






Altlasten- und Boden-News 1/2017

-  In-Situ-Sanierung mit Nanopartikeln
-  Neuauflage Hintergrundwerte für Böden
-  Branchenkatalog Version 4.0



In-situ-Sanierung mit Nanopartikeln

ERGEBNISSE DES EU-PROJEKTES NANOREM

NanoRem (www.nanorem.eu) war ein Forschungsprojekt im 7. Rahmenprogramm der EU. Ziel war, für die In-situ-Sanierung von Boden und Grundwasser mit Hilfe von Nano-Partikeln (NP), praxistaugliche, effiziente, sichere und ökonomische Technologien zu entwickeln, um einen kommerziellen Einsatz in Europa zu ermöglichen und zu stimulieren. Der Einsatzschwerpunkt von Nano-Partikeln liegt verfahrensbedingt bei der Sanierung von Schadensherden in Grundwasserleitern.

Marktpotentiale für die Nano-Sanierungstechnologie in Europa wurden ermittelt, Hindernisse für die Anwendung der NP-Technologie identifiziert und unter anderem durch Risiko-Nutzen-Analysen und Nachhaltigkeitsbetrachtungen adressiert. Damit sollen Markteintritt und Anwendung dieser Technologie in der EU erleichtert werden.

Das internationale NanoRem-Konsortium war mit 29 Partnern aus 13 Ländern interdisziplinär und branchenübergreifend aufgestellt (Abbildung 1).

Beteiligt waren führende europäische Forschungsgruppen im Bereich der Nano-Sanierungstechnologie, außerdem Partner aus Industrie, Dienstleistungsbereich (Ingenieurbüros) und Behörden. Koordiniert wurde NanoRem von VEGAS an der Universität Stuttgart.

Was ist Nanosanierung?

Altlastsanierung mit Hilfe von Nanotechnologie - kurz Nanosanierung - beschreibt den In-situ-Einsatz von Nanopartikeln (NP) zur Behandlung schadstoffkontaminierter Böden und Grundwasserleiter. NP sind definiert als Partikel, bei denen mindestens eine Dimension kleiner als 100 nm ist. In der Sanierungspraxis können unter Umständen auch größere Teilchen zum Einsatz kommen, beispielsweise, weil die eigentlichen NP in Partikelträger eingebettet sind.

Verwendete NP sind meist aus Metallen oder Metalloxiden, häufig aus nanoskaligem Eisen hergestellt. Sie können in unterschiedlicher Weise produziert und verändert werden, um Handhabung und Sanierungsleistung zu verbessern. Beispielsweise werden sie mit einem Katalysator wie Palladium versetzt, in funktionelle Hüllmaterialien eingebettet oder auf aktive Träger (Aktivkohle) aufgebracht.



Abb. 1: Die NanoRem-Projektpartner



WESENTLICHE ERGEBNISSE

Die Ergebnisse von NanoRem sind, aufbereitet für die Praxis, zusammenfassend in 12 thematischen Bulletins auf jeweils 4 bis 8 Seiten dargestellt. Diese sind auf der NanoRem-Homepage als kostenlose PDF-Dateien im Downloadbereich verfügbar. Eine gewisse Anzahl steht bei VEGAS in

gedruckter Form zur Verfügung. Deutschsprachige Bulletins werden in nächster Zeit noch erscheinen. Alle Projektergebnisse sind darüber hinaus in der NanoRem-Toolbox (Abbildung 2) auf www.nanorem.eu/toolbox als Download kostenfrei erhältlich.

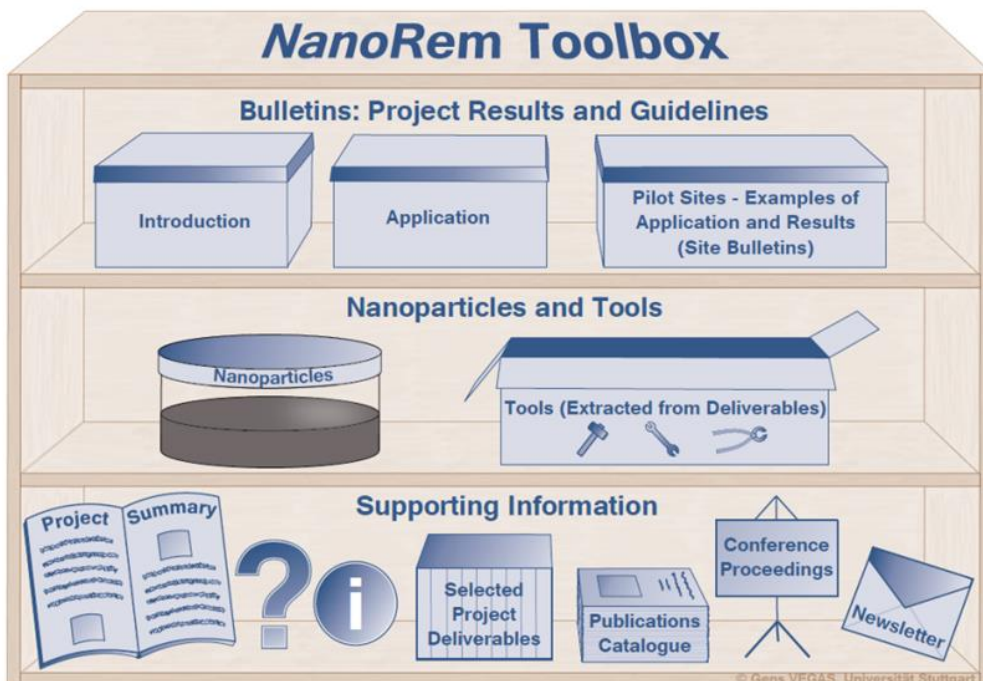


Abb. 2: Die NanoRem-Toolbox ist eine zusammenfassende Darstellung aller Projektprodukte und stellt diese auf der Homepage als Downloads zur Verfügung (Bild: © VEGAS, Universität Stuttgart)

Schlaglichtartig lassen sich die Ergebnisse von NanoRem wie folgt zusammenfassen:

Bulletin 1: „Nanotechnology for Contaminated Land Remediation – Possibilities and Future Trends Resulting from the NanoRem Project“ (Nanotechnologie für die Altlastensanierung – Potenziale und Trends aus dem NanoRem-

Projekt) gibt einen kurzen Überblick über NanoRem und seine Ergebnisse.

Sowohl verbesserte eisenbasierte NP (nullwertiges Eisen) als auch neue NP-Arten (z. B. Goethite, Zeolithe) sowie Verbundpartikel (z. B. Carbo-Iron®) wurden entwickelt (Beispiele Abbildung 3).

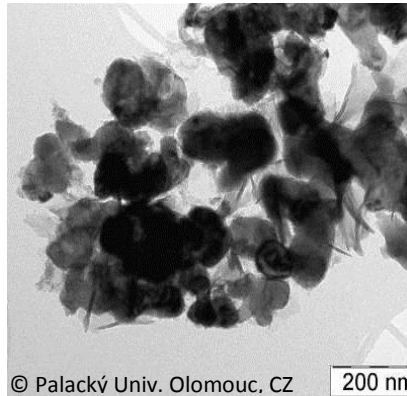


Abb. 3: verschiedene Nanopartikel, von links nach rechts: Carbo-Iron®, NANOFER (nullwertiges nanoskaliges Eisen), gemahlene nullwertige Nano-eisenpartikel

Der Anwendungsbereich der Nanosanierungstechnologie wurde auf weitere Schadstoffe erweitert.

Herstellungsprozesse im Labor wurden für die industrielle Fertigung angepasst. Sechs der untersuchten NP sind inzwischen kommerziell erhältlich. Diese NP sind im NanoRem-Bulletin 4: "A Guide to Nanoparticles for the Remediation of Contaminated Sites" (Überblick über zur Altlastensanierung geeignete Nanopartikel) zusammengestellt und beschrieben.



Abb. 4: Vorbereitung der Suspension (10 g/L NANOFER STAR and 5 g/L Carboxymethylcellulosen) für die Injektion in die große Rinne bei VEGAS (Foto: © VEGAS, Universität Stuttgart)

Die Mobilität der Partikel während der Injektion in den Untergrund sowie ihr Ausbreitungsverhalten im Nachgang durch die Grundwasserbewegung wurde auf verschiedenen Skalen untersucht: vom Labormaßstab (Säulen), über Versuche in Großbehältern in einer Versuchshalle (Abbildung 4) bis hin zu Feldversuchen an Pilotstandorten (Abbildung 5). Dabei wurden optimierte Formulierungen der Partikelsuspensionen sowie verbesserte Injektionstechniken entwickelt.



Abb. 5: Injektion von FerMEG12 (nullwertiges nanoskaliges Eisen) (Foto: © VEGAS, Universität Stuttgart)



Die Reaktivität der Partikel wurde sowohl unter Laborbedingungen, in feldtypischen Langzeitversuchen bei VEGAS sowie im Feld untersucht und daraus Informationen zu der zu erwartenden Lebensdauer der Partikel unter verschiedenen Randbedingungen gewonnen. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Bildung von Metaboliten und Konkurrenzreaktionen gelegt. Aus diesen Erkenntnissen wurden Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz der Partikel abgeleitet.

Die Pilotstandorte und die dort erzielten Ergebnisse sind in den Standort-Bulletins dargestellt (Bulletin 7-12). Alle Feldversuche im Projekt wurden im Rahmen eines Risikomanagementregimes durchgeführt. Für zwei Standorte wurde eine qualitative Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass Nanosanierung funktioniert, wenn Sanierungsexperten die für den Feldstandort geeigneten Partikel auswählen (wichtig zu beachten: Masse und Verteilung der Kontamination, hydrogeochemische Charakteristiken des Feldstandorts) und den „Allgemeinen Leitfa- den für den Einsatz einer Nanosanierung“ (Bulletin 3) befolgen.

Potentiell negative Auswirkungen der NP-Anwendung, insbesondere potentiell negative Auswirkungen auf Umwelt und Ökosysteme inklusive Gewässer, wurden ebenfalls untersucht.

- Es wurden keine signifikant toxischen Effekte auf Organismen im Boden und Wasser beobachtet (inklusive der Interaktion der NP mit den Schadstoffen und den Abbauprodukten).
- Auf den Pilotstandorten wurden bis zu neun Monate nach den NP-Injektionen die Effekte auf ausgesuchte Mikroorganismen und Pflanzen in Boden und Wasser überprüft. Bei drei von vier untersuchten Standorten

wurden keine toxischen Effekte beobachtet. Nur bei einem Standort wurde eine vorübergehende Erhöhung der Toxizität direkt nach der NP-Injektion festgestellt.

- Im Gegensatz dazu wurden bei zwei Standorten positive Effekte auf die standortspezifischen mikrobiologischen Gemeinschaften dahingehend festgestellt, dass der natürliche Schadstoffabbau (NA) durch NP-Injektionen stimuliert wurde.

In Bulletin 6 sind numerische Tools zur Abschätzung des Nanopartikeltransports im Boden zusammengefasst: „Forecasting Nanoparticle Transport in Support of *In Situ* Groundwater Remediation“ (Modellierung der Ausbreitung von Nanopartikeln bei der In-situ-Grundwassersanierung).

- 1D-Modellierungstool (MNM) zur begleitenden quantitativen Analyse von Säulenversuchen und zur Planung von Pilotinjektionen von Nanopartikeln (radiale 1D-Simulation).
- 3D Transportmodul (MNM3d) zur Simulation der Ausbreitung und des Transports von Partikeln in heterogenem Untergrund im Feldmaßstab bei Injektion mittels eines oder mehrerer Injektionsbrunnen.

Analytische Methoden und In-situ-Messsysteme zur Überwachung der Ausbreitung der NP während und nach der Injektion und zur Überprüfung der Sanierungseffizienz (Bulletin 5: „Development and Application of Analytical Methods for Monitoring Nanoparticles in Remediation“ (Entwicklung und Anwendung von Methoden zur Analyse von Nanopartikeln bei der Sanierung). Zum Beispiel In-situ-Messsysteme auf Basis magnetischer Suszeptibilitätsmessungen (vergleichbar Minensuchgerät, Abbildung 6).



Abb. 6: Vorbereitung der Monitoring-Ausrüstung (Foto: © VEGAS, Universität Stuttgart)

EMPFEHLUNGEN / LEITFADEN

Das Grundlagenpapier „Gezielte und sichere Anwendung von Nanopartikeln bei der Altlastensanierung“ fasst die Empfehlungen des NanoRem-Projekts für eine zielgerichtete und zweckmäßige Anwendung von Nano-Sanierungstechnologien zusammen (Bulletin 2: „Appropriate Use of Nanoremediation in Contaminated Land Management“). Der Leitfaden, dargestellt in Kurzfassung im Bulletin 3: “Generalised Guideline for Application of Nanoremediation“ (Allgemeiner Leitfaden für den Einsatz einer Nanosanierung) gibt einen Überblick über die Implementierung dieser Technologien. Damit kann deren prinzipielle Eignung für einen Sanierungsstandort beurteilt werden.

TOOLBOX

Die NanoRem-Toolbox (Abbildung 2) ist eine zusammenfassende Darstellung aller Projektprodukte und stellt diese auf der Homepage www.nanorem.eu kostenfrei als Downloads zur Verfügung.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Ergebnisse von NanoRem tragen in hohem Maße dazu bei, einen sachgerechten, zielgerichteten, effizienten, ökonomischen, und damit auch risikoarmen Einsatz von Nano-Partikeln bei der

In-situ-Sanierung von Boden- und Grundwasserkontaminationen zur gewährleisten. Dies umfasst neben der nun zur Verfügung stehenden Auswahl kommerziell erhältlicher, unterschiedlichster NP für verschiedene Kontaminanten auch Analyse-, Simulations- und Monitoringtechniken, Anwendungsleitlinien für Ingenieurbüros und Sanierungsfirmen bis hin zu Informationen und Beurteilungshilfen für Entscheidungsträger (z. B. Sanierungspflichtige) und Behörden.

Das Projektkonsortium hofft, dass die Ergebnisse von NanoRem einen Beitrag leisten, die Nano-Sanierungstechnologie in Zukunft zur Lösung von Altlastenproblemen in Europa verstärkt einzusetzen im Sinne der Wiederherstellung einer sauberen Umwelt.

Ansprechpartner:

Hans-Peter Koschitzky,

Jürgen Braun,

Alexandra Gens,

Norbert Klaas

VEGAS, Universität Stuttgart

Tel.: 0711/685-64717

E-Mail: vegas@iws.uni-stuttgart.de



HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
REDAKTION	Referat 22 - Boden, Altlasten Dr. Peter Dreher 0721/5600-1212 peter.dreher@lubw.bwl.de Dr. Iris Vetter 0721/5600-1441 iris.vetter@lubw.bwl.de
BEZUG	Die Altlasten- und Boden-News sind auch als Download im pdf-Format kostenlos erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg im Intranet unter: http://www.lubw.bwl.de/servlet/is/12349/
UMSETZUNG & GESTALTUNG	Thomas Nagel 0721/5600-1562 thomas.nagel@lubw.bwl.de Anita Lienau 0721/5600-1269 anita.lienau@lubw.bwl.de
BILDNACHWEIS	Titelbilder: LUBW kleines Titelbild unten rechts: Wüstenrot Haus- und Städtebau GmbH
STAND	Mai 2017

Die Inhalte der einzelnen Beiträge spiegeln nicht
zwangsläufig die Meinung der Redaktion wider.