



## **Newsletter des Österreichischen Vereins für Altlastenmanagement**

April 2016

Sehr geehrte ÖVA Mitglieder, Liebe Kolleginnen und Kollegen,

Obwohl die UN-Generalversammlung 2015 zum internationalen Jahr des Bodens erklärt hat, ist eine Reduktion des Flächenverbrauchs nicht erkennbar. Innerstädtische Straßenzüge zeigen speziell im ländlichen Raum eine triste Lage, während in den Randbereichen neue Einkaufszentren entstehen. Dass dadurch nicht nur die Ressource Boden verschwendet wird, sondern auch zusätzlicher Verkehr und damit einhergehend eine Belastung der Umwelt erfolgt, ist anscheinend dem Marktverhalten der Gesellschaft geschuldet. Dass bei Umwidmungen von Grünland in Bauland nicht nur eine Wertsteigerung eintritt und im Verkaufsfall der Staat durch die höhere Immobilienertragssteuer Mehreinnahmen verzeichnen kann, scheint auch nicht gerade förderlich für eine flächensparende Bodennutzung zu sein. Ich bin zuversichtlich, dass durch zukünftige Veröffentlichungen nicht nur die politischen Entscheidungsträger sondern vor allem die Gesellschaft zu einem Umdenken angeregt werden kann.

Der ÖVA fördert den sorgsamen Umgang mit unseren Ressourcen durch vielfältige Beiträge. Sowohl als Plattform für Informationsaustausch als auch als Veranstalter weiterbildender Maßnahmen und Unterstützer für Veröffentlichungen bietet der Verein ein breites Spektrum an Möglichkeiten für eine zukunftsweisende Entwicklung in der Gesellschaft.

Der Auftritt im Internet und der Newsletter geben eine immer aktualisierte Übersicht über die bereits durchgeführten und auch zukünftigen Aktivitäten. Die im Verein praktizierte Bündelung von Kompetenzen bietet den Mitgliedern einen Wissensvorsprung und damit auch die Chance für wirtschaftliche Erfolge.

Als Mitglied des Vorstands lade ich Sie ein, den Verein auch in Zukunft in seinen Agenden zu unterstützen, um seine Position zu stärken und damit die Möglichkeiten einer positiven Einflussnahme zu erhöhen.

Johann Scheifinger



## **INHALT**

<b>1. NEUERSCHEINUNG: „QUICKSCAN ERKUNDUNGS- UND MONITORINGTECHNOLOGIEN“</b>	<b>3</b>
<b>2. IN-SITU BELÜFTUNG VON ALTABLAGERUNGEN - KOHLENSTOFF- UND STICKSTOFFBILANZ</b>	<b>7</b>
<b>3. FORSCHUNGSPROJEKT CHROMSAN</b>	<b>11</b>
<b>WEITERE HINWEISE UND VERANSTALTUNGSTIPPS</b>	<b>14</b>
<b>WEB-LINKS</b>	<b>15</b>

1. Neuerscheinung: „QUICKSCAN ERKUNDUNGS- UND MONITORINGTECHNOLOGIEN“

**Quickscan über erfolgversprechende Verfahren zur Erkundung von kontaminierten Standorten**

Dem vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft im Jahre 2009 publizierten „Leitbild Altlastenmanagement“ (BMLFUW 2009) folgend sollen historisch kontaminierte Standorte innerhalb einer Generation erfasst werden, damit in weiterer Folge innerhalb von zwei Generationen (bis 2050) die erforderlichen Maßnahmen an erheblich kontaminierten Standorten (Altlasten) durchgeführt werden können. Um diese Ziele zu erreichen, werden noch an mehr als 10.000 Standorten Maßnahmen zur Erkundung notwendig sein, darüber hinaus an etwa 2.000 Altlasten Kontrolluntersuchungen oder langfristige Maßnahmen zur Beobachtung.

Auf Grund der Erfahrungen und der Entwicklung der letzten Jahre ist damit zu rechnen, dass in Zukunft deutlich öfter Untersuchungen an kontaminierten Standorten im dicht verbauten, innerstädtischen Gebieten durchzuführen sind. Zu erwarten sind dabei tendenziell überwiegend kleinflächige Kontaminationen wie insbesondere CKW- und MKW-Schäden. Unter Voraussetzung dieser Veränderungen werden sich konsequenterweise auch geänderte Anforderungen an Untersuchungen in allen Stadien der Erkundung aber auch für zukünftige Sanierungen ergeben. Umso wichtiger wird es, seit langem etablierte Untersuchungsmethoden und -routinen durch Innovation in Bezug auf Erkundungstechnologien und Untersuchungskonzepte weiter zu entwickeln.

Unter diesem Fokus wurde das Umweltbundesamt seitens des BMLFUW damit beauftragt innerhalb von drei Jahren einen Überblick über ausgewählte Erkundungs- und Monitoringverfahren, die in den letzten Jahren zur Marktreife entwickelt wurden, zu erarbeiten.



Die Erstellung dieses sogenannten „Erkundungstechnologiequickscans“ sollte weiters von einem unabhängigen Expertengremium begleitet und begutachtet werden. Mit diesem Review wurde das ExpertInnenpanel des

Österreichischen Vereins für Altlastenmanagement (ÖVA) seitens der Kommunalkredit Public Consulting (KPC) beauftragt.

Die Ergebnisse dieser Kooperation wurden im März 2016 in Form eines 160 seitigen Berichtes publiziert (Umweltbundesamt 2016) und digital veröffentlicht.

Der damit vorliegende Quicksan bietet PraktikerInnen einen schnellen Einstieg in ausgewählte Verfahren zur Erkundung kontaminierter Standorte. In dem er Potentiale für die Anwendung erfolgversprechender Erkundungs- und Monitoringverfahren aufzeigt, soll er helfen deren Weg in die Praxis in Österreich zu unterstützen. Die Nutzung der herausgearbeiteten Potenziale der Technologien wird dabei entscheidend davon abhängen, ob es uns allen gemeinsam gelingen wird, die Verfahren in Untersuchungsstrategien intelligent zu integrieren.

Der besondere Dank des Österreichischen Vereins für Altlastenmanagement und des Umweltbundesamtes gelten dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sowie die Kommunalkredit Public Consulting, die das Vorhaben finanziert haben bzw. ohne die eine Realisierung des Quicksans nicht möglich gewesen wären.

## Literatur

Bmlfuw – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VI/3, Abfallbehandlung und Altlastensanierung (2009): Leitbild Altlastenmanagement – Sechs Leitsätze zur Neuausrichtung der Beurteilung und Sanierung von kontaminierten Standorten, Wien.

Umweltbundesamt (2016): Dörrie, T; Döberl, G.; Müller-Grabherr, D. & Weisgram, M.: QUICKSCAN ERKUNDUNGS- UND MONITORINGTECHNOLOGIEN - Quicksan über erfolgversprechende Verfahren zur Erkundung von kontaminierten Standorten. 30. März 2016. Reports, Bd. REP-0570. Umweltbundesamt, Wien.

## Gratis-Download des Erkundungstechnologiequicksans:

<http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/> → Altlasten

oder

<http://www.altlastenmanagement.at> → Publikationen

**KONTAKT:** DI TIMO DÖRRIE  
UMWELTBUNDESAMT, ABTEILUNG ALTLASTEN  
SPITTELAUER LÄNDE 5, A-1090 WIEN  
TEL: +43 1 31304-5908, FAX: FAX+43 1 31304-3533, [timo.doerrie@umweltbundesamt.at](mailto:timo.doerrie@umweltbundesamt.at)

## Info zum Inhalt des „Technologiequickscan“

Inhaltlich wurde der Fokus des Quickskans auf Technologien zur Erkundung des Untergrunds und des Grundwassers sowie Technologien zum Monitoring von Prozessen im Untergrund und im Grundwasser gelegt, die in den letzten Jahren ihre Marktreife erlangt haben und für die in den nächsten Jahren ein erhöhtes Anwendungspotenzial in Österreich zu erwarten ist. Als wesentliche Auswahlkriterien wurden dabei u.a. die Kosteneinsparung und Zeitersparnis durch Ersatz von oder durch Kombination mit etablierten Verfahren, die ausreichende Erprobung des jeweiligen Verfahrens sowie die Qualität der gewonnenen Information festgelegt.

Den Beschreibungen der Technologien werden in einleitenden Kapiteln des Quickskans zusammenfassend vorangestellt, welche Voraussetzungen und Randbedingungen bei der Planung und Anwendung von Erkundungs- und Monitoringtechnologien allgemein von Bedeutung sind. In diesen Kapiteln findet sich auch eine Technologiematrix, die zu 28 Technologien bzw. -gruppen je eine generelle, sehr knappe Darstellung des Verfahrensprinzips und Einsatzbereiches sowie Hinweise auf weiterführende Literatur beinhaltet (s. Tabelle).

**Tabelle: Auszug aus der Übersichtsmatrix im Quickscan Erkundungs- und Monitoringtechnologien (Umweltbundesamt 2016)**

Verfahren	Verfahrensgruppe			Untersuchungsziel und Verfahrensprinzip	Literatur
	Hydro-/ Geologie	Schad- stoffe	Pro- zesse		
Direct Push  <i>Schadstoff- messung</i>		x		Statischer oder dynamischer Vortrieb eines Gestänges mit schadstoffdetektierenden Sensoren zum Nachweis von leichtflüchtigen organischen Schadstoffen (Membrane Interface Probe – MIP) mit unterschiedlichen Detektoren (PID, FID, DELCD), von Mineralölkohlenwasserstoffen (Laserinduzierte Fluoreszenz- Spektroskopie – LIF) mit unterschiedlichen Detektoren (ROST, UVOST, TarGOST), von anorganischen Schadstoffen (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy – LIBS und Röntgen-Fluoreszenz-Sonde – XRF) sowie von sprengstofftypischen Substanzen ("Explosives Sensor").	s. Kap. 6
Passivsammler		x		Tiefenorientierte Ermittlung der Schadstoffkonzentration in einer Grundwassermessstelle durch Konzentrationsausgleich zwischen Sammler und Grundwasser (Gleichgewichtssammler) bzw. tiefenorientierte Erfassung der Schadstoffmengen in einer Grundwassermessstelle über einen definierten Zeitraum durch Fixierung der Schadstoffe auf ein in die Messstelle eingebrachtes Sammelmedium (zeitintegrierender Passivsammler).	s. Kap. 10
Redoxensitive Bänder		x	x	Tiefenorientierte (biologische und chemische) Kartierung der Redox-Milieu-Bedingungen im Grundwasser durch Einbringung von auf Bändern fixierten Mineralphasen, die mittels charakteristischen Farbumschlags definierte GW-Stabilitätsfelder (Redox-Zonen) direkt anzeigen (z. B. Redox-Milieu-Detektorbänder – RMD).	s. Kap. 12
Immissions- Pumpversuche	x	x		Ermittlung von Schadstoffkonzentrationsganglinien in Pumpversuchen an einzelnen GW-Messstellen, an einer Kontrollebene oder an GW-Messstellen an mehreren Ebenen. Räumlich integrierende Quantifizierung der Grundwasserbelastung, Frachten, Fahnengeometrie, Schadstoffquellen-situierung, des Schadstoffrückhalts und -abbaus mittels Strömungs- und Transportmodellen.	s. Kap. 8
Separations- Pump-Verfahren	x	x		Gewinnung tiefenorientierter Pumpproben durch zeitgleichen Betrieb mehrerer konventioneller Pumpen in Grundwassermessstellen ohne Packer (Simultane Pumpratzen Methode – SPR, vereinfachtes DGU Verfahren, Separation Pumping) und mit Einbau von Packern (Multi-Level-Scheibenpacker).	s. Kap. 9.1
Multilevel- messstellen	x	x		Tiefengestaffelte, zeitgleiche Entnahme von Pumpproben bei sehr geringen Förderleistungen, durch z. B. Einbringung eines Schlauchpackers über die Länge der Filterstrecke der Messstelle mit tiefengestaffelten Probenahmeports und Mini-Pumpen (Multi-Level-Schlauchpacker) oder durch Einbringung modularer Steck-/Schraubsysteme z. B. aus Zentralrohr mit Mess- und Probenahmeports in unterschiedlichen Tiefen (Waterloo-System). Eingesetzt in Spezialmessstellen (tzw. auch konventionelle Messstellen).	s. Kap. 9.2

Der Schwerpunkt des Quickskans liegt auf 12 Technologiekapiteln in denen die ausgewählten Technologien beschrieben werden. Diese umfassen die Verfahren des Direct Push, Flowmeter Messungen, Immissionspumpversuche, tiefenorientierte GW-Probenahmesysteme, Passivsammler und Passiv Flux Meter für das Grundwasser, Redoxensitive Bänder und Markierungsversuche sowie die Laborverfahren GC-Fingerprinting und Isotopenuntersuchungen.

Jedes Technologiekapitel wurde dazu einheitlich gegliedert:

Nach einer kurzen Einleitung mit einer Übersichtstabelle (s. Tabelle), die wesentliche Informationen zum Verfahren (Prinzip, Ziel, Einsatzbereich, Parameter, Dauer und Kosten) zusammenfasst, wird die jeweilige Technologie bzw. Varianten der Technologie in folgender Gliederung beschrieben:

- Verfahrensbeschreibung
- Voraussetzungen/Anforderungen
  - o Standort
  - o Probenahme/Dimensionierung;

- Potenziale und Einschränkungen;
- Alternativen/Kombinationen;
- Stand der Entwicklung/Stand der Anwendung.

**Tabelle: Beispiel für eine – die Technologiekapitel – einleitende Tabelle. In diesem Falle „Wesentliche Kriterien für Multilevel-Systeme.“ (Quelle: Umweltbundesamt)**

Verfahren	Verfahrensprinzip/ Ziel des Verfahrens	Einsatzbereich <sup>a)</sup>	Parameter	Dauer	Kosten
Multi-Level-Schlauchpacker	Einbringung e. Schlauchpackers über die Länge der Filterstrecke mit tiefengestaffelten Probenahmeports und Minipumpen o. Schläuchen zur zeitgleichen Entnahme von GW-Proben bei sehr geringen Förderleistungen	tiefengestaffelt Fahne ((D)), S, B temporär/permanent in Spezial- oder voll oder mehrfach verfilterten Messstellen	Punktgenaue Entnahme (Spezialmessstellen) oder tiefenorientierte Grundwasserproben (konv. Messstelle)	Einbau abh. von Packertlänge. Probenahme 30 min. Zeit für Normalisierung nach Einbau	Anschaffung € 2.000 für 20 lfm, 5 Horizonte inkl. Minidruckpumpen. plus Betrieb für Pumpen (Druckluft)
Waterloo-System	Einbringung eines modularen Steck-/Schraubsystems bestehend aus dichtem Zentralrohr mit Mess- und Probenahmeports in unterschiedlichen Tiefen zur zeitgleichen Entnahme von Pumpproben bei sehr geringen Förderleistungen	tiefengestaffelt Fahne (D), S, B (temporär)/permanent in Bohrloch, Spezialmessstelle und voll oder mehrfach verfilterten Messstellen	Punktgenaue Entnahme (Spezialmessstellen) oder tiefenorientierte Grundwasserproben, Grundwasserspiegelmessung, Druck, Temperatur	Einbau abh. von Länge des Systems Probenahme 30 min. Zeit für Normalisierung der Messstelle nach Einbau	Anschaffungskosten € 6.500 bis € 8.000 mit Zubehör für 5 Ports plus Betrieb für Pumpen (Druckluft).

a) V = Vorerkundung, D = Detailerkundung, B = Beobachtung, K = Kontrolluntersuchung

Die Beschreibungen der im Quickscan dargestellten Technologien wurden auf Basis ausgewählter Literatur, die am Ende des jeweiligen Kapitels angegeben ist, verfasst. Soweit es im Rahmen eines Quickscans möglich war, wurde eine Prüfung der Plausibilität der in der Literatur dargestellten Verfahrensbeschreibungen sowie ihrer Vor- und Nachteile durchgeführt.

Der Quickscan schließt mit einem Fazit, das wesentlich Vorteile und Voraussetzungen für die Anwendung erfolgversprechender Erkundungsverfahren zusammenfasst.

**KONTAKT:** DI TIMO DÖRRIE  
 UMWELTBUNDESAMT, ABTEILUNG ALTLASTEN  
 SPITTELAUER LÄNDE 5, A-1090 WIEN  
 TEL: +43 1 31304-5908, FAX: FAX+43 1 31304-3533, [timo.doerrie@umweltbundesamt.at](mailto:timo.doerrie@umweltbundesamt.at)

## 2. In-situ Belüftung von Altablagerungen - Kohlenstoff- und Stickstoffbilanz

---

### Hintergrund und Ausgangssituation

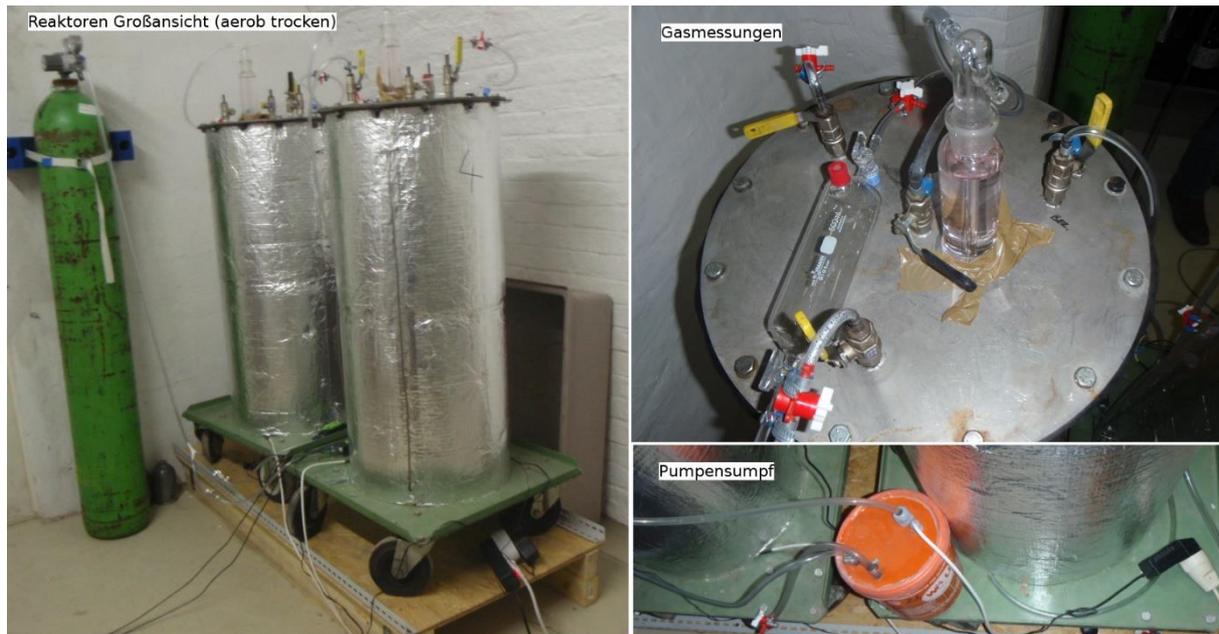
Altablagerungen sind Deponien, die vor dem 1.7.1989 entstanden sind und häufig unbehandelte Siedlungsabfälle enthalten. Da oft ein hoher organischer Anteil vorhanden ist, ist davon auszugehen, dass solche Altablagerungen noch über lange Zeiträume problematisch bleiben werden. In Österreich wurden etwa 5.200 Altablagerungen registriert und weitere 871 als Verdachtsflächen klassifiziert (Statistik Altlastenatlas, Umweltbundesamt, Stand Jänner 2016). Um das Emissionspotential von biologisch aktiven Altablagerungen nachhaltig zu verringern, gibt es mehrere Möglichkeiten. Ein relativ junges in-situ Verfahren, die in-situ Belüftung von Deponien, rückte in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus. Durch die Einbringung von Luftsauerstoff in den Deponiekörper erhofft man sich, das in Altablagerungen verbliebene Restemissionspotential kostengünstig zu verringern. Dabei möchte man einerseits die Gasbildung, insbesondere Methan, und andererseits die Sickerwasseremissionen, vor allem gelöstes Ammonium, minimieren.

Die Technologie wurde und wird bereits an mehreren Standorten in Österreich angewendet (z.B. Deponie Pill (Tirol), Deponie Mannersdorf (NÖ) und Deponie Heferlbach (NÖ)). Anhand der Altlastenklassifikation wurde die Altablagerung Heferlbach (N58, Prioritätenklasse 2) als gefährlich für das Schutzgut Luft klassifiziert. Es besteht das Risiko einer erhöhten Gasmigration in benachbarte Kellerräume. Bei dem Standort wurde das Verfahren ausgewählt, da sich die Morphologie der Altablagerung sehr gut für eine Belüftung eignet. Durch eine vergleichsweise große Ausdehnung und geringe Mächtigkeit war es eher unwahrscheinlich, dass sich dem Verfahren abträgliches Stauwasser in großem Ausmaß in der Ablagerung anreichert. Durch die Vielzahl an benachbarten Wohnhäusern wollte man außerdem die Anrainerbelästigung so gering wie möglich halten, was die Verwendung von in-situ Verfahren nahelegt.

Um einen standortspezifischen Referenzwert für das Potential der Maßnahme zu erhalten, ist es äußerst empfehlenswert, Laborversuche durchzuführen, in denen einerseits das verbliebene Gasemissionspotential bestimmt werden. Andererseits kann das Verbesserungspotential durch die in-situ Belüftung unter optimierten Bedingungen bestimmt werden. Aus diesen gemessenen Daten kann ein idealer Wert für die Feldmaßnahme abgeleitet werden. In der gegenständlichen Arbeit werden die gewonnenen Erkenntnisse aus einem umfangreichen zweijährigen Laborexperiment zusammengefasst.

### Experimenteller Aufbau

In dem Versuch wurden in drei Doppelansätzen neben dem erreichbaren Potential der Maßnahme der Einfluss der Belüftung und des Wassergehalts auf den Abbauprozess untersucht. Da das aus der Altablagerung geborgene Material relativ trocken war, wurden die „natürlichen“ Bedingungen auf der Altlast ohne Wasserzugabe in einer Versuchsreihe nachgestellt. Somit wurden die folgenden Rahmenbedingungen festgesteckt: zwei Reaktoren wurden bewässert und belüftet, zwei Reaktoren wurden ohne jegliche Wasserzugabe trocken belüftet und zwei Reaktoren dienten als anaerobe Referenzreaktoren für den Status Quo ohne Belüftung. Die Belüftung erfolgte über Gasflaschen (Bild 1), die eingeströmte Luftvolumen wurde online gemessen und die Gaskonzentrationen zu diskreten werktäglichen Zeitpunkten mit einem mobilen Gerät. Für das Sickerwasser wurde ein externer Pumpensumpf eingesetzt, wobei die entsprechenden Ventile für die Rückspülung nur unter Aufsicht geöffnet wurden, um einen möglichen unkontrollierten Sauerstoffeintrag in die Reaktoren so gering wie möglich zu halten.



**Bild 1: Deponiesimulationsreaktoren – Aufbau**

Den einzelnen Reaktoren wurden im Laufe des Experiments jeweils etwa 350 Gas-, 27 Sickerwasser- und neun bzw. sechs Feststoffproben entnommen, deren Analysen in die Bilanzierung für Kohlenstoff- und Stickstoff einfließen. Die Feststoff-Beprobung erfolgte zu Beginn und am Ende, und bei den belüfteten Reaktoren auch zur Mitte des Experiments.

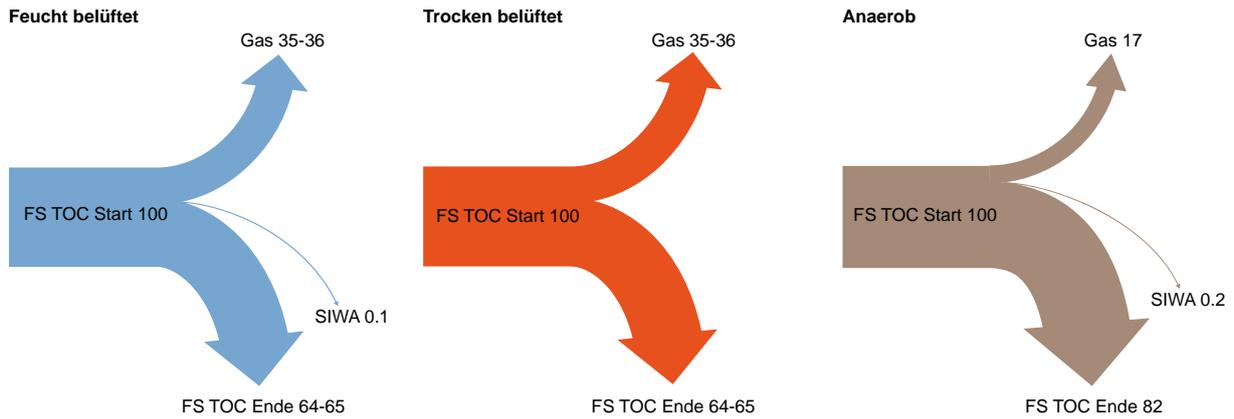
## Ergebnisse

Eine verstärkte Stabilisierung des Materials ließ sich bereits rein optisch bei der Feststoff-Beprobung zu Versuchsende ableiten (Bild 2). Das Material der aerob betriebenen Reaktoren wies unabhängig von der Bewässerung eine Braunfärbung auf, während die anaerob betriebenen schwarz blieben, wie es für organisches belastetes Deponiematerial typisch ist.



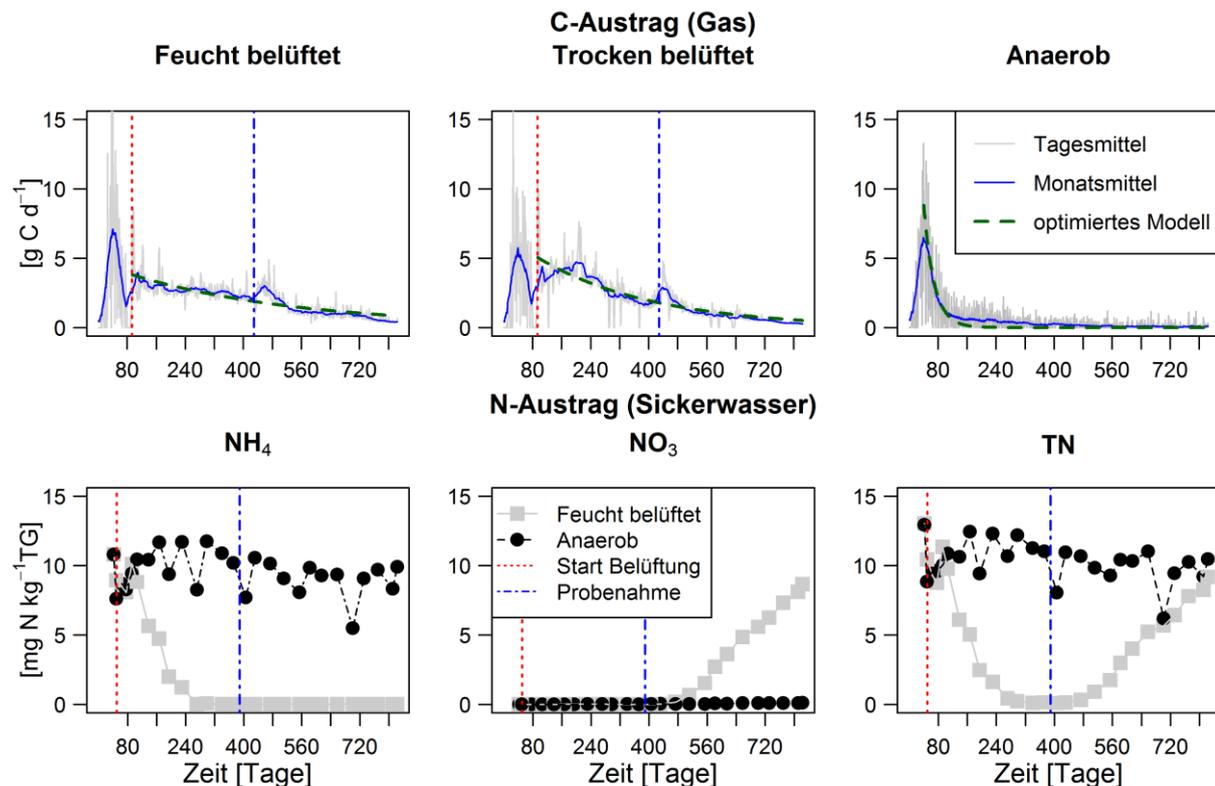
**Bild 2: Material am Ende der Belüftungsversuche**

Bei den Kohlenstoffbilanzen zeigte sich, dass die Zugabe von Wasser keinen nachweisbaren Effekt auf die Belüftung ausübte (Bild 3 und Bild 4 oben). Der gasförmige C-Austrag betrug bei den aeroben Reaktoren etwa 35 % des anfänglichen organischen Kohlenstoffs (TOC). Bei den anaeroben Reaktoren belief sich dieser Anteil auf etwa die Hälfte (17 %). Somit wurde in unserem Versuch der C-Austrag durch die in-situ Belüftung im Vergleich zur anaeroben Situation etwa verdoppelt. Zusätzlich kam es in allen Reaktoren zum vollständigen Abbau der anfänglich vorhandenen Zellulose und in den aeroben Reaktoren wurde eine ligninartige Fraktion aufgebaut, was auf eine langfristige biologische Stabilisierung hindeutet.



**Bild 3: Zusammenfassung der relativen Kohlenstoffbilanz in den Deponiesimulationsreaktorversuchen [% TOC Start]**

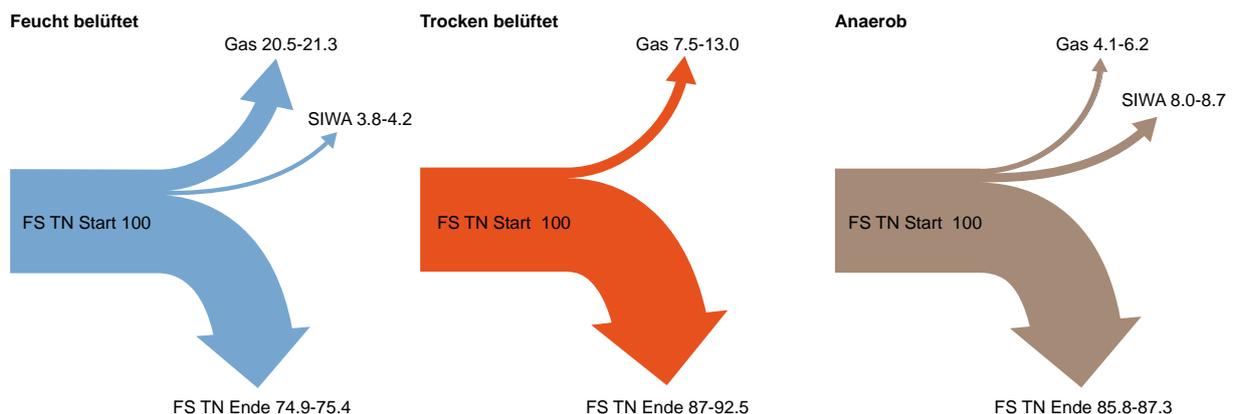
Die Stickstoff-Situation zeigt ein differenzierteres Bild (Bild 5 und Bild 4 unten) im Vergleich zur Kohlenstoffbilanz. Beim Stickstoff wurde vor allem anaerob ein maßgeblicher Anteil mit dem Sickerwasser ausgetragen. Der gasförmige Austrag (hauptsächlich N<sub>2</sub>) war bei den feucht belüfteten Reaktoren am höchsten, gefolgt von den trocken belüfteten. Über die Gasphase wurden schadloses N<sub>2</sub>-Gas und klimarelevantes Lachgas (N<sub>2</sub>O, 100-jähriges Treibhauspotential 265 CO<sub>2</sub>-Äquivalente) emittiert. Bei den trocken belüfteten betrug der Lachgas-Anteil etwa 3,8 % des anfänglich im Feststoff vorhandenen Gesamtstickstoffs, und bei den feuchten etwa 1,3 %. Das bedeutet, dass die „trockene“ in-situ Belüftung, wie sie im Feld typischerweise durchgeführt wird, möglicherweise zu einer verstärkten Emission von Lachgas führt. Das kann sich stark negativ auf die Klimabilanz der Maßnahme auswirken. Diese im Experiment gemessenen Emissionen waren vor allem unmittelbar nach der Feststoff-Probenahme sehr ausgeprägt. Aus der Kompostierung ist ein vergleichbares Phänomen bekannt: gerade nach dem Wenden des Komposts kommt es zur verstärkten Lachgasbildung.



**Bild 4: Ausgewählte Prozessvariablen für die Stoffbilanzen (Mittelwerte für jeweils zwei Reaktoren)**

Im Gegensatz könnte durch die Zugabe von (mit leicht abbaubaren C-Verbindungen angereichertem) Wasser, das Potential für die Denitrifikation (Bildung von N<sub>2</sub>) maßgeblich verbessert werden.

In Bild 4 (unten) lässt sich auch beobachten, dass es bei den belüfteten Reaktoren zwischen der Ammonium-Reduktion (links) und der zunehmenden Nitrifikation (Mitte) einen Zeitraum von einigen Monaten gab, wo die N-Konzentration im Sickerwasser extrem niedrig war (rechts). Die vermutete Ursache dafür ist, dass es in diesem Zeitraum verstärkt zu Denitrifikation kam. Diese wurde durch die Prozessführung in den feucht belüfteten Reaktoren begünstigt. Eine Untersuchung über den am Feststoff angehaften Ammonium-Stickstoff des Materials am Ende der Belüftung ergab außerdem, dass der im Material verbleibende Reststickstoff nach der Belüftung vergleichsweise fest im Substrat verankert ist. Das deutet stark darauf hin, dass nach einer erfolgreich durchgeführten in-situ Belüftung zukünftig stark verminderte Ammonium-Emissionen zu erwarten sind.



**Bild 5: Zusammenfassung der relativen Stickstoffbilanz in den Deponiesimulationsreaktorversuchen [% TN Start]**

## Zusammenfassung

Für die Methode der in-situ Belüftung konnten belastbare Stoffbilanzen für Kohlenstoff und Stickstoff im Laborversuch erstellt werden. Es zeigte sich, beim Kohlenstoff der aerobe C-Austrag etwa doppelt so hoch war wie im anaeroben Referenzfall. Zusätzlich wurde das Material verstärkt „vererdet“, was sich neben dem optischen Eindruck auch im Aufbau einer ligninartigen Fraktion widerspiegelte. Bei den Stickstoff-Emissionen stellt sich vor allem der gasförmige Austrag von Lachgas als problematisch dar. Die Situation beim Ammonium im Sickerwasser konnte durch die Belüftung stark verbessert werden. In Abhängigkeit von der Prozessführung besteht auch ein großes Potential für die Denitrifikation. Die Ergebnisse des Experiments sowie die erstellten Stoffbilanzen werden dazu beitragen, zukünftig die Maßnahme der in-situ Belüftung besser bewerten zu können.

## Ergänzende Literatur

- Brandstätter, C., Laner, D., & Fellner, J. (2015). Carbon pools and flows during lab-scale degradation of old landfilled waste under different oxygen and water regimes. *Waste Management*, 40(6), 100–111.
- Brandstätter, C., Laner, D., & Fellner, J. (2015). Nitrogen pools and flows during lab-scale degradation of old landfilled waste under different oxygen and water regimes. *Biodegradation*, 26(5), 399–414.
- Brandstätter, C., Laner, D., Fellner, J., Prantl, R. (2015). Planung, Durchführung und Dokumentation von wissenschaftlichen und technischen Untersuchungen zur Betriebsoptimierung der Altlastabsicherung 'Heferbach' Endbericht 2015. Bericht für die Wiener Gewässermanagement GmbH, TU Wien.

**KONTAKT:** DR. CHRISTIAN BRANDSTÄTTER<sup>1</sup>, DR. ROMAN PRANTL<sup>1</sup>, DR. JOHANN FELLNER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>BLP GEOSERVICES GMBH | <sup>2</sup>INSTITUT FÜR WASSERGÜTE, RESSOURCENMANAGEMENT UND ABFALLWIRTSCHAFT, TU WIEN

<sup>1</sup>FELBERSTRASSE 24/1, 1150 WIEN | <sup>2</sup>KARLSPLATZ 13/226, 1040 WIEN

TEL. <sup>1</sup>+43(0) 699 / 15 55 99-20-14 | <sup>2</sup>+43(1) 58 801 226-54

E-MAIL: [C.BRANDSTAETTER@BLPGEO.AT](mailto:C.BRANDSTAETTER@BLPGEO.AT), [R.PRANTL@BLPGEO.AT](mailto:R.PRANTL@BLPGEO.AT), [JOHANN.FELLNER@TUWIEN.AC.AT](mailto:JOHANN.FELLNER@TUWIEN.AC.AT),

INTERNET: <sup>1</sup>[WWW.BLPGEO.AT](http://WWW.BLPGEO.AT) | <sup>2</sup>[HTTP://IWR.TUWIEN.AC.AT/RESSOURCEN/](http://IWR.TUWIEN.AC.AT/RESSOURCEN/)

### 3. Forschungsprojekt ChromSan

#### Einleitung

Seit 2006 wurde am damaligen „Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik“ (IAE: unter der Leitung von Prof. Lorber), dem heutigen „Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft“ (AVAW: unter der Leitung von Prof. Pomberger) der Montanuniversität Leoben das ferroDECONT-Verfahren zur Reinigung von schwermetallbelasteten Wässern entwickelt. Dies geschah im Rahmen des Projekts „In-situ-Sanierung von Chromschäden über Reduktionsprozesse“, was direkt in das Folgeprojekt „ChromSan - Weiterführende Untersuchungen zur in-situ Sanierung“ mündete. Im ersten Projekt wurde hierzu eine Pilotanlage (siehe Abbildung) auf einer Klagenfurter Altlast errichtet, mit der das Verfahren im Projekt „ChromSan“ eingehend getestet.

Bei der Entwicklung und Umsetzung des Verfahrens haben sich das IAE, sowie das Institut für Verfahrenstechnik der Montanuniversität stark eingebracht. Nach der Entwicklung kam es im Jahr 2013 zu der Gründung der ferroDECONT GmbH, einem Spin-off Unternehmen im Zentrum für Angewandte Technologie in Leoben. 2015 wurde das Patent für das ferroDECONT-Verfahren anerkannt.

Das Projekt „ChromSan – Weiterführende Untersuchungen zur in-situ Sanierung von Chromschäden über Reduktionsprozesse“ wird im Rahmen der Altlastenforschung durch das Ministerium für ein lebenswertes Österreich über, die Kommunkredit Public Consulting und dem Bundesland Kärnten gefördert. Das Konsortium besteht aus der der Montanuniversität Leoben und der ferroDECONT GmbH. Mit der Probenahme vor Ort ist die UTC Umwelttechnik und technische Chemie GmbH betraut worden.



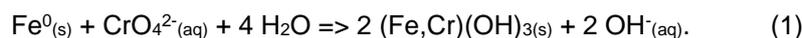
Abbildung: Versuchsfeld ungesättigte Zone mit Pilotanlage auf Klagenfurter Altlast

Im Bereich der Altlastensanierung kommt das ferroDECONT Verfahren in Kombination mit einem in-situ Sanierungsverfahren zum Einsatz. Das ferroDECONT-Verfahren basiert auf der Wechselwirkung zwischen im Wasser gelösten Schwermetallen mit nullwertigen Eisen ( $\text{Fe}(0)$ ). Das schwermetall-kontaminierte Wasser wird

durch -mit Eisengranalien (ein Nebenprodukt der Eisenerzeugung) befüllte - Fließbettreaktoren geleitet. Dies führt zu einer Fluidisierung der Wirbelschicht.

**Abbildung: ferroDECONT-Verfahren in Pilotanlage mit Fließbettreaktoren**

Das nullwertige Eisen oxidiert durch die korrosive Wirkung des Wassers, während die gelösten Metalle, wie z. B. Cr(VI), reduziert werden. Die Reaktion löst eine reduktions-induzierte Präzipitation (siehe Gleichung 1), bzw. eine durch das Eisen hervorgerufenen Adsorption aus, was zu einer Fixierung der Schwermetalle in einem Eisen-Hydroxid Schlamm führt. Im Falle der reduktions-induzierte Präzipitation von Chrom durch Eisen besteht der Schlamm aus einer festen Lösung von amorphen Eisen-Chrom-Hydroxiden. Die Verwirbelungen im Fließbett sorgen für kontinuierlichen mechanischen Abrieb der Eisengranalien der oxidierten Schicht. Somit ist dauerhaft eine reaktive Oberfläche vorhanden und der Passivierung der Oberfläche wird vorgebeugt.

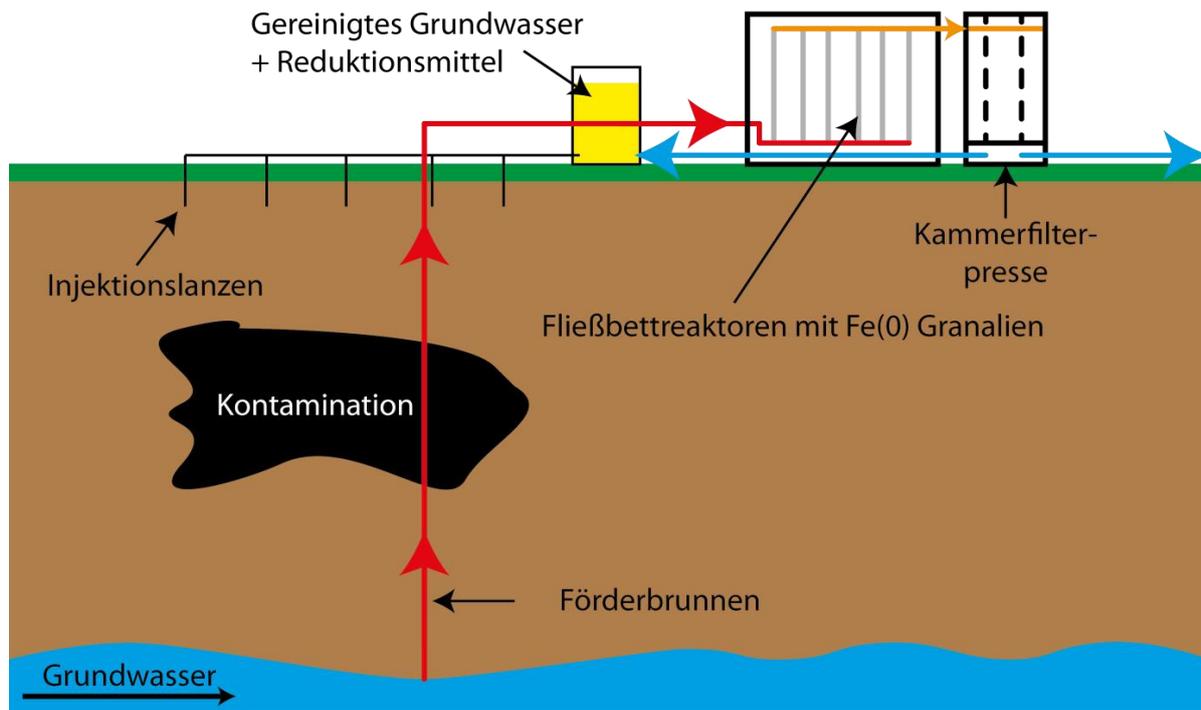


Die Abtrennung des Schlammes von der flüssigen Phase erfolgt z.B. durch eine Kammerfilterpresse und bewirkt somit die Dekontamination des Wassers.

Bei der Anwendung in der Altlastensanierung wird ein Teil des gereinigten Grundwassers in einen nahegelegenen Vorfluter abgeleitet. Der Rest des Wassers wird mit einem Reduktionsmittel versetzt und zur in-situ-Sanierung des Untergrundes verwendet. Ein mögliches Anwendungsszenario ist schematisch in Abbildung dargestellt. In einem Tank wird das gereinigte Wasser mit dem Reduktionsmittel Natrium Dithionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) versetzt.

Durch Injektionslanzen wird das Wasser oberhalb der Kontamination in den Boden injiziert, fließt nach unten und entfaltet die reduktive Wirkung. Im Falle von Chrom wird das verfügbare Cr(VI) in Cr(III) umgewandelt und somit unschädlich gemacht. Da vorangegangene Laborversuche gezeigt haben, dass diese Umwandlung nicht vollständig ist und ein Teil der an die Mineraloberflächen adsorbierten Cr(VI) Ionen mit den gelösten Ionen im Wasser um die Adsorptionsplätze konkurrieren. Diese gelösten Ionen werden bevorzugt an die Bodenminerale adsorbiert und desorbieren als Folge den Schadstoff -in diesem Falle das Cr(VI). Wenn nun im Wasser nicht mehr genügend reduktive Wirkung vorhanden ist um das mobilisierte Cr(VI) gänzlich zu reduzieren, kommt es zu einer Erhöhung der Cr(VI) Konzentration, weshalb ein Förderbrunnen im abströmigen Bereich der Kontamination errichtet worden ist. Durch den Brunnen wird das kontaminierte Wasser an die Erdoberfläche gepumpt, durch die Fließbettreaktoren geleitet und somit gereinigt.

Im ersten Projektjahr wurde der Fokus auf die Injektion in die ungesättigte Bodenzone gelegt. Im zweiten Jahr wurden die Auswirkungen verschiedener Injektionspfade, wie zum Beispiel der direkten Injektion in den Grundwasserkörper untersucht. Somit soll die Übertragung auf die Situation einer Kontamination in gesättigte Bodenzone erforscht werden. Hierzu wurde auf der Altlast ein zweiter Hot-Spot im Grundwasserschwankungsbereich ausgemacht und dieser, durch im Halbkreis angeordnete Injektionsbrunnen behandelt.



**Abbildung: Schematische Darstellung des Einsatzes des ferroDECONT Verfahrens im Bereich der Altlastensanierung.**

Ein weiteres Ziel ist die Abschätzung eines zeitlichen Rahmens für eine Sanierung. Hierzu dient eine Modellierung der Entwicklung der Konzentration von Cr-Spezies und Reduktionsmittel in Zeit und Raum. Außerdem wurden Laborversuche in Bodensäulen zur in-situ-Behandlung von kontaminiertem Boden unter gesättigten Bedingungen durchgeführt. Die Beständigkeit und Nachhaltigkeit des Reduktionsmittels im Boden wurde ebenfalls, sowohl im Labor, also auch im Feld analysiert.

Während der Projektlaufzeit wurden regelmäßig Grundwasserproben genommen, um somit die Wirkung der Behandlung nachzuverfolgen. Wie die Laborergebnisse vermuten ließen, kam es zu einem Cr(VI) Eintrag in das Grundwasser, welcher nach geringer Zeit versiegt. Es zeigte sich deutlich, dass das Redox Milieu des gesamten Systems abgesunken ist. Es war über den Behandlungszeitraum kein Cr(IV) im Grundwasser nachweisbar. Es stellte sich jedoch heraus, dass der Rebound-Effekt nach Behandlungsende eine gewisse Bedeutung darstellt. Dies bedeutet, dass sowohl Injektionspausen, als auch das Ende der Behandlung im Versuchsfeld 1 einen Wiederanstieg der Cr(VI)-Konzentrationen im Grundwasser bewirkten. Dieser ist allerdings auf einem geringeren Niveau als vor der Behandlung. Mineralogische Detail-Untersuchungen von Bohrkernen gaben Aufschluss auf die Verteilung der Schadstoffe im Boden und konnten erklären, warum es in den behandelten Bereichen zum Rebound Effekt kommt und warum eine komplette Sanierung im Forschungszeitraum nicht möglich ist. Das Reduktionsmittel benötigt mehr Zeit im gänzlich alle Bereiche im Boden zu erreichen. Mit der Zeit diffundieren Cr(VI) Ionen, welche noch nicht reduziert wurden, aus den schwer zu erreichenden Bereichen heraus und werden ausgewaschen, da die reduktive Wirkung des Reduktionsmittels mit der Zeit aufgebraucht ist.

**KONTAKT:** DI PHILIPP SEDLAZECK  
 FRANZ-JOSEF-STRASSE 18, 8700 LOEBEN, AUSTRIA  
 TEL.: +43 (0) 3842 / 402 – 5114; MOBIL: +43 (0) 676 / 84 53 86 - 400  
 E-MAIL: [PHILIPP.SEDLAZECK@UNILEOBEN.AC.AT](mailto:PHILIPP.SEDLAZECK@UNILEOBEN.AC.AT); WEBSITE: AVAW.UNILEOBEN.AC.AT

## Veranstaltungshinweise

---

Vortrag „Artificial Ground Freezing – from applications and case studies to fundamental research“ mit anschließender Diskussion

20. April 2016, TU Wien, Wien

Nähere Infos unter [www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)

4th International Conference on SUSTAINABLE REMEDIATION

27./28. April 2016, Montreal, CA

Nähere Infos unter [www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)

16. Karlsruher Altlastenseminar

03./04. Mai 2016

IHK Haus der Wirtschaft, Saal Baden, Lammstraße 13 – 17, 76133 Karlsruhe

Österreichische Abfallwirtschaftstagung, Terminavisio

11. bis 13. Mai 2016, Wien

Nähere Infos unter [www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)

10th Conference of the International Society of Environmental Biotechnology (ISEB)

1.-3. Juni 2016, Barcelona, E

[www.iseb2016.com](http://www.iseb2016.com)

NICOLE workshop in Wien „Turning failure into success – What can we learn when remediation does not go as planned“

15.-17. Juni 2016, Wien

[www.nicole.org](http://www.nicole.org)

Altlastensymposium der GAB und des altlastenforums BW

22.-23. Juni 2016, Neu-Ulm, Edwin-Scharff-Haus

Nähere Infos unter [www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)

## Web-Links

---

Österreichischer Verein für Altlastenmanagement (ÖVA)

<http://www.altlastenmanagement.at>

Altlastenkataster des Umweltbundesamtes (UBA) Wien

[www.umweltbundesamt.at/umwelt/altlasten/altlasteninfo/](http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/altlasten/altlasteninfo/)

Förderungen von Sanierungsmaßnahmen

<http://www.publicconsulting.at/kpc/de/home/frdermappe/altlasten/>

Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V. (ITVA)

<http://www.itv-altlasten.de>

**REDAKTION:** DR. ROMAN PRANTL  
blp GeoServices gmbh  
FELBERSTRASSE 24/1, A-1150 WIEN  
TEL: 0699/15559914, FAX: 0732/997004-19, [r.prantl@blpgeo.at](mailto:r.prantl@blpgeo.at)