

# NAPASAN

Nanopartikel zur Grundwassersanierung

## **NAPASAN: Einsatz von Nanopartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen**

*Jürgen Braun*

*VEGAS, Universität Stuttgart*

**3. Clustertreffen der BMBF-Fördermaßnahmen NanoCare und NanoNature**

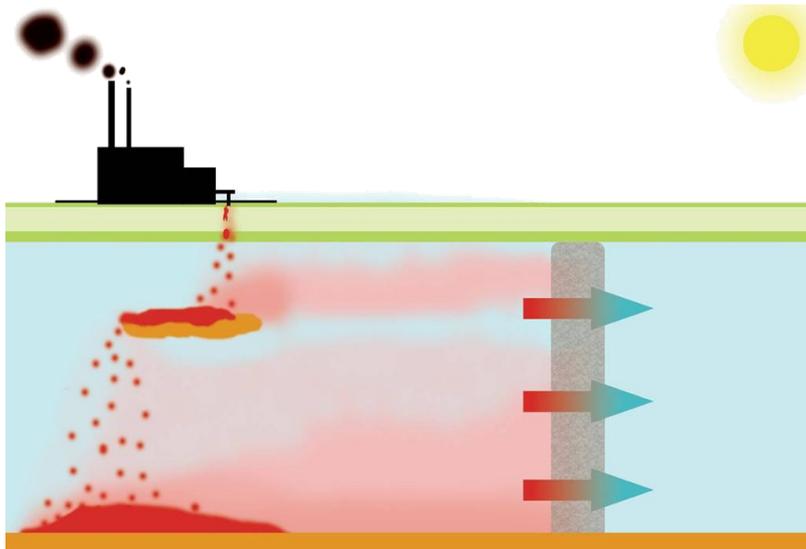
14. - 15. Januar 2013

DECHEMA-Haus

Frankfurt/Main

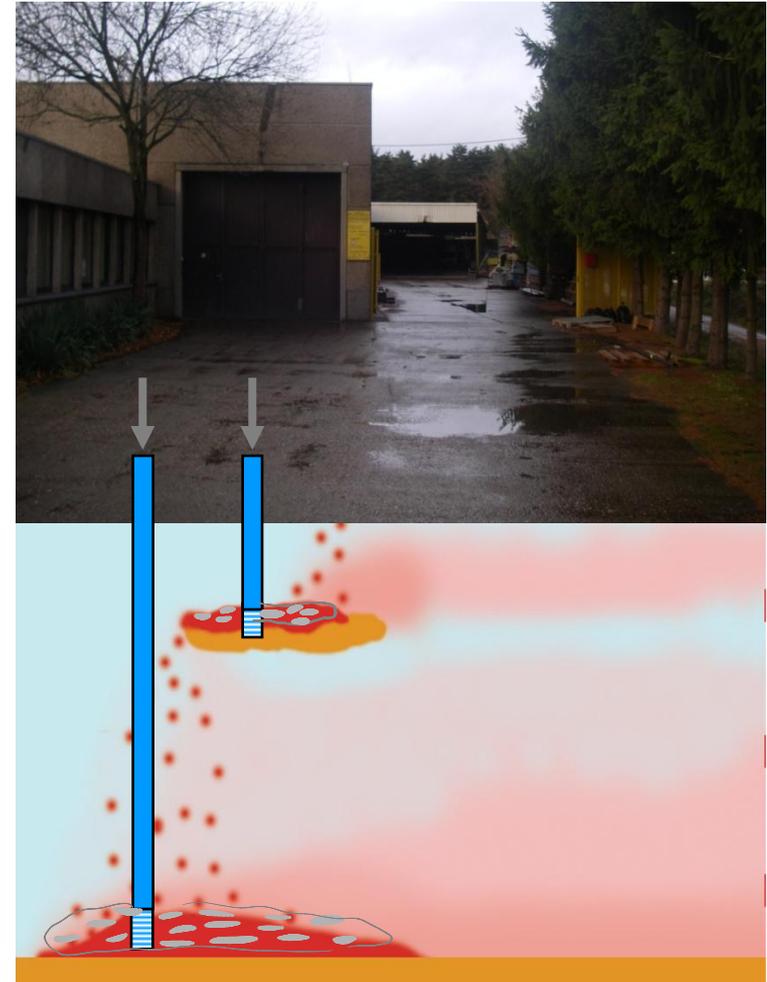
# Motivation

## Permeable reaktive Wand vs. Permeable reaktive Zone



Kontaminiertes Grundwasser fließt durch die Wand mit reaktivem Eisen

→ Umsetzung der Schadstoffe in unschädliche Stoffe

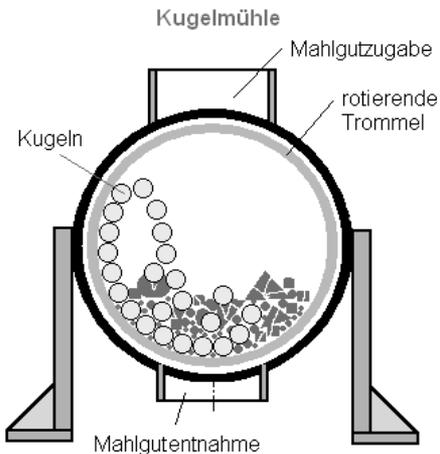


# Ziele NAPASAN



# Ziele NAPASAN





## Ausgangsstoff

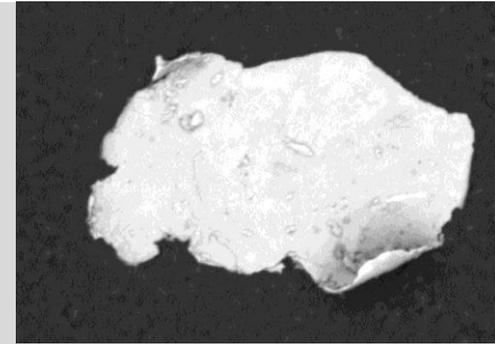
- Fe<sup>0</sup>-Pulver
- ≈100 μm

## Vormahlung

- Trockenmahlung
- Mahlgut <40μm

## Feinmahlung

- Nassmahlung in Monoethylenglykol
- Stabilisierung mit MEEE



## Endprodukt

- Fe<sup>0</sup>-Partikelsuspension
- ≈100-2000 nm
- Partikelgeometrie: <100nm dünne Plättchen

**Aktuell: Test im Feldversuch**

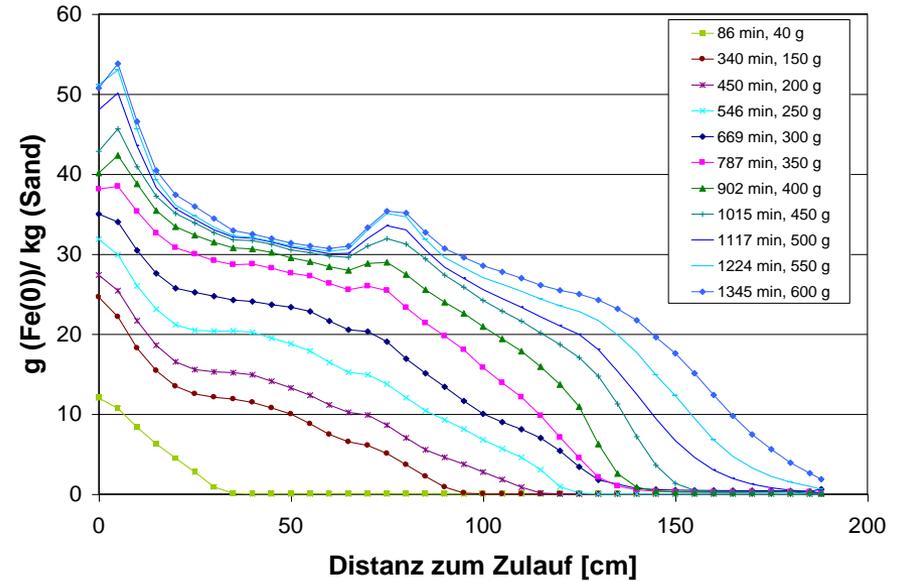
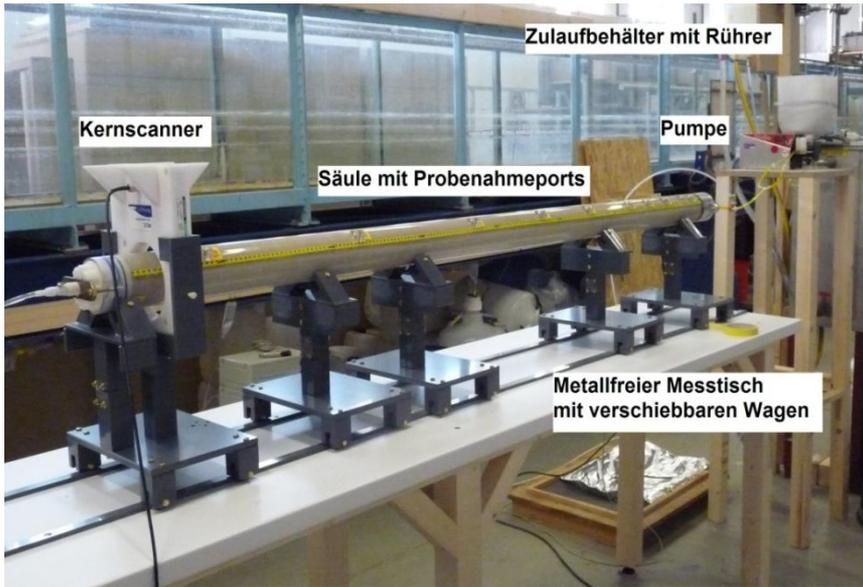
- **Nassmahlung von 360 kg Eisen für Feldversuch in Kugelmühle**

- MahlraumØ: 800 mm
- Mahlraumlänge: 2000 mm
- Mahlraumvolumen: 1000 l
- Stabilisierung mit 2-[(2-Methoxyethoxy)ethoxy]essigsäure
- Reproduzierbarkeit, Qualitätssicherung

- **Toxikologische Untersuchungen:**

- Leuchtbakterienhemmtest
- Akuter Daphnientest
- Algenwachstumshemmtest
- Fischeitest

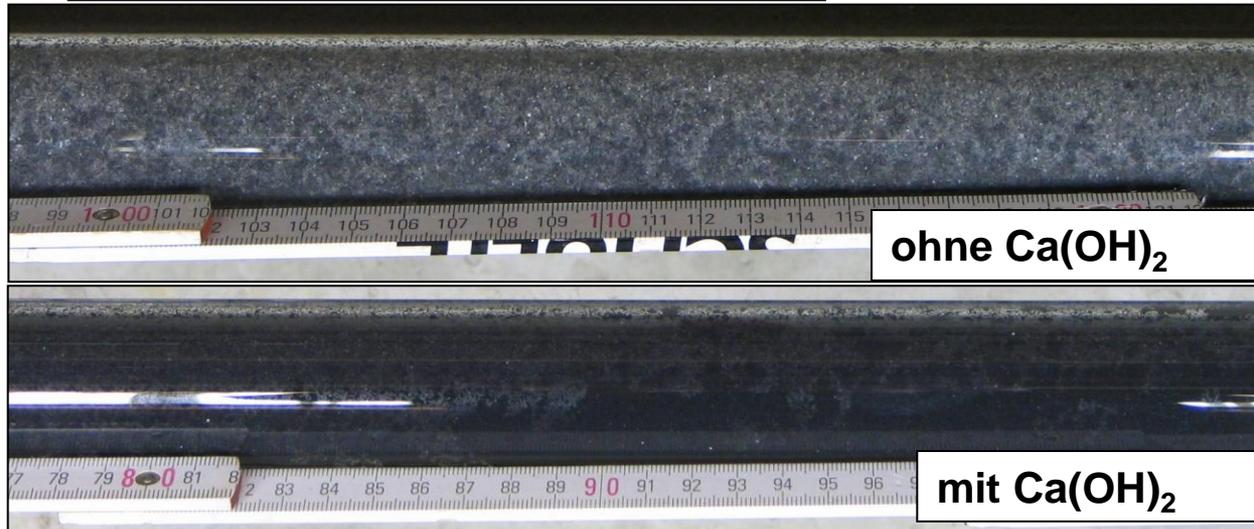
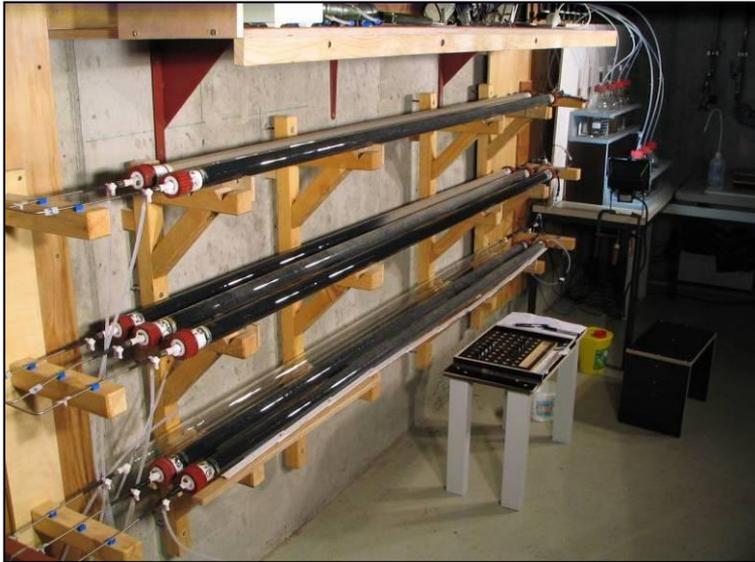




## Einfluss von

- Partikelkonzentration,
  - Injektionsgeschwindigkeit,
  - Permeabilität
- ## auf Partikelverteilung

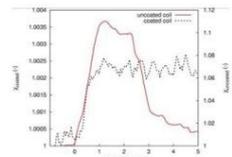




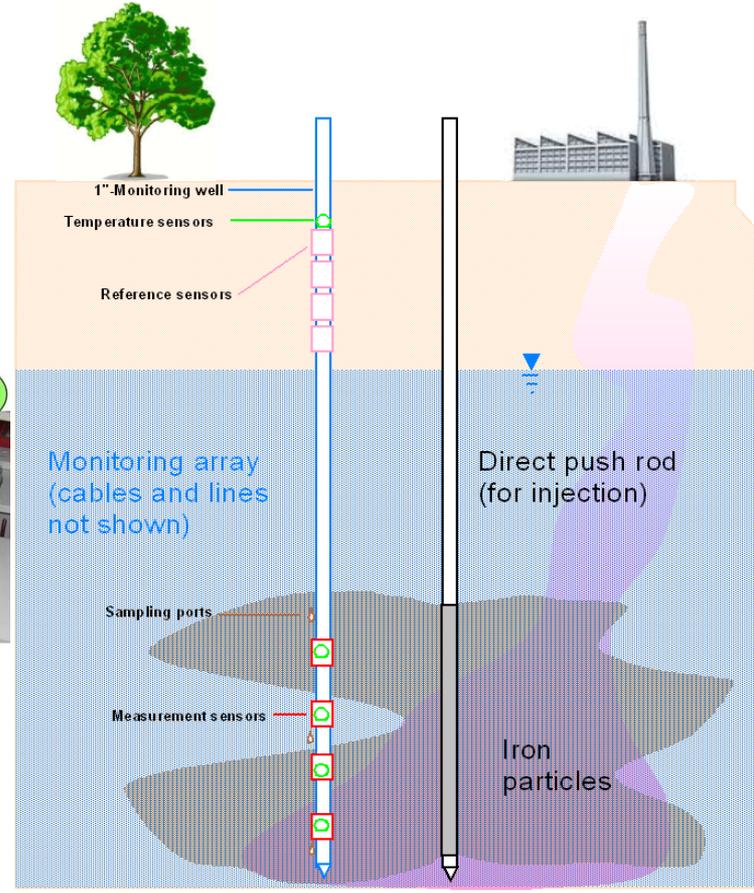
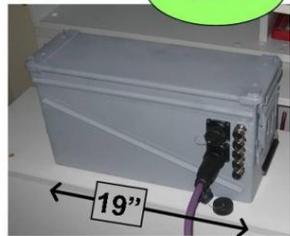
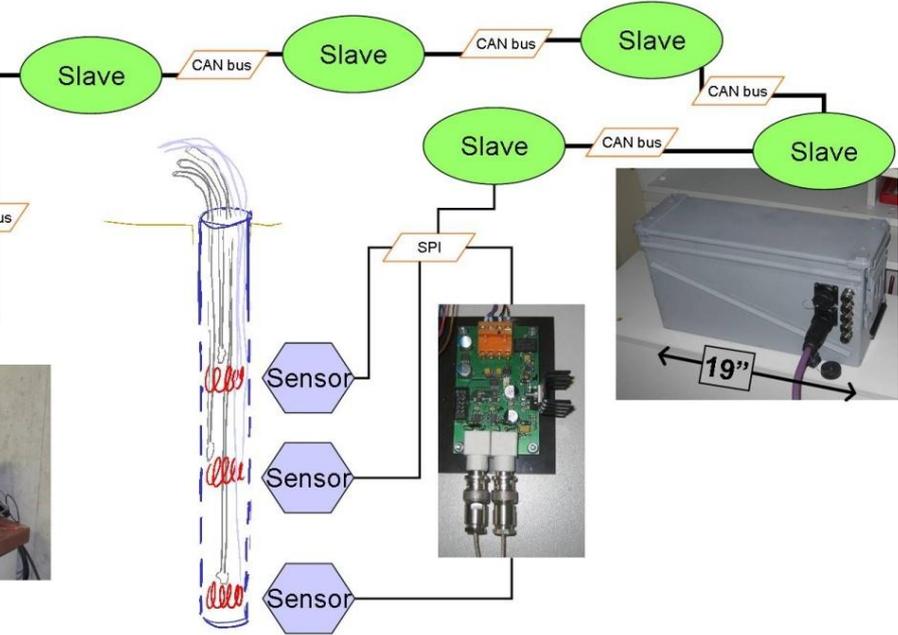
Säulen nach 12 Tagen  
mit und ohne Branntkalk  
→ Verstopfung der Poren  
durch Wasserstoff  
(anaerobe Korrosion)



# Nachweis / Monitoring



PC live view of breakthrough curves





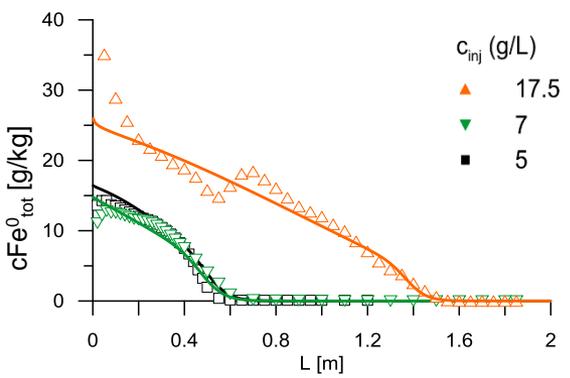
# Nachweis / Monitoring



# Modellentwicklung zur Auslegung von Feldstandort

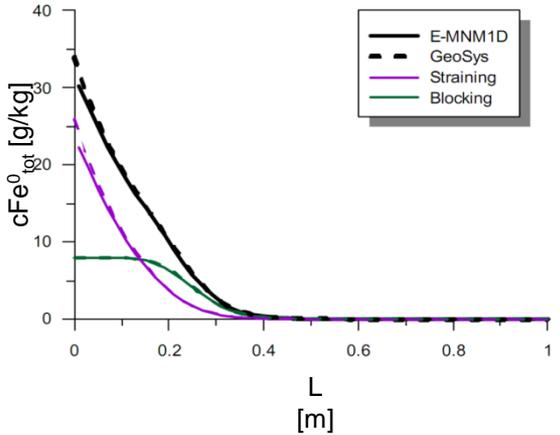
## Simulation von Säulenversuchen (var. Randb.)

variable  $c_{inj}$   
 $v_f \sim 0.5 \text{ m/h}$ ,  $K_0 \sim 4E-11 \text{ m}^2$



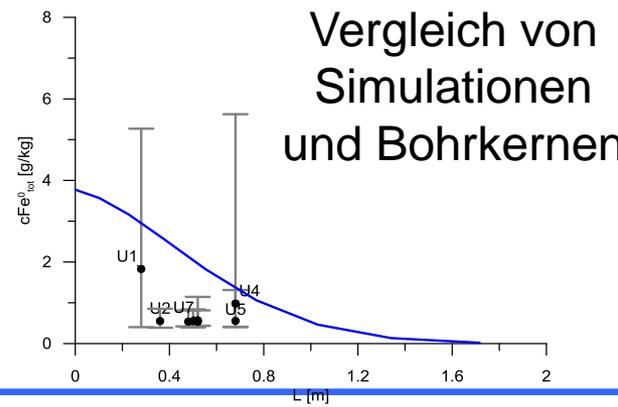
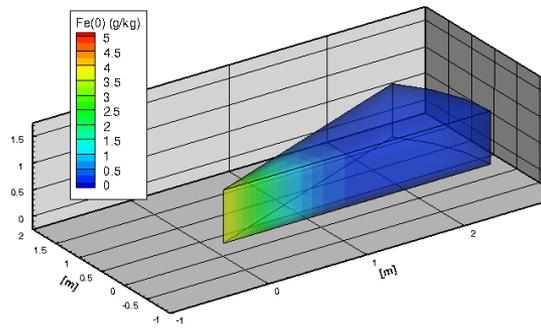
Partikelverteilung lässt sich zufriedenstellend simulieren

## Modellerweiterung auf 2D/3D



Anwendung eines radial-symmetrischen Modells für Feldstandort möglich

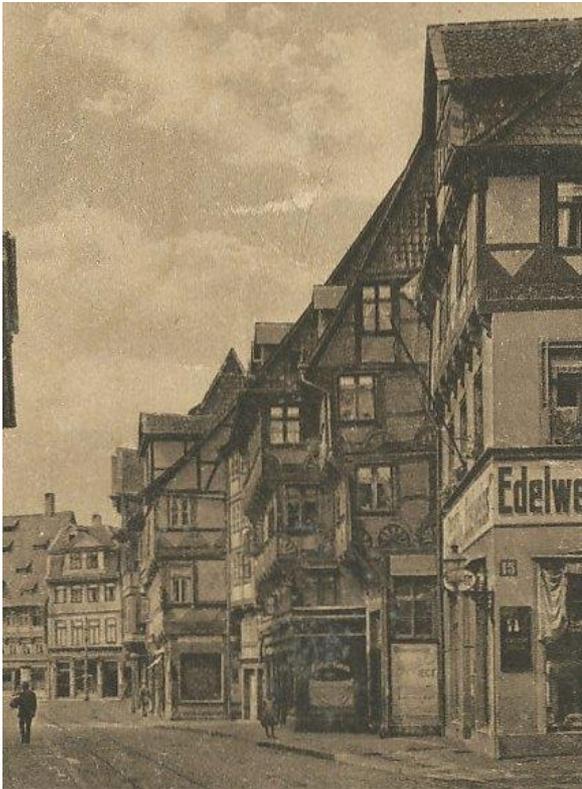
## Radial symmetrisches Modell für Feldstandort



Vergleich von Simulationen und Bohrkernen

# Feldstandort – früher und heute

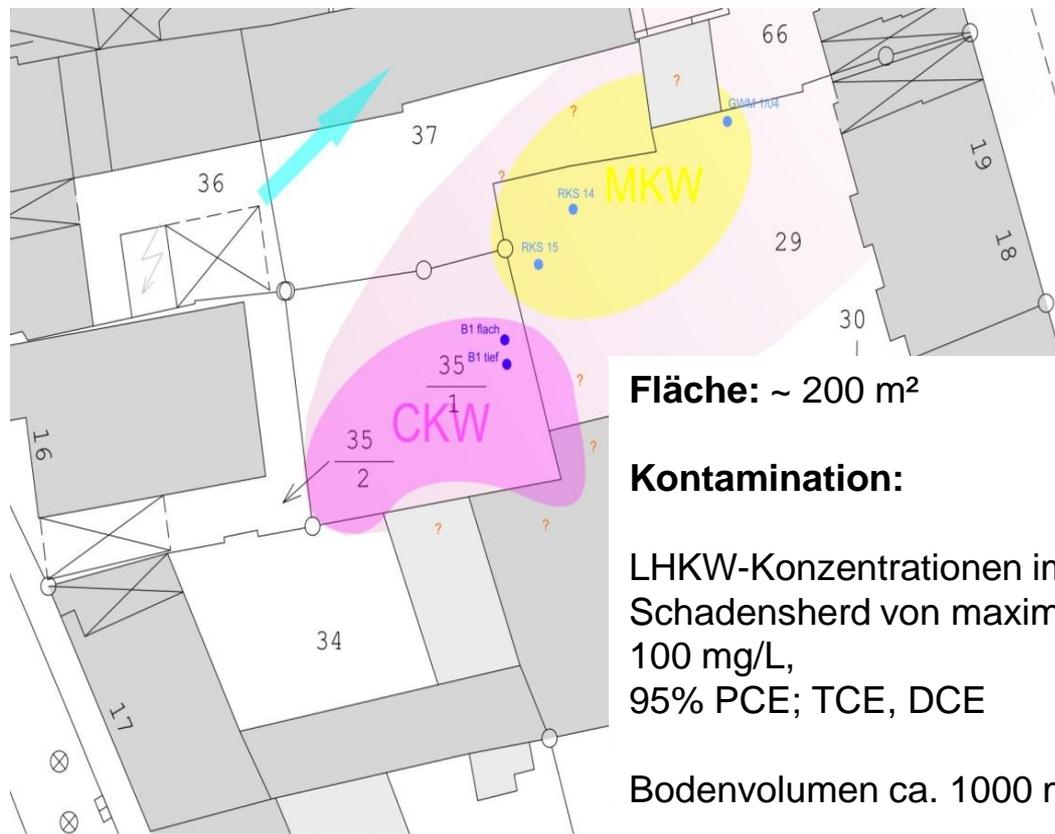
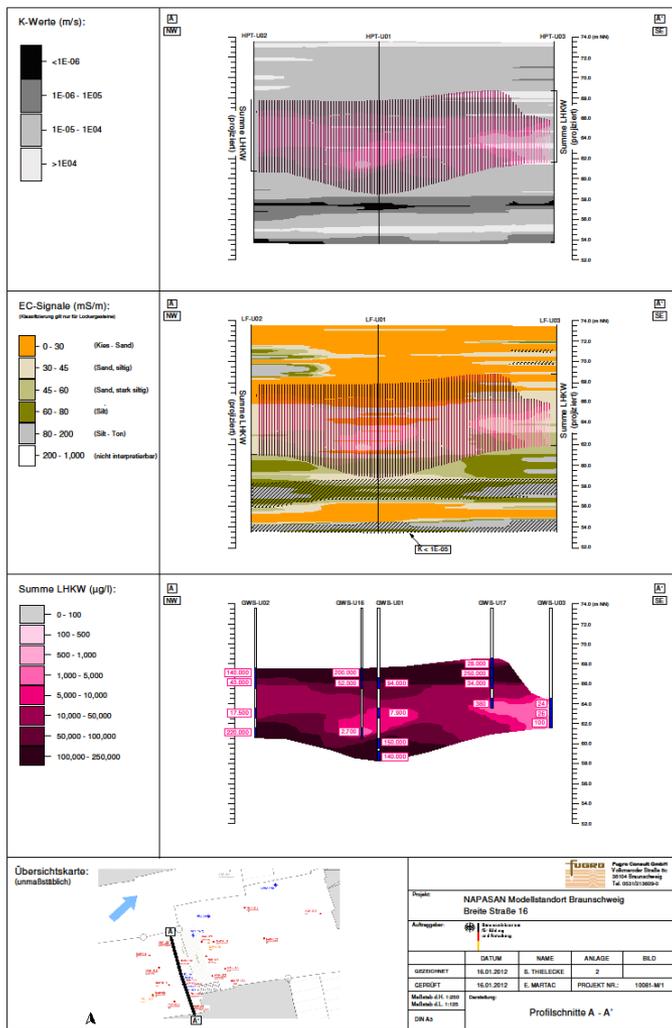
Dampf-Waschanstalt  
um 1930



Wohn- und  
Geschäfts-  
haus 2012



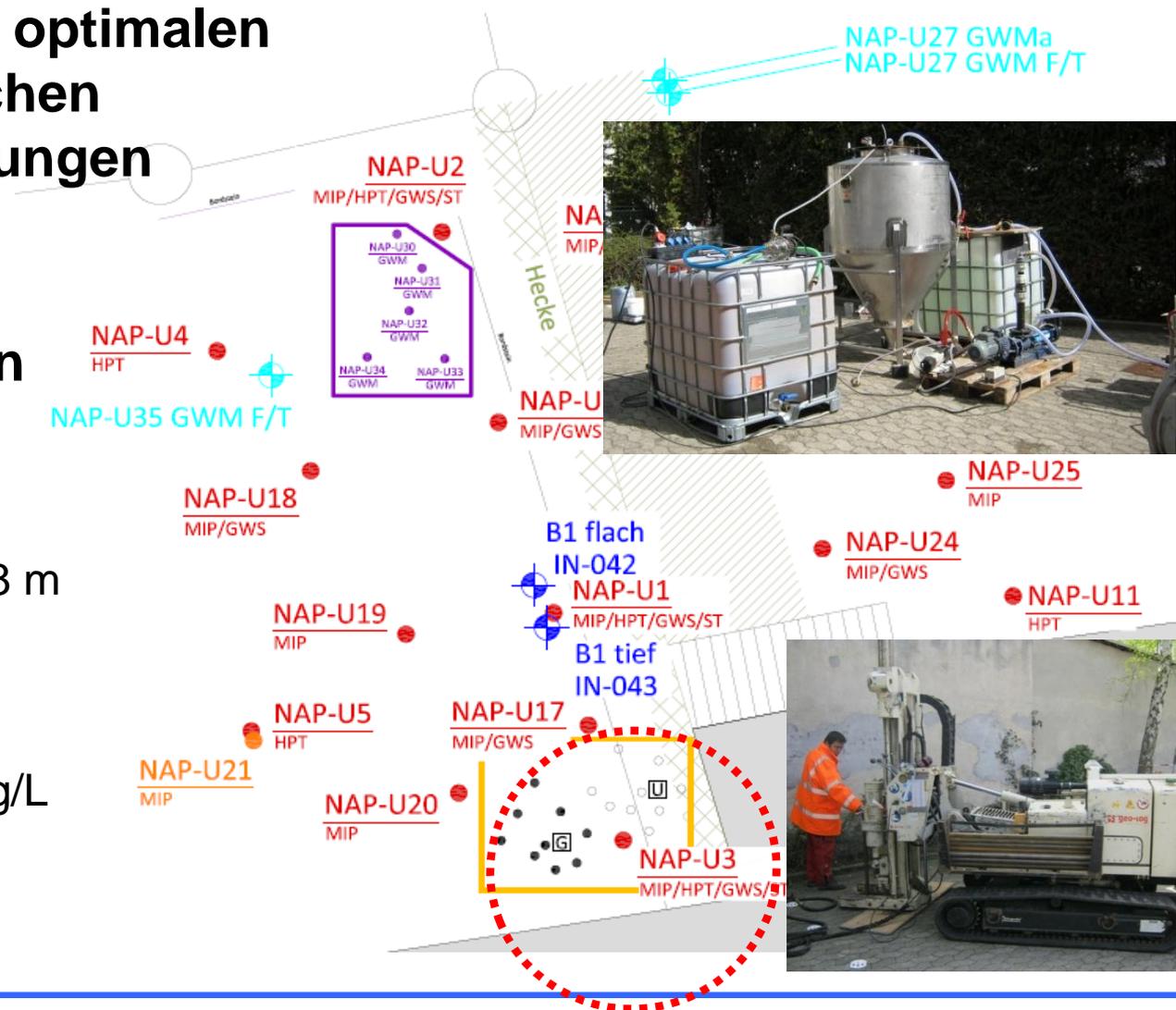
## Lithologie, Hydrologie und Kontamination



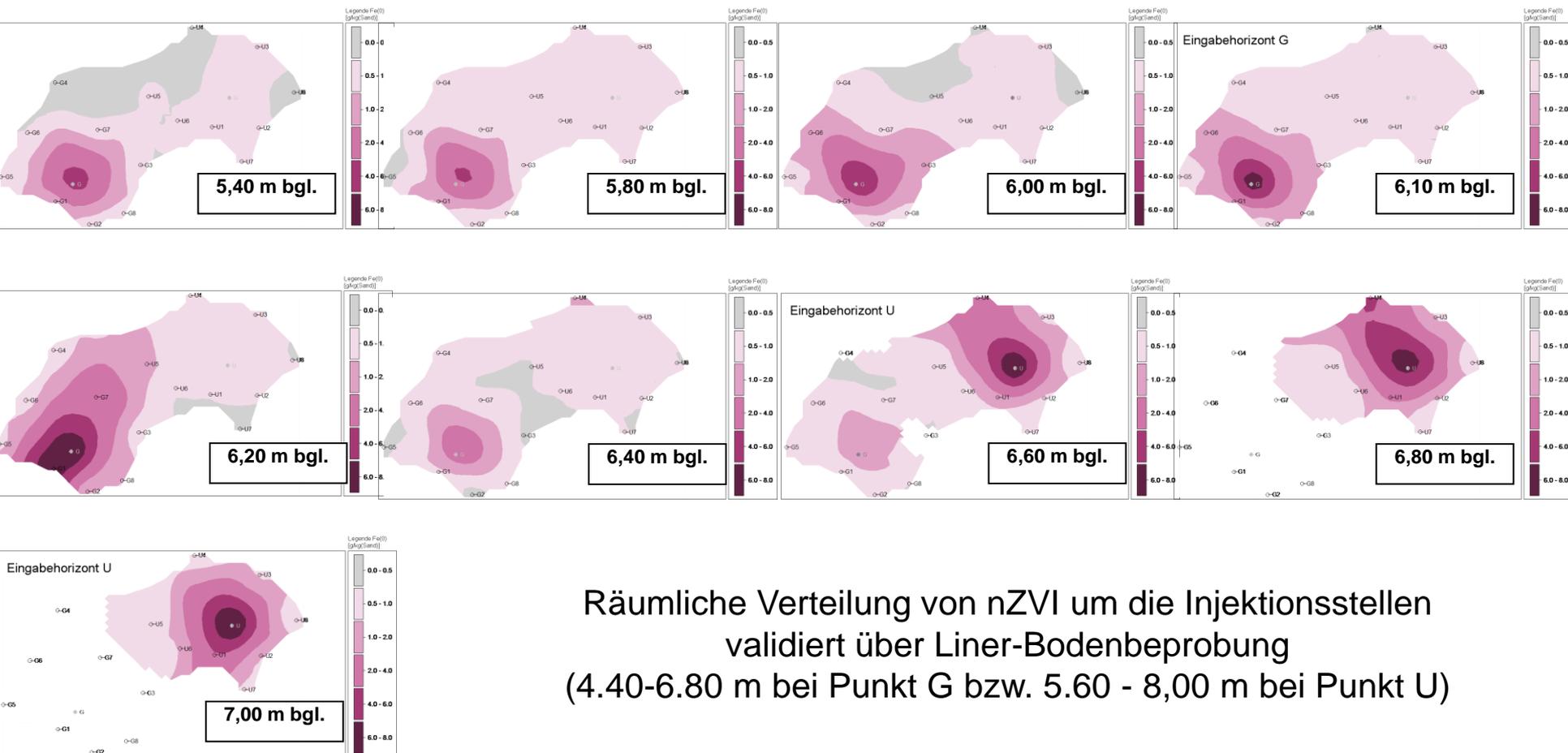
## → Abschätzung der optimalen standortspezifischen Injektionsbedingungen

### Rahmenbedingungen

- zwei Injektionsstellen
- Injektionstiefe: 5,4 bis 6,8 m
- 4 m<sup>3</sup> Eisensuspension
- Eisenkonzentration: 2,5 g/L
- Injektionsrate: 780 L/h

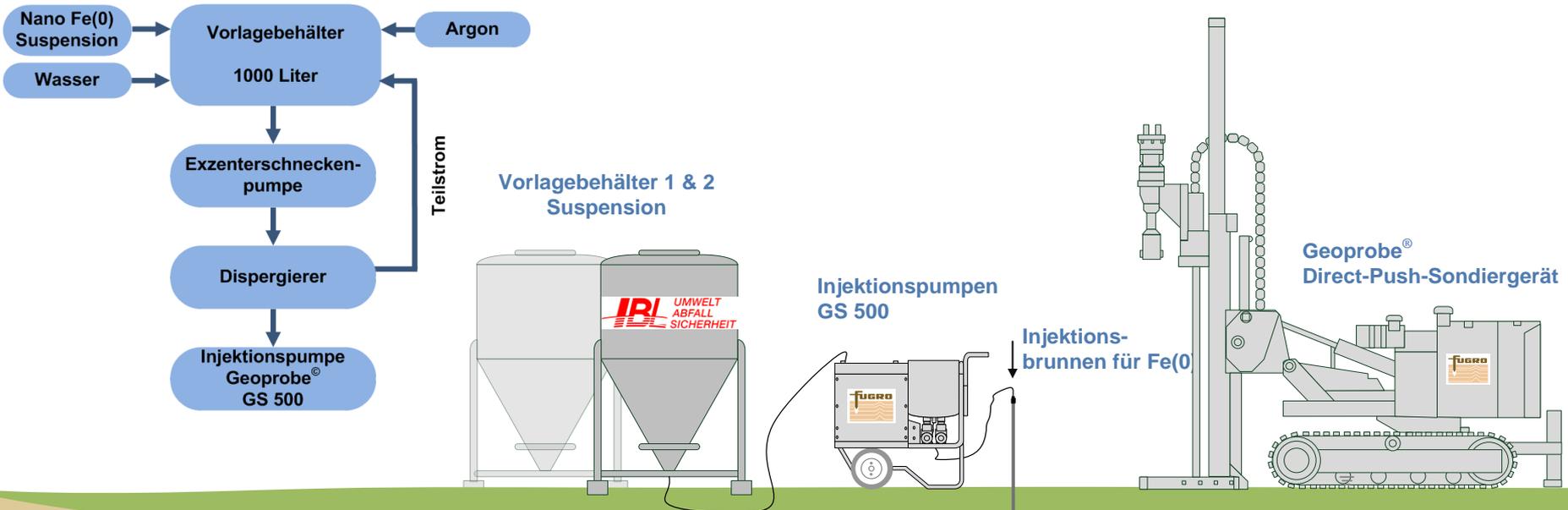


# Eisenmessung im Umfeld der Injektionsstellen

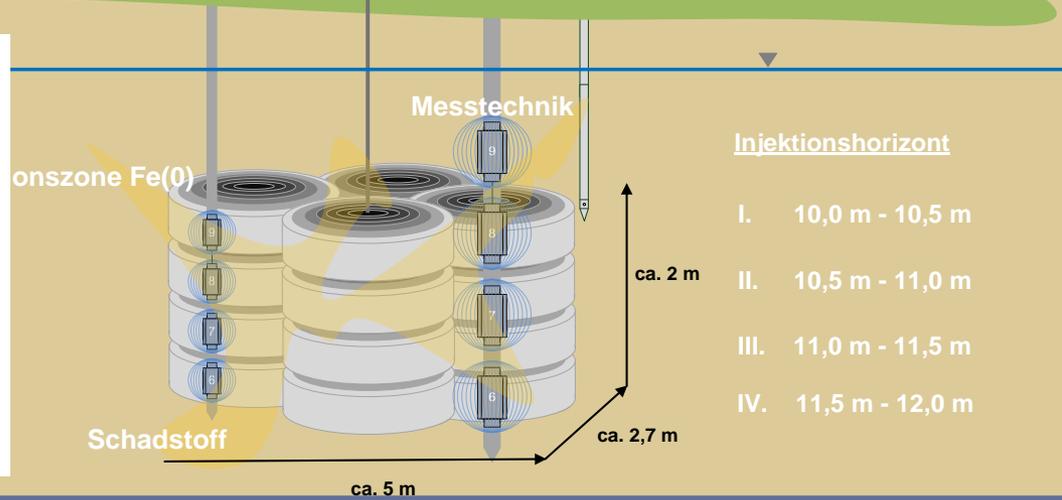


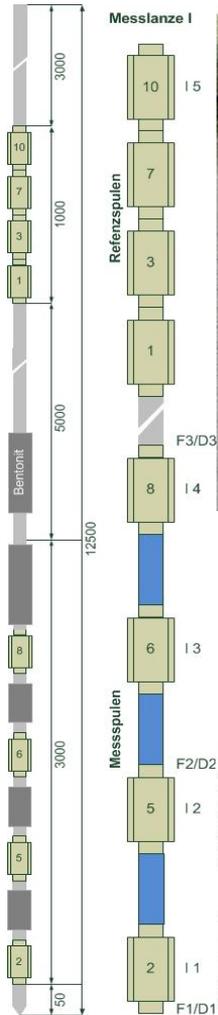
Räumliche Verteilung von nZVI um die Injektionsstellen validiert über Liner-Bodenbeprobung (4.40-6.80 m bei Punkt G bzw. 5.60 - 8,00 m bei Punkt U)

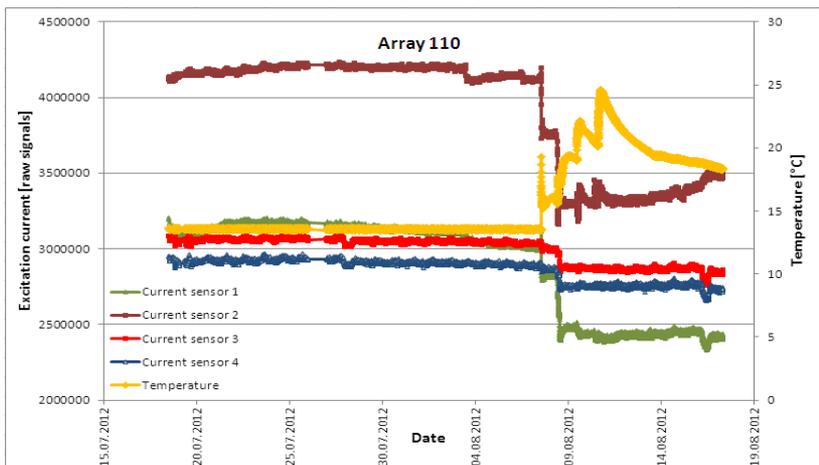
➔ bis ca. 1 m nZVI-Reichweite!



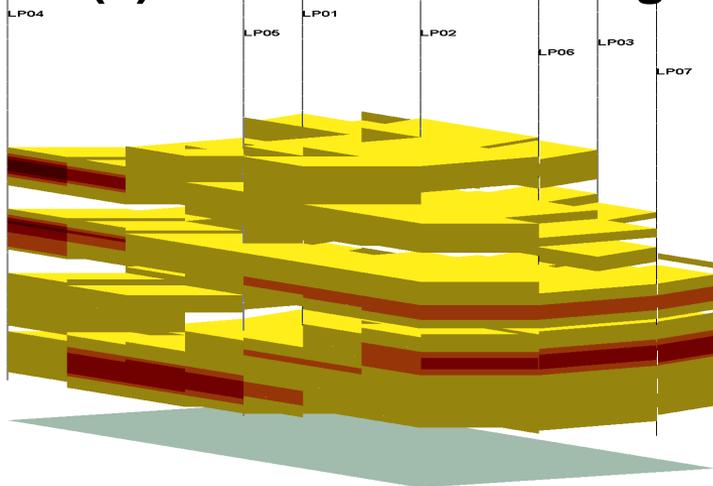
- insgesamt 14 Injektionsstellen
- Injektion in 10 bis 12 m Tiefe, vier Injektionshorizonte
- 28 m<sup>3</sup> Eisensuspension  
Eisenkonzentration: 10 g/L
- Insgesamt 280 kg Nano Fe(0) Partikel
- Injektionszeit: 8 AT



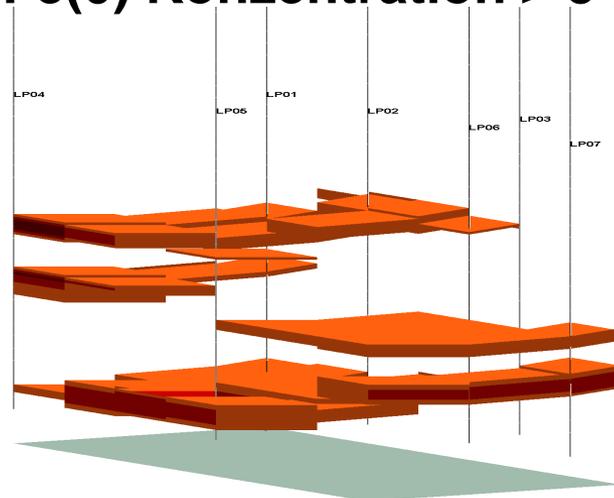




**Fe(0) Konzentration > 1 g/kg**



**Fe(0) Konzentration > 5 g/kg**



- **AP1 - Produktion**
  - Verbesserung von Coating und Suspension
- **AP2 - Transport & Reaktivität**
  - 2D/3D Transportversuche
  - Langzeitreaktivität
  - Aquifervorkonditionierung
- **AP3 - Monitoring**
  - Weiterentwicklung Technology
  - Verbesserung Auflösung
  - Feldtauglichkeit

- **AP4 - Numerik**
  - Erweiterung Modell auf 2D/3D
  - Integration von Abbaureaktion
- **AP5 - Feldstandort**
  - Langzeitmonitoring
  - Auswertung von Felddaten
  - Test Messtechnik

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



gefördert vom



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



3. Clustertreffen NanoCare und NanoNature  
14. - 15. Januar 2013, Frankfurt/Main