

# In-situ chemische Oxidation

Planung – Genehmigung – Umsetzung



**Tauw**

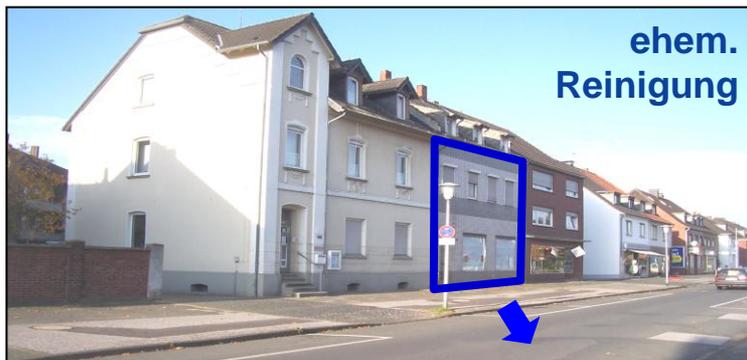
# Vorbetrachtung

- ISCO ist in der Sanierungspraxis international etabliert und erprobt.
- Die Praxis zeigt aber auch ein Spannungsfeld – je nach Perspektive – zwischen massiven grundsätzlichen Bedenken einerseits und nicht ausreichend kritischer Diskussion andererseits.
- Anforderungen an die Planung, Genehmigung und Umsetzung einer Quellensanierung mit ISCO sind in hohem Maße standortabhängig.
  - Untergrundbedingungen
    - geohydraulisch
    - geochemisch
  - Nutzungs- und Bebauungssituation
  - Schadstoffinventar
  - Gefährdung von Rezeptoren



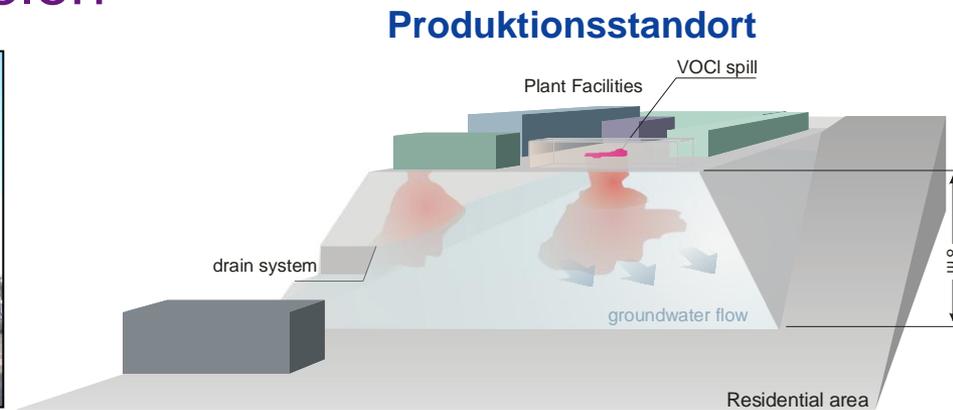
# Fallbeispiele

- Aspekte der Planung, Genehmigung und Umsetzung anhand von 2 Fallbeispielen



Grundwasserabfluss

- Kamp-Lintford, NRW, Deutschland
- ehem. chem. Reinigung (LCKW)
- Mischnutzung
- Sandiger Grundwasserleiter



- Anonym, SP, Brasilien
- Aktiver Produktionsstandort der Nahrungsmittelindustrie
- LCKW
- Heterogener Untergrund: Sand-, Schluff-, Tonwechsellagerungen



- Konzeptionelles Standortmodell
  - Primärquellen, Sekundärquellen, Ausbreitungspfade, Rezeptoren, Risiken, Randbedingungen für die technische Planung
- Auswahl des Oxidationsmittels
- Dimensionierung, Schadstoffumsetzung und Nebenproduktbildung



# Aufbau des Untergrunds

## Makroskopisch

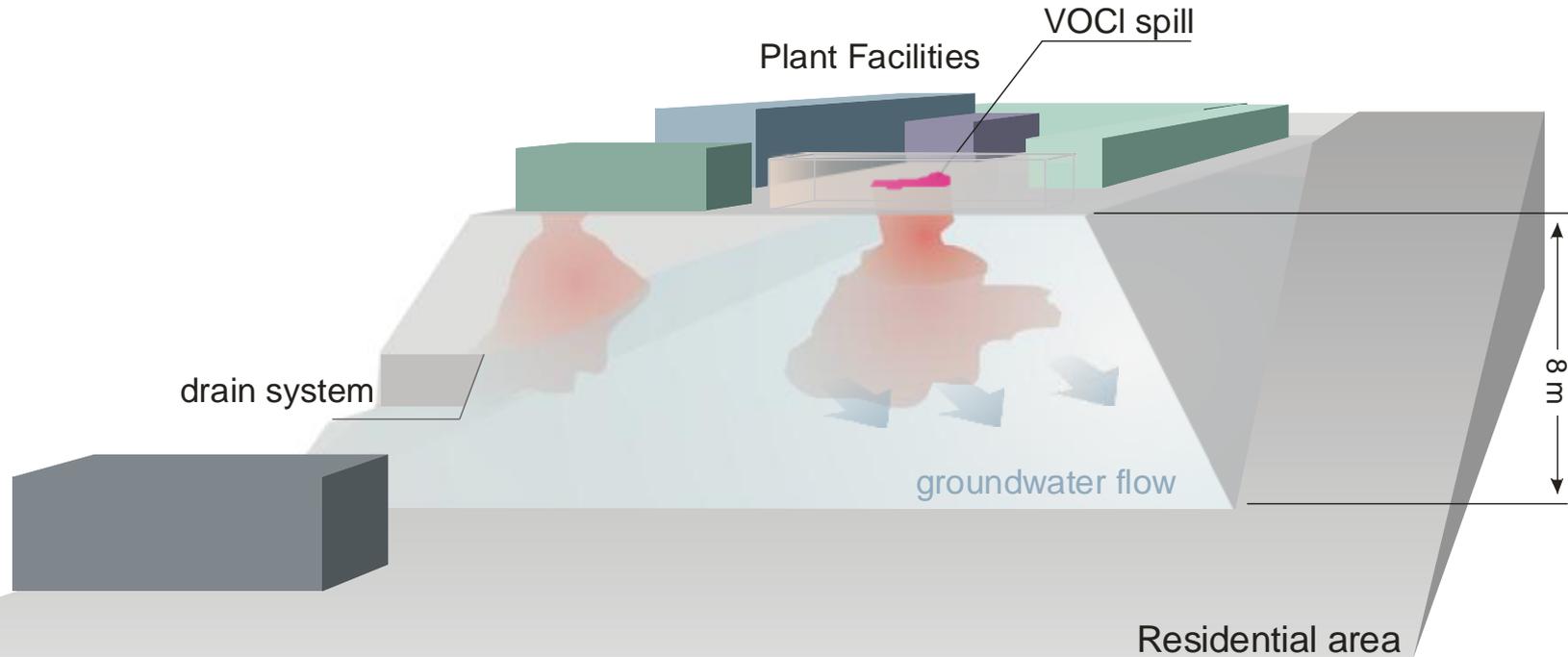
- Grundwasserleiter,
- Drainage-Leitungen und Hohlräume (→ präferentielle Fließwege für die injizierte Lösung)
- Fundamente (→ Materialkompatibilität!)]
- Schadstoffsituation im weiteren Sinne

## Mikroskopisch

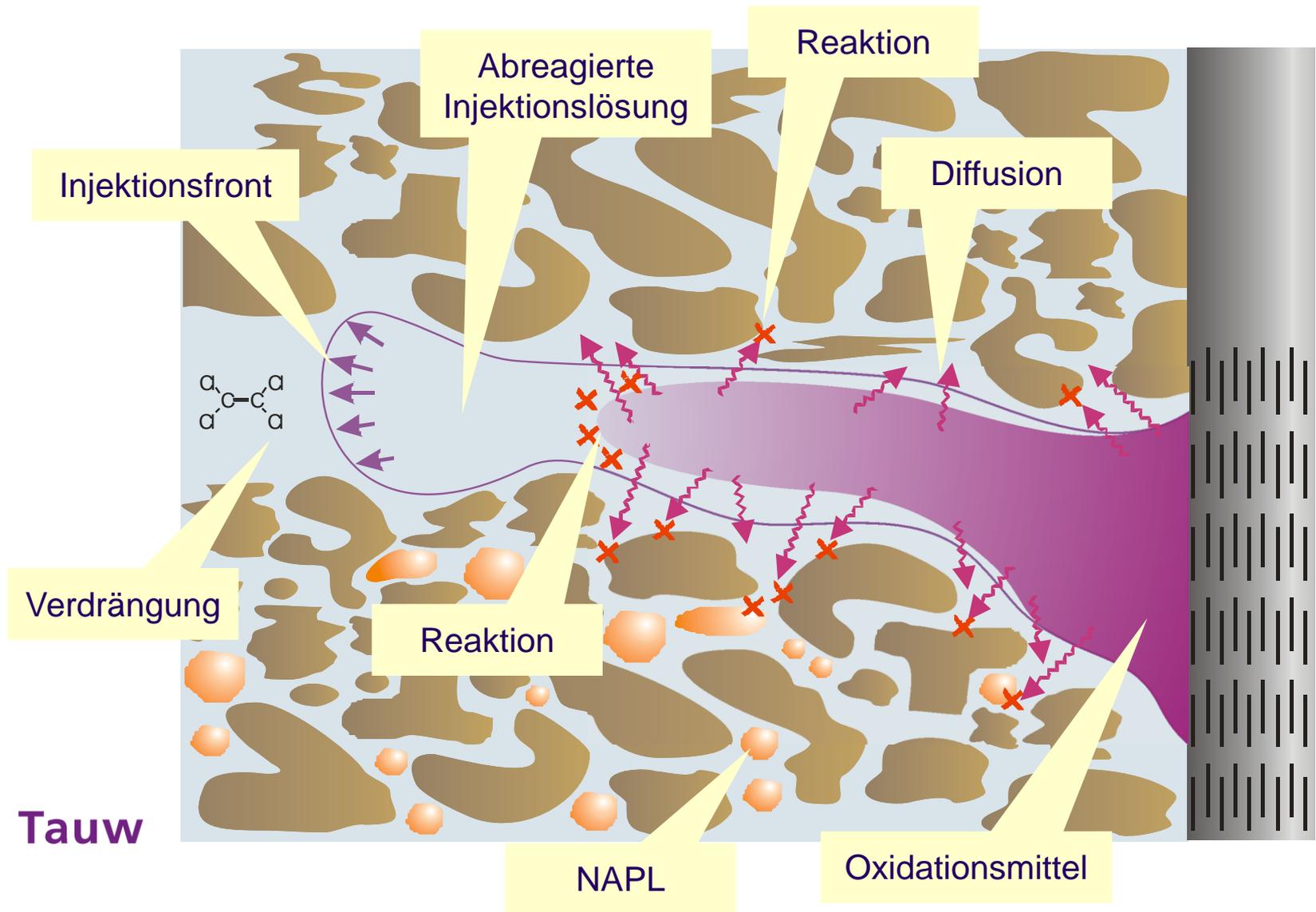
- Heterogenität des Untergrunds



# Aufbau des Untergrunds (makroskopisch)

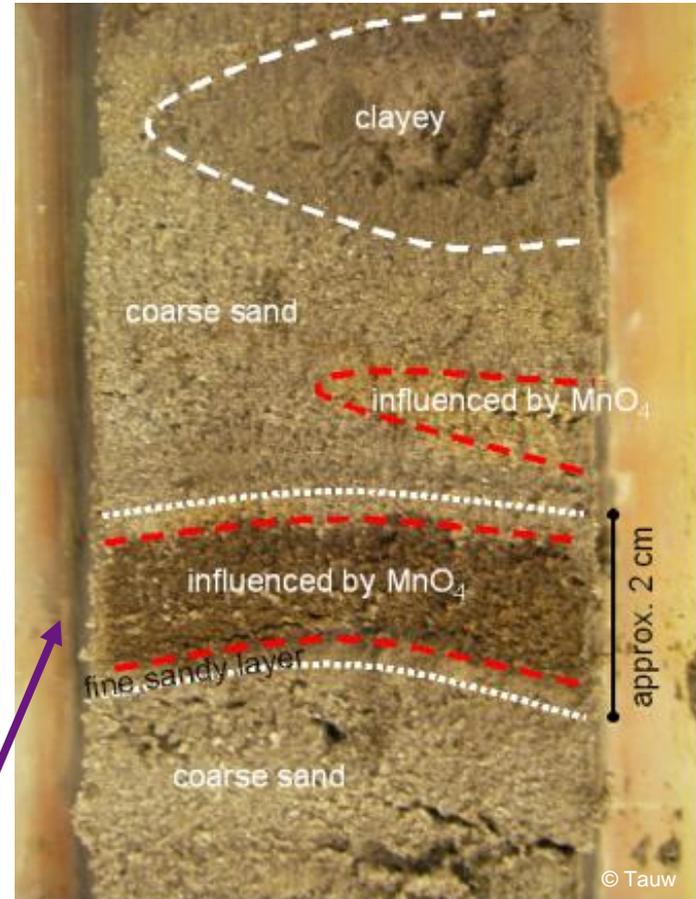
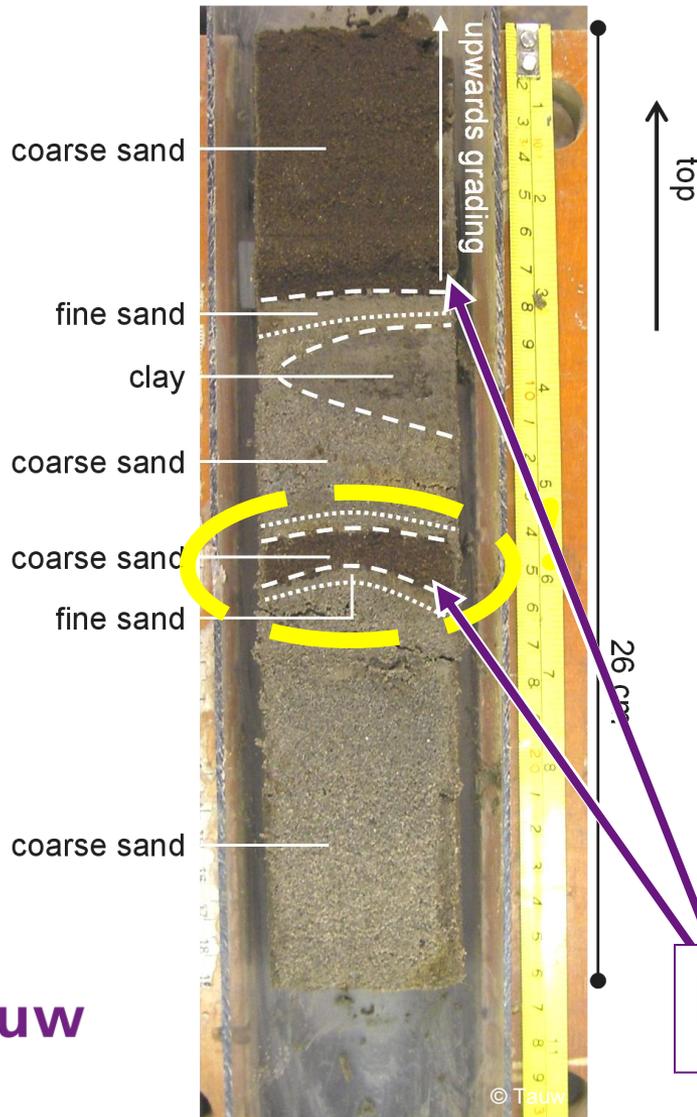


# Aufbau des Untergrunds (mikroskopisch)



Tauw

# Aufbau des Untergrunds



$MnO_2(s)$ -Bildung



Tauw

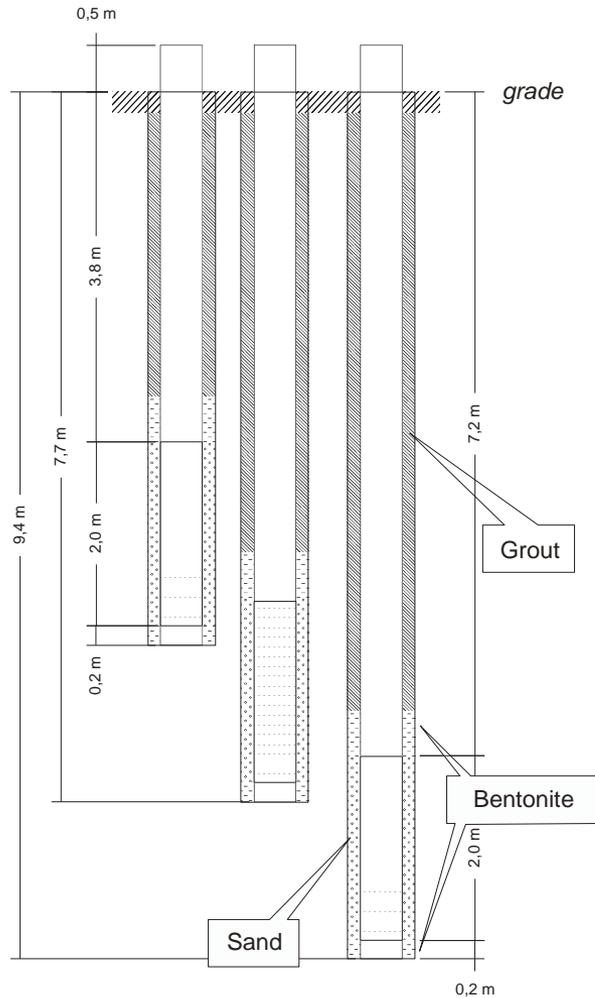
# Technische Planung: Infiltrationsszenario Kamp-Lintford



- Gut durchlässiger relativ homogener Untergrund ( $k_f \sim 1 \text{ E-04 ms}^{-1}$ ).
- Einleitung von verdünnter Natriumpermanganatlösung in freiem Zulauf.
- 2,25 t  $\text{NaMnO}_4$  in 3 Infiltrationszyklen über jeweils 3 Pegel.



# Technische Planung: Infiltrationsszenario Sao Paulo



- Geringe Durchlässigkeit ( $k_f \sim 1 \text{ E-07 ms}^{-1}$ ).
- 12 Pegelnester mit je 3 Filtern
- Infiltrationsdruck 3 m Wassersäule
- Infiltrationsrate ca. 50 L/h je Filter
- 6 Infiltrationskampagnen je 1 - 2 Wochen über >1 Jahr

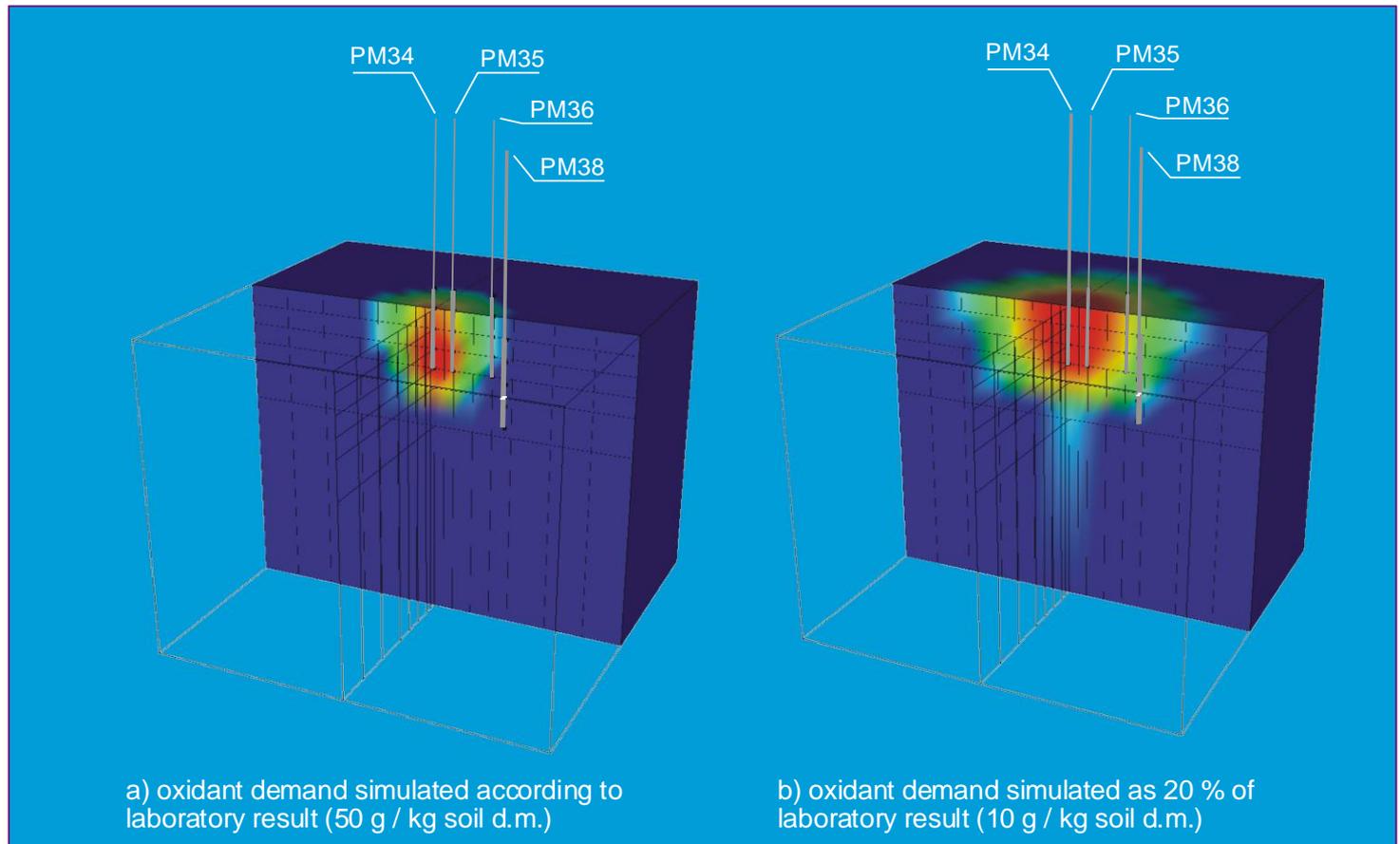
Tauw



# Dimensionierung Permanganat-Infiltration

Numerische Simulation (PHAST) der Permanganat-Injektion basierend auf Daten aus Labor- und Pilotversuchen.

→ Permanganat-Konzentration von  $\geq 15\%$  erforderlich.



# Wahl des Oxidationsmittels

## Reaktivität

→ Eignung für Zielsubstanz?

## Stabilität

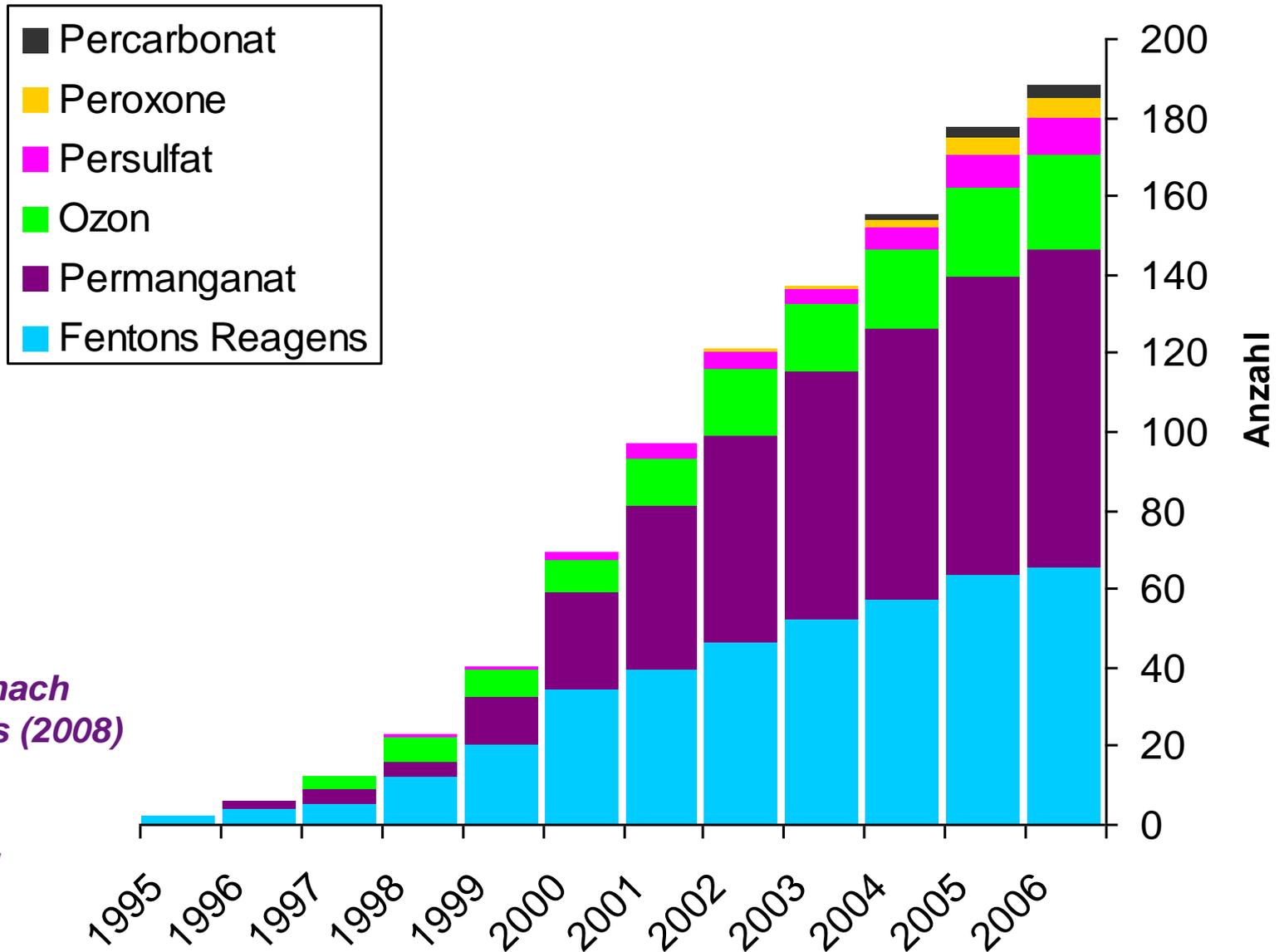
→ Ausreichende Verweilzeit für Reaktion mit Zielsubstanz in geringer durchlässigen Bereichen oder Residualphase?

## Selektivität

→ Bevorzugte Reaktion mit Zielsubstanz oder Matrix?



# Feldanwendungen ISCO 1995 -2006

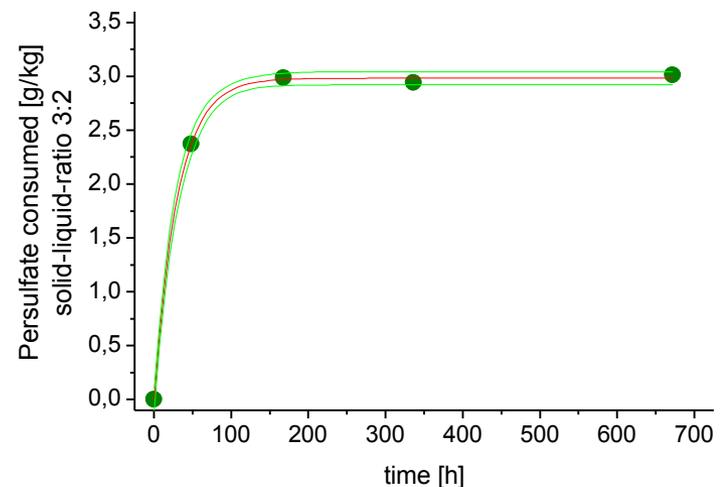
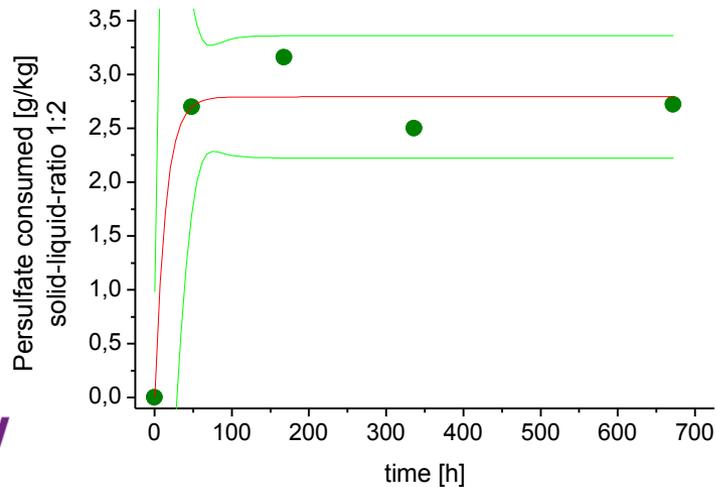
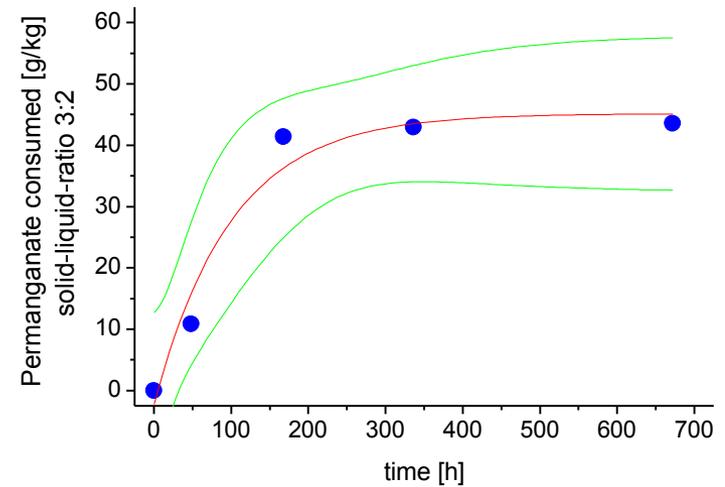
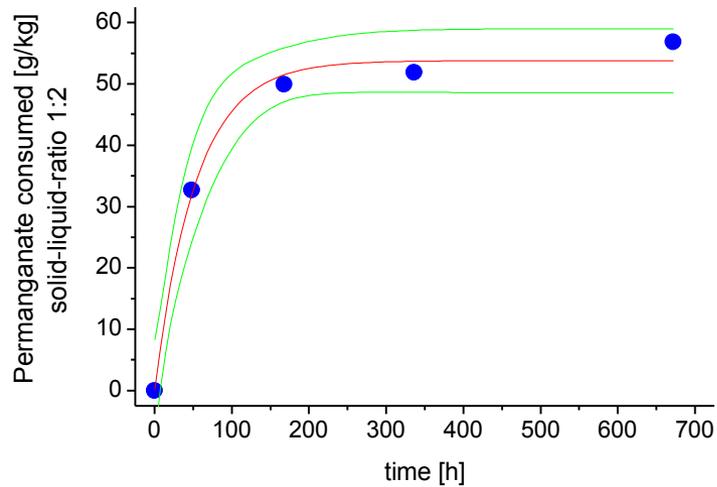


Daten nach  
Krembs (2008)

Tauw

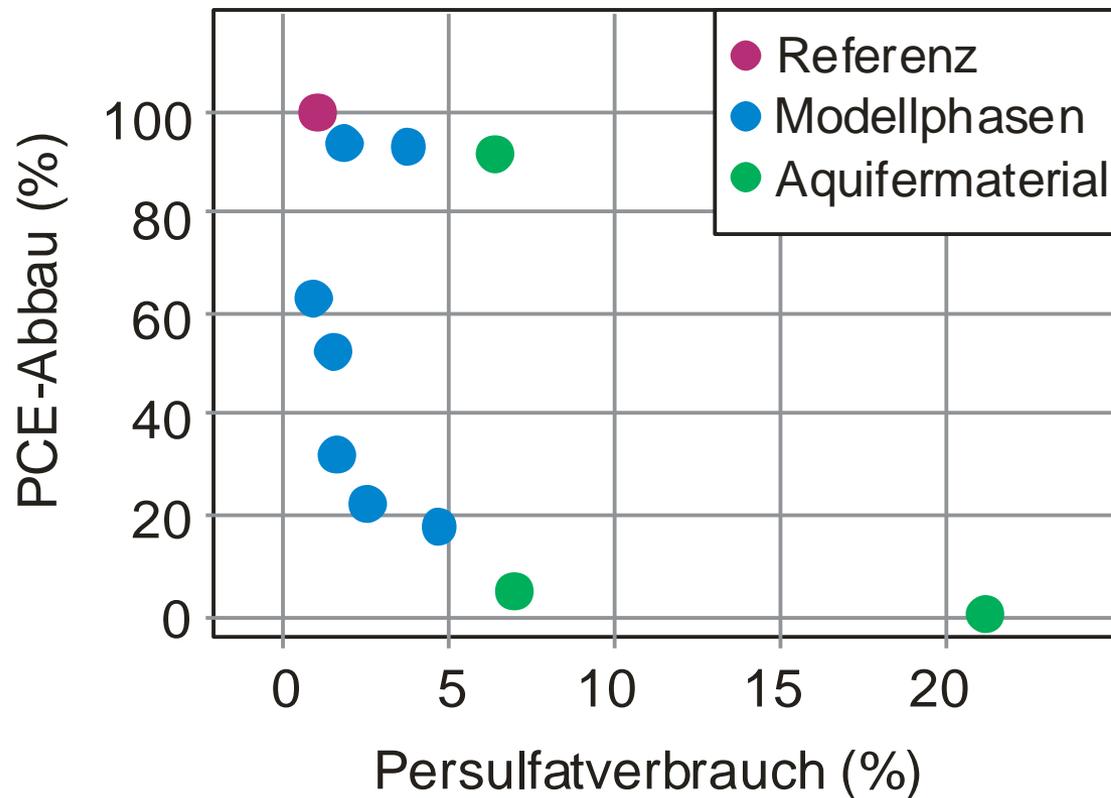


# Batch-Versuch zu NOD-Bestimmung Permanganate und Persulfat

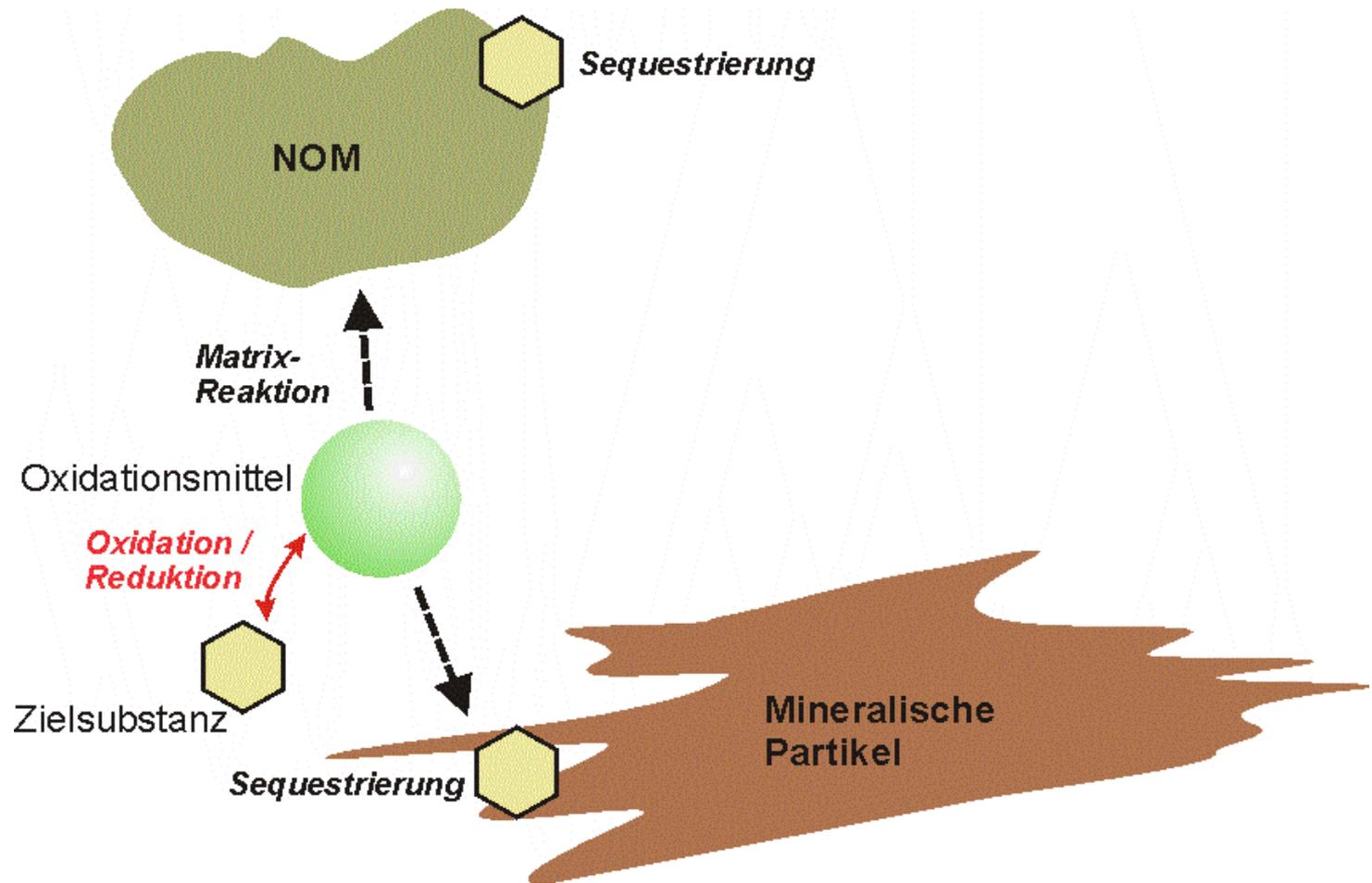


# Reaktivität: Einfluss der Aquifer-Matrix auf die Oxidation der Zielsubstanz

- Laborversuche (Batch): Bestimmung NOD + Zielsubstanz
- Beispiel: Thermisch aktiviertes Persulfat.



# Matrix und Selektivität

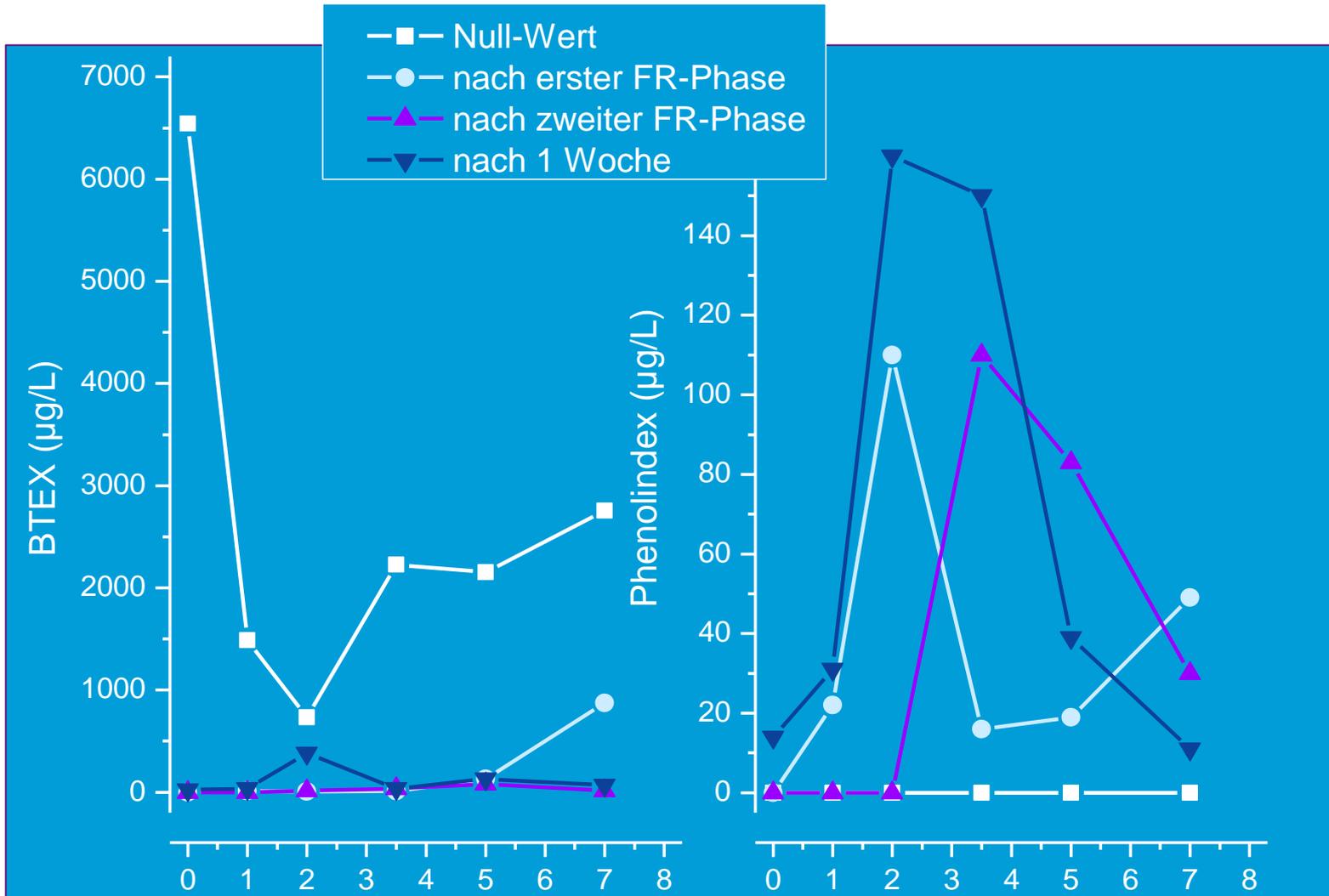


# Genehmigung

- Genehmigungsfähigkeit (in Deutschland) grundsätzlich gegeben.
- Keine Verschlechterung durch Bildung stärker toxischer Nebenprodukte.
- Keine Beeinträchtigung von Rezeptoren (ggf. Sicherungssysteme).
- Arbeitsschutzaspekte!



# Nebenprodukte - Beispiel Hydroxylierung von Benzen durch Fentons Reagenz

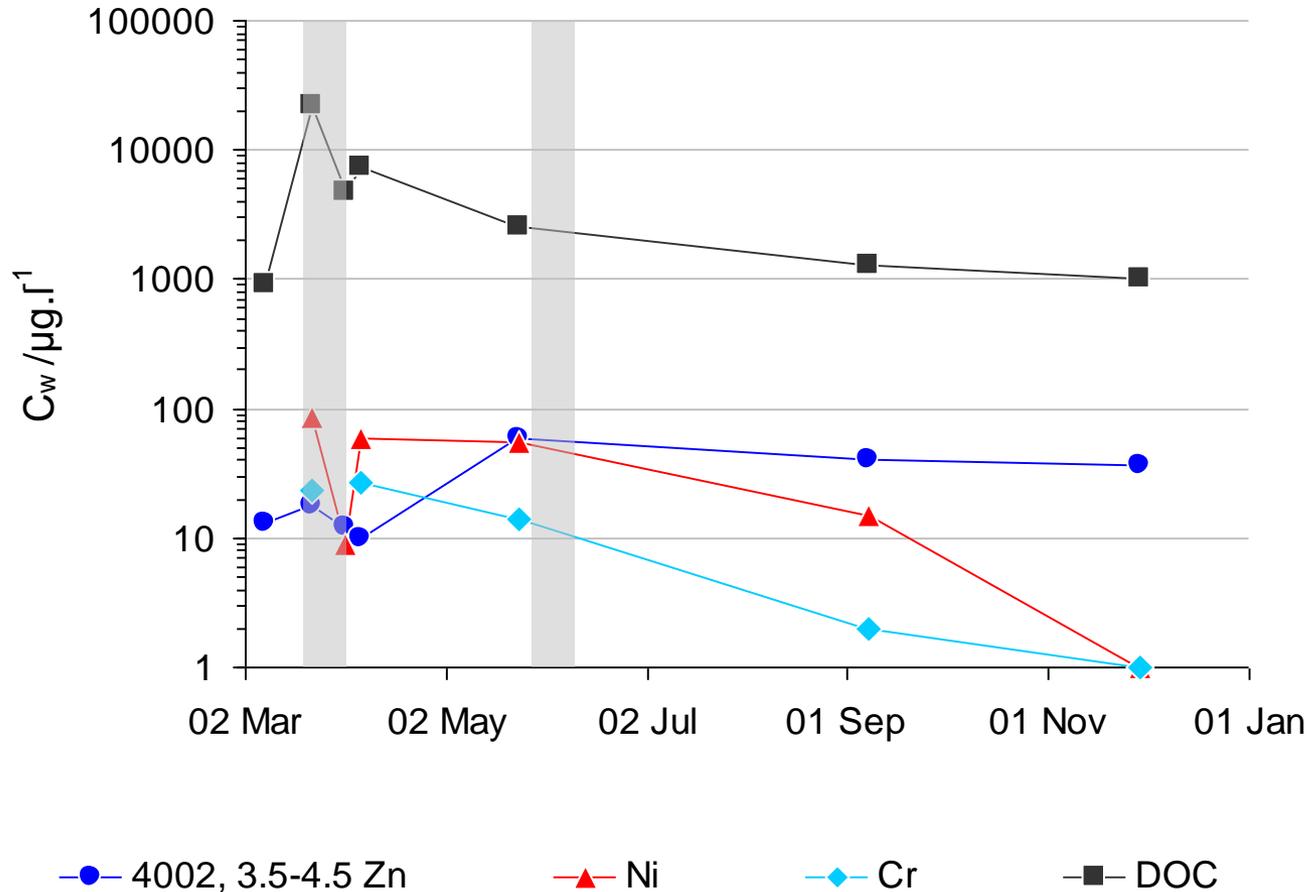


# Nebenprodukte - Anstieg DOC-Konzentration und Lösungsvermittlung

- Injektion Fentons Reagenz / Permanganat
  - Anstieg DOC-Konzentrationen um 1 bis 2 Größenordnungen im unmittelbaren Umfeld der Injektionspunkte
  - Teilweise Konzentrationsanstieg (a) Schwermetalle bzw. (2) organischen Schadstoffen (z.B. DCE im Umfeld eines PCE-Schadens).
- Zumindest die Freisetzung organischer Schadstoffe ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf lösungsvermittelnde Eigenschaften der DOC-Parameter zurückzuführen

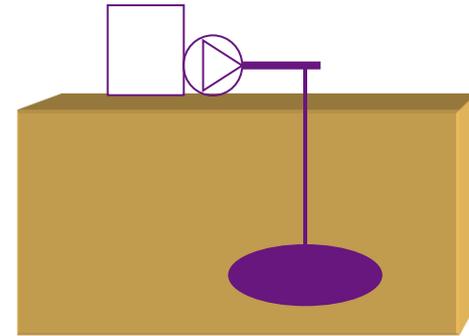
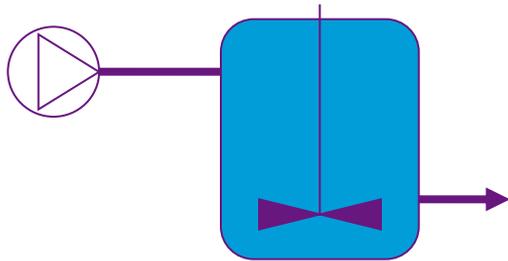


# Nebenprodukte - DOC-Anstieg und Mobilisierung von Metallen



# Nebenproduktbildung

- **Die Steuerung der Prozesse im Untergrund ist nur bedingt möglich!**



- Die Effekte sind in der Regel geringfügig im Vergleich zur Ausgangsbelastung (Menge, Reichweite)
- Eine Bewertung ist vorab im Rahmen der Planung erforderlich.
- Ggf. sind ein maßnahmebegleitendes Monitoring und evtl. vorsorglich auch eine Sicherung vorzusehen.



# Schlussbetrachtung

- In beiden Fallbeispielen wurden die Sanierungsziele erreicht.
- Eine standortspezifische, sorgfältige Planung war Grundvoraussetzung.
- Eine Verallgemeinerung ist generell nicht möglich.



# Ausblick Österreich

- Große Bedeutung sehr gut durchlässiger, kalkreicher Kiesgrundwasserleiter.
  - Vorteil: zügige Einbringung großer Mengen von Oxidationsmittel mit (relativ) geringem technischen Aufwand.
  - Problematik: schneller Abtransport des infiltrierten Oxidationsmittels verbunden mit geringen Kontaktzeiten Oxidationsmittel ↔ Zielsubstanz
  - Kalkreiche Matrix kann mit dem Oxidationsmittel wechselwirken.
- Bisher keine Erfahrungswerte ...

