NAPASAN
Nanopartikel zur Grundwassersanierung

Einsatz von Nanopartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen

Arbeitspaket I - Produktion

Sprecher: Martin Jekel
Technische Universität Berlin, Fachgebiet Wasserreinhaltung

Partikelherstellung und Stabilisierung

- Herstellung von reaktiven Fe(0)-Partikelsuspensionen durch Mahlung von Eisenpulver (≈100 µm), Top-Down-Verfahren
- Herstellungsprozess ist in Vor- und Feinmahlung unterteilt
  - Mahlung unter Schutzgas in Vakuumtrommelmühle und Rührwerkskugelmühle
- Partikelgeometrie: <100nm dünne Plättchen, Größenbereich ≈100 - 2000 nm
- Prüfung auf Wirtschaftlichkeit des Herstellungsprozesses

a)

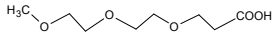
Ausgangstoff
- ➡ Fe(0)-Pulver
- ➡ ≈100 µm

Vormahlung
- ➡ Trockenmahlung
- ➡ Mahlgut <40 µm

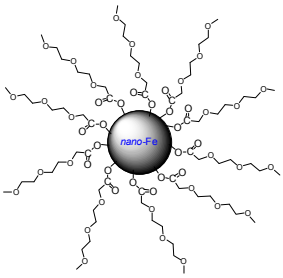
Feinmahlung
- ➡ Nassmahlung in Monoethylenglykol
- ➡ Stabilisierung mit MEEE

Endprodukt
- ➡ Fe(0)-Partikelsuspension
- ➡ ≈100 - 2000 nm
- ➡ reaktiv und transportfähig

b)



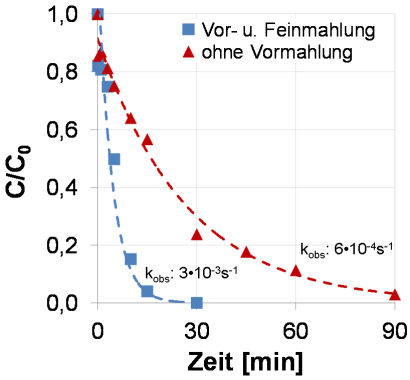
Methoxyethoxyethoxyessigsäure (MEEE)

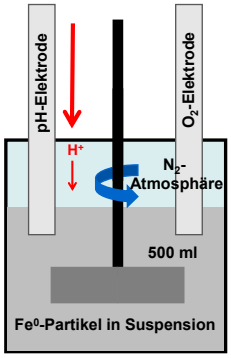


a) Herstellungsprozess der Partikelsuspension
b) Beschichtung der Fe(0)-Partikeln mit Methoxyethoxyethoxyessigsäure

Reaktivität

- Materialtest der Fe(0)-Partikelproben in einem anaeroben Batchreaktor
  - Untersuchung der Reaktivität bei konstantem pH-Wert (pH 7) pH-Kontrolle über Titration mit Säure entsprechend dem pH-Anstieg
  - Umsetzung des Modellstoffs Iopromid (3-fach iodiertes Röntgen-kontrastmittel) als Maß für die Reaktivität unterschiedlicher Partikelproben





a) Dehalogenierung von Iopromid bei pH 7 im Batchreaktor mit Fe(0)-Partikeln, NAPASAN-Partikel, UVR-FIA GmbH, ≈7 mmol Fe(0), 1,4 mmol Iopromid Reaktionskonstanten mittels exponentieller Regression
b) Aufbau anaerober Rührreaktor, Materialtest

Ökotoxikologische Bewertung

- Toxikologische Untersuchungen mittels folgender Testmethoden:
  - Leuchtbakterienhemmtest
  - Ames-Fluktuationstest
  - Akuter Daphnientest
  - Algenwachstumshemmtest
  - Fischeitest

Ausblick

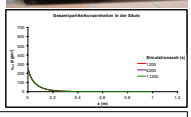
- Übertragung der Mahltechnik auf einen größeren Maßstab
- Untersuchung weiterer Zusatzstoffe zur Verbesserung des Partikeltransports

Arbeitspaket II - Transport & Reaktivität

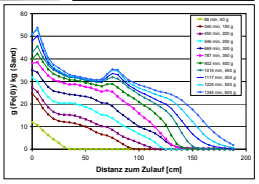
Sprecher: Jürgen Braun
Universität Stuttgart, IWS/VEGAS

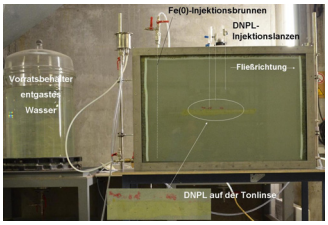
Transportuntersuchungen von Nanoeisenpartikeln im Untergrund

Säulenversuche (1D-Versuche)



- Transport über 2 Meter in Aquifermaterial
- Metallfreier Messtisch
- Bartington Kernscanner, Software Bartsoft
- Kernscanner wird mittels Wagen und Schienen an der Säule entlang geführt
- Messung der immobilen und mobilen Phase





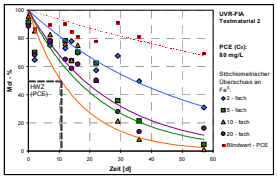
Küvettenversuche (2D-Versuche)

- Untersuchung des Transportverhaltens von Fe(0)-Partikeln in Anwesenheit von Schadstoff in einer Edelstahlküvette
- verglaste Küvettenfront ermöglicht die Ausbreitung der Nanoteilchen visuell zu verfolgen

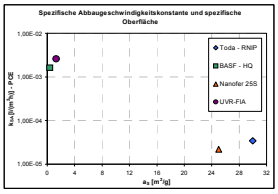
Reaktivität und Langzeitverhalten von Nanoeisenpartikeln im Untergrund

Batchversuche

Ziele
- Screening: Vergleich verschiedener Fe(0)-Partikel
- Reaktivitätsuntersuchung ohne pH Kontrolle
- Abbaukonstanten
- Zwischen- und Nebenprodukte
- Stöchiometrie – Fe(0) zu Schadstoff

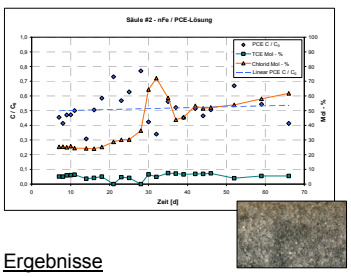


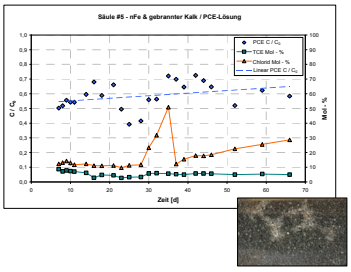
Ergebnisse
- hoher Fe(0)-Überschuss zeigt nicht maximale Abbauleistung
  → Agglomeration und Sedimentation der Partikel
- Abbaurate abhängig von spezifischer Oberfläche der Fe(0)-Partikel
  → reduzierte Reaktivität bei oberflächen-stabilisierten Nanopartikeln



Säulenversuche (1D-Versuche)

Ziele
- Charakterisierung von Fe(0)-Partikeln unter naturnahen Bedingungen
- Erfassung der anaeroben Korrosion
- Abbauleistung der Fe(0)-Partikel unter Feldbedingung
- Ermittlung Verbrauch an $Ca(OH)_2$ um anaerobe Korrosion zu kontrollieren
- übertragbare Daten zur Modellierung der Feldanwendung





Ergebnisse

Wasserstoffbildung führt zu Verstopfung der Bodenporen
→Kontaktminderung der Partikel mit Schadstoff
pH-Wert Erhöhung durch $Ca(OH)_2$:
→ Erhöhung der Lebensdauer der Partikel
→ Reduzierung der Wasserstoffbildung (anaerobe Korrosion)
→ Abnahme der Reaktivität (PCE-Abbau ca. 50 % ohne, ca. 40 % mit $Ca(OH)_2$)
Signifikant für Feldanwendung, z.B. Zeitpunkt einer Reinjektion