

Die neue ITVA Arbeitshilfe Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

Hans-Peter Koschitzky

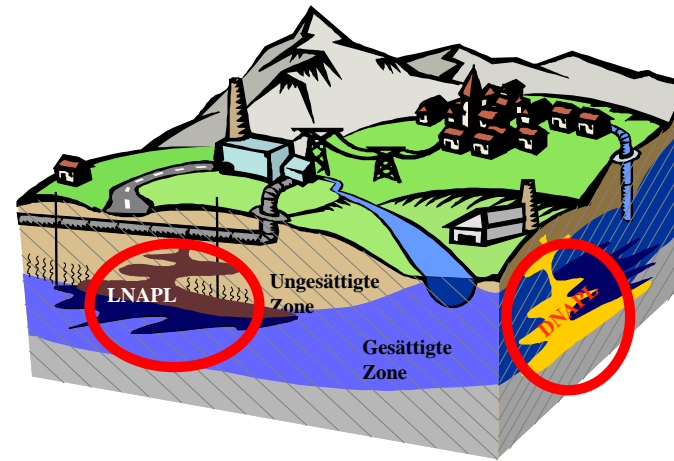
VEGAS, Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, Universität Stuttgart
ITVA Fachausschuss H1: *Technologien und Verfahren*
Arbeitskreis *Innovative In-situ-Sanierungsverfahren*



Sitzung ITVA - Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg



Anlass und Motivation



- In-situ-Sanierung
- Im Boden (ungesättigte Zone ZU)
- Organische Schadstoffe
- LNAPL und DNAPL
- Im Grundwasser (gesättigte Zone, GZ)
- Schadensherdsanierung
- Quellensanierung
- Fahnenanierung (Grundwasserabstrom)

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

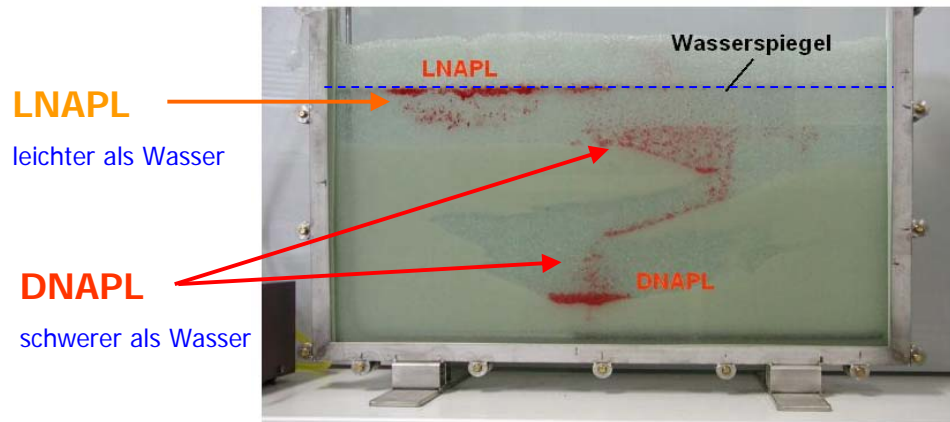


ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

2

LNAPL – DNAPL Sanierungsproblem

Beispiel: Schadstoffvorkommen im Untergrund



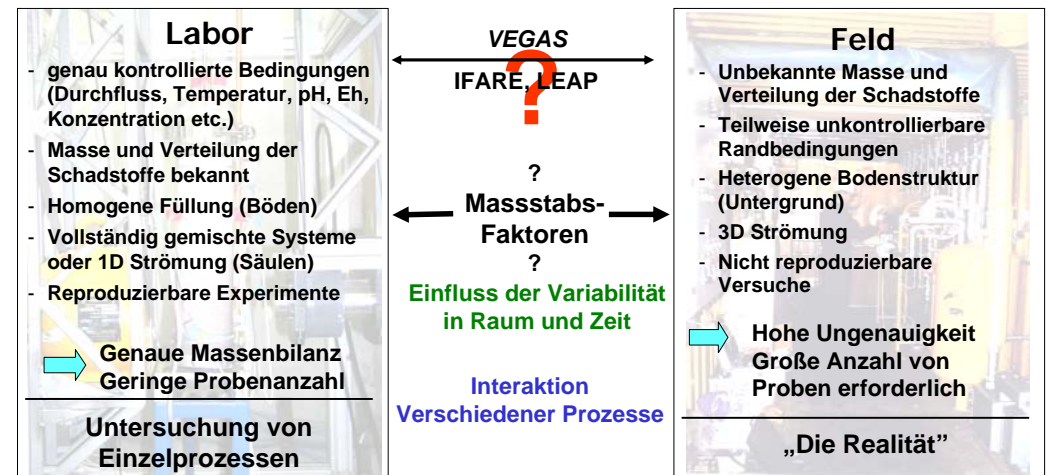
LNAPL
leichter als Wasser

DNAPL
schwerer als Wasser

NAPL = Non aqueous phase liquid (nicht mischbar mit Wasser)

© VEGAS

Das Skalen Problem



© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

3



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

4

VEGAS – „bridging the gap“



Bogenbrücke über Wilde Gera © M. Weißbach

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

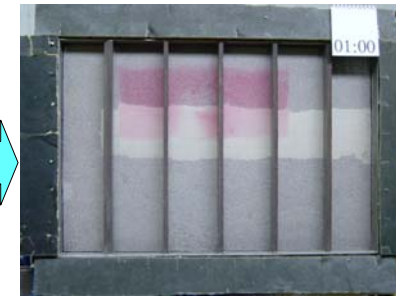
5

Technologieentwicklung – In-Situ-Sanierung

1D



2D



3D



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

6

VEGAS: Großbehälter



Länge 18.5 m
Breite: 9 m
Höhe: 4.5 m
Über 1000 Probennahme-
und Messstellen

Aufteilung in drei
Compartments
(9m × 6.2m × 4.5m)

Bisherige Projekte
Surfactant Flushing (Tenside)
Dampf-Luft-Injektion
Feste Wärmequellen
GZB, LIP, Hydraulikprojekt
Alcohol Flooding
Mineralölausbreitung und
Erkundung

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

7

Aufbau großskaliger Versuche



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

8

Aufbau großskaliger Versuche



© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

9

VEGAS Große Rinne



Länge: 16 m
Breite: 1 m
Höhe: 3 m
Seitenwand aus Glas

Bisherige Projekte
Co-Solvent flushing
Mikroemulsion
Alcohol flushing
PAK Ausbreitung
DNAPL Infiltration
Enhanced natural
Attenuation ENA

© VEGAS



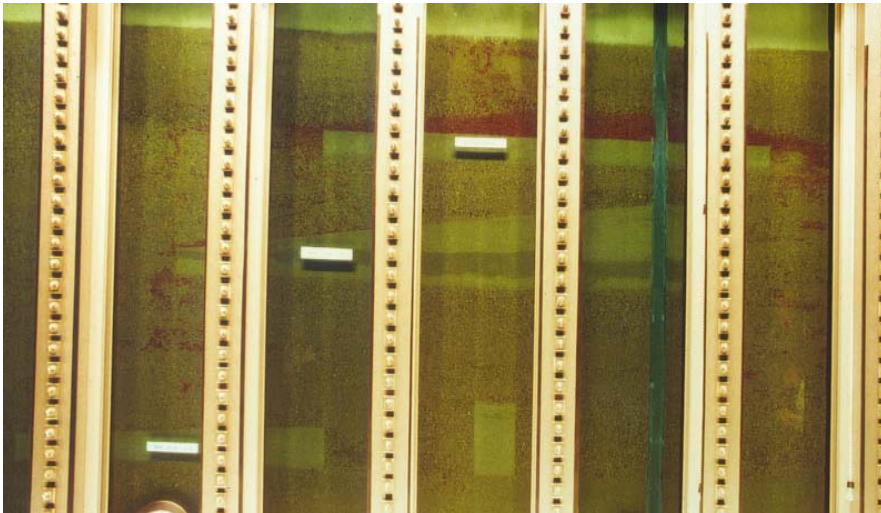
Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

10

CKW – Versickerung in einem inhomogenen Aquifer



© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

11

In-situ-Sanierungsverfahren



	Quelle		Fahne
	Thermisch unterstützt	Physikalisch / chemische Verfahren „Flushing Technologien“	
Ungesättigte Bodenzone	Dampf-Luft Injektion (TUBA)		
	Feste Wärmequellen (THERIS)		
gesättigte Zone (Grundwasser)	Dampf-Luft Injektion	Alkohol-Flooding	„Dichtwand-Heber-Reaktor“ (DHR)
		Mikroemulsion-Spülung	Enhanced Natural Attenuation (ENA)
	Feste Wärmequellen	Tensid-Spülung	
		ISCO / NanoFe (in der Entwicklung)	NanoFe (in der Entwicklung)

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

12

Weshalb und für wen eine ITVA Arbeitshilfe ?

- Identifikation Erfolg versprechender und bereits erfolgreich angewandter innovativer In-situ-Sanierungsverfahren
- Analyse und Bewertung ihrer Einsatzmöglichkeiten
- Darstellung in Form von systematischen Datenblättern
- Verfahren mit mindestens einer dokumentierten Pilotanwendung
- Arbeitshilfe = unabhängige und wertfreie Darstellung der Verfahren
- Anwendung und Akzeptanz der Verfahren verbessern
- Auswahl eines geeigneten In-situ-Sanierungsverfahrens erleichtern

Zielgruppe: Fachleute und Sachverständige aus dem Umweltbereich, Behördenvertreter sowie Sanierungspflichtige

Aufzeigen / Hilfestellung: Was können innovative In-situ-Sanierungsverfahren leisten

➔ Beitrag zur Lösung von Altlastenproblemen

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

13

Was ist innovativ ?

Ein **innovatives Sanierungsverfahren** ist ein Verfahren, das einen Entwicklungsstand erreicht hat, der seine **praktische Eignung** im Sinne einer **umweltverträglichen, effizienten Anwendung** gesichert erscheinen lässt, aber das **noch nicht** dem Stand der Technik und/oder den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht

- Innovativ kann auch eine Kombination mehrerer Verfahren sein
- Innovative Verfahren sollten zum Stand der Technik bzw. zu allgemein anerkannten Regeln geführt werden

Sanierungsverfahren die Schadstoffe biologisch, chemisch oder physikalisch aus dem Boden oder Grundwasser entfernen, in unschädliche Stoffe umwandeln oder ggf. deren Ausbreitung langfristig verhindern

➔ Objektive „Bekanntmachung“ der Verfahren

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

14

Aufbau und Gliederung der Arbeitshilfe

1. Veranlassung und Zielsetzung
 2. Einführung
 3. Begriffe und Definitionen
 4. Rechtliche Rahmenbedingungen
 5. Anwendungsvoraussetzungen
 6. **Physikalische Verfahren**
(für die ungesättigte Bodenzone und die gesättigte Bodenzone)
 7. **Biologische Verfahren**
 8. **Chemische Verfahren**
 9. **Durchströmte Reinigungswände**
 10. **Fazit und Ausblick (Empfehlungen)**
 11. Literatur
 12. Glosar
- Anhang: Rechtliche Rahmenbedingungen und Genehmigungserfordernisse, Zusammenfassung der Verfahrensbewertungen, Adresslisten

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

15

Physikalische Verfahren

- **Physikalische Vorgänge führen zu einer Änderung der Lage und der äußeren Form eines Stoffes**
- **Änderung des Aggregatzustandes (flüssig – gasförmig)**
- **Mobilisierung oder die Solubilisierung (in Lösung gehen von Stoffen)**
- **Physikalische Verfahren für die ungesättigte Bodenzone**
Thermisch unterstützten Boden-Luft-Absaugung TUBA (Dampf-Luft-Injektion), Feste Wärmequellen (THERIS), Multi-Phase- & Dual Phase Extraction und Elektrokinetik
- **Physikalische Verfahren für die gesättigte Bodenzone**
Airsparging, Dampf-Luft-Injektion (DLI) insbesondere zur Sanierung von CKW-Schadstoffquellen, Alkoholspülung (Alkohol-Cocktail), Tensidspülung, Huminstoffe als Bio-Sorptionssperre

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

16

Biologische Verfahren

- Schadstoffe werden durch die Mikroorganismen im Grundwasser direkt abgebaut
- Keine Extraktion (Förderung) von Schadstoffen mit anschließender On-site-Reinigung (Wasseraufbereitung etc.)
- Zugabe (Injektion) von Nährstoffe oder speziellen Mikroorganismen
- Aerobe und anaerobe Verfahren
- Stimulierung des Abbaus nicht chlorierter Kohlenwasserstoffe: Biosparging, Wasserstoffperoxid (H₂O₂)-Zugabe, ORC®, iSOC™, Oxywall (aerober Abbau), Nitratzugabe zum anaeroben Abbau
- Stimulierung des Abbaus chlorierter Kohlenwasserstoffe (CKW): Zugabe von Melasse, organischen Säuren, Alkohole und HRC® für den anaeroben LCKW-Abbau, (reduktive Dechlorierung), Methan-Biostimulation (aerober LCKW-Abbau)

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

17

Chemische Verfahren

- Schadstoffe werden durch Zugabe eines chemischen Oxidationsmittels durch „kalte Verbrennung“ abiotisch zerstört
- Ziel ist die vollständige Umsetzung zu umweltneutralen Stoffen
- Oxidations-Reaktion erfolgt im Grundwasserleiter sehr schnell, sobald/sofern wirksamer Kontakt Oxidationsmittel und organischer Schadstoff hergestellt
- In-situ-chemische-Oxidation – ISCO
technische Machbarkeit und Realisierbarkeit unterscheidet sich je nach Oxidationsmittel: Kalium-/Natriumpermanganat, Fentons Reagenz, Persulfat und Ozon
- In-situ-chemische-Reduktion - ISCR
Metallisches Eisen als wirksames Reduktionsmittel, In-situ-Einsatz über Nano- und Mikroisen-Injektion, ISCR von Chrom VI

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

18

Durchströmte Reinigungswände

- Schaffung definierter reaktiver Zonen (Reaktor) im Untergrund zur In-situ-Dekontamination des durchströmenden Grundwassers
- Passives Verfahren, natürlicher „Grundwasserfluss“ durchströmt Reaktor
- Alternative zu aktiven hydraulischen Sicherungsmaßnahmen (Pump&Treat)
- Langzeitsicherung bei Schadstoffquellen, bei denen Dekontamination innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens nicht möglich ist
- Prinzipiell auch zur Sanierung von „abgerissenen“ Fahnen oder als Vorsorge-Maßnahme zum Schutz von sensiblen Grundwassernutzungen

Erfahrungen aus / Bezug zu RUBIN, Details RUBIN-Handbuch

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

19

Verfahrensblatt der Arbeitshilfe

Verfahrensname	
Prinzip	(ggf. Bild, Skizze o.ä.) <i>Beschreibung der wirksamen Prozesse</i>
Aufbau und Beschreibung	<ul style="list-style-type: none">- Verbale technische Beschreibung des Verfahrens und- ggf. Verfahrensschema mit vollständiger Quellenangabe- Verfahrenskomponenten, besondere Verfahrenscharakteristik- Begleitende, erforderliche Komponenten wie Grundwassersicherung, BLA, etc.
Verfahrensspezifischen Planungsgrundlagen	<i>Untersuchungsergebnisse (z.B. Erkundung, Voruntersuchungen), die über die im Kap. 5 genannten (OU, DU, etc.) zwingend erforderlich sind</i>

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg

20

Verfahrensblatt der Arbeitshilfe

Anwendungsbereich

- Quelle oder Fahne
- Bodenzone (ungesättigte Bodenzone, GW-Schwankungsbereich, gesättigte Bodenzone)
- Geologie und Hydrogeologie des Standortes
- Geochemische und hydrochemische Standortbedingungen
- Art und Umfang der Kontamination - Schadstoffe (gut, bedingt, ungeeignet)
- Art des Aquifers Poren-GWL, Kluftaquifer
- ...

Anwendungsgrenzen

Grenzen mit Bezug auf den Anwendungsbereich, Einschränkungen des Anwendungsbereichs z.B. Leichtphasen, Schwerphasen, Einzelsubstanzen aus Stoffgruppe des Anwendungsbereichs, K_f -Werte, Grundwasserchemismus, Schluffschichten, starke Inhomogenitäten, etc.

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 21

Verfahrensblatt der Arbeitshilfe

Besonderheiten, Hinweise, Risiken

- Unkontrollierte Schadstoffmobilisierung
- Explosionsfähige Gemische
- Methabolitenbildung
- Besonderer Arbeitsschutz
- etc.

Entwicklungsstand

- Pilotphase, Entwicklungsphase
- Stand der Technik etc. in Deutschland / Europa (?) / USA (??)

Rechtliche Hinweise

Besonderheiten die über Kap. 4 (mit Anhang) hinaus gehen

Hinweis: Die Genehmigungsvoraussetzungen und die Art der erforderlichen Genehmigungen sind im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 22

Verfahrensblatt der Arbeitshilfe

Referenzprojekte / zuständige Behörde

- Konkrete Referenzbeispiele (Namen, Schadstoff, Ort)
- (Sanierungspflichtiger) und zuständige Behörde

Bei genannter Behörde kann im Bedarfsfall nachgefragt werden

Ausgewählte Literatur

- bis max. 5 aktuelle Stellen der letzten 3 Jahre
- konkrete, vollständige Literaturzitate, nicht nur Hinweis auf Internet
- Gesamt-Literaturverzeichnis am Ende der Arbeitshilfe
- keine Firmenwerbung

Bewertung durch den Arbeitskreis

Aspekte u.a. Wirtschaftlichkeit, Genehmigungsfähigkeit, Sanierungsdauer, Risiken, Entwicklungsstand

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 23

Beispiel Verfahrensblatt Entwurf

ITVA Entwurf Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

Grundwasseranreicherung mit Dampf-Luft-Injektion (DLI)

Prinzip: Durch die Injektion eines Dampf-Luft-Gemisches in die gesättigte Bodenzone entsteht der injizierte Dampf durch die Abgabe seiner Verdampfungswärme den zu sanierenden Bereich. In diesem Bereich wird die Dampf-Luft-Mischung verdichtet und es bildet sich ein Dampf-Luft-Gemisch aus. Dieses Gemisch wird durch die Injektion in den Boden geleitet und verdrängt die Schadstoffe in Richtung der Injektionsbohrung. Die Injektion erfolgt über eine Injektionsbohrung, die in einem Abstand von ca. 1 m zu den Sanierungsbohrungen angebracht ist. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht.

Aufbau und Beschreibung: Das Diagramm zeigt den Aufbau einer DLI-Anlage. Es besteht aus einer Injektionsbohrung, die mit einem Filter versehen ist, und einer Sanierungsbohrung. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht.

Verfahren: Das Verfahren besteht aus den folgenden Schritten: 1. Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in die Bodenzone. 2. Verdichtung des Dampf-Luft-Gemisches und Verdrängung der Schadstoffe in Richtung der Injektionsbohrung. 3. Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus der Bodenzone. 4. Kondensation des Dampf-Luft-Gemisches und Abgabe der Wärme an die Bodenzone. 5. Wiederholung des Verfahrens bis zur vollständigen Sanierung.

Verfahrensvorteile: Das Verfahren ist besonders geeignet für die Sanierung von Grundwasser, das mit leichtflüchtigen Schadstoffen kontaminiert ist. Es ermöglicht eine gezielte Sanierung des Grundwassers und ist kostengünstiger als andere Sanierungsverfahren.

Anwendungsbereich: Das Verfahren ist für die Sanierung von Grundwasser, das mit leichtflüchtigen Schadstoffen kontaminiert ist, geeignet. Es ist auch für die Sanierung von Grundwasser, das mit schwerflüchtigen Schadstoffen kontaminiert ist, geeignet.

Sicherheitsmaßnahmen: Bei der Anwendung des Verfahrens sind folgende Sicherheitsmaßnahmen zu beachten: 1. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 2. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht. 3. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 4. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht.

ITVA Entwurf Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

Grundwasseranreicherung mit Dampf-Luft-Injektion (DLI)

Anwendungsbereich: Das Verfahren ist für die Sanierung von Grundwasser, das mit leichtflüchtigen Schadstoffen kontaminiert ist, geeignet. Es ist auch für die Sanierung von Grundwasser, das mit schwerflüchtigen Schadstoffen kontaminiert ist, geeignet.

Besonderheiten, Hinweise, Risiken: Bei der Anwendung des Verfahrens sind folgende Besonderheiten, Hinweise und Risiken zu beachten: 1. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 2. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht. 3. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 4. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht.

Entwicklungsstand: Das Verfahren ist derzeit in der Entwicklungsphase. Es ist bereits in mehreren Pilotprojekten erprobt worden. Die Ergebnisse dieser Pilotprojekte sind sehr vielversprechend. Es ist zu erwarten, dass das Verfahren in Zukunft eine wichtige Rolle bei der Sanierung von Grundwasser spielen wird.

Rechtliche Hinweise: Bei der Anwendung des Verfahrens sind folgende rechtliche Hinweise zu beachten: 1. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 2. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht. 3. Die Injektionsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Injektion des Dampf-Luft-Gemisches in den Boden ermöglicht. 4. Die Sanierungsbohrung ist mit einem Filter versehen, der die Entnahme des Dampf-Luft-Gemisches aus dem Boden ermöglicht.

Referenzprojekte / zuständige Behörde: Das Verfahren wurde in mehreren Referenzprojekten erprobt. Die zuständige Behörde ist die zuständige Behörde für die Sanierung von Grundwasser.

Ausgewählte Literatur: Das Verfahren ist in der folgenden Literatur beschrieben: 1. VEGAS (2009): Innovative In-situ-Sanierungsverfahren. 2. VEGAS (2008): Innovative In-situ-Sanierungsverfahren. 3. VEGAS (2007): Innovative In-situ-Sanierungsverfahren.

Bewertung durch den Arbeitskreis: Das Verfahren wurde durch den Arbeitskreis bewertet. Die Bewertungsergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Kriterium	Bewertung
Wirtschaftlichkeit	...
Genehmigungsfähigkeit	...
Sanierungsdauer	...
Risiken	...
Entwicklungsstand	...

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

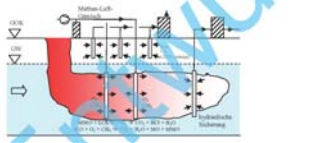


ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 24

Beispiel Verfahrensblatt Entwurf

Prinzip:
Die niedrig chlorierten Kohlenwasserstoffen (DCE, VC, sowie bischlich auch TCE) ist vor allem ein Abbau im aeroben Milieu von Bedeutung (oxidative Dechlorierung). Je niedriger der Chlorgehalt der Verbindung ist, desto schneller läuft der aerobe Abbau. Der Abbau läuft auf direktem Wege mit Sauerstoff möglich, wobei der Schadstoff aus Elektronenakzeptor fungiert. Elektronen an den Sauerstoff abgibt und den Bakterien als Energiequelle dient. (Erfolg der Abbau nicht und oxiert). Ist neben Sauerstoff ein Co-substrat erforderlich, z. B. Methan. Beim Methan-Biostimulationsverfahren werden die methylophilen Mikroorganismen durch Einbringen von Methan in den Grundwasserleiter im aeroben Milieu versorgt.

Aufbau und Beschreibung:
Das Methan-Biostimulationsverfahren zielt darauf ab, methanotrophe Mikroorganismen (MO) zu vermehren. Dazu ist es erforderlich, die Mikroorganismen im gesamten Sanierungsgebiet mit Methan zu versorgen. Die methanotrophen Mikroorganismen produzieren zur Verwertung des Methans das Enzym Methanmonooxygenase (MMO), das als eine Nebenaktivität die Oxidation von DCE, VC, TCE katalysiert.
Beim Methan-Biostimulationsverfahren wird ein methanhaltiges Luftgemisch in die gesättigte Bodenzone unterhalb der Kontamination eingeblasen. Damit handelt es sich um eine Kombination aus In-situ-Strophen und biologischen In-situ-Verfahren. Die Methan-Konzentration im Bodenluft beträgt 0,5 - 2,2 %, um die untere Explosionsgrenze von Methan zu unterschreiten. Durch das Einblasen des Methan-Luft-Gemisches wird ein Sogeffekt ein. Zusätzlich kann eine Zugluftabsaugung vorgenommen werden. Daher sind eine Sicherung des Abstroms und eine Bodenluftabsaugung erforderlich.



Erforderliche Genehmigungsinstanzen:

- Genehmigung der Schadstofffahre
- Kenntnis des Schadstoffes
- Kenntnis der Hydrochemie, insbesondere Sauerstoff, DOC, Redoxspannung, Kohlendioxid
- Unterbau- und/oder methanotrophe Mikroorganismen im Grundwasser
- Kenntnis der Verteilung der DCE, VC, TCE

Anwendungsbereich:

- Anwendung im Grundwasser im Abstrom einer Schadstoffquelle (Schadstoffquelle) oder im unmittelbaren Umgebungsbereich der Schadstoffquelle, unterstützend auch zu Quellensperren
- Voraussetzung ist die gleichmäßige Verteilung von Sauerstoff und Methan im Untergrund. Daher ist eine Anwendung nur bei homogenem und durchlässigen Porengrundwasser mit Erfolg versprechend
- Geeignet nur für niedrig chlorierte LCKW

Anwendungsgrenzen:

- wenig durchlässige Grundwasserleiter
- Kluftgrundwasserleiter
- Schadstoffphasen (müssen durch physikalische Verfahren entfernt werden)
- höher chlorierte LCKW

Besonderheiten, Hinweise, Risiken:
Aufgrund von Stoppfeffern ist eine zusätzliche Bodenluftabsaugung in der ungesättigten Zone erforderlich. Zudem besteht bei Anwendung des Verfahrens das Risiko der Mobilisierung von Schadstoffen. Daher ist eine Sicherung des Abstroms erforderlich.

Entwicklungsstand:
Das Verfahren wurde in den USA entwickelt und dort bereits mehrfach eingesetzt. In Deutschland wurde das Methan-Biostimulationsverfahren in wenigen Fällen eingesetzt. Es handelt sich um zwei Fälle in Nordrhein-Westfalen und eine Anwendung in Berlin.

Rechtliche Hinweise:
Genehmigung nach Wasserrecht
Hinweis: Die Genehmigungsveroraussetzungen und die Art der erforderlichen Genehmigungen sind im Einzelfall mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

Referenzprojekte / zuständige Behörde:
Beispiel:
• Chem. Teutoburg in Mönchengladbach (Untere Bodenschutzbehörde der Stadt Mönchengladbach)
• Altstandort im Kreis Lippe (Untere Bodenschutzbehörde des Kreises Lippe)

Ausgewählte Literatur:
ZITTEL, M., GÖBELER, M. (2009): Das Methan-Biostimulationsverfahren. In: TerraTech 19/2009
HAZEN, T. C., FLIERMANN, C. B. (1994): Bioremediation of contaminated Groundwater. US Pat. No. 5,364,048

Bewertung durch den Arbeitskreis:
Für dieses Verfahren liegen bisher in Deutschland erst in wenigen Fällen Erfahrungen vor. Laut Verfahren kann eine Anwendung zu unterschiedlichen Verfahren in der Nähe ausbleiben, jedoch muss bei vorhandener Schadstoffbelastung auf weitere Schadstoffbelastung auch bei Anwendung dieses In-situ-Verfahrens von langen Laufzeiten ausgegangen werden. Daher ist eine Quellensperre mit geeigneten Verfahren grundsätzlich zu empfehlen. Wichtig ist eine genaue Kenntnis der Schadstoffarten und -konzentrationen, der Hydrochemie und Fluorogehalte. Die Wirksamkeit des Verfahrens ist nur bei niedrig chlorierten Kohlenwasserstoffen gegeben. Hoch chlorierte Kohlenwasserstoffe sind am besten geeignet. Durch das Einblasen des Methan-Luft-Gemisches setzt ein Sogeffekt ein, so dass Schadstoffe mobilisiert und über das Grundwasser oder in die Bodenluft transportiert werden können. Daher sind eine Sicherung des Abstroms und eine Bodenluftabsaugung erforderlich, wodurch steigender Aufwand des Verfahrens, um die Wirksamkeit der biologischen Verfahrenskomponente überhaupt abschätzen zu können, ist der Anteil des Stoppfeffers zu quantifizieren.

© VEGAS

Anhang: Erforderliche Genehmigungen

Entwurf Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

ITVA

Verfahren	Wasserrecht			Abfallrecht			Baurecht			Immissionsschutzrecht			sonstige		
	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.
Physikalische Verfahren															
Physikalische Verfahren für die ungesättigte Bodenzone															
o TUBA Thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung			X		X			X				X			X
o THERIS Thermische In-Situ-Sanierung mit festen Wärmequellen			X		X			X				X			X
o Multi-Phase-Extraction / Dual Phase Extraction	X				X			X			X				X
o Elektrokinetik	X				X			X			X				X
Physikalische Verfahren für die gesättigte Bodenzone															
o Airsparging	X				X			X			X				X
o Dampf-Luft-Injektion in die gesättigte Bodenzone	X				X			X			X	X ¹⁾			X
o Tensidspülung	X				X			X			X				X
o Alkoholspülung											X				
o Huminstoffzone															
Biologische Verfahren															
Stimulierung des Abbaus nicht chlorierter Kohlenwasserstoffe durch Zugabe von Elektronenakzeptoren															
o Stimulierung des aeroben Abbaus von Kohlenwasserstoffen durch Zugabe von Sauerstoff und Nährstoffen (Bio-sparging)	X				X			X			X				X
o Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂), Calciumperoxid (CaO ₂)	X				X			X			X				X
o Nitrat	X				X			X			X				X
o ORC	X				X			X			X				X
o ISOC - Oxytec	X				X			X			X				X
o Oxywall	X				X			X			X				X

© VEGAS

Anhang: Erforderliche Genehmigungen

ITVA Entwurf Arbeitshilfe Innovative In-situ-Sanierungsverfahren

Verfahren	Wasserrecht			Abfallrecht			Baurecht			Immissionsschutzrecht			sonstige		
	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.	Ja	Nein	u.U.
Stimulierung des Abbaus chlorierter Kohlenwasserstoffe durch Zugabe von Elektronendonatoren (Reduktive Dechlorierung)															
o Melasse, organische Säuren, Alkohole	X				X			X			X				X
o HRC	X				X			X			X				X
Stimulierung des aeroben LCKW-Abbaus (Methan-Biostimulation)	X				X			X			X				X
Chemische Verfahren															
ISCO - In-situ-chemische Oxidation															
o Kalium-/Natriumpermanganat	X				X			X			X	X ²⁾			X
o Fentons Reagenz	X				X			X			X				X
o Persulfat	X				X			X			X				X
o Ozon	X				X			X			X				X
In-situ-chemische Reduktion															
o Eisen-Partikel					X			X			X				X
o In-situ-Reduktion von Chrom (VI)	X				X			X			X				X
Durchströmte Reinigungswände	X				X			X			X				X

¹⁾ UV-Anlagenprüfung
²⁾ Der Einsatz von Kaliumpermanganat ist erlaubnisabhängig beim Bundesamt für Arzneimittelforschung (BfArM), Bonn
³⁾ In Baden-Württemberg liegt ein mit dem Umweltministerium abgestimmtes Papier vor, das die Einnahme von Alkoholen zum Zweck der Altlastensanierung aus wasserrechtlicher Sicht erlaubt, sofern gewisse Randbedingungen eingehalten werden.

Hinweis:
Die erforderlichen Genehmigungen und die Genehmigungsveroraussetzungen sind jeweils im Einzelfall mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Zur Klärung des Genehmigungsweges und der Anforderungen an die Genehmigungsunterlagen ist die frühzeitige Einschaltung der Genehmigungs- und Fachbehörden unerlässlich.

© VEGAS

Fazit ITVA Arbeitshilfe

- ITVA-Arbeitshilfe soll helfen das Potential der In-situ-Verfahren aufzuzeigen und zu deren breiteren Anwendung beitragen
 - ITVA-Arbeitshilfe „Innovative In-situ-Sanierungsverfahren“ soll einen Beitrag leisten zur Lösung einiger Altlastenprobleme
 - Implementierung innovativer Sanierungsverfahren bedarf enger Zusammenarbeit zwischen Standorteignern, Verwaltung (Behörden) und Ingenieurbüros
- Arbeitshilfe ist fertig gestellt, im AK und Fachausschuss H1 verabschiedet, ITVA-Vorstand soll es in Kürze verabschieden
 - Gelbdruckverfahren im Frühjahr 2010 abgeschlossen werden
 - Weißdruck zum ITVA-Symposium 11.-12. März 2010 in Essen ???

© VEGAS

- für die Ausarbeitung der verschiedenen Verfahrensblätter und Textbausteine
- für die konstruktiven und kritischen Diskussionen in den bisher 13 Sitzungen des AK
- Besonderer Dank gilt Frau Sabine Gier, die die Arbeitshilfe mit geprägt hat und viele Details recherchiert, textlich ausgearbeitet und die zahlreichen Überarbeitungen immer wieder umsetzte.

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 29

Danke für Ihr Interesse

Gerne beantworte ich Ihre Fragen

hans-peter.koschitzky@iws.uni-stuttgart.de

<http://www.vegasinfo.de>

Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky, Technischer Leiter
VEGAS, Versuchseinrichtung zur Grundwasser-
und Altlastensanierung, Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 61, 70569 Stuttgart
Tel.: 0711 685-64716, Fax: 0711 685-67020

© VEGAS



Die neue ITVA Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ITVA-Regionalgruppe Nord
16. November 2009, Hamburg 30