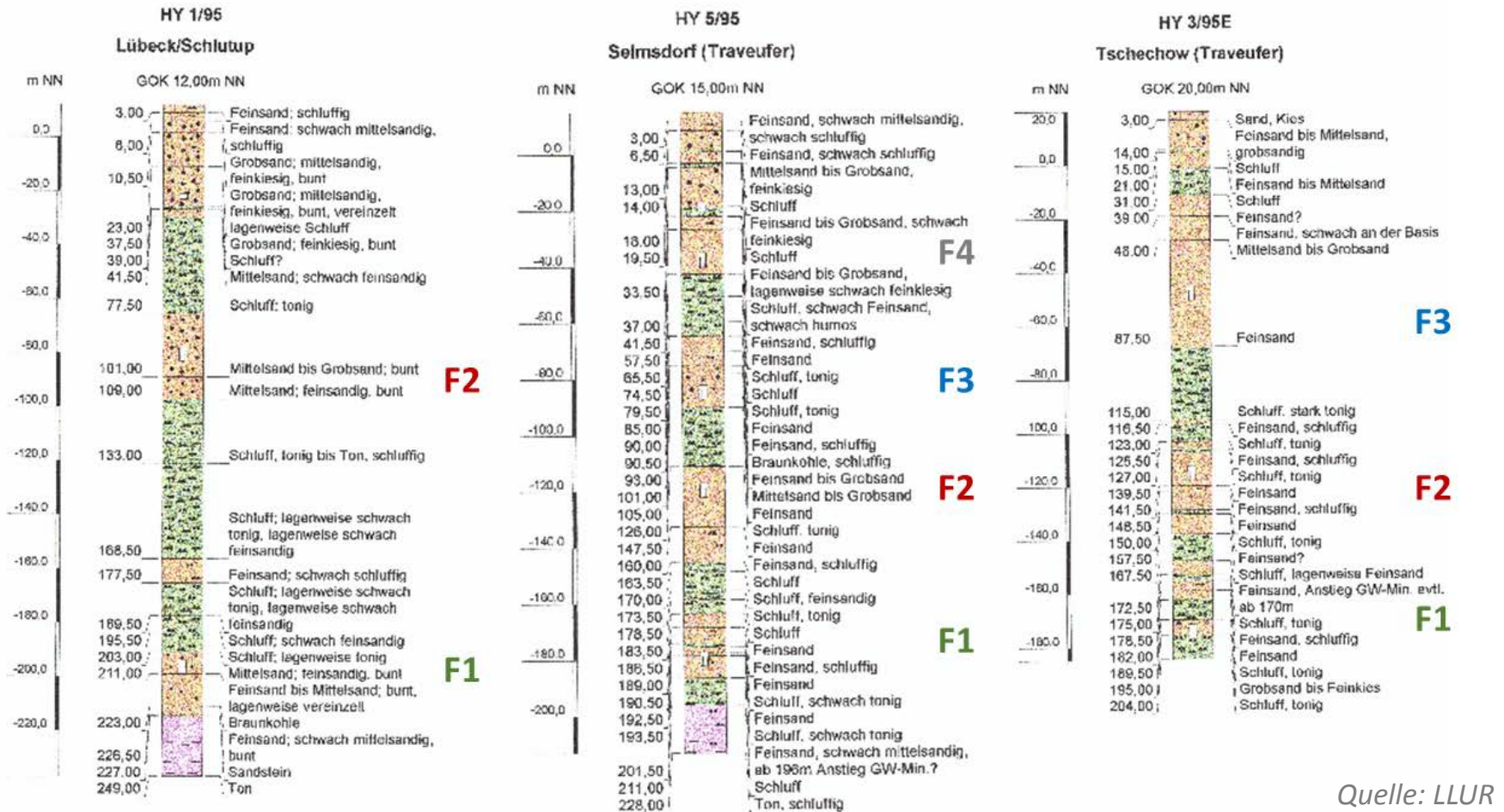




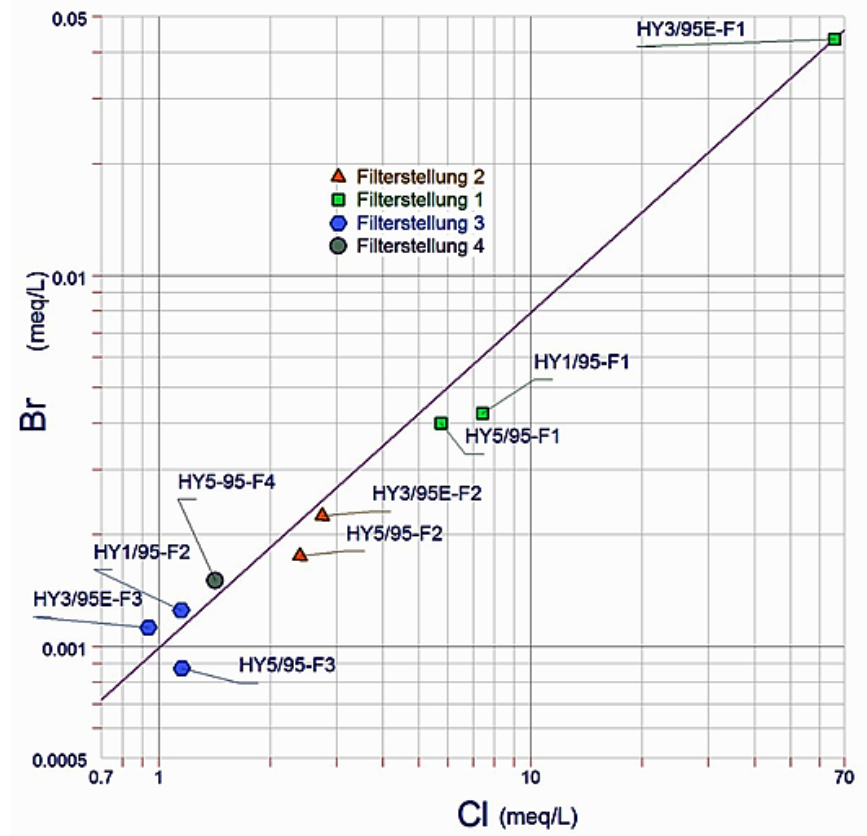
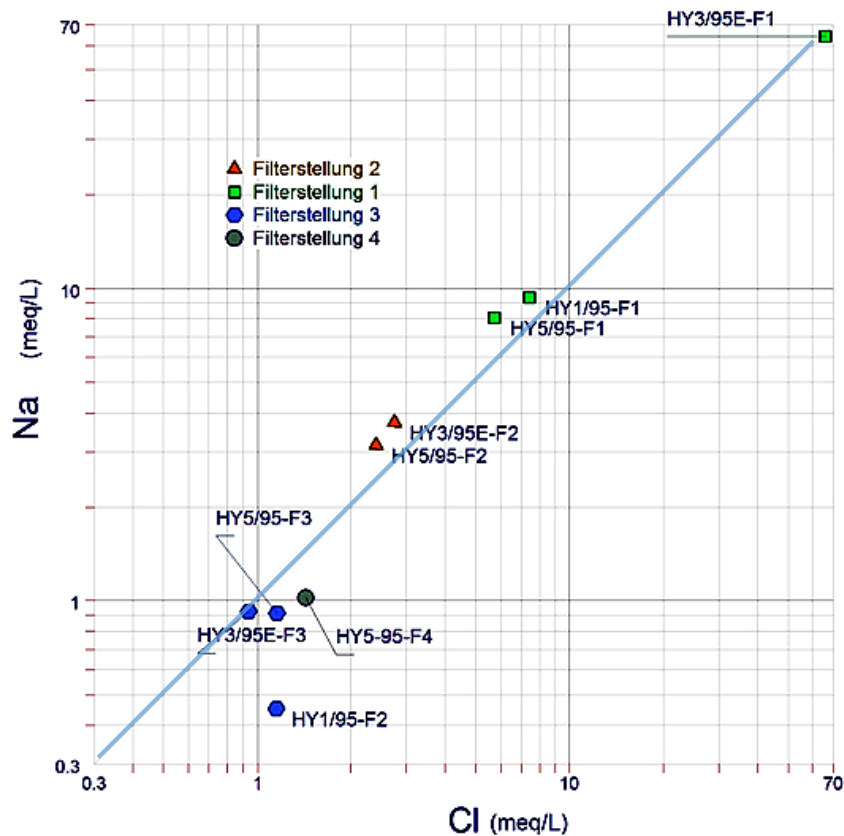
### Untersuchungsgebiet

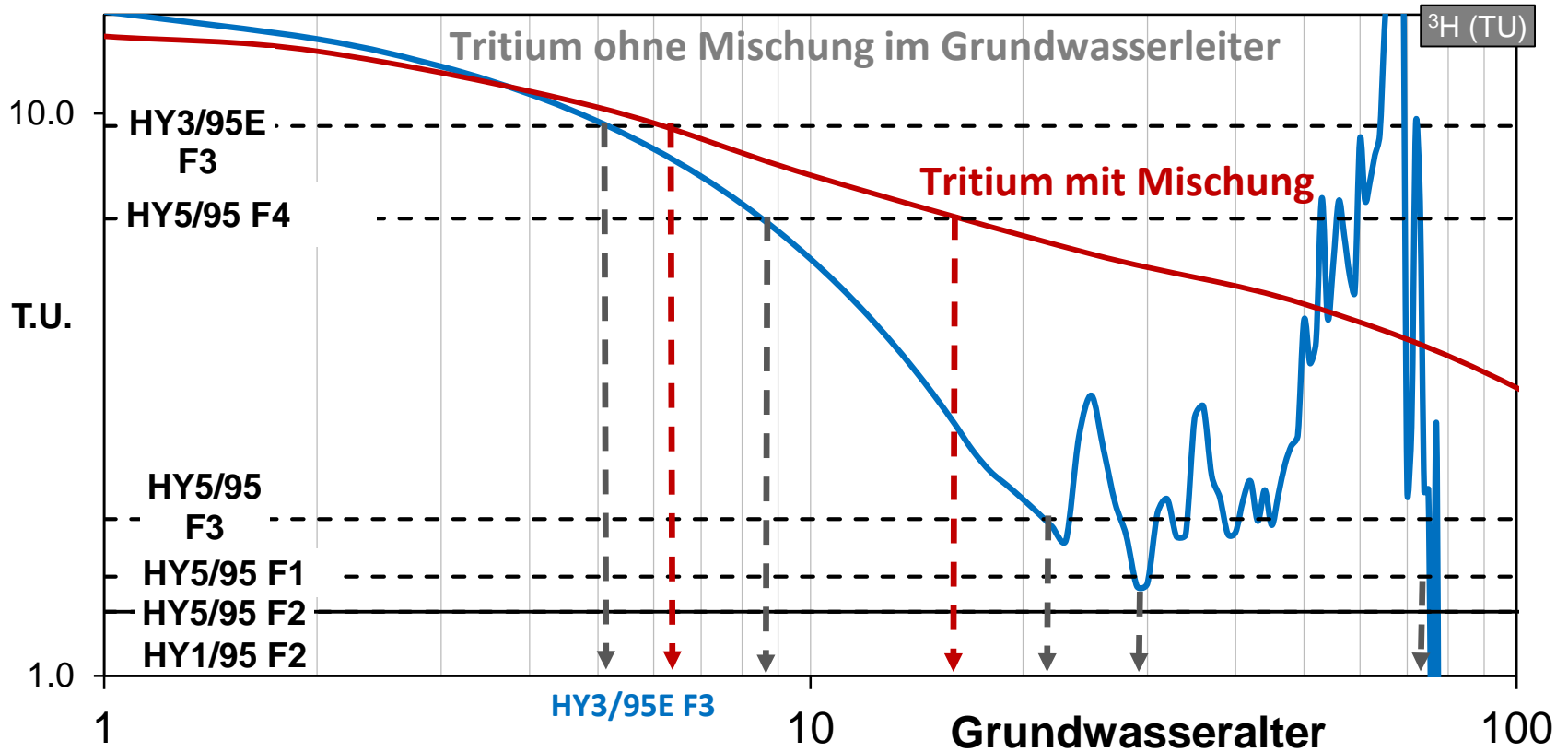
- Die hydraulische Verbindung zwischen der Deponie Ihlenberg Richtung Lübeck ist unsicher.
- Es gibt mehrere Stockwerke.
- Prüfung in mehreren Stockwerken

*LLUR Grundwassergleichenplan  
(Stichtag) für den Hauptwasserleiter  
unter der Deckschicht (DS)*



## Einfluss von gelaugtem Salz in den tiefen Stockwerken

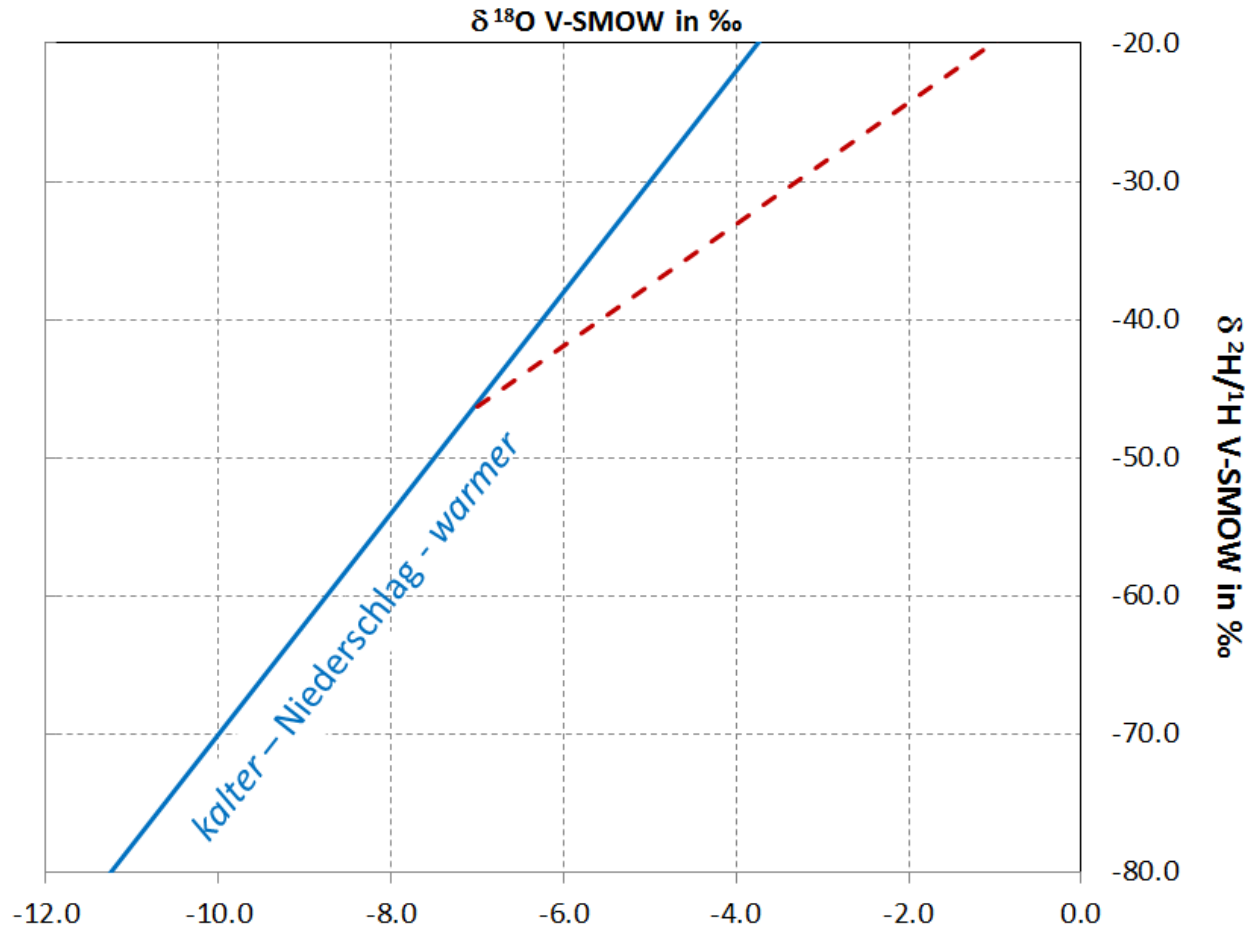




## Tritiumuntersuchung der Grundwässer an der Landesgrenze

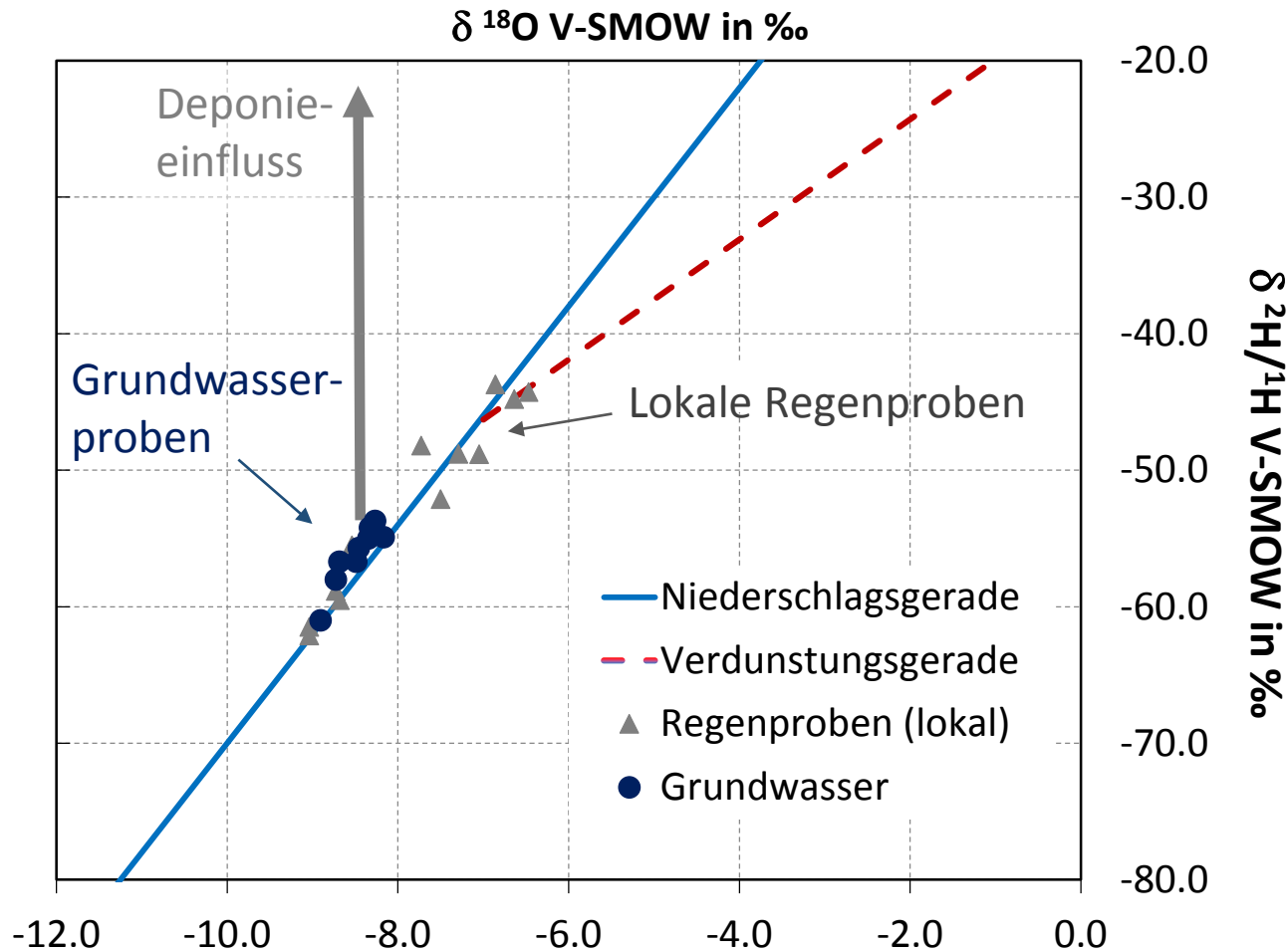
### Ergebnisse

- **Hohes Grundwasseralter (> 65 Jahre),  
Belastung würde verzögert  
und schleichend auftreten**  
HY1/95 F1  
HY3/95E F1  
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  
HY5/95  
F1+F2+F3
- **Hoher Umsatz – Deponiewässer schnell sichtbar,  
wahrscheinlich kleineres, nahes Einzugsgebiet**  
HY5/95 F4,  
HY3/95E F3



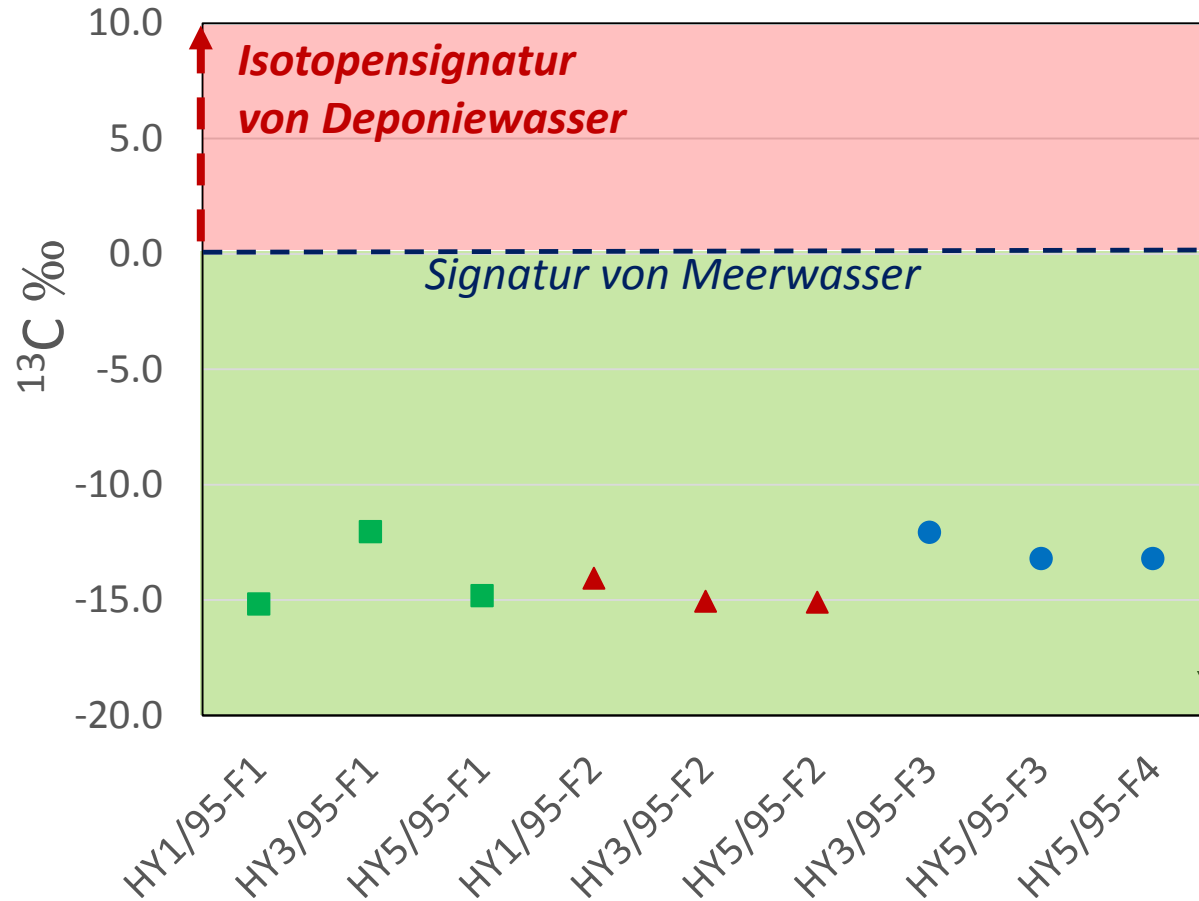
### Methode:

- In Deponien entsteht Wasserstoff und Schwefelwasserstoff
- Einfluss auf Isotopenwerte des Wassers
- Wasserstoffisotope werden schwerer (Werte werden größer)



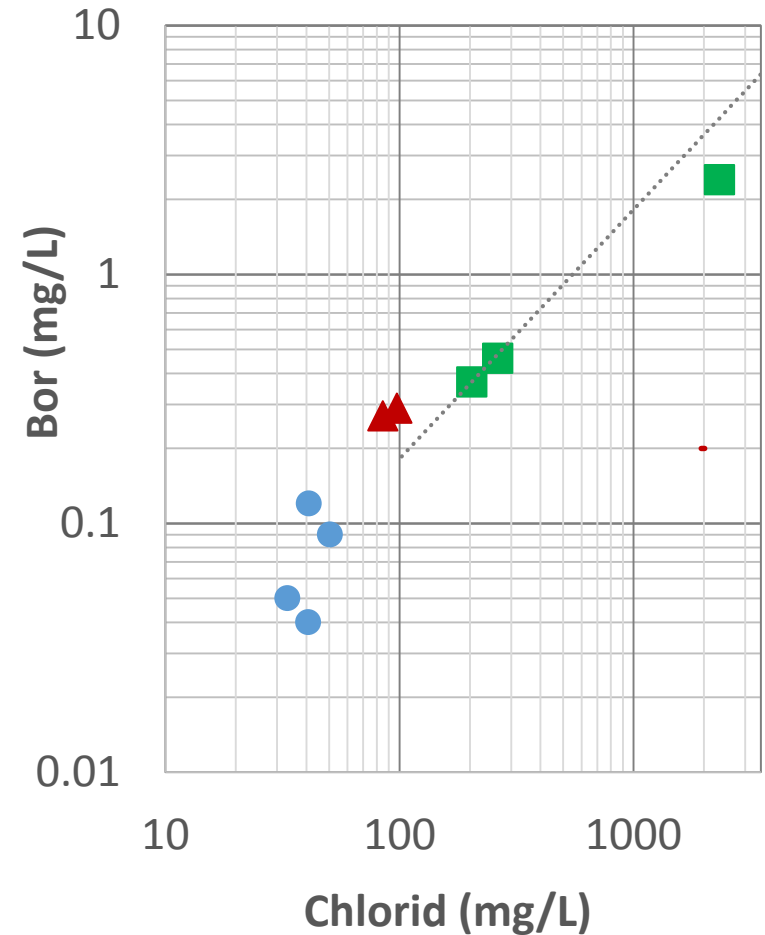
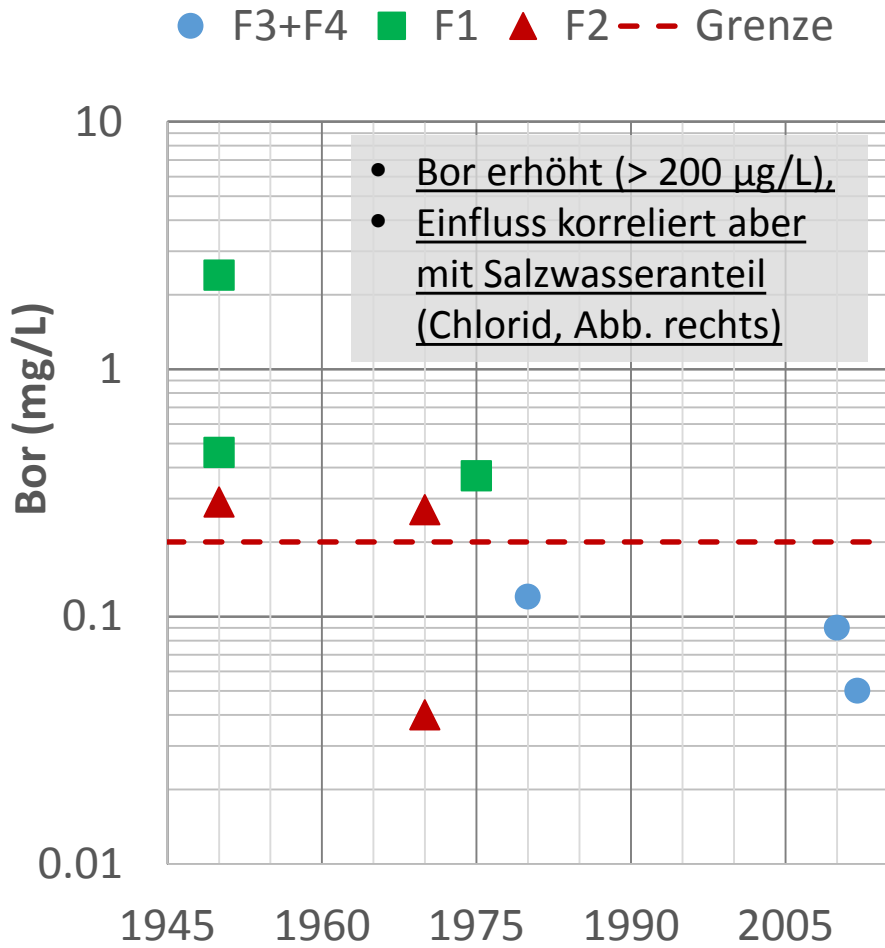
### Ergebnisse Isotope:

- Keine deutlichen Anzeichen von (Deponiewasser, grau)
- Proben liegen auf der Niederschlagsgerade (GMWL, blau)
- Kein Oberflächenwasser in den Brunnen (rote Linie)
- Homogene Beschaffenheit ähnliches Herkunftsgebiet



**Ergebnisse der Kohlenstoff-Isotope:**  
keine eindeutige Signatur von Deponiesickerwasser

**Isotopensignatur von natürlichen Quellen (Pflanzen & Böden)**



# Ergebnisse - Fazit

## Kein direkter Nachweis von Deponieeinfluss

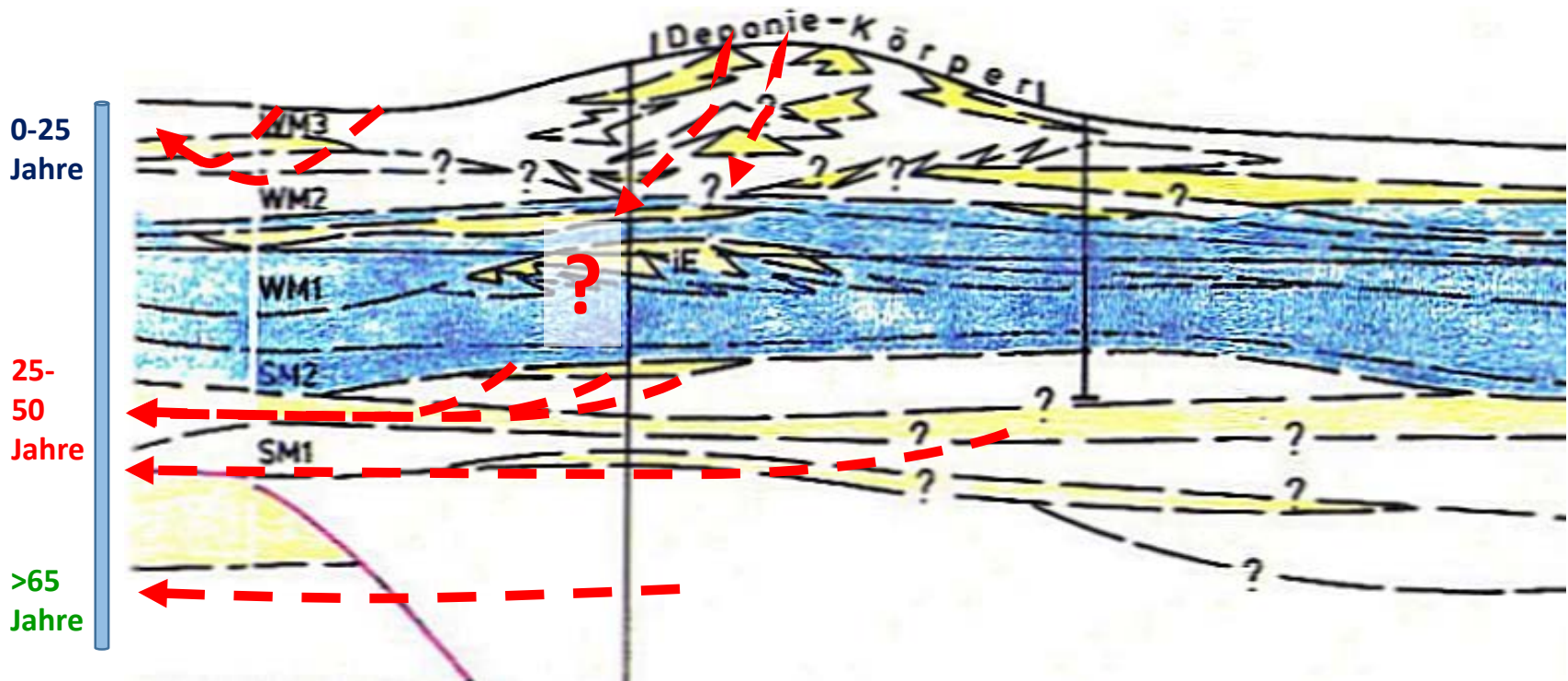
- Kein Nachweis von Schwermetallen, LHKW, Pestiziden oder PAK
- **H3/95-F1** zeigt mehrere Auffälligkeiten: CSB 41 mg/L, DOC 7.5 mg/L,  $^{13}\text{C}$  und  $^2\text{H}$  relativ schwerer, Bor 2.4 mg/L, **aber kein  $^3\text{H}$**

## Chemische Indikatoren

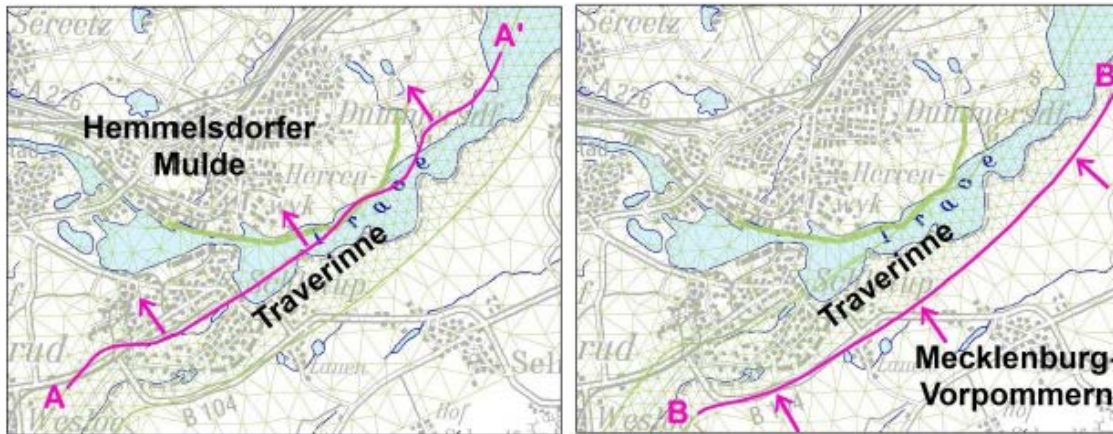
- Bor und DOC können Deponieeinfluss anzeigen, es gibt aber auch geochemische Quellen
- Überlagerung mit Versalzung und Braunkohle in F1 –Prüfung mit Na/Cl und Cl/Br

## Isotope und Altersbestimmung

- Gliederung nach Verweilzeiten: > 65 Jahren (F1), 65-15 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., Helium kann Monitoring hervorragend ergänzen (entsteht aus  $^3\text{H}$ )
- Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope sind gute Indikatoren



Rühberg (Schematischer geologisch-hydrogeologischer Schnitt 1:20.000)



## Ergebnisse:

- Zustrom macht ca. 4 % aus oder absolut ca. 200.000 m<sup>3</sup> pro Jahr
- Vermischung mit W-E Strom (Verdünnung)

| Szenario     | Q öffentliche Wasserversorg. | Q private Wasserversorg. | Q gesamt im Lübecker Becken | Rinnenausstrom nach S.-H. über Abschnitt A-A' | Rinneneinstrom aus M.-V. über Abschnitt B-B' | Differenz Ausstrom – Einstrom (=rinnenbürtiger Anteil) | Anteil des Rinnenausstroms an Q gesamt |
|--------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---|--|--|--|
|              | Millionen m <sup>3</sup> /a  |                          |                             |   |  |  | %                                      |
| Nullvariante |                              |                          | 0                           | 0,241   | 0,180  | 0,062  |  |
| 1917         |                              |                          | 6,7                         | 0,331   | 0,207  | 0,123  | 4,9%                                   |
| 1963         | 5,3                          | 6,1                      | 11,4                        | 0,521   | 0,266  | 0,255  | 4,6%                                   |
| 1971         | 8,8                          | 7,8                      | 16,6                        | 0,572   | 0,282  | 0,290  | 3,5%                                   |
| 1976         | 19,9                         | 8,8                      | 28,7                        | 0,948   | 0,397  | 0,551  | 3,3%                                   |
| 1980         | 18,5                         | 7,0                      | 25,5                        | 0,865   | 0,374  | 0,492  | 3,4%                                   |
| 1996         | 14,8                         | 1,9                      | 16,7                        | 0,542   | 0,275  | 0,267  | 3,3%                                   |
| 2004         | 12,8                         | 1,0                      | 13,8                        | 0,507   | 0,263  | 0,244  | 3,7%                                   |
| 2010         | 9,9                          | 1,0                      | 10,9                        | 0,426   | 0,239  | 0,187  | 3,9%                                   |

Quelle:  
Agster et al. (2014)

| Indikator für Deponiewässer                        | Substanzen                                  | Potentielle Toxizität | Verzögerung     | Abbau         | Indikator, Eignung    |
|--|---|-----------------------|-----------------|---------------|-----------------------|
| Gelöste Schwermetalle                              | Pb, Cd, As                                  | hoch                  | durch Sorption  | kein Abbau    | gering                |
| Komplexierte Schwermetalle                         | Hg  | hoch                  | je nach Komplex | kein Abbau    | gering                |
| Gelöste sorbierbare organische Stoffe              | Pestizide                                   | hoch                  | hoch            | vorhanden     | gering, da abbaubar   |
| Leicht abbaubare organische Stoffe, geringe Dichte | Öle, Benzine, Alkohole                      | mittel                | Aufschwimmen    | hoch          | gering, da abbaubar   |
| Abbaubare anorganische Stoffe                      | Sulfat, Nitrat                              | gering                | gering          | hoch          | gering                |
| Schwer abbaubare, wenig mobile anorganische Stoffe | K   | mittel                | mittel          | kein Abbau    | nicht spezifisch      |
| Schwer abbaubare, mobile anorganische Stoffe       | Bor (Borat)                                 | gering                | keine           | kein          | gut / nicht eindeutig |
| Schwer abbaubare, mobile org. Stoffe               | FCKW (Gas)                                  | gering                | gering          | gering        | nicht eindeutig       |
| Gelöste, mobile organische Stoffe, hohe Dichte     | LHKW  | hoch                  | durch Absinken  | gering        | gering, da schädlich  |
| Kohlenstoff-13 (unterliegt Prozessen)              | <sup>13</sup> C, <sup>13</sup> C-Schadstoff | keine                 | keine           | Folgeprozesse | gut                   |
| Isotope, nicht abbaubar, mobil, Teil des Wassers   | Tritium, Deuterium                          | über 1000 T.U./keine  | keine           | kein Abbau    | sehr gut              |

Eignung als Indikator



***Geschwindigkeit der hydrochemischen Komponenten des Sickerwassers***

# Empfehlungen

## Weitere Beobachtung

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

## Chemische Indikatoren nutzen

- Bor und DOC als chemische Indikatoren, Deponiewasser zur Kontrolle

## Altersbestimmung

- Tritium sehr guter Indikator, Vorkommen in der Deponie (3.400 bis 4600 T.U.) – bis 15 T.U. eindeutiger Nachweis – selbst bei Abbau noch Nachweis von < 4 % Deponiesickerwasser möglich
- Daten zu Tritiumaktivitäten in Deponiewasser bestätigen, Transportberechnung

## Isotopenmethoden

- Wasserstoff- und Kohlenstoffisotope sind gute Indikatoren  $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , Daten an der Deponie