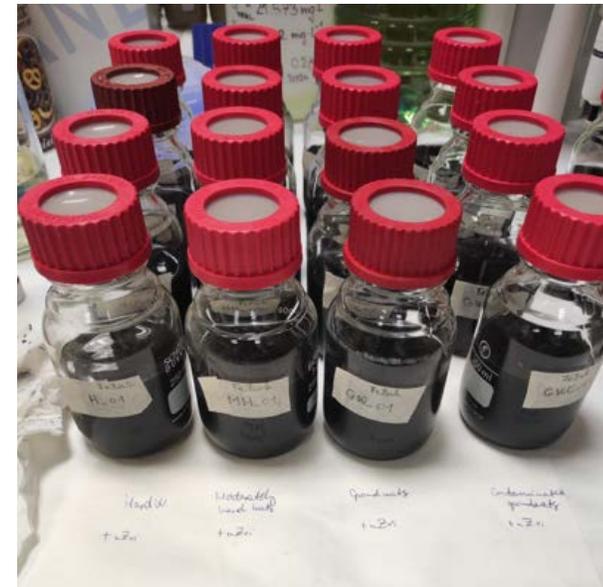


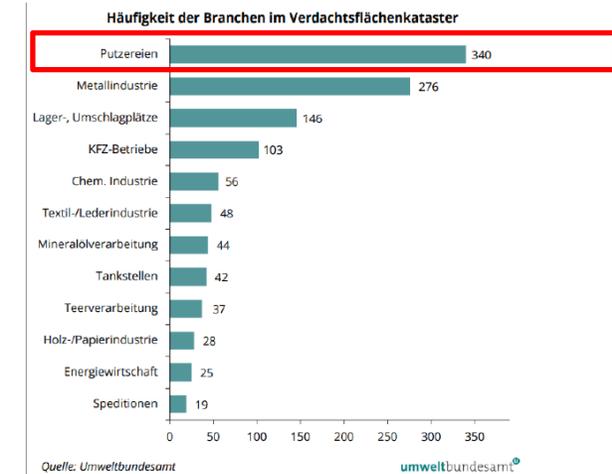
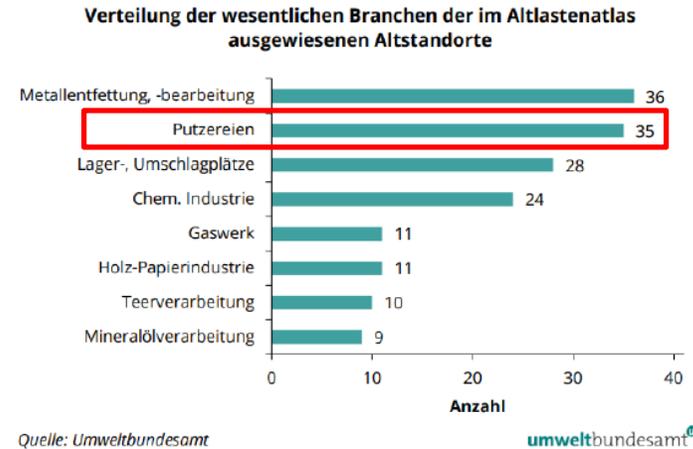
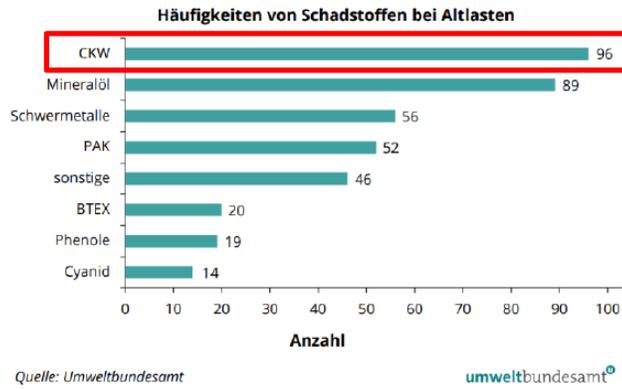
FeBAK

Wirkung von gealterten Fe-Suspensionen
auf die bakterielle Dechlorierung von
Chlorierten Ethenen im Grundwasser

Regine Patek
Blanka Kruzslicz
Thomas Reichenauer



PCE und chlorierte Ethene in der Umwelt

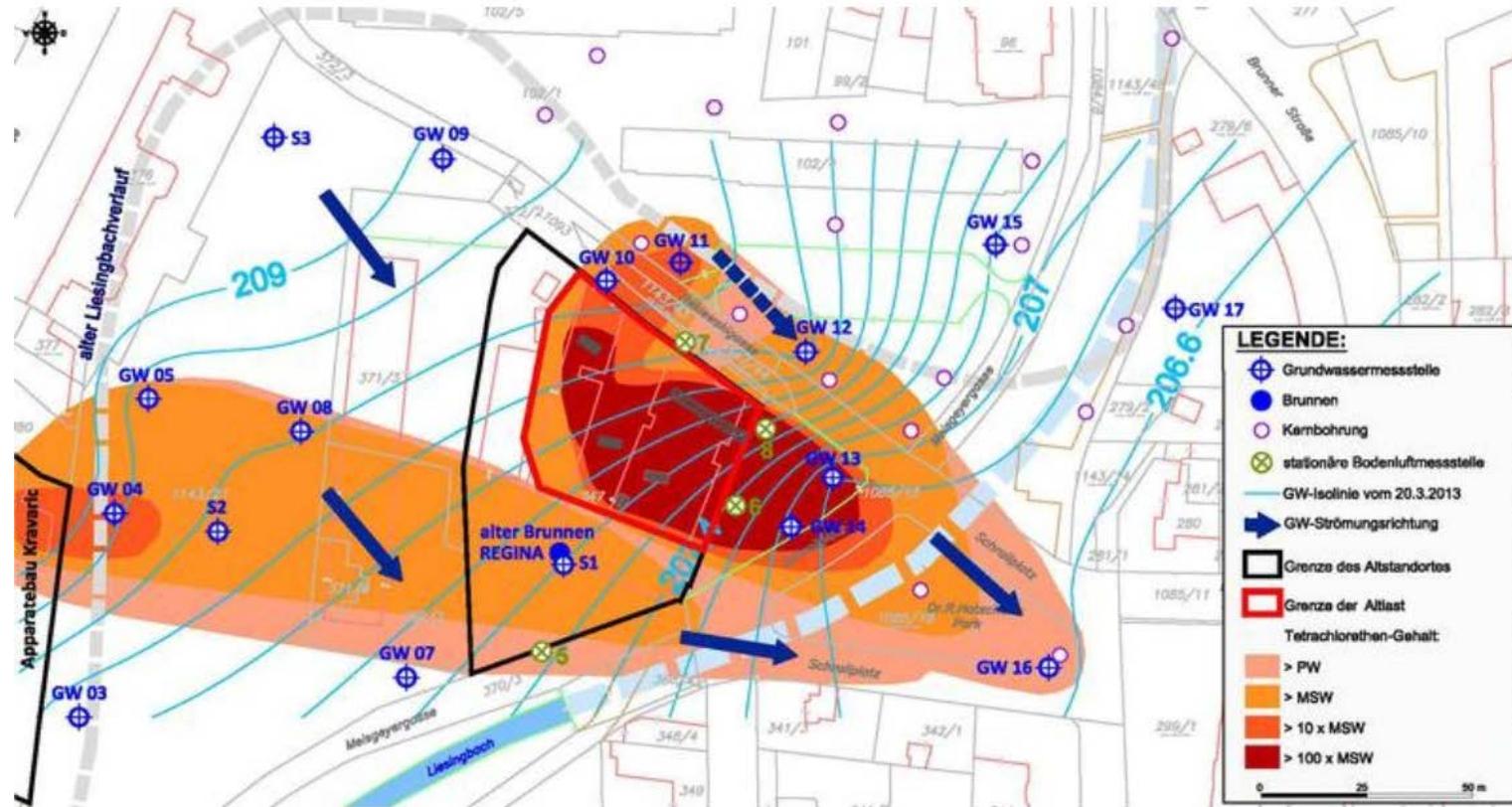


Putzereien:

- zahlreiche Altlasten, mehr potentielle kontaminierte Flächen in Zukunft
- Lage in Städten, dicht bebaut– Sanierungsversuche erfordern Innovation
 - ↳ Anwendung von In-situ-Maßnahmen sind technisch und wirtschaftlich sinnvoll

Altlast W24; Priorität 2

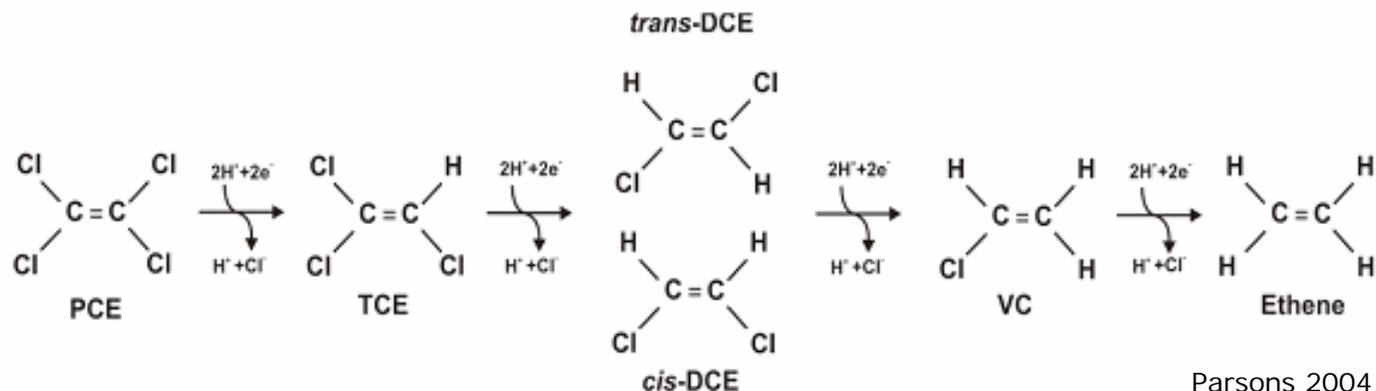
- Ehemalige Putzerei
- CKW Gehalten $> 1000 \mu\text{m}$
- Geringeres Grundwasser Angebote
- Geringe Strömungsgeschwindigkeit



Abgrenzung der PCE-Fahnen

Abbau von PCE in Kombination von nZVI und dehalorespirierenden Bakterien

- Mikrobielle anaerobe Dechlorierung -> Halorespiration



- Melasse stellt ein O₂-freies Milieu her und regt die Bildung von H₂ an, aber: die methanogenen Bakterien konkurrieren mit diesen Nährstoffen
 - ↳ Lösung durch Fe: Korrosion des Fe verringert das Redoxpotenzial und stellt extra H₂ bereit

Projektziele

Vorfeld:

- Folgeprojekt des Forschungsprojektes STIMBAK
- Im Feld war nach der Zugabe von frischem nZVI inhibierende Wirkung auf die Bakterien und die Dechlorierung
- Im Feld kam ca. 2-3 Wochen kommt es allerdings zu einer vermehrten Ethenbildung und Zunahme der Bakteriendichte

Projektziele:

- Untersuchung der Wirkung und Toxizität verschieden gealterter Eisensuspensionen auf die reduktive bakterielle Dechlorierung
- Bau einer Versuchsanlage zur Optimierung der Bedingungen am Standort für die Umsetzung des Feldversuchs
- Optimierung und Erweiterung von Monitoringmaßnahmen:
 - Erhebung umfangreicher Ergebnisse bei geringem Aufwand

Umsetzung:

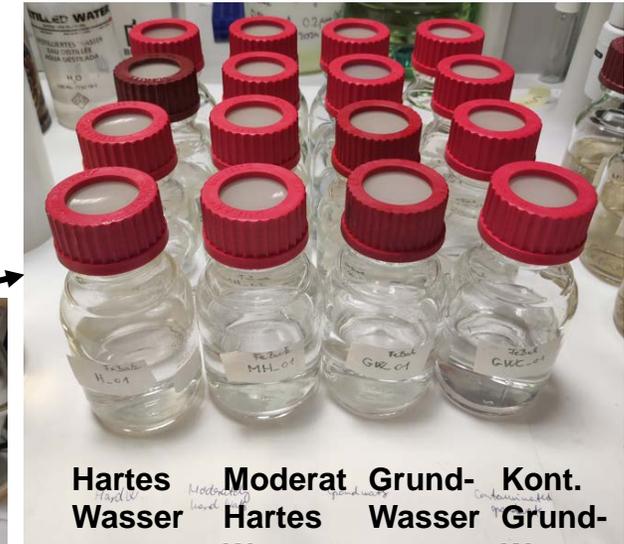
- Alterung des nZVI und Analyse der Zusammensetzung
- Abbauexperimente in Mikrokosmen
- Testung der Ergebnisse der Laborversuche am Altlastenstandort W24 Putzerei Counde

nZVI Alterungsexperimentdesign

- **4 Wässer**
 - Synthetisches hartes Wasser
 - Synthetisches moderat hartes Wasser
 - Grundwasser
 - Kontaminiertes Grundwasser
- **3 Behandlungen**
 - Ohne Melasse
 - Mit Melasse
 - Mit Melasse und Sand
- **5 Analysezeitpunkte**
 - Nullmessung – 10.06.2024
 - 1 Wo - 17.06.2024
 - 2 Wo - 24.06.2024
 - 1 Mo - 08.07.2024
 - 2 Mo - 05.08.2024



Hartes Wasser Moderat Hartes Wasser Grundwasser Kont. Grundwasser



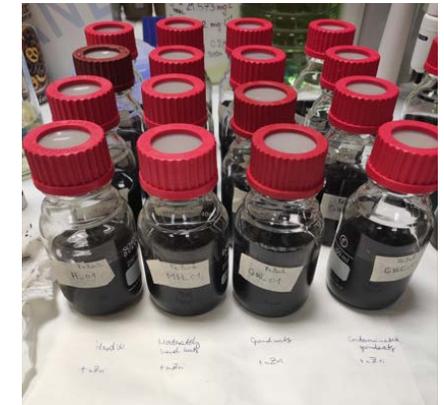
Hartes Wasser Moderat Hartes Wasser Grundwasser Kont. Grundwasser



Hartes Wasser Moderat Hartes Wasser Grundwasser Kont. Grundwasser

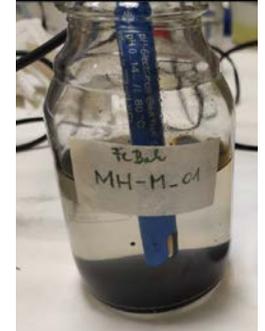
nZVI Alterungsexperimentdesign

- nZVI-Aktivierung
- Start des Experiments: Zugabe von Wässern, nZVI und evtl. Sand
- Langsame Durchmischung mit Überkopfschüttler



nZVI Alterungsexperiment Beprobung

- pH Messung
- Trennung/Entnahme der Fe-Partikel aus der Probe mittels starkem Magneten
- Probenvorbereitung für SEM (links) und XRD (rechts)



Detektierte Mineralien/Fe-haltige Verbindungen

Eisenminerale

- **alpha-Eisen**: metallische Form von Eisen
- **Wüstit** (FeO): nicht-stöchiometrisches Eisenoxid
- **Magnetit** (Fe_3O_4): häufiges magnetisches Eisenerz
- **Goethit** ($\text{FeO}(\text{OH})$): hydratisiertes Eisenoxid, das oft in Böden und Sedimenten vorkommt

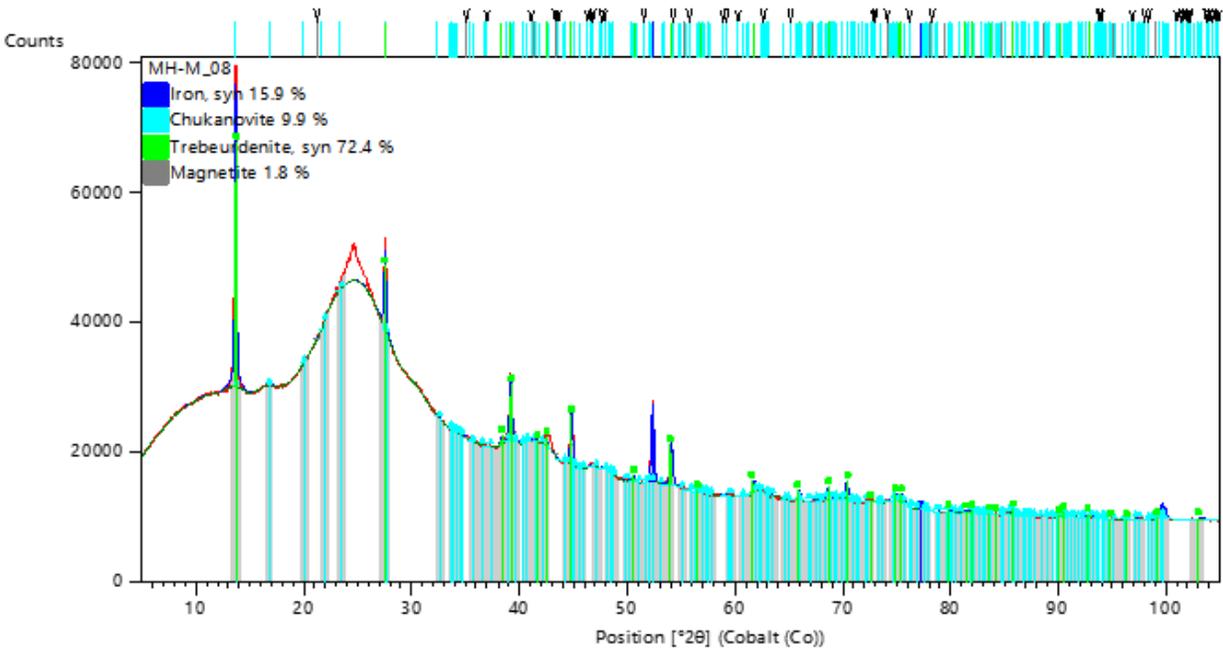
Karbonatminerale

- **Kalzit** (CaCO_3): häufiges Karbonatmineral, das zwar kein Eisenmineral ist, aber in Verbindung mit eisenhaltigen Mineralien gefunden werden kann
- **Siderit** (FeCO_3): Eisenkarbonat, das ein wichtiges Eisenerz darstellen kann

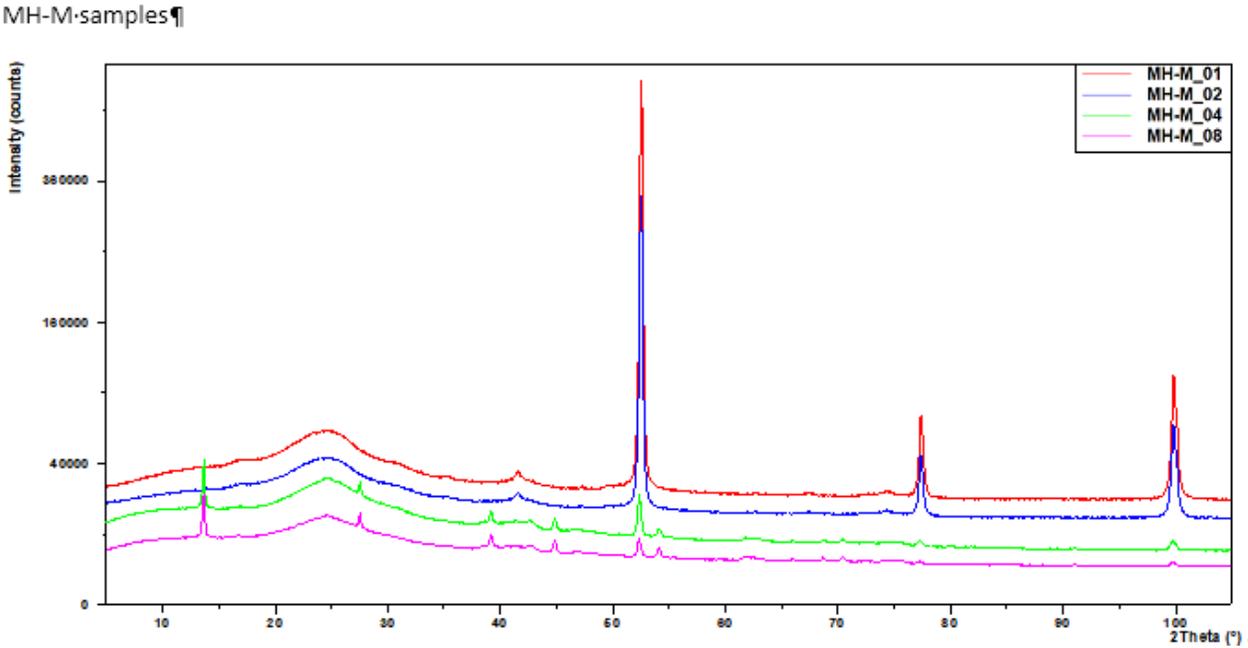
Seltene oder weniger häufige Mineralien

- **Trebeurdenit** ($\text{Fe}_3(\text{OH})_6(\text{CO}_3)_{0.5}(\text{H}_2\text{O})_{1.45}$): relativ seltenes Mineral, das Eisen enthalten kann
- **Chukanovit** ($\text{Fe}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$): weniger bekanntes Eisenmineral, das oft mit bestimmten geologischen Formationen assoziiert ist

XRD Ergebnisse

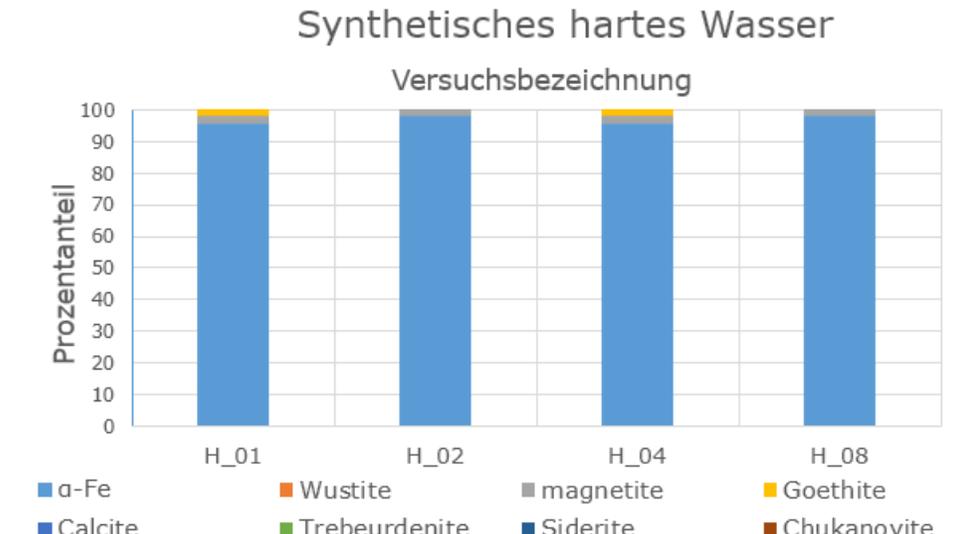
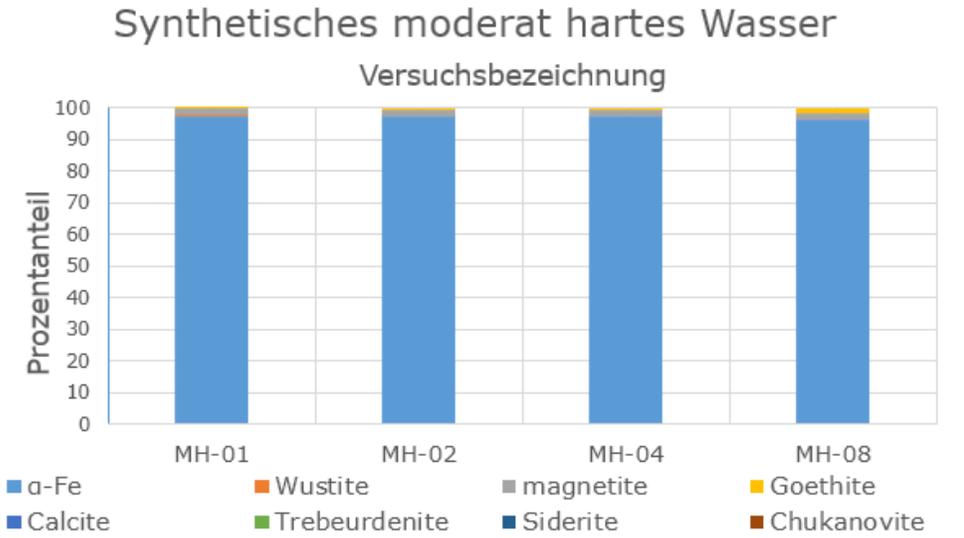
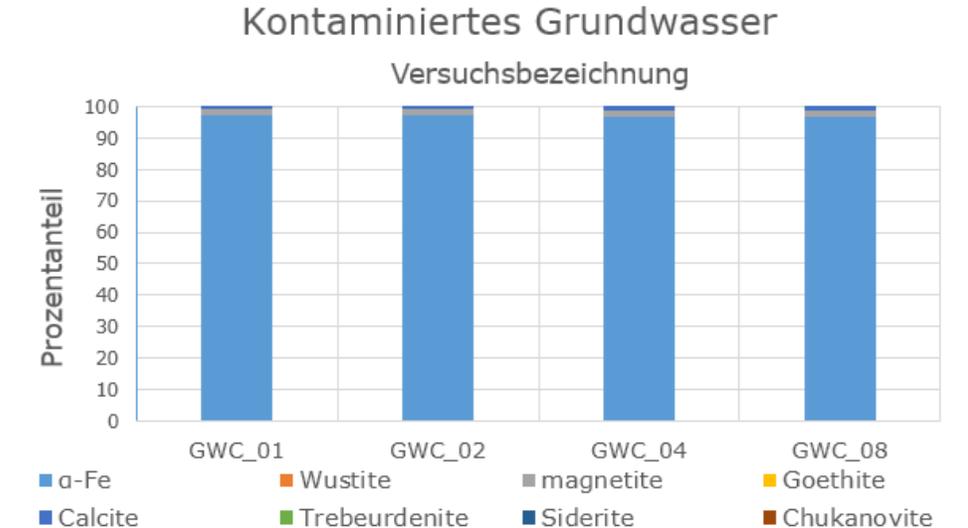
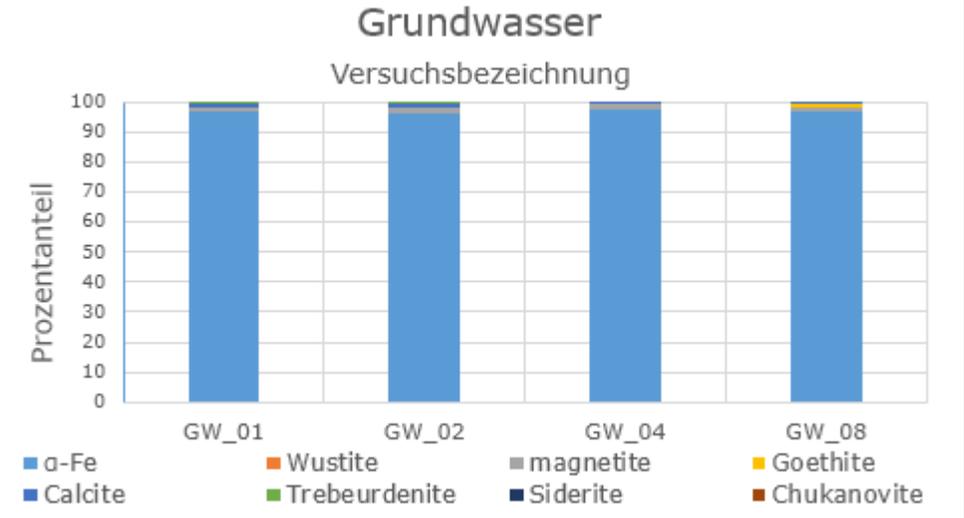


Moderate Hartes Wasser mit Melasse nach 2 Monaten



Sämtliche Messungsergebnisse Moderate Hartes Wasser mit Melasse

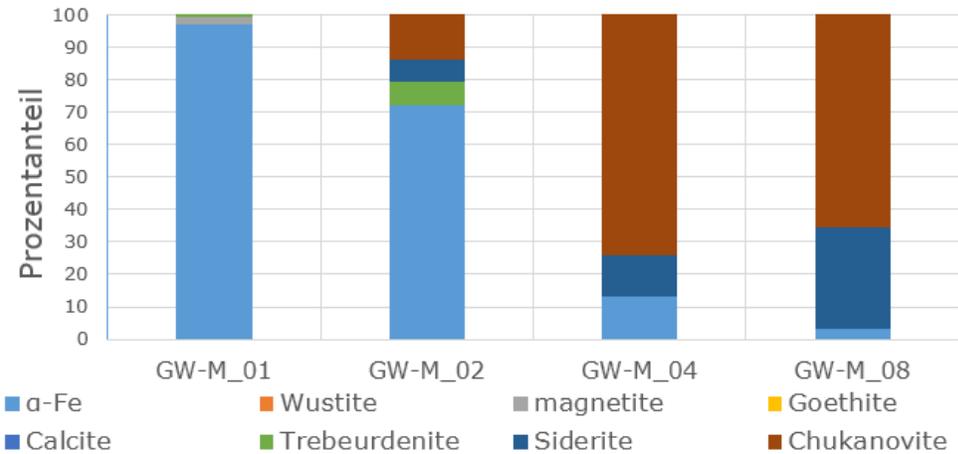
Alterung von nZVI in Wasser



Alterung von nZVI in Wasser + Melasse

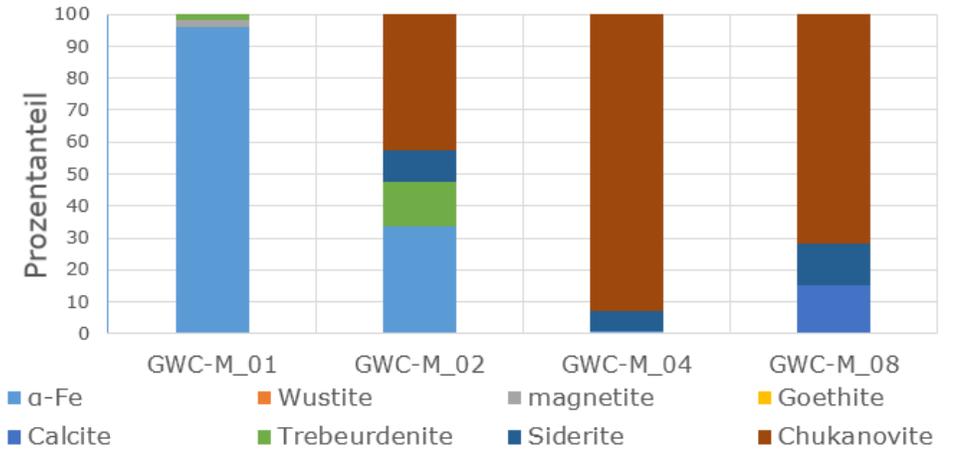
Grundwasser mit Melasse

Versuchsbezeichnung



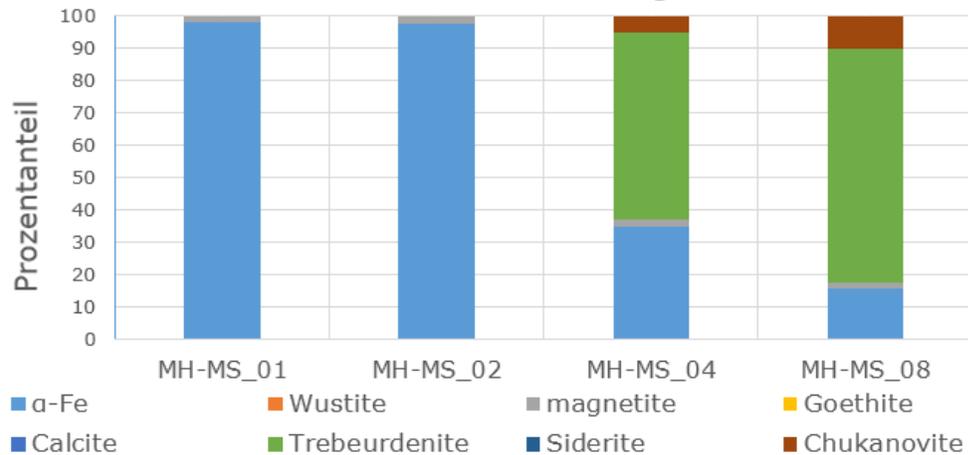
Kont. Grundwasser mit Melasse

Versuchsbezeichnung



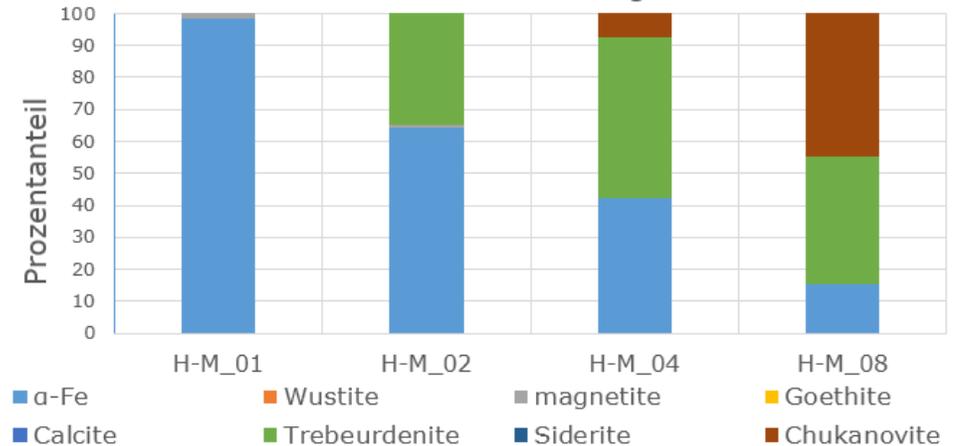
Synthetisches moderat hartes Wasser

Versuchsbezeichnung



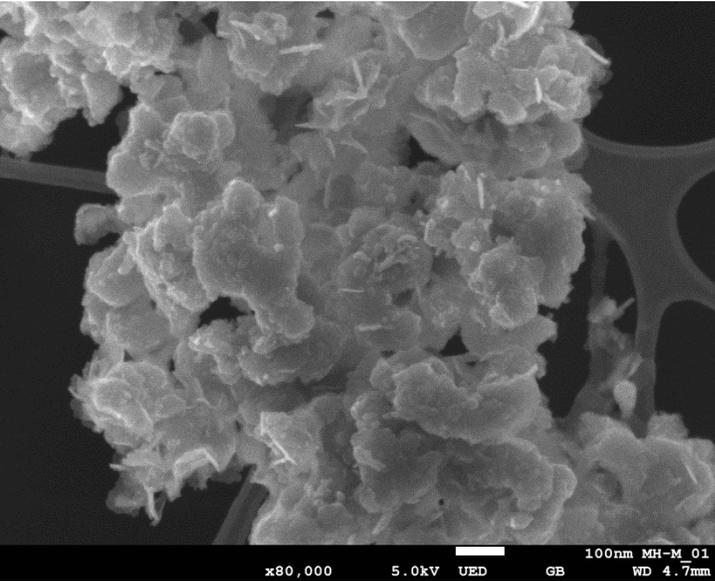
Synth. hartes Wasser mit Melasse

Versuchsbezeichnung

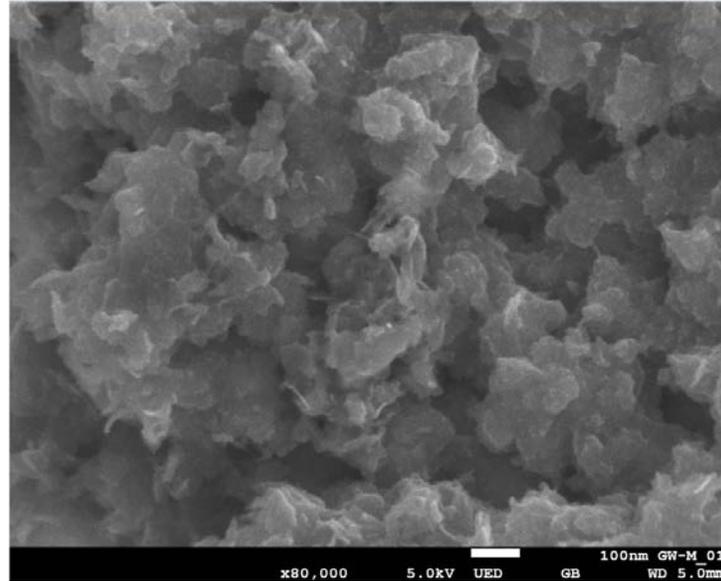


SEM Ergebnisse

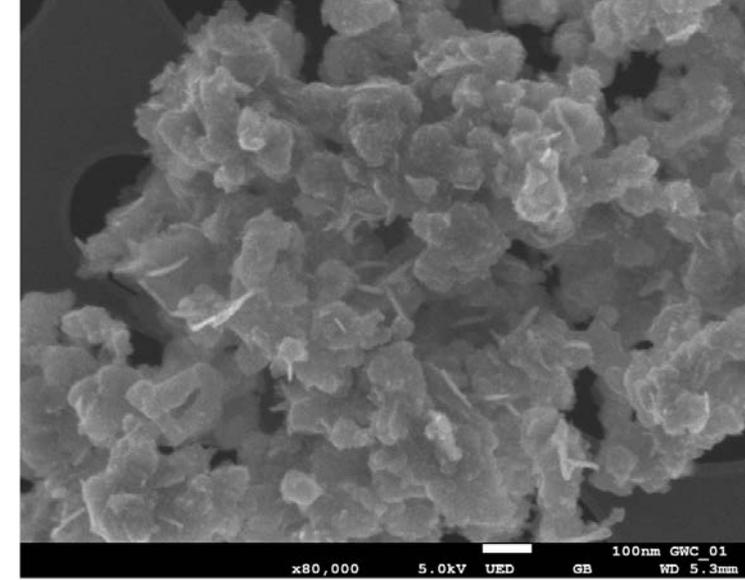
Mod. hartes Wasser mit Melasse nach 1 Wo



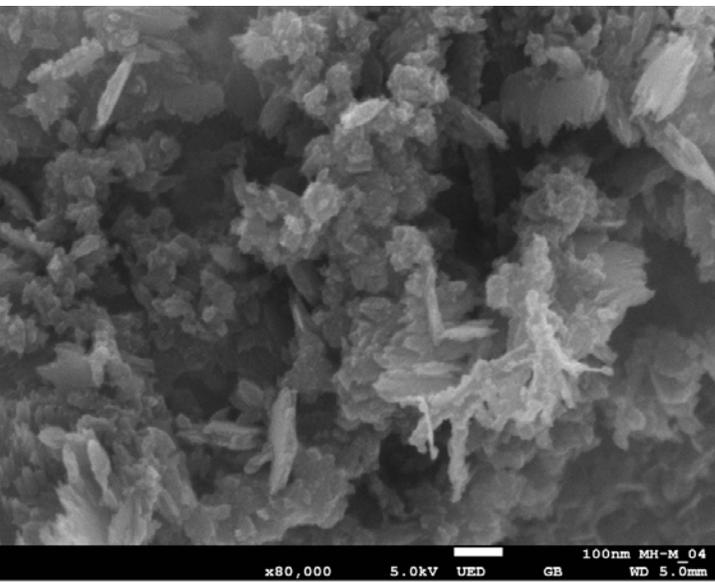
Grundwasser mit Melasse nach 1 Wo



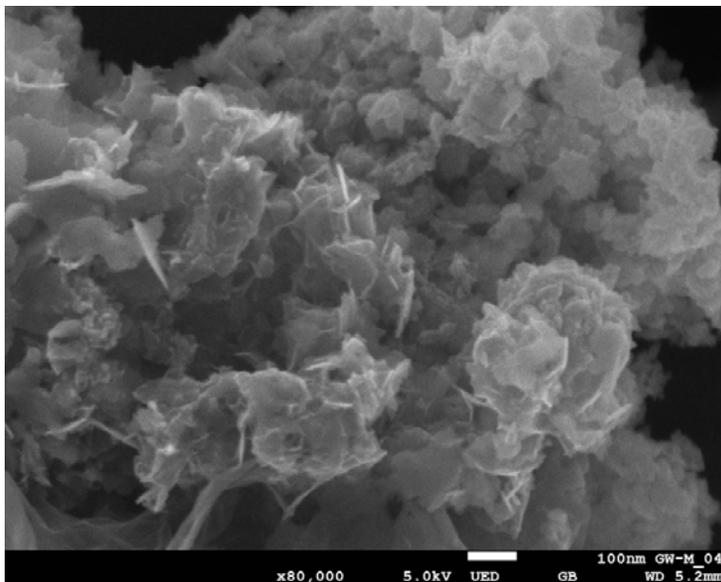
Kontaminiertes Grundwasser nach 1 Wo



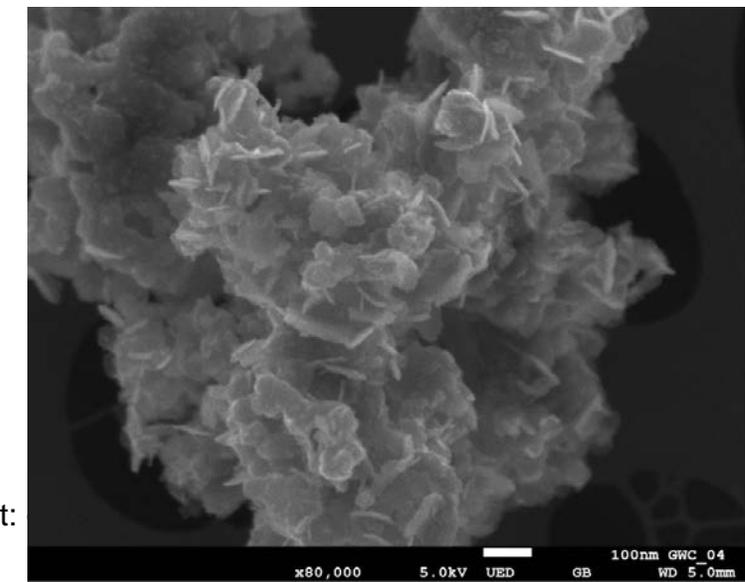
Mod. hartes Wasser mit Melasse nach 1 Mo



Grundwasser mit Melasse nach 1 Mo



Kontaminiertes Grundwasser nach 1 Mo

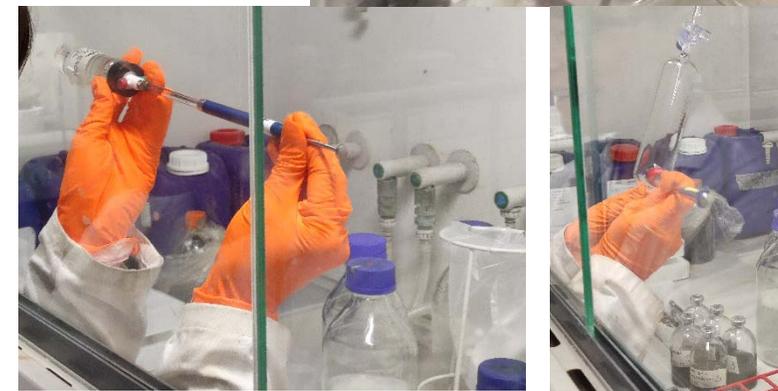


Kontakt:

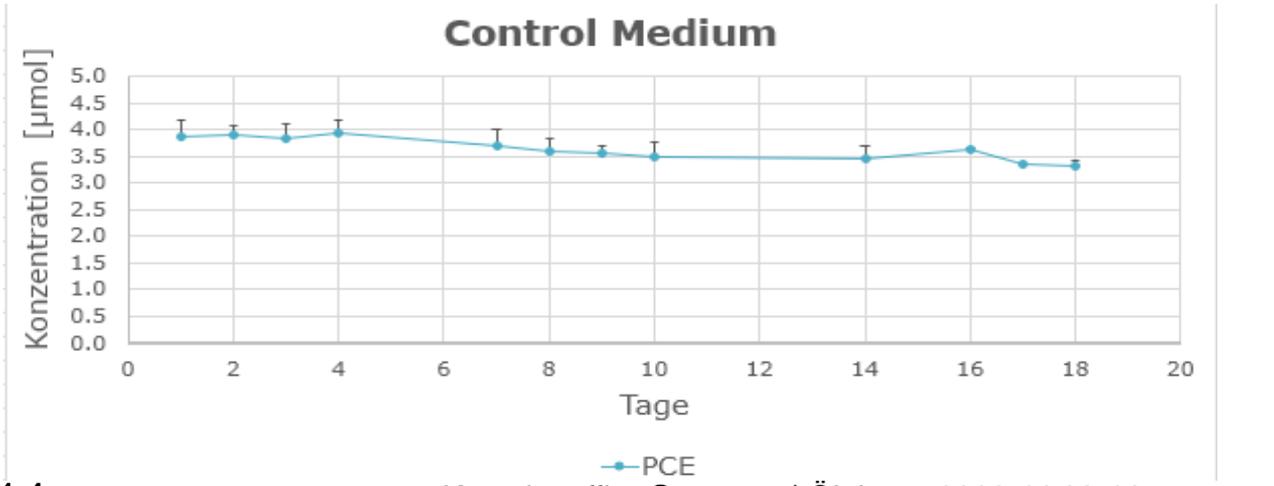
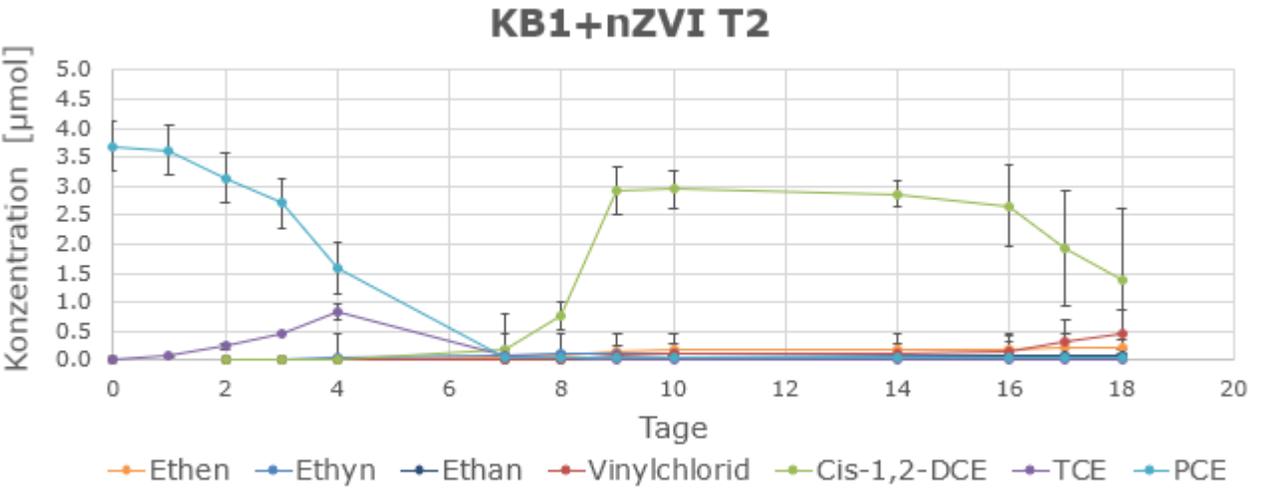
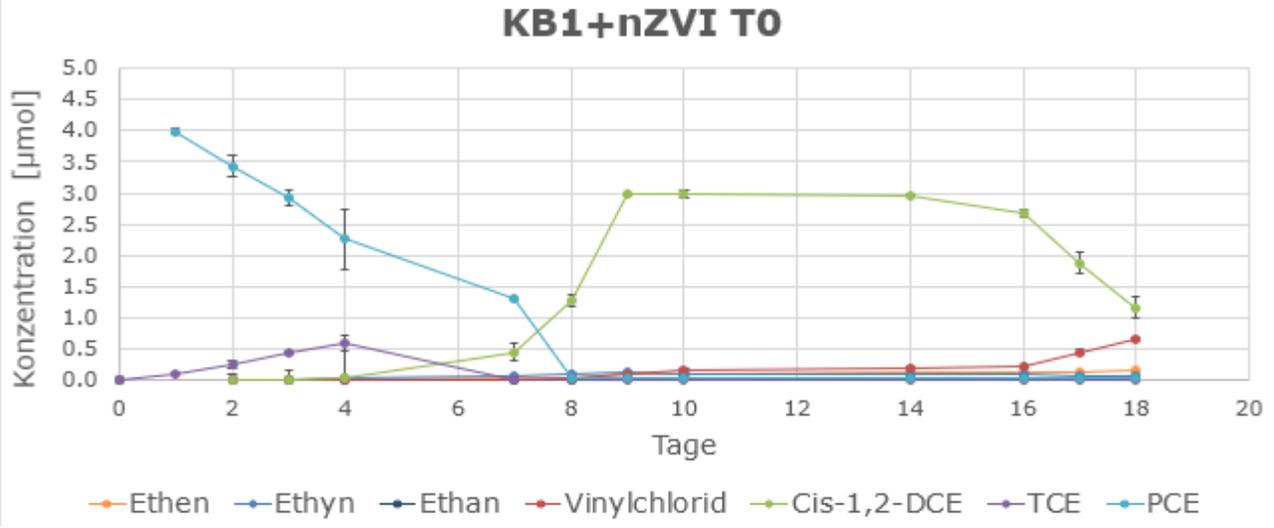
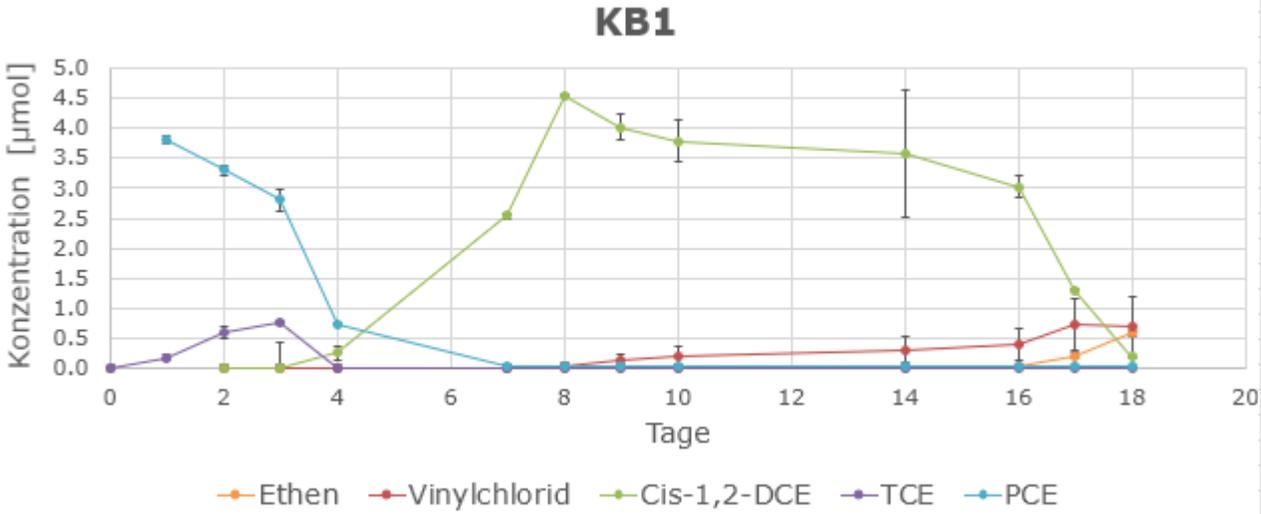
Aufbau Abbauersuche

- Design, Triplikaten von:
 - KB1 KB1+nZVI T0 KB1+nZVI T2 Kontrolle

- 120 ml Gefäß mit 60 g Sand (<2mm) und 30 ml H₂O
- Zugabe KB1 Bakterienkultur, nZVI (t₀ und t₂) und Melasse; Gefäße zucrimpen
- Zugabe von PCE
- Zugabe Propan als Indikator
- H-Messung
- Analyse mittels Gas Chromatographie (Head Space)



Abbauexperimente mit nZVI und KB1



Vorläufige Ergebnisse

Eisenalterungsexperimente

- Vier ausgewählte Wässer zeigen nach 2 Monaten nur geringfügige Oxidation des Eisens
- Vier ausgewählte Wässer + Melasse zeigen ab Woche 2 eine starke Oxidation zu verschiedenen Eisenhydroxyde in zunehmender Menge

Abbauversuche

- In einem ersten Experiment konnten keine wesentlichen Unterschiede in der Abbaugeschwindigkeit zwischen frischem nZVI und 2 Wochen gealtertem Eisen festgestellt werden

Weitere geplante Abbauxperimente

- Verwendung von Anreicherungskulturen von Dechlorierenden Bakterien
- Versuche mit verschiedenen Wässern (Wasserhärte)
- Abbauxperimente mit 4 und 8 Wochen gealtertem nZVI
- Langzeitexperimente: Wiederholte Zugabe von PCE

Danke!



Regine Patek
Blanka Kruzslicz
Thomas Reichenauer