
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*



ÖVA–Symposium 2010
Nachhaltige Sanierung
16. Juni 2010, Wien



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***

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

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

3

Aufbau und Gliederung der Arbeitshilfe

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

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

4

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

© VEGAS



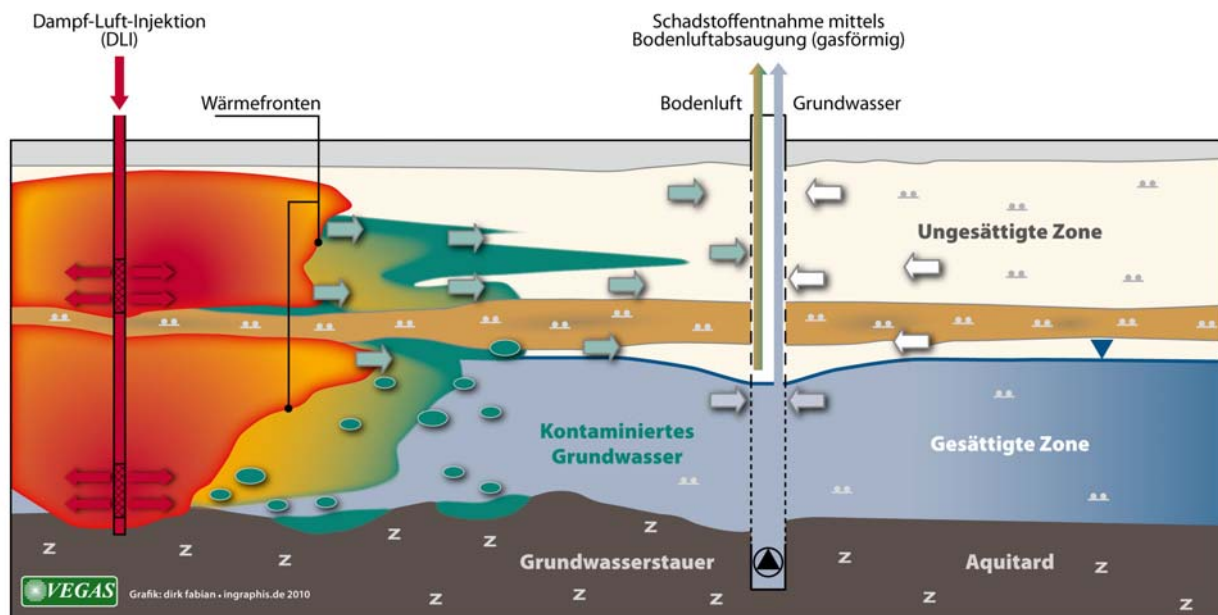
ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

5

Physikalische Verfahren



- Bodenerwärmung mittels Dampf
- Verteilte Schadstoffe
- Flüssige Schadstoffpools
- Schluff
- Festgestein

Thermische Verfahren für die ungesättigte und gesättigte Bodenzone

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

6

Chemische Verfahren

- Schadstoffe werden durch Zugabe eines chemischen Oxidationsmittels durch „kalten 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



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

9

Chemische Verfahren

| ISCO-Verfahren | Schadstoff | | Boden-/Prozessparameter | |
|------------------------------------|---|--|--|---|
| | geeignet | ungeeignet | Günstig | ungünstig |
| Fentons Reagenz | CKW BTEX niedermolekulare PAK Kurzketttige Aliphaten Freie Cyanide | PCB höher molekulare) PAK Langkettige Aliphaten Cyanid-Komplexe | 2 < pH < 6 Org. Subst. gering Permeabilität hoch Heterogenität gering | pH > 6 Org. Subst. hoch Permeabilität gering Heterogenität hoch |
| Ozon | CKW (Halogen- Alkene) BTEX niedermolekulare PAK | Halogen- Alkane PCB höher molekulare PAK MKW | pH niedrig Bodenfeuchtigkeit gering Permeabilität hoch Heterogenität gering | pH hoch Bodenfeuchtigkeit hoch Permeabilität gering Heterogenität hoch |
| Permanganat | CKW (Halogen- Alkene) Toluol, Xylol Ethylbenzol, | Halogen- Alkane Benzol MKW PAK, PCB, Cyanide | Permeabilität hoch Heterogenität gering | Permeabilität Gering Heterogenität hoch |
| Persulfat (nicht aktiviert) | CKW (Halogenalkene) Toluol, Xylol Ethylbenzol, kurzkettige MKW | Halogen- Alkane Benzol langkettige MKW PCB | Permeabilität hoch Heterogenität gering | Permeabilität gering Heterogenität hoch |
| Persulfat (aktiviert) | CKW (Halogenalkane u. -alkene) BTEX kurzkettige MKW niedermolekulare PAK | PCB langkettige MKW höher molekulare PAK | Permeabilität hoch Heterogenität gering | Permeabilität gering Heterogenität hoch |



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

10

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



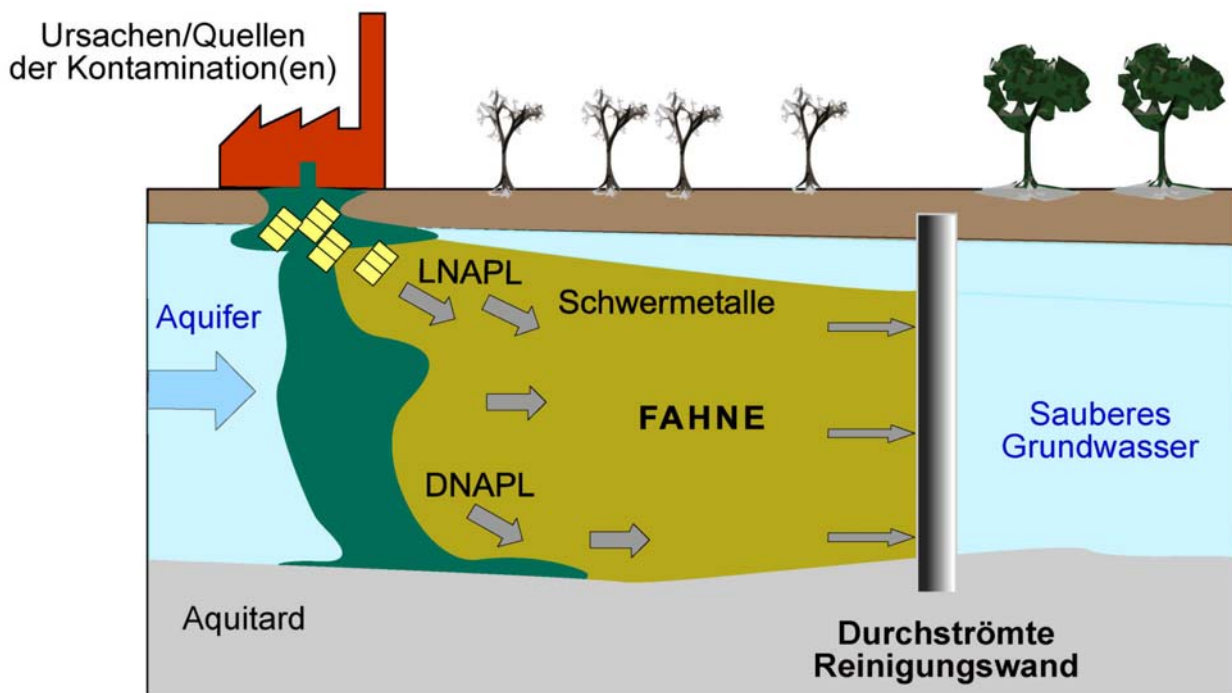
ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

11

Durchströmte Reinigungswände



Prinzip Permeable Reaktive Wand (PRB) (aus RUBIN-Handbuch)

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

12

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">- <i>Verbale technische Beschreibung des Verfahrens und</i>- <i>ggf. Verfahrensschema mit vollständiger Quellenangabe</i>- <i>Verfahrenskomponenten, besondere Verfahrenscharakteristik</i>- <i>Begleitende, erforderliche Komponenten wie Grundwassersicherung, BLA, etc.</i> | |
| Verfahrensspezifischen Planungsgrundlagen | |
| <i>Untersuchungsergebnisse (z.B. Erkundung, Voruntersuchungen), die über die im Kap. 5 genannten (OU, DU, etc.) zwingend erforderlich sind</i> | |

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

13

Verfahrensblatt der Arbeitshilfe

| |
|---|
| Anwendungsbereich |
| <ul style="list-style-type: none">• <i>Quelle oder Fahne</i>• <i>Bodenzone (ungesättigte Bodenzone, GW-Schwankungsbereich, gesättigte Bodenzone)</i>• <i>Geologie und Hydrogeologie des Standortes</i>• <i>Geochemische und hydrochemische Standortbedingungen</i>• <i>Art und Umfang der Kontamination - Schadstoffe (gut, bedingt, ungeeignet)</i>• <i>Art des Aquifers Poren-GWL, Kluftaquifer</i>• <i>...</i> |
| Anwendungsgrenzen |
| <i>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.</i> |

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

14

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 hinaus gehen

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

© VEGAS



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



Beispiel Verfahrensblatt Entwurf

| Grundwassersanierung mit Dampf-Luft-Injektion (DLI) | |
|---|---|
| Prinzip | Durch die Injektion eines Dampf-Luft-Gemisches in die gesättigte Bodenzone erwärmt der injizierte Dampf durch die Abgabe seiner Verdampfungsenthalpie den zu sanierenden Bereich. Im Idealfall breitet sich die Dampf-Luftfront radialsymmetrisch um die Injektionsstelle aus. Die mit dem Dampf injizierte Luft wirkt als inertes Trägergas und trägt die Kontaminanten, ähnlich dem Air-Sparging, jedoch mit erheblich größerer Beladung, gasförmig in Richtung der ungesättigten Zone aus dem Grundwasserkörper (Aquifer) aus. Die gasförmige Entfernung der Schadstoffe erfolgt über eine Bodenluftabsaugung, die Teil des Verfahrens ist, aus der ungesättigten Bodenzone. |
| Aufbau und Beschreibung | Bei der Injektion des Dampf-Luft-Gemisches breitet sich die Dampf-Luftfront mit der hydraulischen Durchlässigkeit k_h des Bodensystems mit Radien zwischen 1 – 5 m um die Injektionsstelle aus. In unmittelbarer Umgebung des Dampf-Luftgemisches werden die flüssigen, leicht- bis mittelflüchtigen organischen Schadstoffe in die Gasphase überführt. Die injizierte Luft strömt als inertes Trägergas vor der Dampf-Luftfront nach oben in die ungesättigte Bodenzone. Die gasförmigen Schadstoffe auf und transportiert nach oben in die ungesättigte Bodenzone. Eine gleichzeitig betriebene Bodenluftabsaugung saugt die Kontaminanten aus der ungesättigten Zone ab, die Bodenluft wird in konventioneller Weise gereinigt (z.B. Luftaktivkohle, katalytische Verbrennung) gereinigt. Der Betrieb einer Phasenschiebung sichert die Entnahme der verestert wasserlöslichen Schadstoffe und schützt vor einer möglichen Verfrachtung. |
| Verfahrenstechnische Details | Anlagentechnisch sind ein Dampf- und Lufterzeuger und ein Kompressor zur Erzeugung und Injektion des Dampf-Luft-Gemisches erforderlich. Die Bodenluftabsaugung umfasst einen Absauger, einen Kondensatscheider, einen Verdichter sowie die Abluftleitung (A-Mühle, TN, Kälte). Die Bereitstellung des erforderlichen Kühlwassers erfolgt über hydraulische Sicherung des Grundwasseranlasses. Das Grundwasser sollte mittels Wasseraktivkohle gereinigt werden. Eine entsprechende Wasseraufbereitung wird zur Behandlung des anfallenden Kondensats aus der heißen Bodenluft eingesetzt. Dem Kondensatscheider sollte ein Phasenscheider zur Trennung der wässrigen und i.d.R. nicht entflammenden organischen Flüssigkeiten nachgeschaltet werden. Die getrennte organische, bzw. wässrige Phase ist gesondert zu behandeln. Der Betrieb einer Phasenschiebung ist i.d.R. nicht erforderlich. |
| Verfahrenstechnische Planungsgrundlagen | Informationen zur Infrastruktur am Standort (Wasser-, Strom-, Gas-, Abwasseranschluss), Informationen zur Gründung von Gebäuden, Leitungen und Kanälen im Untergrund und zu temperatur-empfindlichen Bauteilen. Informationen zur vertikalen Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit im Aquifer zur Reichweitenabschätzung (Pumpversuche, Flowlog-Messungen). |
| Anwendungsbereich | <ul style="list-style-type: none"> • Schadstoffquellen in der gesättigten Bodenzone • Lockergesteine (Feinsand bis Schluff) mit hydr. Durchlässigkeit k_h: 5×10^{-8} bis 1×10^{-4} m/s • Hydraulisch schlecht durchlässige Schichten, wie z.B. Schluff- oder Tonstichten bis zu mehreren dm Mächtigkeit, können thermisch mittels konduktiver Aufheizung saniert werden. • organische Schadstoffe LNAPL und DNAPL • Sanierung unter Gebäuden bei Erhalt der Gebäudenutzung während der Sanierung |

| Grundwassersanierung mit Dampf-Luft-Injektion (DLI) | |
|---|--|
| Anwendungsgrenzen | <ul style="list-style-type: none"> • Unter dem Ansatz einer anisotropen Schichtung und Durchlässigkeiten im Bereich zwischen $k_h = 0,5 - 5 \times 10^{-4}$ m/s kann nach derzeitigem Stand des Wissens von einer „thermischen Reichweite“ von 3 - 5 m Radius bei einer Injektionsrate von 150 kg/h Satteldampf (1 m Filterstrecke) ausgegangen werden. Pilotanwendungen (Industriepark Zeltz (2007), Karlsruhe-Durlach, 2005) die numerisch begleitet wurden, unterstützen diesen Ansatz. • Bei Vorliegen einer BTEX-Kontamination sollte die Injektion zusätzlich in die ungesättigte Zone und insbesondere in den Grundwasserwechselbereich erfolgen. • Leicht- und mittelflüchtige organische Kontaminanten (Siedetemperaturen bis 180°C) werden durch die Bodenluftabsaugung erfasst werden. Etwas kondensierte Schadstoffe werden durch die „nachrückende“ Wärme wieder verdampft. • Durch Kombination mit dem THERMOPHORETICEN (thermophoretischen) elektrischen Heizelementen, Betriebs-temperatur 300 – 500°C, können in der Regel werden jetzt geringere Schichten größerer Mächtigkeit in der ungesättigten Zone durch die Injektion auf der eutektischen Temperatur aufgeheizt, die Schadstoffe verdampfen und in die darüber liegende Schicht thermisch saniert. |
| Besonderheiten, Hinweise, Risiken | <ul style="list-style-type: none"> • keine Flüssigmobilisierung von Schadstoffen (DNAPL und LNAPL) • Kontrolle der Sanierung über Temperaturmessungen im Sanierungsfeld online • Sanierungszeiten bei vollständiger Reinigung der über die thermische Reichweite hinaus erwärmten Bereiche • Anlagenbau entsprechend Chemiestandards zum kontinuierlichen Betrieb (z.B. redundante Pumpen mit Bestimmung der maßgeblichen Stoffströme, Temperaturmessungen) • Pilotanwendung zur Reichweitenbestimmung wird empfohlen • geringe Sanierungszeiten bei vollständiger Reinigung der über die thermische Reichweite hinaus erwärmten Bereiche • Da sich der Dampf in der gesättigten Zone durch Auftrieb nicht horizontal im Aquifer, sondern auch vertikal nach oben ausbreitet, kann das Verfahren zur simultanen Sanierung der gesättigten und ungesättigten Zone eingesetzt werden • Liegen Zwischenstauer, z.B. Schluff- oder Tonstichten, so entstehen Dampfkondensat unterhalb der hydraulischen schlecht durchlässigen Bereiche („steam-trap“) und können darüber anstehenden Boden über flächenhafte Konduktion aufheizen. Diese Wärme wird durch die Bodenluftabsaugung erfasst werden. Etwas kondensierte Schadstoffe werden durch die „nachrückende“ Wärme wieder verdampft. • Durch Kombination mit dem THERMOPHORETICEN (thermophoretischen) elektrischen Heizelementen, Betriebs-temperatur 300 – 500°C, können in der Regel werden jetzt geringere Schichten größerer Mächtigkeit in der ungesättigten Zone durch die Injektion auf der eutektischen Temperatur aufgeheizt, die Schadstoffe verdampfen und in die darüber liegende Schicht thermisch saniert. |
| Entwicklungsstand | Mehrere Pilotanwendung in Deutschland vorhanden |
| Rechtliche Hinweise | Wasserrechtliche Erlaubnis, Umweltschadliche Anzeige, Einhaltung Betriebssicherheitsverordnung (Dampf- und Druckgeräteeinsatz) |
| Referenzprojekte | <ul style="list-style-type: none"> • Thermische Sanierung eines Benzol-schadens in Albetad mittels Dampf-Luft-Injektion (September 2003 – Februar 2004) Auftraggeber: Mettler-Toledo, Landratsamt Zollern-Alb • Pilotanwendung der Dampf-Luft-Injektion in Karlsruhe-Durlach als Grundlage der Sanierungsplanung (April 2005 – Oktober 2005) Auftraggeber: Stadt Karlsruhe Umweltamt • Thermische In-situ-Sanierung ehemaliges Hydrierwerk Zeltz (Testfeld I) (Mai 2007 – Dezember 2007) Landratsamt Burglenlandkreis |
| Ausgewählte Literatur | <ul style="list-style-type: none"> • Koschitzky, H.-P., Ochs, S.O., Denzel, S. und K. Stockl (2006): Dampf-Luft-Injektion in gesättigter Zone: Pilotanwendung zur Sanierungsplanung an einem innerstädtischen Standort (Tagungsband, VEGAS-Statuskolloquium 2006, Editor: Braun, J.; Koschitzky, H.-P. & M. Stuhmann, Eigenverlag, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, 9/2006 -Nr. 150, S. 60-70 - ISBN 3-933761-93-0 • Koschitzky, H.-P., Trötschler, O., Limburg, B., Hirsch, M., Weiß, H. (2007): Pilotanwendung DLI Zeltz: Erste Ergebnisse der thermischen Sanierung des Kernbereichs eines Benzol-schadens mittels Dampf-Luft-Injektion Tagungsband, VEGAS-Kolloquium 2007, Editor: Braun, J., Koschitzky, H.-P. & M. Stuhmann, Eigenverlag, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, 9/2007 -Nr. 165, S. 52 - 62 - ISBN 3-933761-69-7 |
| Bewertung durch den Arbeitskreis | Das Verfahren kann unter entsprechenden Bedingungen als zuverlässiges, gut kontrollierbares, schnelles und kostengünstiges Verfahren eingesetzt werden. Der Sanierungsverlauf kann online durch ein Temperaturmonitoring verfolgt und überwacht werden. Zur zuverlässigen Dimensionierung |



Stand der Arbeitshilfe und Dank

- Arbeitshilfe Herbst 2009 fertig gestellt, vom AK, Fachausschuss H1 und ITVA-Vorstand verabschiedet
- Gelbdruckverfahren am 15.05.2010 abgeschlossen
- Derzeit erfolgt Endredaktion, dann Drucklegung
- Veröffentlichung anlässlich GAB - Symposium 2010 30.06. - 01.07.2010 in Ingolstadt (?)

Dank an die Mitglieder des AK für die Ausarbeitung der verschiedenen Verfahrensblätter und Textbausteine, die konstruktiven und kritischen Diskussionen in den 13 Sitzungen des AK

Dank an die alle „Externe“ für die wertvollen Hinweise und die positiven Reaktionen im Rahmen des Gelbdruckverfahrens

Besonderer Dank an Frau Sabine Gier (GF ITVA), für die intensive und unermüdliche Bearbeitung der Arbeitshilfe



Zum guten Schluss

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



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

19

In eigener Sache

VEGAS - Kolloquium 2010 In-situ-Sanierung Stand und Entwicklung Nano und ISCO

Donnerstag, 07. Oktober 2010
Universität Stuttgart, Campus Stuttgart-Vaihingen
Ingenieurwissenschaftliches Zentrum IWZ
Pfaffenwaldring 9, Hörsaal V 9.01

anschließend
Young Scientists´ Workshop
Nano / Micro-Fe

Thursday, October 07-08, 2010
VEGAS-Laboratory, Pfaffenwaldring 61

© VEGAS



ITVA-Arbeitshilfe
Innovative In-situ-Sanierungsverfahren



ÖVA – Symposium
16. Juni 2010, Wien

20