

ÖVA-Nachlesepublikationen sollen wesentliche Inhalte eines ÖVA-Technologieworkshops zu einer ausgewählten innovativen Technologie zusammenfassen und sollen die Akzeptanz und den Einsatz der Technologie zum Management von kontaminierten Standorten in Österreich unterstützen. ÖVA-Nachlesepublikationen werden unter ([www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)) der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

## ÖVA-Technologieworkshop "Anwendung chemischer In-situ-Verfahren – (direkte) Einbringung von Stoffen ins Grundwasser" am 20. November 2014 in Wien



Abbildung 1: ISCO Bodensanierung mit NaOH (> pH10) aktiviertem Na-Persulfate – BP Huntington Beach

### VORWORT

Der Österreichische Verein für Altlastenmanagement hat sich zum Ziel gesetzt, innovative Sanierungstechnologien, die in Österreich bisher noch nicht oder nur selten eingesetzt wurden, vorzustellen und deren Einsatzmöglichkeiten aber auch Einsatzgrenzen zu diskutieren, um damit die Akzeptanz dieser Methoden für zukünftige Anwendungen zu erhöhen. In diesem Rahmen fand der ÖVA-Technologieworkshop "Anwendung chemischer In-situ-Verfahren – (direkte) Einbringung von Stoffen ins Grundwasser" am 20. November 2014 in Wien statt.

Diese Nachlesepublikation fasst den Inhalt der Veranstaltung sowie die wesentlichen Diskussionspunkte zusammen und will darauf aufbauend einen Ausblick für die Machbarkeit der Anwendung von In-situ-chemischen Oxidationen (ISCO) und In-situ-chemischen Reduktionen (ISCR) im Rahmen zukünftiger Sanierungen in Österreich geben. Für eine detaillierte inhaltliche Darstellung der Tagung wird auf den Tagungsband verwiesen, der von der Homepage des ÖVA kostenlos zu beziehen ist ([www.altlastenmanagement.at](http://www.altlastenmanagement.at)). Dort finden sich auch Druckversionen der Originalvorträge.

Für eine prägnante technische Beschreibung zu Chemischen Verfahren, wie In-situ-chemische-Oxidation (ISCO) und In-situ-chemische-Reduktion (ISCR) sei auf den „ÖVA Technologiequicksan – In-situ Sanierungstechnologien“ verwiesen. Einen grundsätzlichen Überblick über die Einbringung von Stoffen in eine Schadstoffquelle in der gesättigten Zone gibt Abb. 2 aus dem Vortrag "10 Jahre Praxiserfahrung mit ISCO-Grundwassersanierungen" (s.u.).

## INHALTLICHE ZUSAMMENFASSUNG DER EINZELVORTRÄGE UND DER DISKUSSION

### IN-SITU-SANIERUNG MIT HILFE DER CHEMIE - (WIE) GEHT DAS?

*(HANS-PETER KOSCHITZKY – VEGAS VERSUCHSEINRICHTUNG ZUR GRUNDWASSER- UND ALTLASTENSANIERUNG, UNIVERSITÄT STUTTGART)*

Nach Einführung in die Entstehung von Boden- und Grundwasserkontaminationen (MKW, PAK, CKW, ...) sowie der Verteilung der Schadstoffe im Grundwasser (LNAPL, DNAPL, ...) wird kurz auf die Grundlagen von Oxidations-Reduktions-Reaktionen (Redoxreaktion) einschließlich der mikrobiologischen Redoxreaktionen eingegangen. Der Elektronentransfer zwischen (Schad-)Stoffen und Reagenzien in Redox-Reaktionen sowie die Energiegewinne im an- und aeroben Milieu werden beschrieben. Der Schwerpunkt des Vortrags liegt auf technisch forcierten, chemischen Reaktionen durch Einbringung von Oxidationsmitteln (In-situ-chemische Oxidation – ISCO) bzw. Reduktionsmitteln (In-situ-chemische Reduktion – ISCR). Maßgebliche Unterschiede gegenüber dem biologischen Abbau werden dargestellt.

Bei der **ISCO** werden in einer "kalten Verbrennung" Schadstoffe abiotisch zerstört, d.h. schnell und vollständig zu umweltneutralen Stoffen umgesetzt. Marktüblichen Oxidationsmittel wie z.B. Permanganate, Persulfate, Fentons Reagenz oder Ozon und ihre spezifischen Eigenschaften und Anforderungen bei der Anwendung werden beschrieben. Als wesentliche mit ISCO behandelbare Schadstoffe werden MKW, PAK, BTEX und CKW genannt.

Auf die Injektion von Nano- und Mikro Eisen (Fe<sub>0</sub>) in den Untergrund als **ISCR** wird hingewiesen und auf aktuelle Vorhaben verwiesen (z.B. [www.nanorem.eu](http://www.nanorem.eu)). Als wesentliche behandelbare Schadstoffe mit ISCR werden CKW (Abbau zu KW und Chloriden) sowie Chrom (VI) (Reduktion zu Chrom (III)) genannt.

Voraussetzungen, Herausforderungen und Schwierigkeiten bei der praktischen Anwendung werden erläutert. Es wird herausgestellt, dass schnelle und vollständige Reaktionen nur möglich sind, wenn ein wirksamer Kontakt zwischen Reagenz und Schadstoff hergestellt werden kann. Wesentlich für die Wirksamkeit sowie die Auslegung einer ISCO sind damit u.a. die sorgfältige Erkundung sowie das gute Verständnis des Standortes, insbesondere des Grundwasserchemismus, der Schadstoffverteilung und -zusammensetzung und der Bodenmatrix. Reagenzien sind unbedingt standortspezifisch auszuwählen und deren Eignung in Vorversuchen nachzuweisen. Als Vorversuche werden empfohlen:

- Batch-Tests zur Bestimmung der Wirksamkeit des Schadstoffabbaus
- Batch-Tests zur Grobabschätzung des Oxidationsmittelbedarfs
- Säulenversuche zur Bestimmung des oxidierbaren Kohlenstoffs mit standortspezifischem Material

Klassische Einschränkung einer ISCO ist, dass bei hohem Organikgehalt des Bodens der Oxidationsmittelbedarf sehr hoch und die Maßnahme unwirtschaftlich wird. Weitere mögliche Probleme werden vertiefend dargestellt:

- Reaktionsprodukte (z.B. Braunstein) können Kontakt zwischen Reagenz und Schadstoff blockieren
- Durch Clogging ist die Veränderung der hydraulischen Durchlässigkeit möglich
- Nebenreaktionen/heftige Reaktionen können zu unerwünschten Produkten oder starker Erwärmung (auch Gasbildung) führen
- pH-Verschiebungen sind im Feld (Grundwasserkörper) häufig kritisch
- Eingeschränkte Erschließung des Sanierungsfelds durch Reagenz bei wechselnder Schichtdurchlässigkeit (Heterogenitäten im natürlichen Untergrund)
- Ermittlung des Bedarfs an Reagenzien
- Alleinige Bestimmung des TOC-Gehaltes zur Bedarfsermittlung ist nicht geeignet
- Vermischungsprobleme zwischen Reagenz und Schadstoff (Heterogenität des Untergrundes und der Schadstoffverteilung)

Insgesamt wird jedoch für ISCO ein Potential gesehen, wenn Vorerkundung und -versuche zeigen, dass die Standortverhältnisse geeignet sind und die Wirksamkeit als auch Wirtschaftlichkeit gegeben sind. Eine entsprechende Überwachung des Grundwassers und des Sanierungsbereichs während und auch nach der Sanierung verstehen sich von selbst.

## **DIREKTE UND INDIREKTE EINBRINGUNG VON STOFFEN IN DAS GRUNDWASSER – WASSERRECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN**

*(GUNTER OSSEGGER, BMLFUW, ABT. IV/1: WASSERLEGISTIK UND -ÖKONOMIE, WIEN)*

## **EINBRINGUNG VON STOFFEN AUS SICHT DES GRUNDWASSERSCHUTZES**

*(MICHAEL SAMEK – BMLFUW, ABTEILUNG IV/4: ANLAGENBEZOGENE WASSERWIRTSCHAFT, WIEN)*

Mit den beiden Vorträgen wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen in Österreich, Voraussetzungen und Einschränkungen für die Einbringung von Stoffen in das Grundwasser aufgezeigt. Das allgemeine Ziel ist der flächendeckende Grundwasserschutz und damit die Erhaltung des Grundwassers in seiner natürlichen Qualität. Als rechtliche Grundlage existiert seit 1959 das Wasserrechtsgesetz (WRG 1959).

Mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; 2000/60/EG) wurden darüber hinaus Umweltziele definiert. Wesentlich für die Bewirtschaftung des Grundwassers sind dabei der „gute Zustand“ (chemisch und mengenmäßig) von Grundwasserkörpern sowie sowohl lokal als auch flächig die Vermeidung und Verminderung des Eintrages von Schadstoffen. Mit der WRRL und der Grundwasserrichtlinie (GWLR; 2006/118/EG) werden "gefährliche Stoffe", deren Eintrag verhindert werden sollte, und "andere Schadstoffe", deren Eintrag begrenzt werden muss, festgelegt.

Die nationale Umsetzung der Vorgaben der beiden Richtlinien erfolgt einerseits über Novellen zum WRG und der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW). Über Anlage 2 der QZV Chemie GW sind "verbotene Stoffe" und über Anlage 3 "bewilligungspflichtige Stoffe" definiert. Für Stoffe der Anlage 2 ist gem. § 6 (1) QZV Chemie GW die direkte Einbringung ins Grundwasser grundsätzlich verboten. Ausnahmen dazu sind gem. § 32a (1) WRG Einbringungen zu wissenschaftlichen Zwecken oder zum Schutz oder zur Sanierung des Grundwassers. Für jede nicht vom Verbot erfasste Einbringung von Stoffen gem. Anlage 2 QZV Chemie GW und für jede direkte oder indirekte Einbringung von Stoffen gem. Anlage 3 ist jedenfalls eine wasserrechtliche Bewilligung nach Maßgabe des § 32 WRG 1959 erforderlich.

Bei der Bewilligung sind die eingebrachten Schadstofffrachten so zu begrenzen, dass keine Verschlechterung bzw. Verschmutzung des Grundwassers erfolgt. Die Schwellenwerte des Anhang 1 der QZV Chemie GW können als Kriterien zur Prüfung der Sickerwasserqualität heran gezogen werden. Bei Einhaltung ist davon auszugehen, dass die Veränderung der Beschaffenheit des Grundwassers auf eine bewilligungsfähige Verunreinigung beschränkt bleibt und keine Verschmutzung des Grundwassers eintritt. Bei Überschreitung ist in Zusammenhang mit den örtlichen Verhältnissen zu prüfen, ob die Verunreinigung als Verschmutzung zu bewerten ist.

Der Begriff Verschmutzung ist in § 30 Abs. 3 Z 3 WRG rechtlich näher bestimmt. Allgemein gültige Kriterien zur fachkundigen Beurteilung, unter welchen Voraussetzungen eine Verunreinigung als Verschmutzung zu bewerten ist, wurden bisher nicht definiert. Für die Anwendung von in-situ-Verfahren zur Dekontamination von Grundwasser bei historisch kontaminierten Standorten ist zu empfehlen, dass der durch die Einbringung von Stoffen verunreinigte Bereich im Grundwasser ermittelt und dargestellt wird. Dazu sind Angaben zu den eingebrachten Stoffen und ihren Eigenschaften sowie ihren Abbau- und Reaktionsprodukten, zur Art der Einbringung, zu den konkreten Bedingungen am Standort der Einbringung sowie in der Umgebung und auch der prognostizierten räumlichen Verteilung im Grundwasser erforderlich. Mögliche Kriterien für eine fachkundige Beurteilung der Frage, ob eine Verschmutzung eintreten kann, können neben max. Konzentrationen im Grundwasser, Stofffrachten oder Angaben zur zeitlichen Entwicklung der Ausbreitung sein. Bei der Einzelfallprüfung sind darüber hinaus bestehende und potentielle Nutzungen des Grundwassers und auch ökologische Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Als Hinweis bzw. Anforderung an Einreichunterlagen für ein Bewilligungsverfahren sollte beachtet werden, dass neben Angaben zu den eingebrachten Stoffen, technischen Beschreibungen zur Art der Einbringung, zum Standort und der Umgebung der Einbringung („Standortmodell“), insbesondere auch Angaben zu begleitenden Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers sowie zum Mess- und Untersuchungsprogramm zur Überwachung der Einbringung notwendig sind.

## **FALLBEISPIELE IN-SITU-CHEMISCHE OXIDATION (ISCO) UND REDUKTION (ISCR)**

### **ISCO-FALLBEISPIEL PLANUNG – GENEHMIGUNG – UMSETZUNG (PATRICK JACOBS, TAUW GMBH, BERLIN)**

Planung, Genehmigung und Umsetzung einer Quellensanierung mit ISCO sind in hohem Maße standortabhängig. Exemplarisch wird dieses an einem Fallbeispiel aus Deutschland (Chemische Reinigung in Kamp-Lintford) und einem in Brasilien (Produktionsstandort in Sao Paulo) verdeutlicht.

Erstes Augenmerk liegt auf Ausbreitungsprozessen im Untergrund bei der Einbringung des Oxidationsmittels (Verdrängung, Ausbreitung durch Diffusion, ...) und auf Überlegungen zur Auswahl und technischen Verteilung des Reagenz im Untergrund. Am Standort in D erfolgte aufgrund des homogenen Sand-Aquiferes eine direkt Einleitung von 2,25 t  $\text{NaMnO}_4$  als verdünnte Natriumpermanganatlösung im freien Zulauf in 3 Infiltrationszyklen über je 3 Pegel. Demgegenüber mussten in BR – aufgrund wechselnder, geringer Durchlässigkeiten ( $k_f 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ ) – 12 Pegelneister mit je 3 Filtern hergestellt und Permanganat mit 0,3 bar Druck (Rate ca. 50 l/h je Filter) in 6 Kampagnen (je 1 - 2 Wochen) über mehr als 1 Jahr eingepresst werden. Vorab wurde eine numerische Simulation durchgeführt, die auch zeigte, dass zur Wirksamkeit die  $\text{NaMnO}_4$ -Konzentration auf mehr als 15% zu erhöhen war.

Auswahl der Reagenzien, Einbringmengen und die Ermittlung des Einflusses der Aquifer-Matrix auf die Oxidation der Zielsubstanz wurden im Vortrag anhand von durchgeführten Batch-Versuchen dargestellt. Weiterer Schwerpunkt des Vortrages lag auf der Betrachtung entstehender Nebenprodukte einer ISCO mit folgenden Effekten:

- Anstieg des DOC bis um 2 Größenordnungen im unmittelbaren Umfeld der Injektionspunkte
- Konzentrationsanstieg von Schwermetallen und organischen Schadstoffen
- Freisetzung organischer Schadstoffe durch lösungsvermittelnde Eigenschaften der DOC-Parameter
- Kleinräumige Mobilisierung von Schadstoffen (z.B. Vinylchlorid (VC), cis-DCE im Umfeld eines PCE-Schadens)

Betont wurde, dass die Steuerung von Prozessen im Untergrund nur bedingt möglich ist, die Effekte einer ISCO erfahrungsgemäß i.d.R. aber geringfügig im Vergleich zu Ausgangsbelastungen (in Menge, Reichweite) sind. Deren Bewertung ist jedenfalls schon im Planungsstadium erforderlich, während der Durchführung sind ein maßnahmenbegleitendes Monitoring und evtl. vorsorglich auch eine Sicherung bzw. Notfallmaßnahmen vorzusehen.

Zukünftig könnte ISCO in den gut durchlässigen Aquiferen Österreichs eine größere Bedeutung haben, problematisch könnten aber der schnelle Abtransport der Oxidationsmittel sowie die kalkreiche Matrix sein.

### **10 JAHRE PRAXISERFAHRUNG MIT ISCO GRUNDWASSERSANIERUNGEN**

**(HANS-GEORG EDEL – ZÜBLIN UMWELTECHNIK GMBH, STUTTGART)**

Mehr als 10 durchgeführte ISCO-Sanierungen von ZÜBLIN in D und der CH haben gezeigt, dass ISCO von Quellensanierungen mittel bis hoch belasteter Bereiche wirtschaftlich durchgeführt werden können. Liegen Böden mit hohem NOD (z.B. Torf) oder ausgedehnte Schadstofffahnen vor, ist ISCO nicht wirtschaftlich. Zur Prüfung der Effektivität und Effizienz werden dringend Feldversuche empfohlen. Exemplarisch werden zwei ISCO-Maßnahmen vorgestellt.

Während der ersten großtechnischen ISCO-Sanierung eines Standortes der Automobil-Industrie in Sindelfingen wurden über 2,5 Jahre rd. 30 t Permanganat zur Oxidation von PCE über Brunnen in den gesättigten Untergrund (Gips-

keuper) injiziert. Im Verlauf der Sanierung erfolgte eine PCE-Reduktion im Grundwasser von 90-95 % am Standort sowie von 80 % in der Fahne. In Summe wurden rd. 10 t LCKW oxidiert. Die standortspezifischen Sanierungsziele wurden eingehalten. Der erfolgreiche erste großtechnische Einsatz trug maßgeblich zur Akzeptanz von ISCO in D bei.

Das Sanierungskonzept "Silberwarenfabrik" (LCKW-Schaden) mittels Einbringung von Permanganat (ISCO) und danach Melasse (ISBR – In situ biologische Reduktion) über Grundwasserzirkulationsbrunnen (GZB) wird vorgestellt und schwerpunktmäßig auf die Feldversuche eingegangen. Diese zeigten, dass unter den Standortbedingungen radikale Reichweiten der GZB (bei 5 m<sup>3</sup>/h) von 18 bis 20 m möglich waren (Nachweis mit Tracern). Das Redoxpotential konnte durch ISCO um 200 - 300 mV erhöht, bzw. durch anschließende ISBR von +130 bis +250 mV auf -200 bis -250 mV gesenkt werden. Nach zwei MnO<sub>4</sub>-Injektionen wurde eine 50 % Abnahme der molaren CKW-Gehalte erreicht, die LCKW-Zusammensetzung verschob sich aber deutlich zum Vinylchlorid. Dies ist jedoch nicht auf ISCO, sondern vermutlich auf eine unvollständige, reduktive Dechlorierung zurückzuführen, die nach der Zehrung des injizierten Permanganats erfolgte. Nach der Melasse-Injektion wurden sulfatreduzierende Milieubedingungen und die Entstehung von Methan, Ethan und Ethen nachgewiesen. Es wurde dargestellt, dass die Ziele des Feldversuchs erreicht und das Sanierungskonzept als machbar und effizient beurteilt wurden. Nach Optimierung der Gesamt-sanierung auf Basis der Feldversuche wurde mit der ISCO/ISBR im Herbst 2014 begonnen.

## **PRAXISERFAHRUNGEN MIT IN-SITU CHEMISCHER REDUKTION BZW. OXIDATION VON LHKW- BZW. BTEX-KONTAMINATIONEN**

**(BERNADETTE BOHNERT, – HPC AG, ROTTENBURG)**

Im Vortrag werden zwei Fallbeispiele vorgestellt, bei denen Oxidations- bzw. Reduktionsmittel eingesetzt wurden, nachdem langjährige *pump & treat Maßnahmen* zu keinem zufriedenstellenden Sanierungsergebnis geführt hatten.

Nach mehr als 10 a *pump & treat auf* einem metallverarbeitendem Altstandort (PCE), wurde ein Sanierungskonzept mit ISCR entwickelt. Erschwerend waren dichte quartäre Talfüllungen, die Situierung des Standortes in einem GW-Schutzgebiet und dass die Kosten im Rahmen des *pump & treat* liegen sollten. Zur Ermittlung der Wirksamkeit wurde am Standort ein Pilotversuch durchgeführt. In einem hoch belasteten Bereich wurden Injektionsbohrungen (3 x 3 m Raster) in den gesättigten Bereich abgeteuft und EHC-R® (nullwertiges Eisen, Getreidespreu, Zellulose, und Nährstoffe) als Suspension injiziert. Die dadurch initiierten Abbauprozesse und der typische zeitlich Ablauf dieser werden im Vortrag im Vergleich zum anaerob-biologischen Abbau aufgezeigt. Das begleitende Monitoring zeigte nach der Injektion einen deutlichen Anstieg von Chlor im Grundwasser, der als Indikator für eine chemische Reduktion beurteilt wurde. Bereits ein Monat nach der Injektion ging die CKW- und PCE-Konzentration im GW um 80 % zurück, die typische, (vollständige) biologische Abbauprozesskette cis-DCE → VC → Ethen war zu erkennen. Eine zweite Kampagne wurde in einem geringer kontaminierten – anstromig zum ersten gelegenen – Bereich durchgeführt, die zu einem weitgehenden Rückgang aller CKW im GW in diesem Bereich führte. Da die initiierten Prozesse weiterhin stattfinden, wird das Monitoring fortgeführt und geprüft, ob eine wiederholte Injektion im höher kontaminierten Bereich zielführend ist bzw. wird die Umsetzung eines MNA-Konzeptes geprüft.

Das zweiten Fallbeispiel stellt die Optimierung eines langjährigen *pump & treat* an einer ehem. Tankstelle (BTEX) vor. Durch gezielte Injektion von EHC-O® (Kalziumperoxid, -hydroxid, Zeolithen und N/P-Nährstoffe) in den 6 m mächtigen Porengrundwasserleiter (kf 1,5 x 10<sup>-4</sup> m/s, v = 0,25 m/d) sollten die aeroben Abbauprozesse im Grundwasser forciert werden. Die Injektionen von 2.650 kg bzw. 1.300 kg EHC-O® Suspension erfolgte mit 2 Injektionen mit 1 Jahr Abstand an 40 bzw. 21 Punkten per Direct Push Sondierungen in die gesättigte Bodenzone im Belastungsbereich. Während nach der ersten Injektion keine wesentlichen Effekte erkennbar waren, zeigte sich nach der 2. Injektion eine signifikante Erhöhung der Sauerstoffkonzentration sowie des Redoxpotentials im GW. Die Wirksamkeit der Maßnahme zeigt sich im Rückgang der BTEX- (Beginn bis 4.000 µg/l) sowie Naphthalin-Konzentration (bis 100 µg/l) um zwei bis drei Zehnerpotenzen. Das Monitoring wurde verlängert und konnte mittlerweile eingestellt werden.

## **SANIERUNG ÖLUNFALL DEUTSCHLANDSBERG**

**(FRITSCH, ALFRED – INTERGEO UMWELTECHNOLOGIE UND ABFALLWIRTSCHAFT GMBH, WIEN)**

Im Fallbeispiel "Ölunfall Deutschlandsberg" in der STMK wird eine abgestufte Kombination mehrerer Sanierungstechnologien an einem akut aufgetretenen Heizölschaden – innerhalb eines kurzen Zeitrahmens – vorgestellt.

Bei Durchbrüchen an einer unterirdischen Heizölleitung kam es zum Austritt von 15 m<sup>3</sup> HEL. Ausgehend von der ungesättigten Bodenzone erfolgte mit dem Grundwasser eine schnelle Ausbreitung über 14.000 m<sup>2</sup>. Öl in Phase lag auf 1.250 m<sup>2</sup> vor. Als Sofortmaßnahme wurden mit einer GW-Absenkung und Ölphasenrückgewinnung über einen existierenden Brunnen und der Erkundung des Schadens begonnen. Nach Abgrenzung der Kontaminationsherde wurden diese ausgehoben. Die Sicherung und Sanierung des kontaminierten, schluffig bis sandigen Kies-Aquifers erfolgte mittels *pump & treat* über 4 neue Sanierungsbrunnen durch GW-Absenkung sowie Ölphasenentfernung.

Um nach eineinhalb Jahren *pump & treat* verbliebene Restbelastungen aus der ungesättigten Bodenzone und dem GW-Schwankungsbereich zu entfernen wurde die Dotation von Tensiden und Oxidationsmitteln vorgesehen. Vorab wurden Tracer-Versuche durchgeführt, die die hydraulische Kontrollierbarkeit der geplanten Injektionen bestätigten. Mit der Bodenspülung wurde begonnen und über Infiltrationspegel in 4 Bereichen eine 0,5-% Tensidlösung (Bioversal HC) zur Phasenmobilisierung eingebracht. Insgesamt wurden je 6 m<sup>3</sup> pro Spülphase bei einer Dotation pro Monat über 6 Monate eingebracht. Im Anschluss an die Spülung wurden über ein Jahr 4-mal täglich 2 g/l pH-stab. 35% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dotiert, um verbliebene Kohlenwasserstoffe biologisch und chemisch zu oxidieren.

Im Rahmen des Vortrags werden die einzelnen Wirksamkeiten der Sanierung – getrennt nach den einzelnen Sanierungsphasen – dargestellt und die relevanten Prozesse diskutiert. Es wird aufgezeigt, dass große Mengen an Mineralöl zurückgewonnen (alleinig 7 m<sup>3</sup> über die Brunnen) und weitere *in situ* reduziert wurden. Die Sanierung wurde nach 4 Jahren abgeschlossen, die Sanierungszielwerte wurden eingehalten und mit der Nachsorge begonnen.

## **KURZSTATEMENTS UND DISKUSSION**

### **EINBRINGUNG VON STOFFEN INS GRUNDWASSER – WOLLEN WIR DAS?**

**(DIETMAR MÜLLER-GRABHERR – UMWELTBUNDESAMT GMBH, WIEN)**

Die theoretischen Grundlagen und Potenziale von ISCO/ISCR können seit den Ergebnissen des Projektes INTERLAND (2006) und mit der Veröffentlichung des Sanierungstechnologiequickskan durch den ÖVA, (2010) als bekannt vorausgesetzt werden. Einer LABO-Auswertung folgend waren in den letzten Jahren in Deutschland rund 25% aller "innovativen" Sanierungen ISCO/ISCR-Anwendungen.

Wesentlich ist die Klarstellung, dass auch in Österreich die Einbringung von Stoffen ins Grundwasser rechtlich grundsätzlich möglich ist (s.o.). Auch durch die aktuellen Forschungsschwerpunkte der KPC für die Periode 2013 bis 2015 wird zum Ausdruck gebracht, dass Innovation, d.h. praktische Umsetzung und Etablierung am Markt wünschenswert ist. Wesentliche Voraussetzungen sind wie bei allen In-situ-Verfahren ein umfassendes „System- und Prozessverständnis“ (Schlagwort: „Standortmodell“), geeignete Monitoring-Maßnahmen und darüber hinaus die notwendigen Sicherheits- und Notfallpläne.

Im Detail sind aus Sicht des Umweltbundesamtes folgende Diskussionspunkte wesentlich für die Projektierung und die Umsetzung von ISCO/ISCR-Maßnahmen:

- Beschränkung von ISCO auf hochkontaminierte Bereiche und Schichten ("Hot-spots")
- Keine negativen Auswirkungen auf das Grundwasser in der Standortumgebung, nach Abschluss wesentliche Verbesserung (insbes. Fahnenlänge & Fracht)
- Umfassende Abwägung ökologischer Vor- und Nachteile, d.h. kurz- bis mittelfristige Auswirkungen am Standort und im Grundwasserabstrom

- Kombination (räumlich/zeitlich) mit anderen Verfahren
- Kontrolle toxischer Abbauprodukte am Schadensherd
- Ausmaß der nach Abschluss der Maßnahme verbleibenden Restbelastungen

## **ANWENDUNG UND BEDEUTUNG VON CHEMISCHEN IN-SITU-VERFAHREN IN DER PRAXIS AUS BETREIBERSICHT**

**(GERHARD MORIZ, – BP AUSTRIA, WIEN)**

Im Kurzstatement werden Auszüge aus einer ICSSO-Studie des Petroleum Environmental Research Forum (PERF) vorgestellt, in der rd. 40 ISCO-Projekte großer Mineralölfirmen in den USA (2000 bis 2010) ausgewertet wurden.

Interne Recherchen der BP zeigen, dass BP Amerika in den USA mehr als 50 ISCO-Sanierungen unter Anwendung nahezu aller im Workshop genannten Oxidationsmittel durchgeführt hat. Von BP Europa wurden von insgesamt 32 In-situ-Sanierung zwei Sanierungen in Deutschland, drei in Spanien, eine in den Niederlanden und Belgien und eine in der Türkei als ISCO ausgeführt. In Österreich gibt es bis dato keine einzige ISCO Anwendung von BP Europa. Als Entscheidungen eine ISCO anzuwenden werden technische als auch wirtschaftliche Gründe angeführt:

- Aushub bzw. Räumung des Standortes nicht möglich
- Keine Störung des (Tankstellen-)Betriebs gewollt/möglich
- Schnelle Erreichung des Sanierungsziels erforderlich

Auf die Nachfrage, wie hoch das Potenzial für eine ISCO in Österreich gesehen wird, wird abgeschätzt, dass von rund 6 Sanierungen im Jahr (nur BP in Österreich) durchaus ein Standort für eine ISCO in Frage kommen könnte.

## **WESENTLICHE UND BEMERKENSWERTE PUNKTE DER DISKUSSIONEN**

Die Vorträge zeigten, dass ISCO als In-situ-Technologie zur Quellensanierung international etabliert ist, aber immer auf ihre standortspezifische Eignung geprüft und bei Anwendung gut dokumentiert und begleitet werden muss.

Betreffend der Anwendbarkeit von ISCO/R in Österreich gab es ein sehr positives Feedback, dass bis dato nie so klar seitens des BMLFUW dargestellt wurde, dass und unter welchen gesetzlichen Rahmenbedingungen es zulässig ist Stoffe in das Grundwasser einzubringen (QZV Chemie GW). Als Kritikpunkt wurde angemerkt, dass die Ausführungen der Referenten primär auf den vorsorgenden Grundwasserschutz abzielten. Zukünftig sollte der Fokus stärker darauf gelegt werden, dass ISCO auf bereits kontaminierten Standorten eingesetzt wird.

Auf Rückfrage teilte eine Amtssachverständige mit, dass ISCO in Österreich im Einzelfall schon bewilligt wurde und immer eine Abstomsicherung die Voraussetzung dafür war. Insgesamt wurden aber bis dato so gut wie keine Anträge für ISCO in Österreich eingereicht. Vertreter aus vier Bundesländern ergänzten, dass sie sich aus fachlicher Sicht vorstellen können eine ICSSO zu bewilligen, wenn erforderliche Rahmenbedingungen und Nachweise vorliegen (Abstomsicherung, Prozessverständnis, Nachweise der Wirksamkeit, ...). Wünschenswert wäre es seitens des Bundes Unterstützung bei Planung und Genehmigung zu bekommen. Hierzu wurde folgendes angeregt:

- Einstufung der Reagenzien in "verbotene" bzw. "bewilligungspflichtige" Stoffe gem. QZV Chemie GW
- Katalog, was mindestens eine ISCO/R-Einreichung beinhalten muss
- Kriterienkatalog zur "Beurteilung einer Verunreinigung"

Betreffend die eingesetzten ISCO-Reagenzien handelte es sich in fast allen vorgestellten Anwendungen um Permanganate. Betreffend ISCR-Anwendungen zeigten die Fallbeispiele und besonders die Diskussion, dass es sich nie nur um eine chemische Reduktionen von Schadstoffen handelte, sondern immer auch um den forcierten anaeroben, biologischen Abbau unter technisch erzwungenen reduzierenden Bedingungen. Chemische Reduktionen mit z.B. nullwertigem Eisen befinden sich noch im Forschungsstadium bzw. im Feldversuchsstadium.

Mehrere Vorträge zeigten, dass bei ISCO Reaktionsprodukte (Vinylchlorid, Phenole, ...) entstehen können, die in ihren Auswirkungen schädlicher sind als die Ausgangsschadstoffe. In den vorgestellten Fällen lagen diese aber immer in einem deutlich geringeren Ausmaß, als die Ausgangsschadstoffmengen vor. Auf Rückfragen betreffend den Umgang damit wurde angemerkt, dass die Entstehung dieser Stoffe vorab in Batch-, Säulen und Feldversuchen untersucht werden sollte. Auf den Ergebnissen müssen dann das Monitoring und die Abstomsicherung aufbauen.

In der Diskussion wurden Vor-Versuche ebenfalls als wesentlich für die Abschätzung der Wirksamkeit sowie Auslegung der Maßnahmen erachtet. Es herrschte Konsens, dass ein gutes Verständnis des Standortes und der initiierten Prozesse fundamentale Voraussetzungen für den Erfolg einer Sanierung sind.

Betreffend der Kosten wird von den Referenten angemerkt, dass diese sehr standortspezifisch sind und u.a. stark vom Oxidationsmittelbedarf abhängen. Zur Abschätzung des Oxidationsmittelbedarfs wurde ergänzend angemerkt, dass eine stöchiometrische Abschätzung nicht ausreicht und auch hier unbedingt Vorversuche durchzuführen sind, da der Bedarf im Feld oft beim 3- bis 4-fachen (oder mehr) der stöchiometrischen Menge liegen kann.

## FAZIT FÜR EINE ANWENDUNG IN ÖSTERREICH

ISCO und ISCR sind für Österreich aus Sicht des ÖVA erfolgversprechende Sanierungsmethoden, deren Anwendung einer sorgfältigen technischen Planung – basierend auf guter Standorterkundung sowie Vorversuchen – sowie einer frühzeitigen Abstimmung mit den zuständigen Behörden betreffend Bewilligungsfähigkeit, entsprechender Nachweise dafür und sanierungsbegleitender Maßnahmen bedarf. Wesentlicher Punkt ist dabei nicht unbedingt "was ich einbringe" sondern "was ich dadurch bewirke" (positiv/negativ), welches dann durch Messungen nachzuweisen ist.

Mit Blick auf das europäische Umfeld scheint ein hohes Potential für den Einsatz weniger reaktiver Reagenzien wie Permanganate oder -sulfate gegeben. Es gibt ausreichend potentielle Sanierungsstandorte in Österreich, insbesondere unter dem Fokus, dass ISCO auch im dichter verbauten Raum zielführend einsetzbar sein kann.

## WEITERFÜHRENDE LITERATUR UND WEB-LINKS

BMLFUW (2007) Altlastensanierung in Österreich – Effekte und Ausblick. Hrsg.: BMLFUW, Abteilung VI/3, Abfallbehandlung und Altlastensanierung, Wien, Oktober 2007. [http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/umwelt/archiv/altlastensanierung\\_in\\_oesterreich.html](http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/umwelt/archiv/altlastensanierung_in_oesterreich.html)

BMLFUW (2009) Leitbild Altlastenmanagement – Sechs Leitsätze zur Neuausrichtung der Beurteilung und Sanierung von kontaminierten Standorten. Hrsg.: BMLFUW, Abteilung VI/3, Abfallbehandlung und Altlastensanierung, Wien, Mai 2009. <http://www.bmlfuw.gv.at/greentec/abfall-ressourcen/altlastenmanagement/altlastenmanagement.html>

ITRC (2005): Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater, 2nd ed. ISCO-2.: Interstate Technology & Regulatory Council, Washington D.C., Januar 2005 [www.itrcweb.org](http://www.itrcweb.org)

INTERLAND (2006): In-situ-Anwendung chemischer Oxidationsmittel und Oxidationsverfahren, Leitfaden 7, 2006 <http://interland.arcs.ac.at/>

ITVA (2010) Arbeitshilfe – H1-13: Innovative In-situ-Sanierungsverfahren. ITVA – Ingenieurtechnischer Verband für Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V., Berlin, Juni 2010. <http://www.itv-altlasten.de/>

ÖVA (2010) Technologiequickskan – In-situ-Technologien. ÖVA – Österreichischer Verein für Altlastenmanagement, Wien Mai 2010. [http://www.altlastenmanagement.at/documents/publikationen/oeva\\_quickscan\\_juni2010.pdf](http://www.altlastenmanagement.at/documents/publikationen/oeva_quickscan_juni2010.pdf)

Tagungsband des 5. ÖVA Technologieworkshops "Anwendung chemischer In-situ-Verfahren – (direkte) Einbringung von Stoffen ins Grundwasser" am 20. November 2014 in Wien <http://www.altlastenmanagement.at/home/wp-content/uploads/Tagungsunterlagen-5.-TWS.pdf>

<b>Autor:</b>	Dörrie, Timo (Generalsekretär des ÖVA)
<b>Experten:</b>	ÖVA-Experten 2013 - 2015

Die Inhalte der Kurzfassungen zu den Einzelvorträgen wurden mit den jeweiligen Vortragenden abgestimmt und durch diese freigegeben. Eine vertiefte Prüfung der dargestellten Ergebnisse erfolgt durch den ÖVA nicht. Der ÖVA sowie die Experten übernehmen keine Verantwortung für Inhalt und Richtigkeit der Nachlese.