

Nanomaterialien – Perspektiven in der Boden- und Grundwassersanierung



Hans-Peter Koschitzky
 Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und
 Altlastensanierung, Universität Stuttgart
koschitzky@iws.uni-stuttgart.de



Symposium Strategien zur Boden- und Grundwassersanierung
 26. & 27. November 2012

Was können Sie erwarten

Wie klein ist nano ?

Nanopartikel für die In-situ-Sanierung

Wo stehen wir → von den ersten Erkenntnisse bis heute

Offene Fragen / Klärungsbedarf → Nano-Forschung

Sicht der EU → 7 Forschungsrahmenprogramm

Wo soll's hingehen ?

Beispiele → Heutige Vorträge

© VEGAS



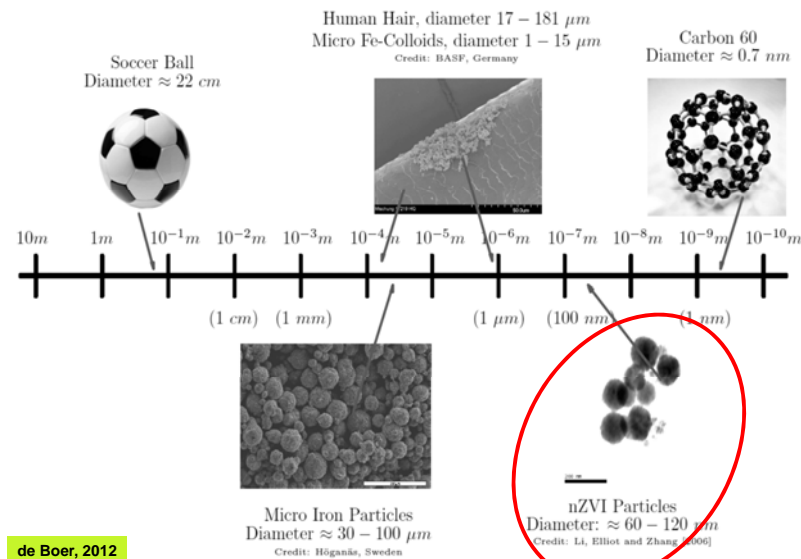
Nanomaterialien - Perspektiven in der
 Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
 26.-27.11.2012

Kos
 2

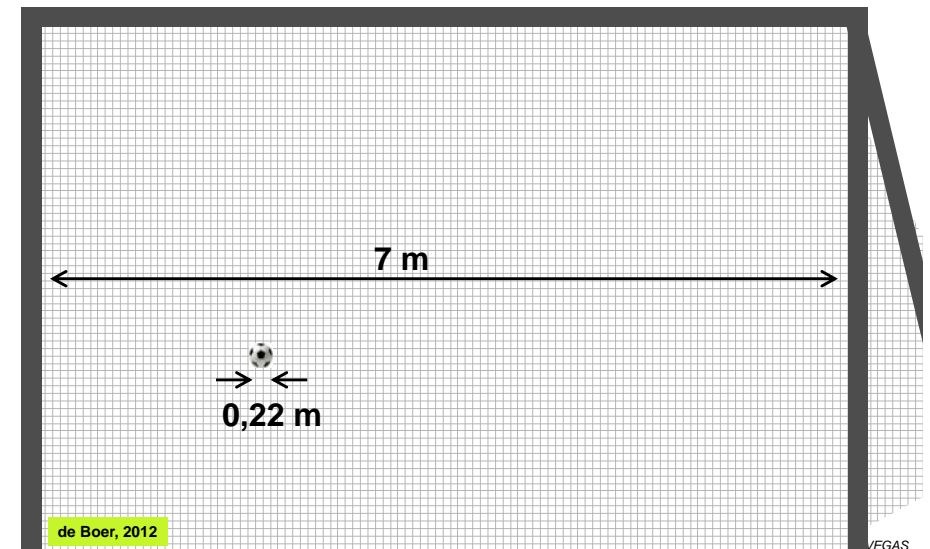
wie klein ist nano ?



de Boer, 2012

© VEGAS

Größenvergleich



de Boer, 2012

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
 Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
 26.-27.11.2012

Kos
 3



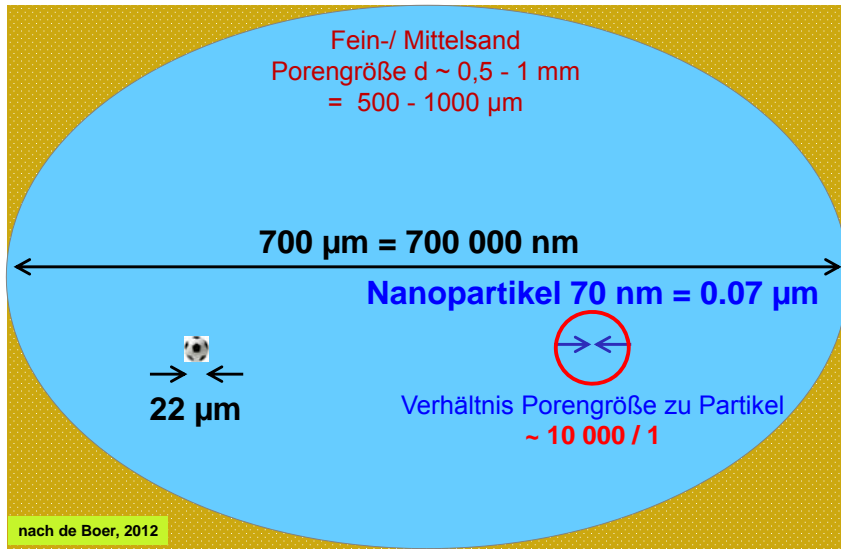
Nanomaterialien - Perspektiven in der
 Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
 26.-27.11.2012

Kos
 4

nano im „Boden“



VEGAS

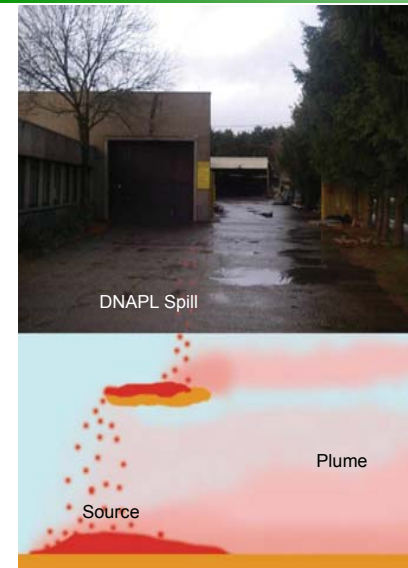


Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung

DECHEMA Symposium
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V. 26.-27.11.2012

Kos
5

Nanopartikel für die In-situ-Sanierung



- „Fokus Reinigung von Schadensquellen
- Unter Bauwerken möglich
- Prinzipiell in „beliebige“ Tiefen möglich
- „Semi-Passives“ Verfahren
- Z.B. Nano-Eisen (Fe(0))
- Innovatives Verfahren

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung

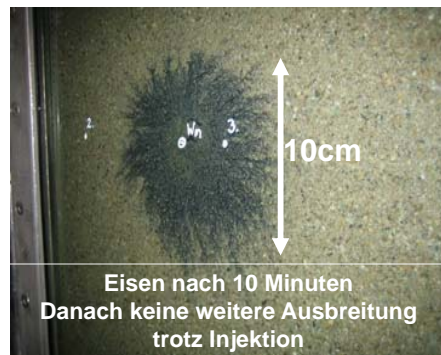
DECHEMA Symposium
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V. 26.-27.11.2012

Kos
6

Wo stehen wir → von den ersten Erkenntnisse bis heute



- Große Unterschiede zwischen Nano-Eisen-Suspension und Tracer
 - Eisen zeigt deutliche Retardierung
- **Maximale Ausbreitung ist begrenzt**



© VEGAS



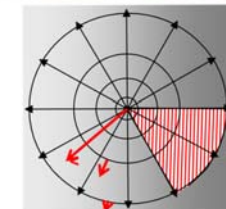
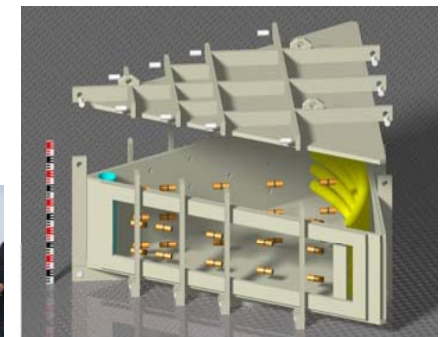
Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung

DECHEMA Symposium
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V. 26.-27.11.2012

Kos
7

Großskaliger Versuch

Kunststoffbehälter für zerstörungsfreie
Messung mittels neuer Messtechnik



© VEGAS

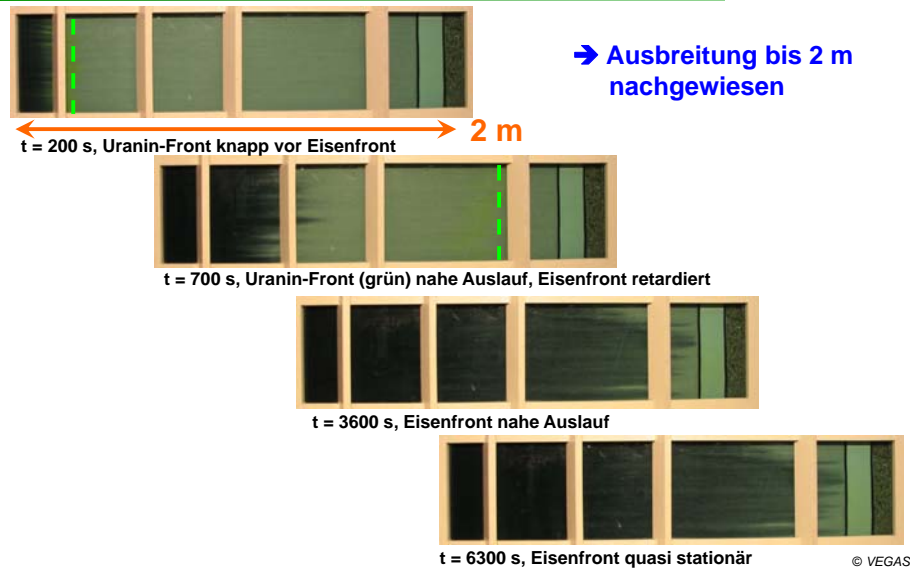


Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung

DECHEMA Symposium
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V. 26.-27.11.2012

Kos
8

Ergebnisse



Offene Fragen / Klärungsbedarf → Nano-Forschung

- **Transport**
 - Erzielbare Transportweiten in der Natur
 - Abstand der Injektionsbrunnen
 - Einflussfaktoren / Kontrollmechanismen / erzielbare Partikelkonzentrationen ?
 - Vorkonditionierung, Injektionsraten, Injektionsdauer, Injektionszyklen
- **Reaktivität**
 - Langzeitstabilität / Langzeitreaktivität (Wirkungsdauer)
 - Wieviele Partikel sind erforderlich, wie oft ?
- **Monitoring / Überwachung**
 - Kurzzeitig: Nachweis der Partikel / Injektionsdauer-/menge, Konzentrationen
 - Langzeit: (Sanierung): Injektionsraten
 - Verbleib in der Umwelt (geringe Konzentrationen, Spuren?)

Forschungsaktivitäten national / EU

DaNa <http://www.nanoobjects.info/cms>

START PROJEKTE WISSENSBASIS GLOSSAR HÄUFIGE FRAGEN NEUIGKEITEN DIALOG PRESSE

Laufende Projekte

- DaNa - Über uns
- CarbonBlack
- CarboTox
- Fe-NANOSIT
- NADINE
- NanoExpo
- NanoGEM
- NanoKon
- NanoMed
- NanoMembrane
- NanoPharm
- NanoPurification
- NanoSan
- Nano-SCR
- Nanosilberpartikel
- NanoTrack
- NAPASAN
- UMSICHT
- Inno.CNT

Abgeschlossene Projekte

- NanoFlow
- Nanokiesel
- InnoCNT-CarboSafe
- InnoCNT-CarboAir
- NanoCare
- INOS

Wissensplattform Nanomaterialien - Projekte

Industriell hergestellte Nanopartikel bieten Potenzial für eine Vielzahl unterschiedlichster Produkte. Zu den Auswirkungen dieser Nanopartikel auf Mensch und Umwelt besteht Forschungsbedarf. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert zusammen mit der Industrie Projekte um Wissenslücken zu schließen und Maßnahmen zur Risikoerkennung und -minimierung einzuleiten. Ergebnis sollen neue Methoden zur frühzeitigen Bewertung der Auswirkungen von Nanomaterialien auf Gesundheit und Umwelt sein.

EU 7th Framework Programme FP7 ENV 2008.3.1.1.1.

ausgeschrieben. Insgesamt werden 2008-2013 20 Projekte mit einem Förderumfang von ca. 36 Mio. € durch das BMBF gefördert.

NanoCare

Ziel der Fördermaßnahme NanoCare ist es, die humantoxikologischen Aus- und Wechselwirkungen bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von synthetischen Nanomaterialien systematisch weiter zu untersuchen.

Ihre Fragen an unsere Experten

Wissensplattform Nanomaterialien DaNa-Flyer zum Download

Nano-Risikoerkennung Chancen und Risiken von Nanomaterialien BMBF-Flyer zum Download

Gesundheitsrelevante

Sicht der EU → 7 Forschungsrahmenprogramm

- Bericht der Europäische Umweltagentur (EEA, 2007): auf ca. 3 Mio. Standorten "potenziell umweltbelastende Tätigkeiten"
 - Brachflächen in der EU mit Altlasten geschätzt > 1 Mio.
 - Durch die Verschlechterung der Bodenqualität in den Mitgliedstaaten Kosten von ca. 38 Milliarden Euro pro Jahr (DNR & EEB 2011)
 - Problem „Flächenverbrauchs“, aktuell Neuinanspruchnahme von natürlichen Flächen in der EU ca. 1.000 km² pro Jahr
 - „Roadmap“ für ressourcenschonendes Europas (EC 2011): netto Land-Verbrauch = 0 bis zum Jahr 2050
- Ziel nur mit effektiven Brachflächenrecycling einschließlich der Sanierung von Altlasten erreichbar

Prognose Sanierungsmarkt

Prognose für Anwendungen der **Nanotechnologien im Umweltbereich ca. 4,7 Mrd. €/ Jahr** (JRC Ispra 2007) für vier Bereiche:

(1) Sanierung/ Reinigung

(2) Schutz/ Sicherung/ Konservierung

(3) Wartung/ Unterhalt

(4) Verbesserung/ Erweiterung

→ **größte Wachstumspotential für Sanierung**

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
13

Anwendungen in Europa

- Bisher wenige großtechnische Anwendungen von NP bei In-situ-Sanierungen
- 58 Anwendungen weltweit von nullwertigem Nano-Eisen (nZVI) auf der Feldskala (Bardos et al. 2011)
- **17 Anwendungen in Europa** (Tschechien und Deutschland)
- Bisherigen In-situ-Anwendungen weitestgehend auf chlorierte Lösungsmittel beschränkt

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
14

Wissenslücken - Defizite

- **optimistische Prognose** für die Anwendung der Nanotechnologie (JRC Ispra 2007) d.h. die Marktentwicklung für den Bereich der Sanierung nicht erreicht → **Durchbruch fand bis heute nicht statt**

Gründe

- Wissenslücken beim Einsatz der Nanomaterialien unter „Feldbedingungen“
- zu hohen Herstellungskosten der Nanomaterialien
- aufkommende Diskussionen und Bedenken hinsichtlich der Gefährdung von Mensch und Umwelt durch NP

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
15

Einsatz von Nanopartikel bei der Altlastensanierung

- Nanotechnologien zur **In-situ-Sanierung von Grundwasserleiter geeignet**
- Für die **ungesättigten Zone (Böden) nicht geeignet**, die meisten NP werden in Gegenwart von Luft (-sauerstoff) rasch inaktiviert
- **Einsatzmöglichkeiten** der Nanotechnologie schrittweise **erweitern** im Hinblick auf „sanierbaren“ Schadstoffe und „Wirkungsgeschwindigkeit“ (Müller und Nowack 2010)
- „Druck“ auf die Entwicklung der NP durch international stark zunehmende Diskussion über "Nachhaltigkeit bei der Sanierung" (COMMON FORUM, Surf-UK, Surf-NL, US EPA, SURF (USA), NICOLE und COMMON Forum)

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
16

EU 7. Rahmenprogramm Ausschreibung (Juli 2011):

Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies – NMP

Unterpunkt NMP 2012.1.2-1:

Nanotechnology solutions for in-situ soil and groundwater remediation

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
17

NANOREM

Taking Nanotechnological Remediation Processes from Lab Scale to End User Applications for the Restoration of a Clean Environment

- ganzheitlichen Ansatz für die Entwicklung und die **Anwendung von NP bei der In-situ-Sanierung**
- Entwicklung und Optimierung **verschiedener NP für verschiedene Schadstoffen**
- Verschiedenartige NP vom Labor **zur Feldanwendung** führen
- **Einsatzmöglichkeiten, Auswirkungen, Nachweis der Unbedenklichkeit**, Entwicklung bzw. Optimierung von Nachweis- und Messverfahren für NP im Labor und im Feld bis hin zu Akzeptanzfragen (Genehmigungsfähigkeit)
- Schaffung von Grundlagen für den Markteintritt und verbreitete Anwendungen

© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
18

NANOREM Konsortium

- **28 Partner aus 12 Ländern**
- **11 Arbeitspakete**
- 9 Industriepartner und Dienstleister
- eine Organisation mit politischen und regulatorischen Zielen
- Laufzeit 4 Jahre
- ➔ Vertragsverhandlungen mit der EU sind abgeschlossen (Stand 26. Nov. 2012)

© VEGAS



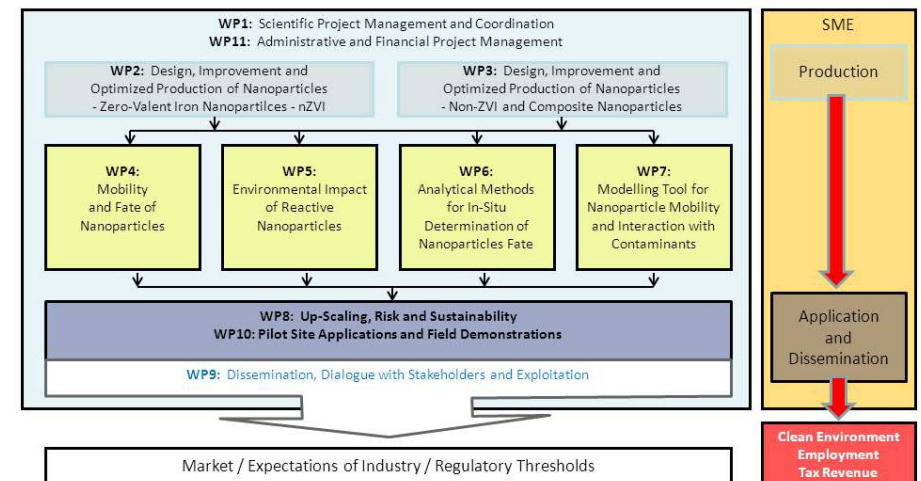
Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
19

NANOREM Struktur - Arbeitspakete



© VEGAS



Nanomaterialien - Perspektiven in der
Boden- und Grundwassersanierung



Symposium
26.-27.11.2012

Kos
20



Literaturhinweise

Bardos, P., Bone, B., Elliott, D., Hartog, N., Henstock, J. and Nathanail, P. (2011c) Risk/benefit approach to the application of iron nanoparticles for the remediation of contaminated sites in the environment - CB0440. Report for the Department of Environment, Food and Rural Affairs.
<http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=17502>

Bundesamt fuer Umwelt (2010): Natuerliche Ressourcen in der Schweiz. Umwelt. Nanotechnologie 3/2010 pp20-30

DNR - German League for Nature and Environment and EEB - European Environmental Bureau (2011): Soil: worth standing your ground for. Arguments for the Soil Framework Directive. EEB, Brussels.
www.eeb.org/EEB/?LinkServID=1D2DA6F8-B28F-78BB-6E212DDC63EE80E7

European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. Brussels, 20.9.2011, COM(2011) 571 final. http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/com2011_571.pdf

European Environment Agency. (2007): European Environment Agency (2007) Progress in management of contaminated sites (CSI 015) - Assessment published on line August 2007.
http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131746/IAssessment1152619898983/view_content

Gouvernement Du Quebec (2006): Ethics and Nanotechnology: A Basis for Action, Position Statement at Commission de L'éthique de la Science et de la Technologie, National Library of Canada, Québec.
JRC (2007): Report from the Workshop on Nanotechnologies for Environmental Remediation. JRC Ispra 16-17 April 2007. David Rickerby and Mark Morrison.
www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report101.pdf

Literaturhinweise

JRC (2010): The European Environment State And Outlook 2010, Soil Contribution to SOER 2010,
<http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/SOER2010/Docs/Soil.pdf>

Karn B, Kuiken T, Otto M (2009): Nanotechnology and *In-situ* Remediation: A Review of the Benefits and Potential Risks. Environ. Health. Perspect. 117: 1823-1831

Müller, N.C. and Nowack, B. (2010): Nano Zero Valent Iron – THE Solution for Water and Soil Remediation?, ObservatoryNANO Focus Report. Available at:
www.observatorynano.eu/project/filesystem/files/nZVI_final_vsObservatory.pdf

Oliver, L., Ferber, U., Grimski, D., Millar, K. and Grimski, D. (2005): The Scale and Nature of European Brownfields. CABERNET Project paper www.cabernet.org.uk/resourcefs/417.pdf

OVAM (2006a): Injectie van (bi)metallisch nanoschaal ijzerpartikels in met chloorkoolwaterstoffen verontreinigde aquifers. Fase 1: Literatuurstudie stand van de techniek. [Online] Available at:
www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/5

OVAM (2006b): Injectie van (bi)metallisch nanoschaal ijzerpartikels in met chloorkoolwaterstoffen verontreinigde aquifers. Fase 2: Labotesten. [Online] Available at:
www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/5

Heute: Einige aktuelle Ergebnisse

Beurteilung der Langzeitstabilität und -reaktivität von Fe(0)-Partikeln zur Sanierung einer CKW-Schadstoffquelle

A. Matheis, C. de Boer, N. Klaas, J. Braun VEGAS, Universität Stuttgart;
C. Hennlich, TU München

Charakterisierung und Optimierung des Transportes von Nano-Eisenpartikeln zur Sanierung von Grundwasserschadensfällen

T. Strutz, R. Köber, Christian-Albrechts-Universität Kiel

Injektionsfeldversuch zur Quellsanierung eines LCKW-Schadensherds in Braunschweig

M. Schobess, N. Klaas, J. Braun, VEGAS, Universität Stuttgart;
J. Körner, E. Martac, A. Oppermann, Fugro Consult GmbH, Nehren S. Thümmeler, A. Kamptner, UVR-FIA GmbH, Freiberg; T. Niemeyer, IBL UMWELT- UND BIOTECHNIK GMBH, Heidelberg; R. Köber, T. Strutz, G. Hornbruch, Christian-Albrechts-Universität, Kiel