

Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren

Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche

Hans-Peter Koschitzky
Oliver Trötschler et al.



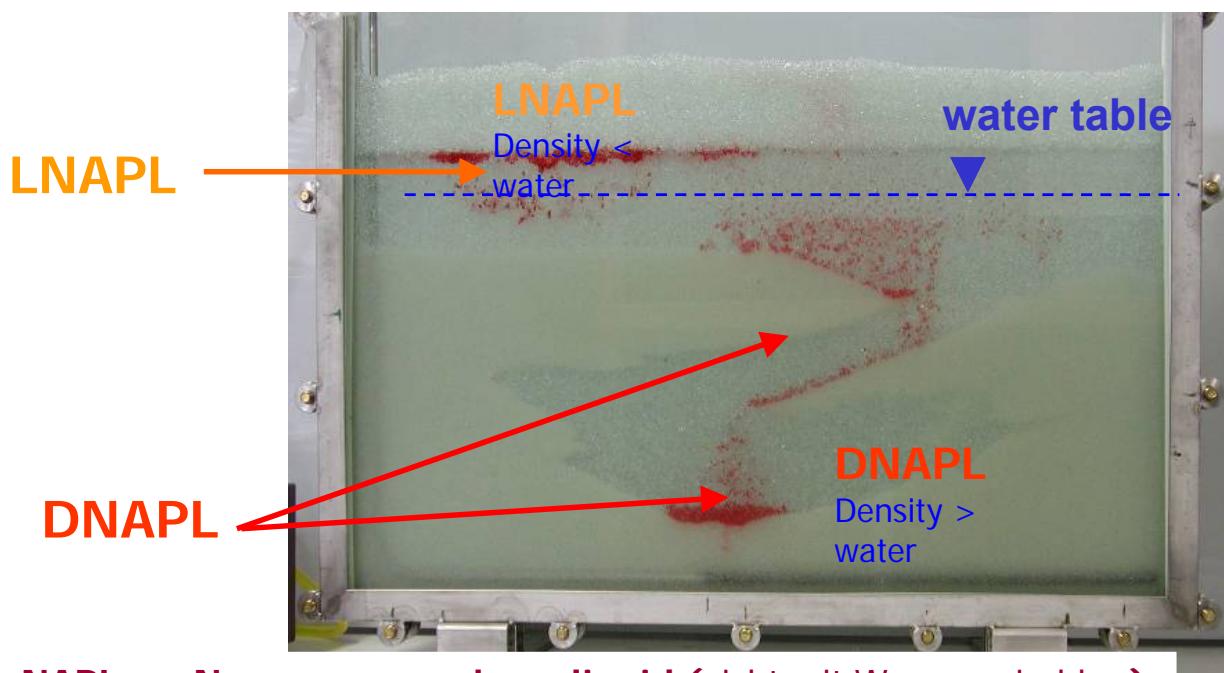
Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Deutschland
vegas@iws.uni-stuttgart.de; www.vegasinfo.de



**2. ÖVA-Technologie-Workshop:
Thermisch unterstützte In-Situ-Sanierungsverfahren
Wien, 28. Oktober 2010**

Entstehung von Schadensherden: LNAPL – DNAPL

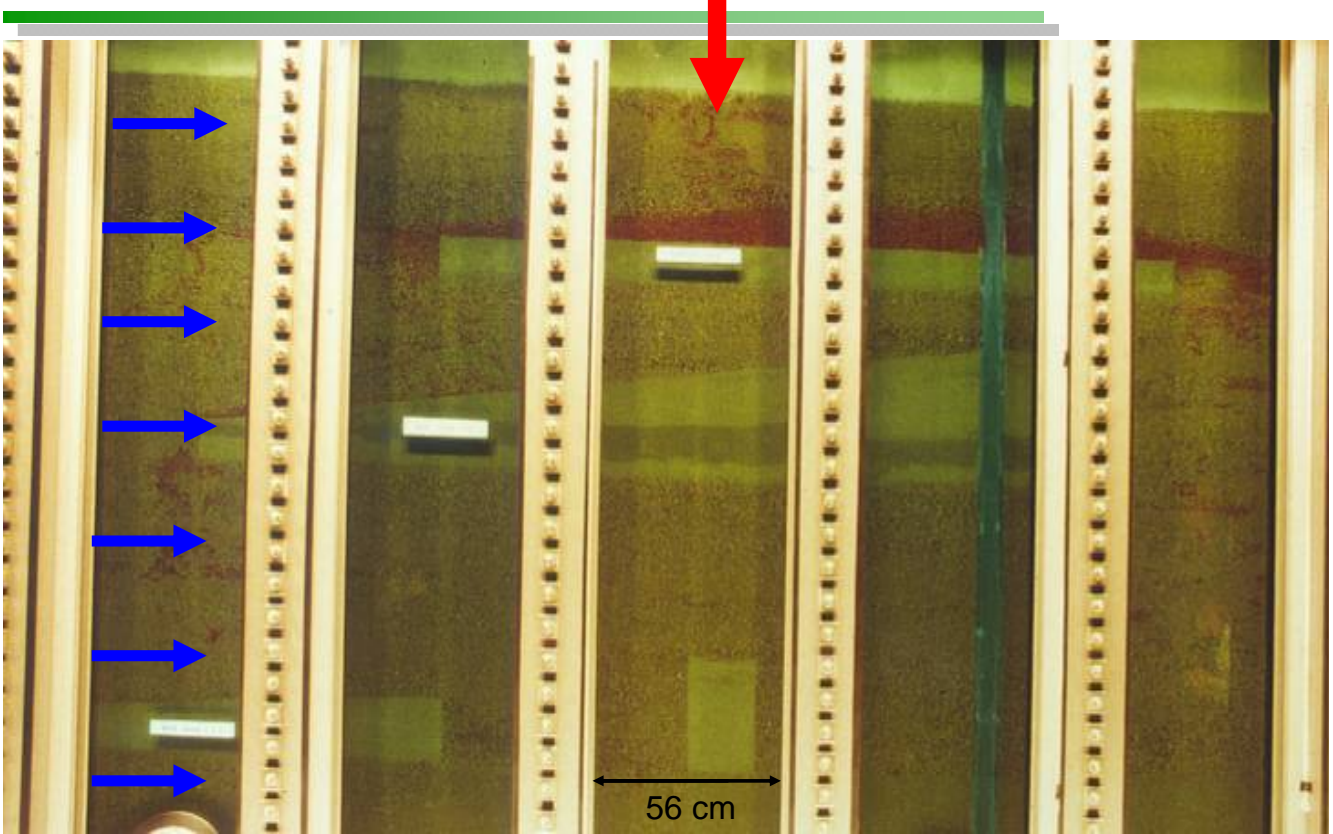
Sanierungstechnologien erforderlich



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

© VEGAS

CKW – Versickerung in einem inhomogenen Aquifer

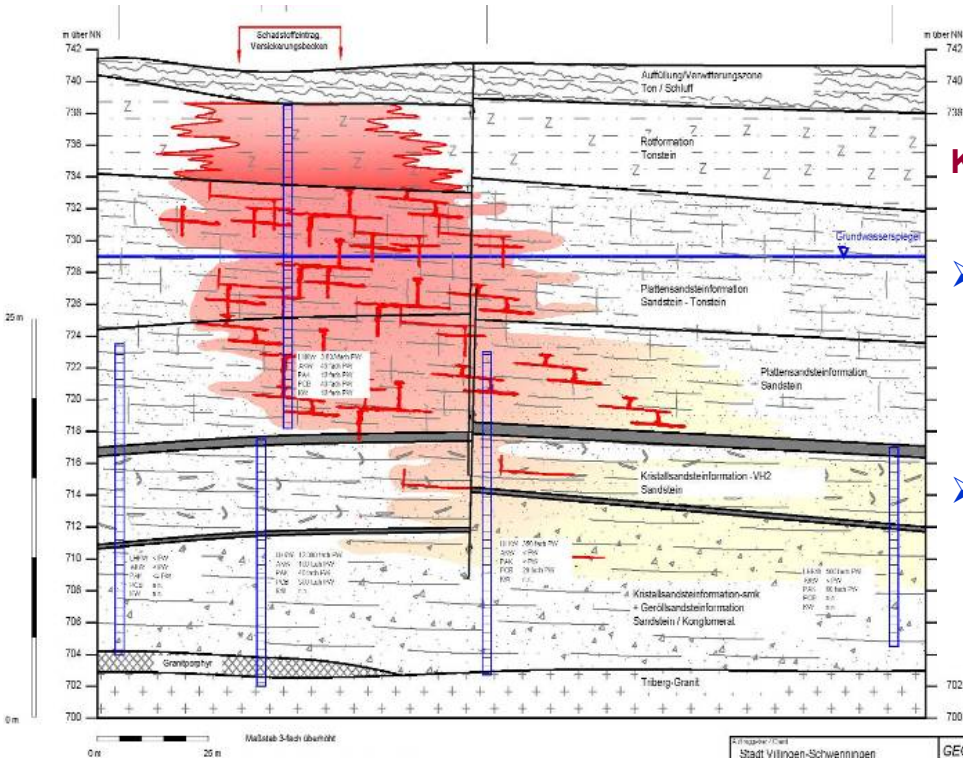


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 3
Wien, 28. Oktober 2010

Geologie und Schadensbild in einem Kluftaquifer



**Komplexer, geklüfteter
Festgesteinsaquifer**

➤ oberer
Plattensandstein-
Aquifer mit
Tonsteinbasis

➤ unterer
Kristallsandstein-
Aquifer mit
Granitbasis



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche

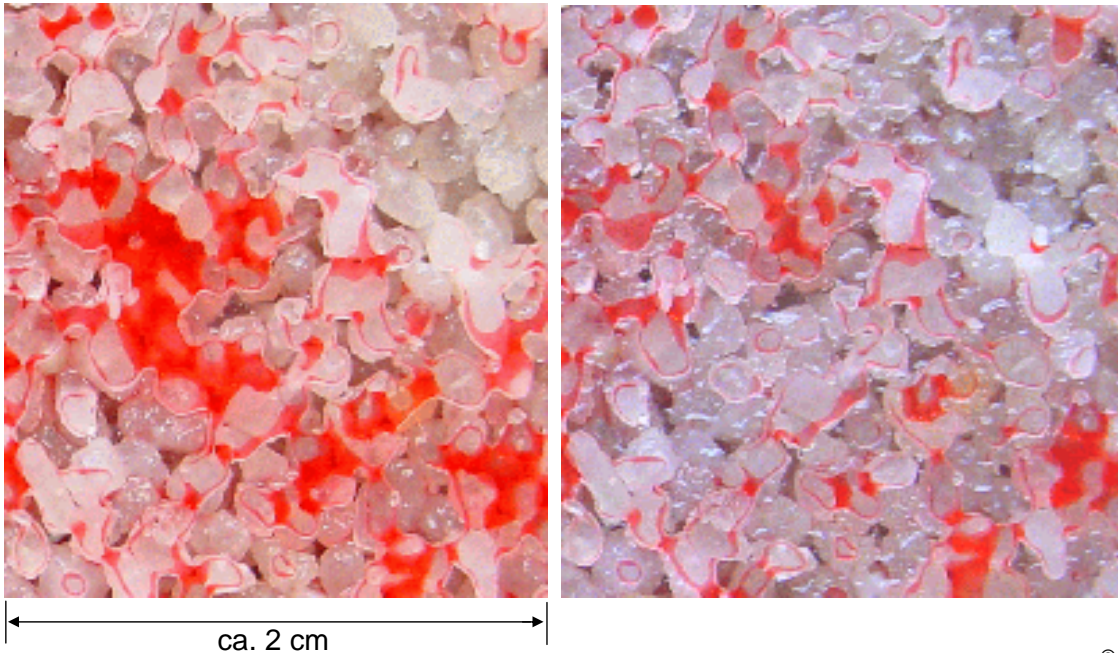


2. Technologie-Workshop 4
Wien, 28. Oktober 2010

Fluideigenschaften - Temperaturabhängigkeit

$T_1 = 20^\circ\text{C}$

$T_2 = 70^\circ\text{C}$



© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



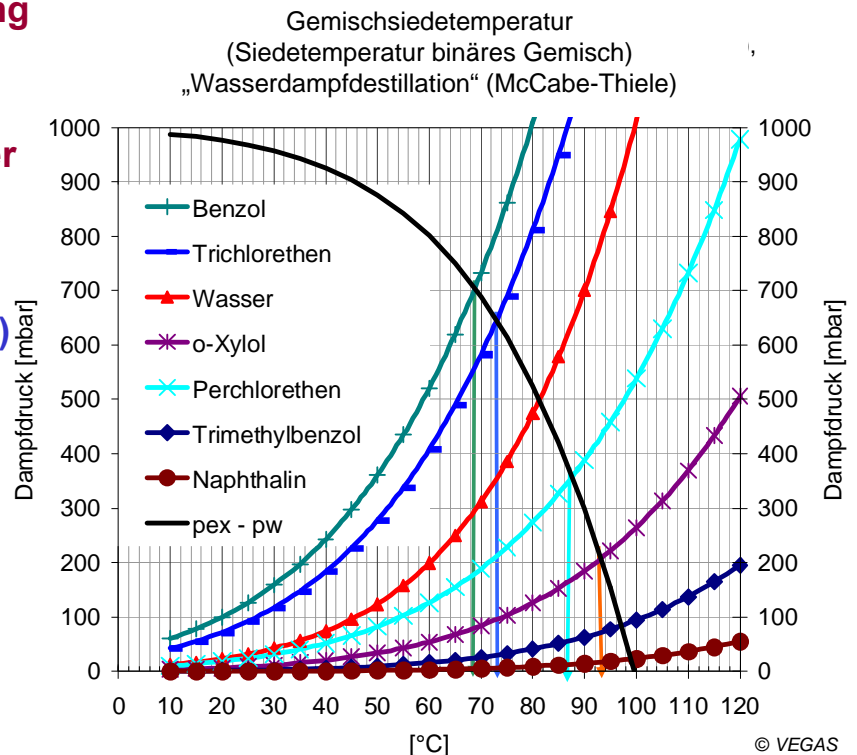
2. Technologie-Workshop 5
Wien, 28. Oktober 2010

Grundlagen Thermische Sanierungsverfahren

→ **exponentielle Erhöhung
des Dampfdrucks
organischer
Kontaminanten mit der
Temperatur**

→ **Siedetemperatur-
erniedrigung (Azetrop)
durch Wasserdampf-
destillation:**

- **Benzol:** 80 → 69°C
- **TCE:** 87 → 74°C
- **PCE:** 121 → 87°C
- **Xylol:** 144 → 93°C



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 6
Wien, 28. Oktober 2010

Thermische In-situ-Sanierungsverfahren

Konvektion → Konduktion Ohm dielektrisch

Sattdampf- /
Dampf-Luft-
Injektion

Feste Wärme-
quellen
(elektrisch oder
Heissluft)

Elektrisches
Wider-
stands-
heizen

HF-/Radio-
frequenz-
Bodener-
wärmung

- Organische Schadstoffe (LNAPL & DNAPL)
- Erhöhung des Dampfdrucks der Schadstoffe durch Erwärmung des Untergrunds / Wasserdampfdestillation
→ Erhöhung der Austragsraten (**gasförmig**) um mehrere Faktoren
- **Schadstoffaustrag über Bodenluftabsaugung**
- Schneller und zuverlässiger (kontrollierbarer) Sanierungsverlauf
→ Auswahl der Technologie hängt von den Standortverhältnissen und vom Schadstoffspektrum ab
→ „Expertenwissen“ erforderlich

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 7
Wien, 28. Oktober 2010


Aktuelle Informationen zu den Verfahren

Arbeitshilfe - H 1 - 13
Stand: Juni 2010

ITVA

Innovative
In-situ-Sanierungsverfahren

Weitere Informationen und Bezug
ITVA e.V.
Invalidenstr. 34
10115 Berlin
E-Mail: info@itv-altlasten.de
www.itv-altlasten.de



Technologiekickscan
**In-situ-
Sanierungstechnologien**

Autoren
Timo Dörrie (Umweltbundesamt)
Heimut Längart-Mühlegger (Umweltbundesamt)

Unter Beratung und mit Beiträgen von
Thilo Hofmann, Hans-Peter Koschitzky, Thomas Reichenauer
Johann Punesch, Werner Repetschnigg
Alois Fümkranz, Manfred Nahold, Roman Prantl, Josef Ringhofer, Jörg Weindl

Mai 2010

PROSPEKTIV FÜR
UMWELT & GESELLSCHAFT **umweltbundesamt**

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 8
Wien, 28. Oktober 2010



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. Glossar

Anhang: Zusammenfassung der Verfahrensbewertungen, Verzeichnis relevanter Rechtsnormen und Regelwerke, Arbeitsschutz bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen

© VEGAS

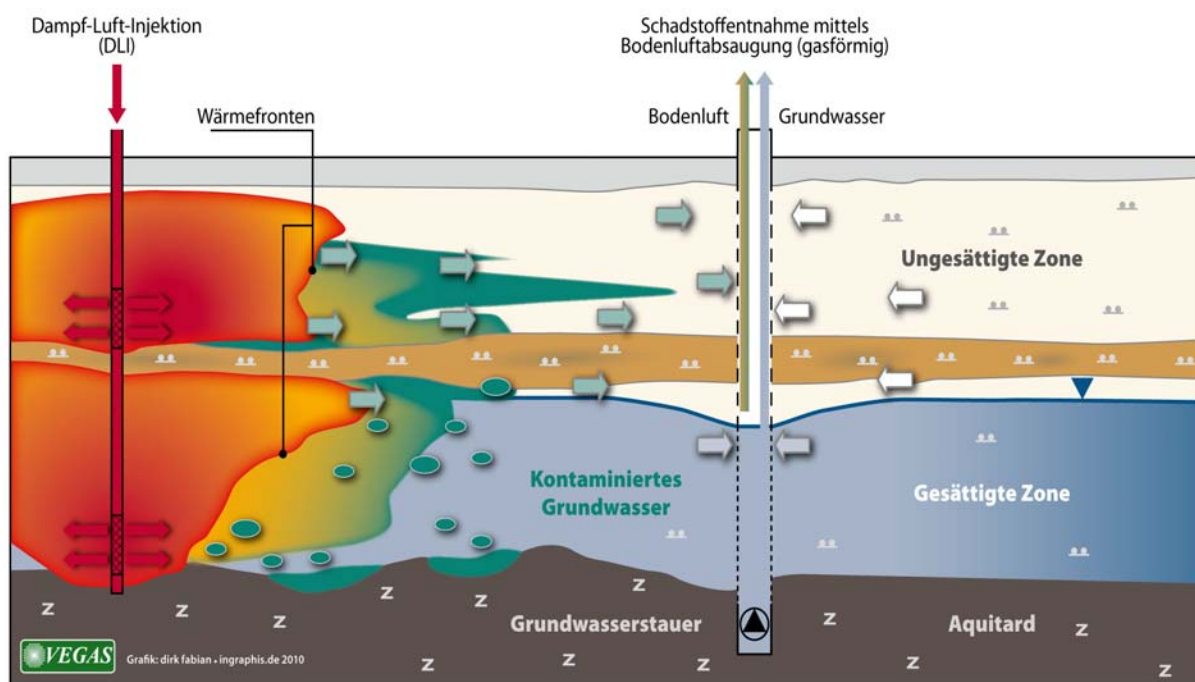


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 9
Wien, 28. Oktober 2010

Thermisches In-situ-Sanierungsverfahren, Dampf-Luft-Injektion



Bodenerwärmung mittels Dampf Verteilte Schadstoffe Flüssige Schadstoffpools Schluff Festgestein

© VEGAS

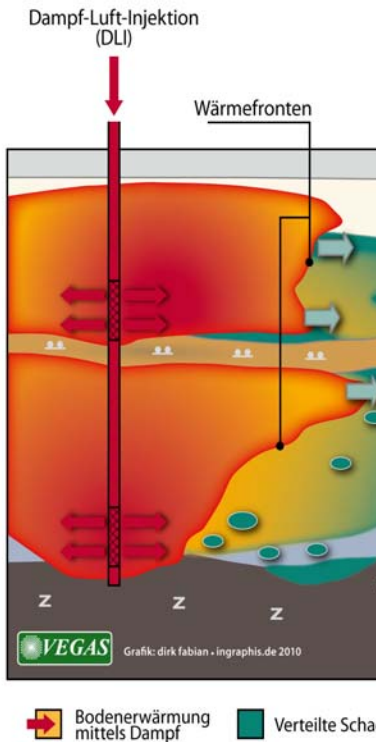


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 10
Wien, 28. Oktober 2010

Einsatzbereiche Dampf-Luft-Injektion



Einsatzbereiche

DNAPL und LNAPL, leicht- und mittelflüchtig,
Siedetemperaturen $< 180^{\circ}\text{C}$

UZ: Lockergestein mit mittlerer bis guter Durchlässigkeit (Schluff \rightarrow Kies)

GZ: Porengrundwasserleiter (Sand bis Schluff) mit k_f : 5×10^{-5} bis 1×10^{-3} m/s

Thermische Reichweite GZ

- Durchlässigkeiten: $0,5 - 5 \times 10^{-4}$ m/s
- Dampfausbreitung: 3 - 5 m Radius mit 150 kg/h Sattdampf
- anisotrope Schichtung vorteilhaft

© VEGAS

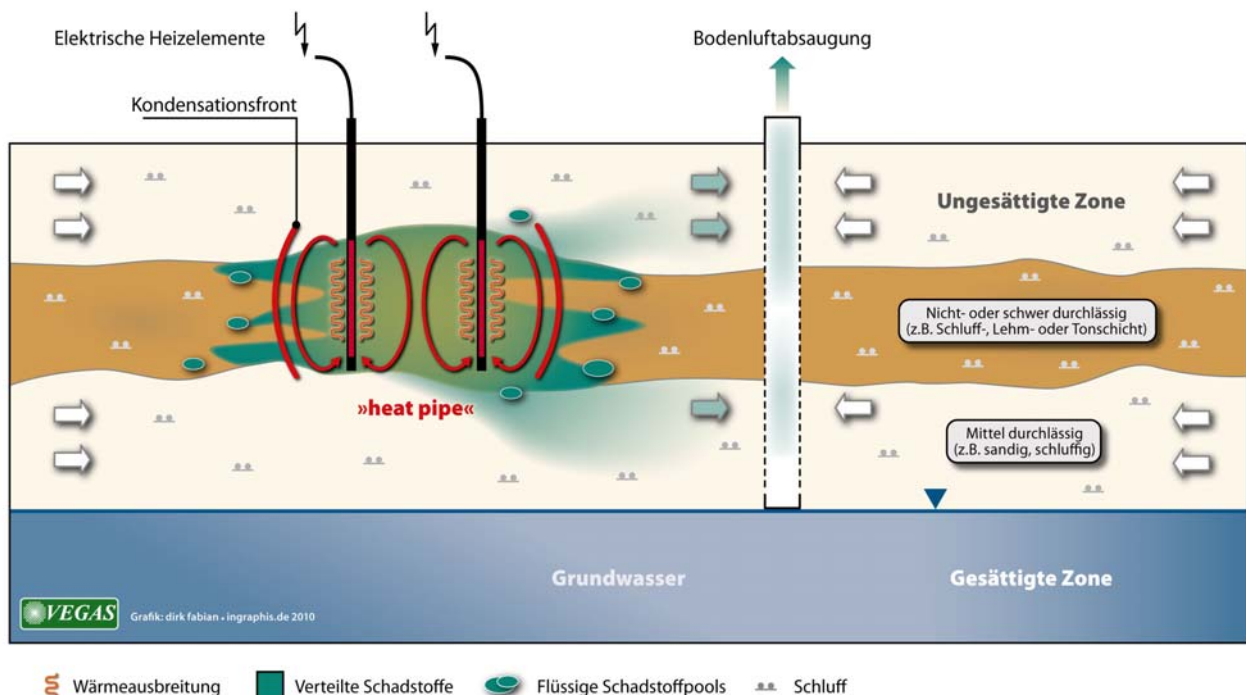


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 11
Wien, 28. Oktober 2010

THERIS: Feste Wärmequellen Verfahrensprinzip



© VEGAS

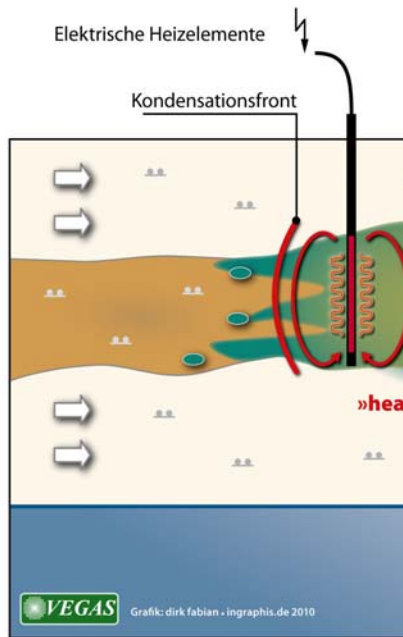


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 12
Wien, 28. Oktober 2010

Einsatzbereiche THERIS: Feste Wärmequellen



Wärmeausbreitung Verteilte Schach

Einsatzbereiche

DNAPL und LNAPL, leicht- und schwerflüchtig,
Siedetemperaturen < 250°C (?)

UZ: gering durchlässige Bodenschichten
(Feinsedimente, Schluffe, Tone, Lehm,
Durchlässigkeiten: bis 10^{-9} m/s

GZ: unter best. Bedingungen möglich, durch
Großversuche Eignung nachgewiesen

Abstand der Heizelemente im m-Bereich (Standort-
und Projektabhängig)

Besonderheiten

- Nach Austrocknung des Bodens kann sich die Durchlässigkeit für BLA deutlich erhöhen
- Geringer Betriebs- und Wartungsaufwand

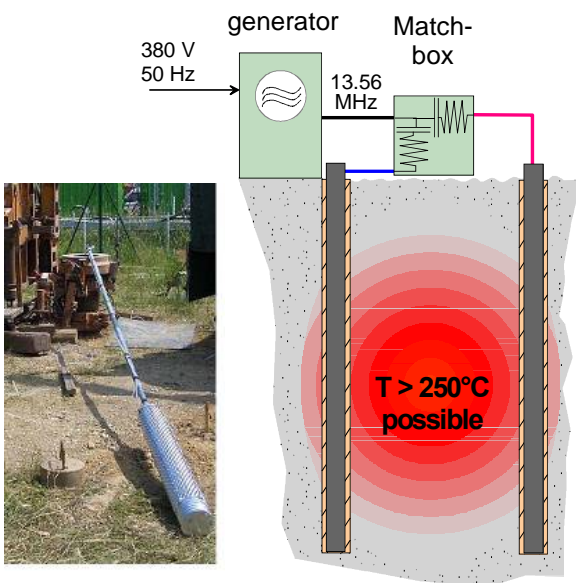


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 13
Wien, 28. Oktober 2010

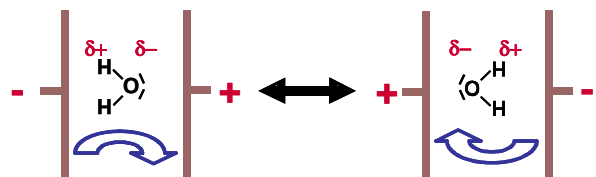
HF- / Radiowellen-Verfahren



Arbeitsprinzip der Erwärmung



- Vergleichbar zum Mikrowellenofen
- Erwärmung durch innere Reibung Dipole (z.B. Wasser) oder andere polare Strukturen werden durch ein externes el. Feld zu Schwingungen angeregt



- Direct heat generation in the soil volume
- High flexibility (temperature programmes)
- Can be applied for dry and humid, sandy and tenaceous materials, e.g. soils

HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

Dr. Ulf Roland

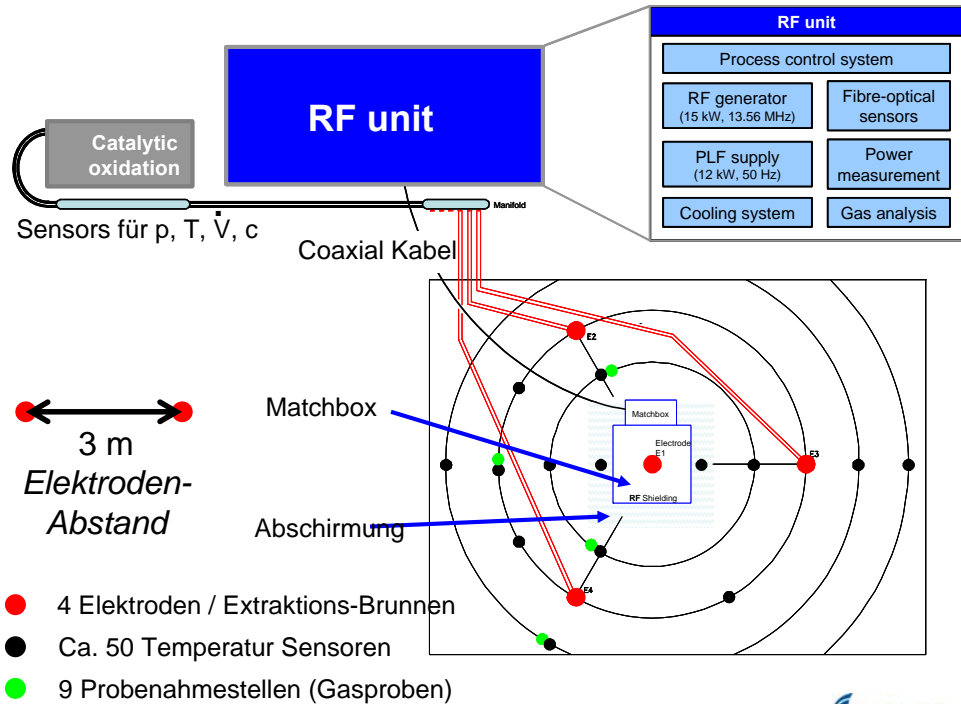


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 14
Wien, 28. Oktober 2010

Radiowellen-Erwärmung am Pilotstandort Zeitz



Dr. Ulf Roland
HELMHOLTZ ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG UFZ



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 15
Wien, 28. Oktober 2010

Dampf-Luft-Injektion: VEGAS-Demos/Pilotierungen

Technologie-Transfer durch Pilot Anwendungen in Deutschland seit 1998

- 1998 **Plauen ehemalige Benzol-Verladestation (UZ, vadose) :**
BTEX, sandiger Schluff (UZ, -2,5 bis -4,5 m) über kiesig/sandigem GWL)
- 1998 **Mühlacker Sondermülldeponie (UZ) :**
- 2000 CKW, verwitterte Ton-/Mergelsteine (Gipskeuper) getrennt durch Schichtwasserhorizont (-15m u. GOK, DRM-Aquifer bei -30 m)
- 2004 **Albstadt ehemalige metallverarbeitender Betrieb (UZ / GZ):**
CKW, schluffig/tonig (-3,8 m), durchlässiger Kalkstein (-5,6 m) über Mergelgestein
- 2006 **Durlach ehemalige chemische Reinigung (GZ, vadose, UZ):**
CKW (PER) in schluffig, sandigem Kies mit Schlufflagen (bis -9 m)
- 2008 **Zeitz, ehemaliges Hydrierwerk & Verladestation (GZ, vadose, UZ):**
Benzol, kiesig/sandig, Schlufflage, sandig/kiesig (-12 m) über Kohlekomplex
- 2009 **Biswurm ehemalige Verbrennungsanlage (GZ, vadose, UZ):**
CKW, geklüfteter Sandsteinaquifer, (Tonsteinbasis -21 m)

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 16
Wien, 28. Oktober 2010

Pilot-Standort Karlsruhe Durlach



Pilotanwendung DLI zur Sanierungsplanung

Hans-Peter Koschitzky¹
Oliver Trötschler¹
Steffen Ochs²
Stephan Denzel³
Kai Stöckl⁴
Claudia Purkhöld⁴

¹ VEGAS Universität Stuttgart

² IWS LH² Universität Stuttgart

³ dplan gmbh, Karlsruhe

⁴ Stadt Karlsruhe



Stadt Karlsruhe
Umwelt- u. Arbeitsschutz



© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 17
Wien, 28. Oktober 2010

Pilot-Standort Karlsruhe Durlach



Heutige Nutzung
Galerie und
Rahmenladen



© VEGAS

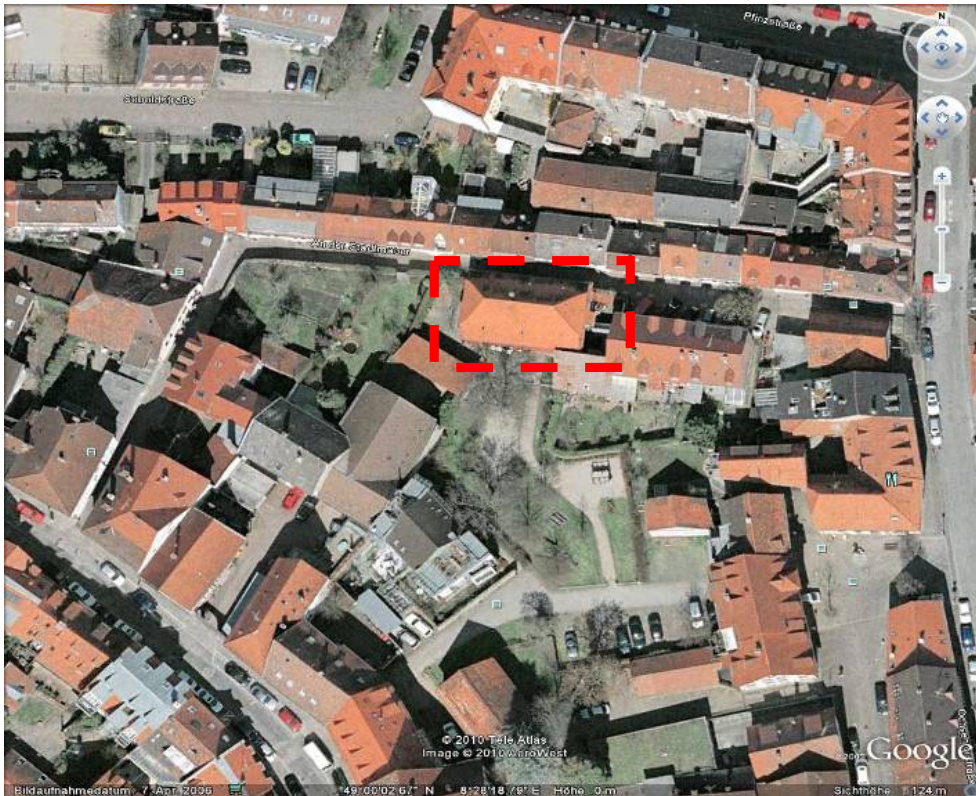


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 18
Wien, 28. Oktober 2010

Pilot-Standort *Karlsruhe Durlach*



© VEGAS



**Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche**

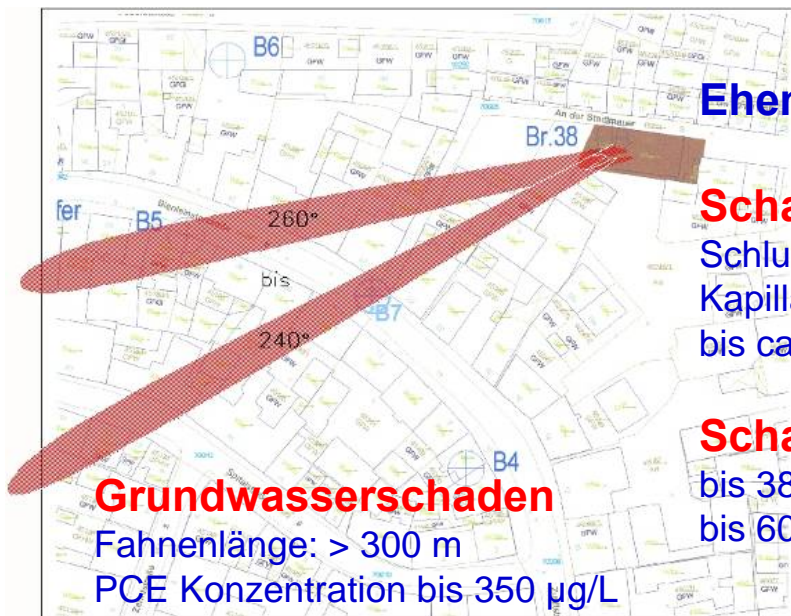


2. Technologie-Workshop 19
Wien, 28. Oktober 2010

Standortbeschreibung

Altstadt Karlsruhe-Durlach

historisches Gebäude, eng bebautes Wohngebiet



© VEGAS

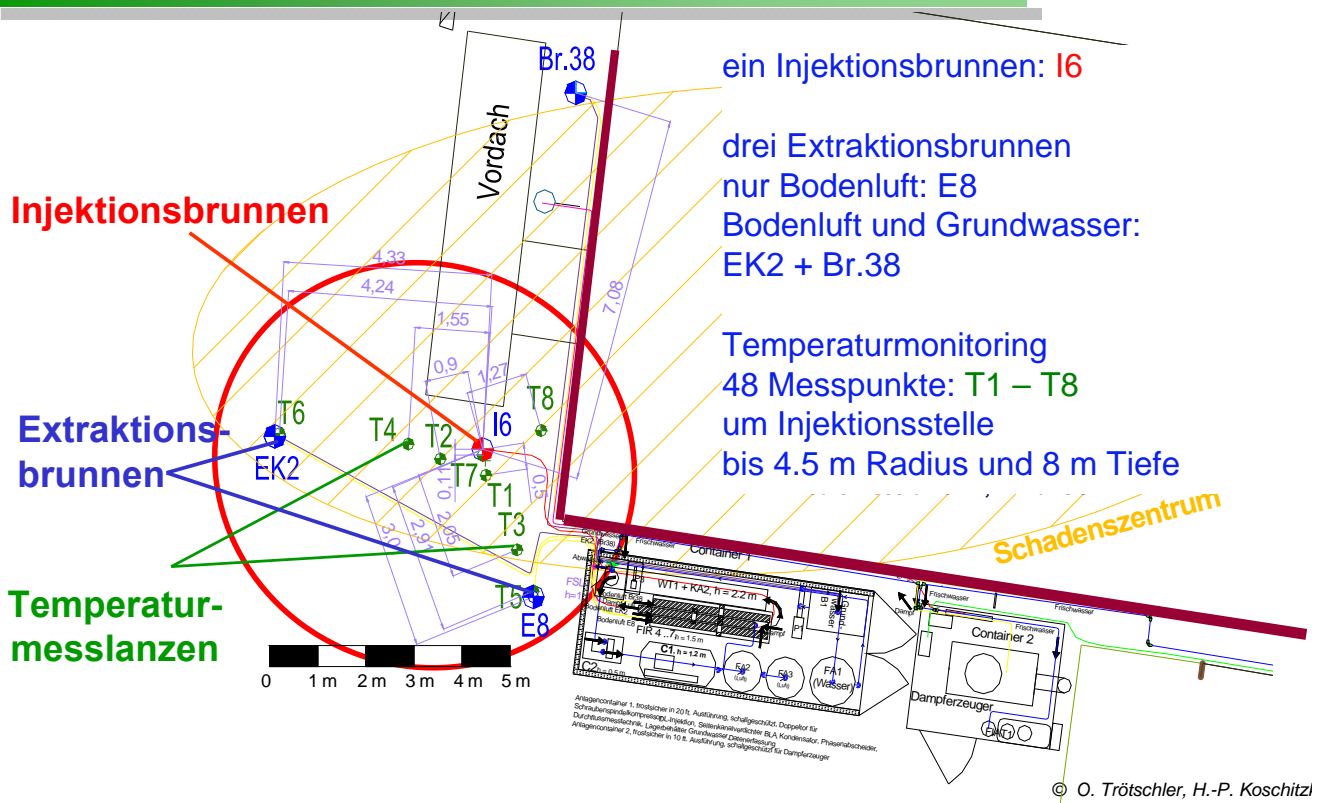


**Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche**



2. Technologie-Workshop 20
Wien, 28. Oktober 2010

Pilot – Testfeld: Ausstattung

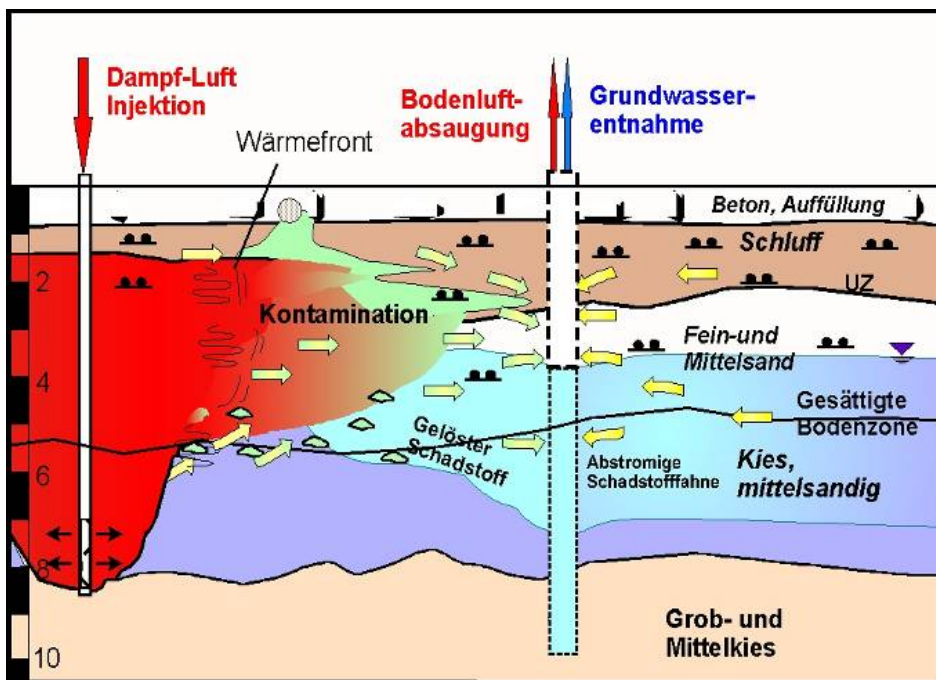


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
 Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 21
 Wien, 28. Oktober 2010

Geologie und Sanierungskonzept



DL-Injektion
 7- 8 m u. GOK,
 max. 200 kg/h

Bodenluft-
 absaugung
 100 - 150 m³/h

GW-Haltung
 (Kühlwasser)
 1- 3 m³/h

Rheintallage: Quartärer, fluvialer Aquifer

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
 Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



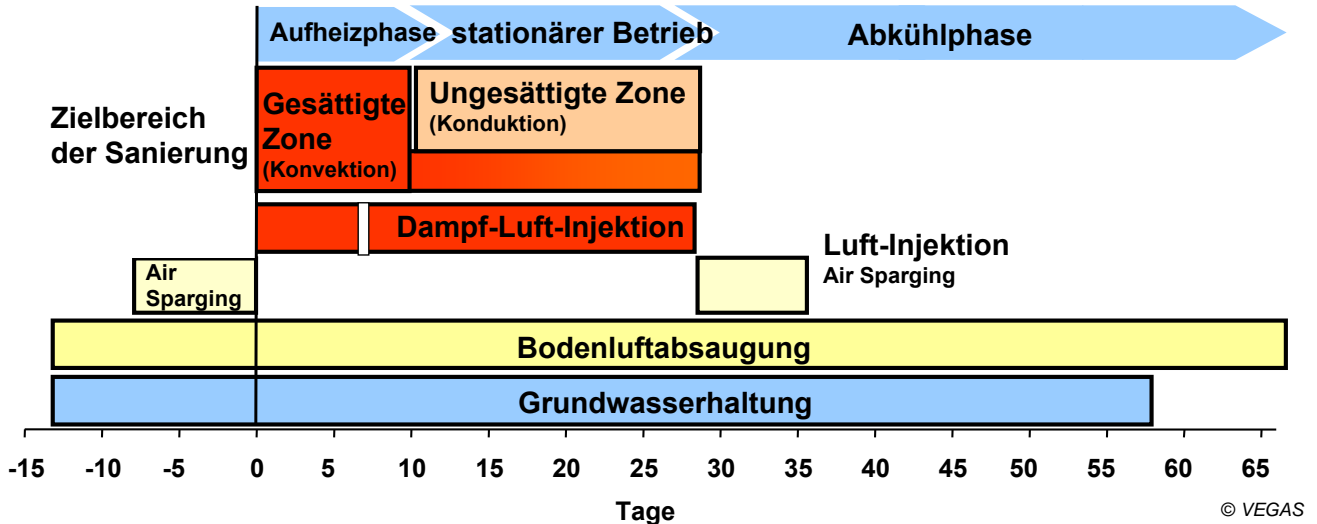
2. Technologie-Workshop 22
 Wien, 28. Oktober 2010

Ablauf der Pilotsanierung

Betriebsweise an Sanierungsfortschritt angepasst

→ kontinuierliche Schadstoffmessung

→ Bestimmung der Wärmeausbreitung



© VEGAS

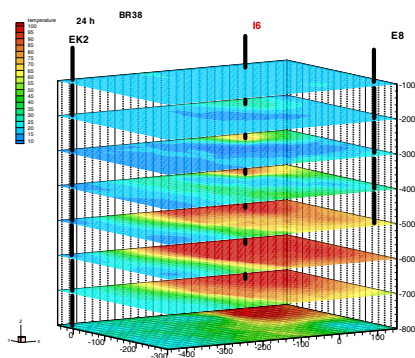


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche

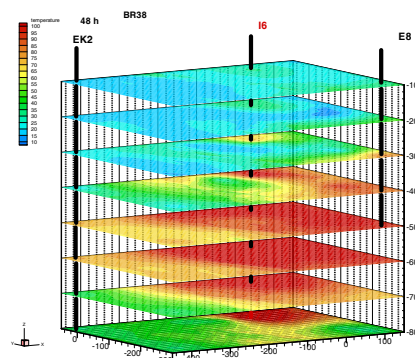


2. Technologie-Workshop 23
Wien, 28. Oktober 2010

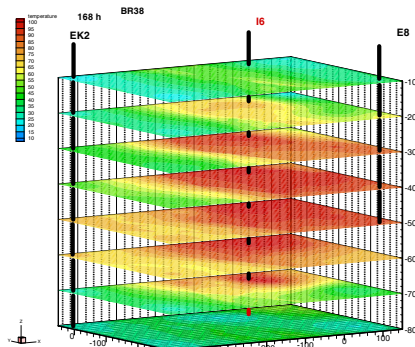
Dampfausbreitung - Temperaturmessungen



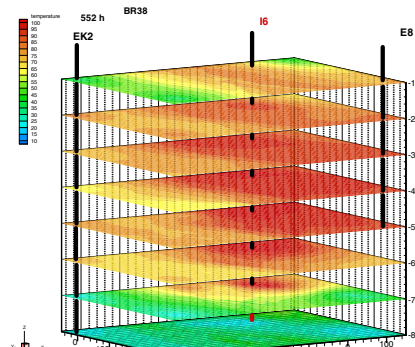
1 Tag



2 Tage



7 Tage



21 Tage

© VEGAS

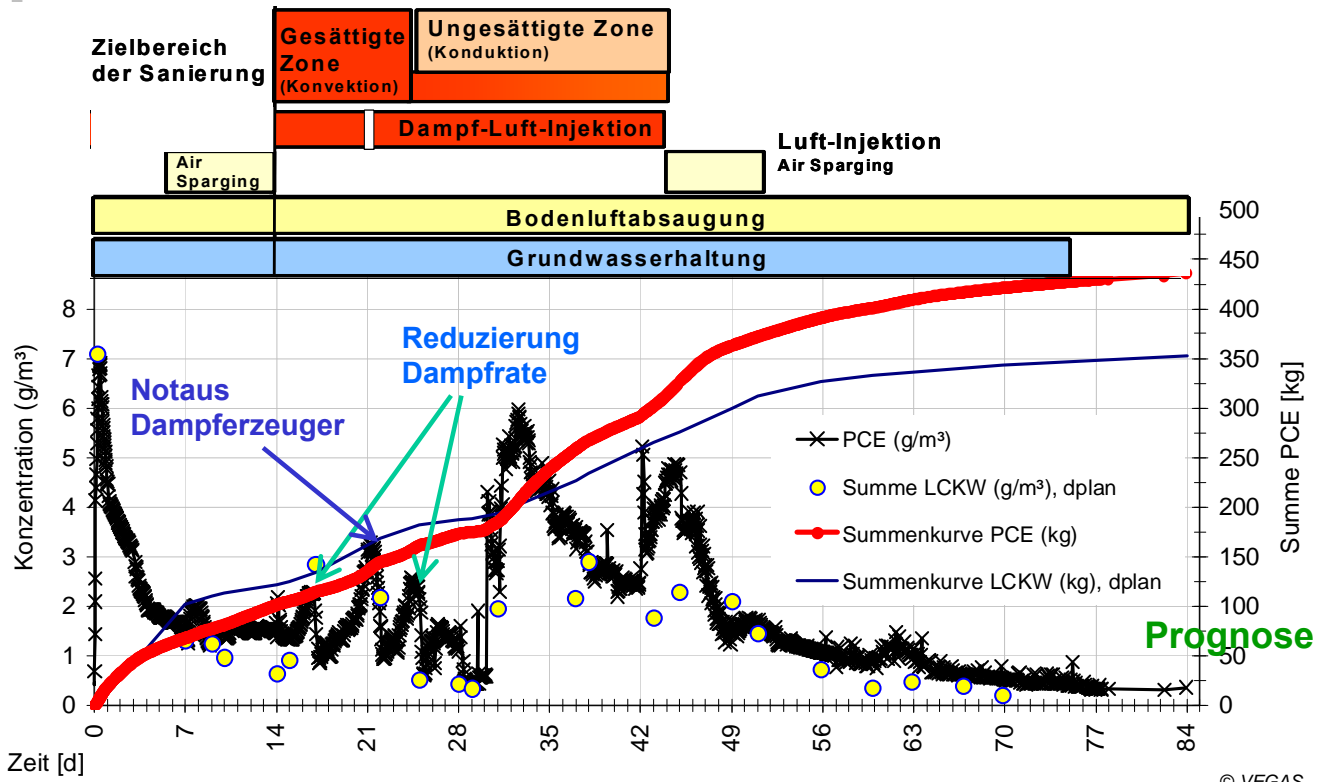


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



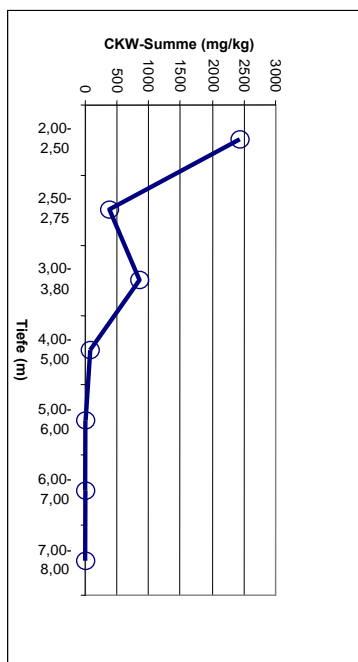
2. Technologie-Workshop 24
Wien, 28. Oktober 2010

Massenbilanz Schadstoffaustrag

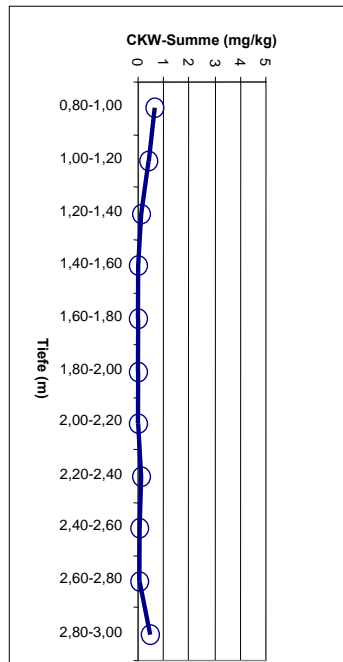


Bodenproben vor & nach Pilot-Sanierung

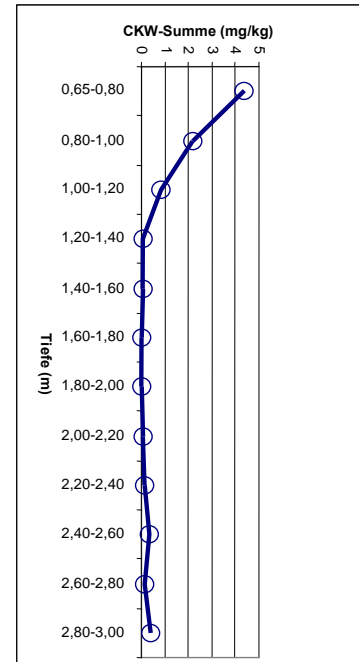
Sondierung Injektionsbr. 16
vor Sanierung



Sondierung 1,5 m Abstand
zu 16 nach Sanierung



Sondierung 3 m Abstand
zu 16 nach Sanierung



Zusammenfassung Pilotanwendung Durlach

- **Reichweite der Dampfausbreitung > 4 m Radius**
→ mehrtägige hohe Dampftrate erforderlich
 - **Dauer der Sanierung durch konduktive Aufheizung der Schluffschicht reglementiert**
→ 4 – 6 wöchige Erwärmung Schlufflagen mit red. Dampftrate
 - **440 kg PCE über BLA & 10 kg über GW entfernt:**
 - BLA "kalt": ca. 70 kg
 - Air-Sparging: ca. 30 kg
 - Dampf-Luft: ca. 340 kg
- **Steigerung Sanierungsleistung um Faktor 5 durch DLI**
- **Sanierungskonzept für Gesamtsanierung**

© VEGAS

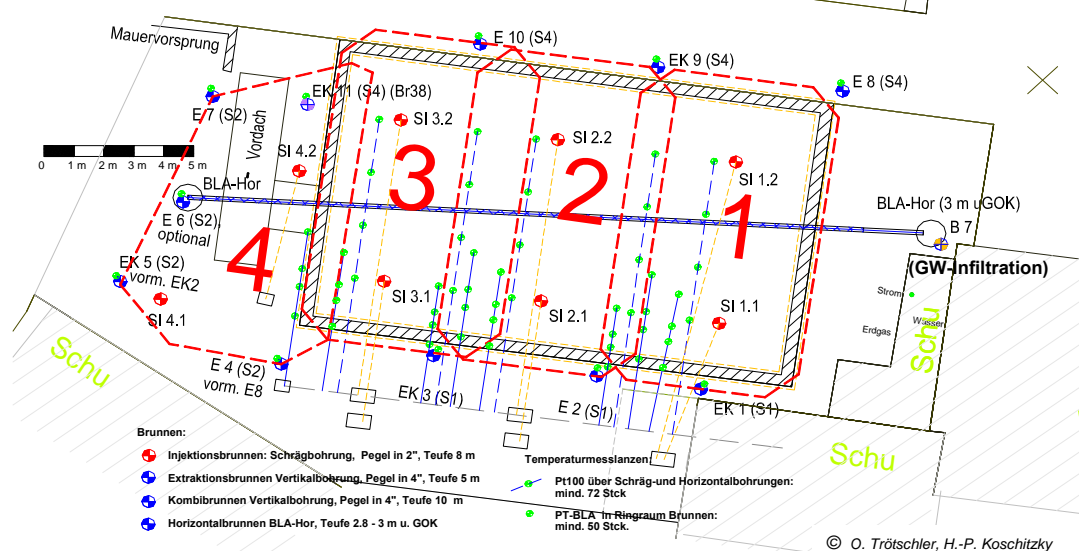


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 27
Wien, 28. Oktober 2010

Vorschlag für Gesamtsanierung



- Sanierungsdauer: 10 Monate = 4 x 6 Wochen DLI
- Budget: 600.000 EUR
- Thermische Sanierung von 1.600 m³ Boden
- 300 kW Dampf-Injektionsleistung

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 28
Wien, 28. Oktober 2010

Dampf-Luft-Injektion Pilotanwendung bei einem Benzolschaden

Hans-Peter Koschitzky¹
Oliver Trötschler¹ & Berit Limburg¹
Markus Hirsch², Holger Weiß²



¹ VEGAS, Universität Stuttgart,

² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig



© VEGAS

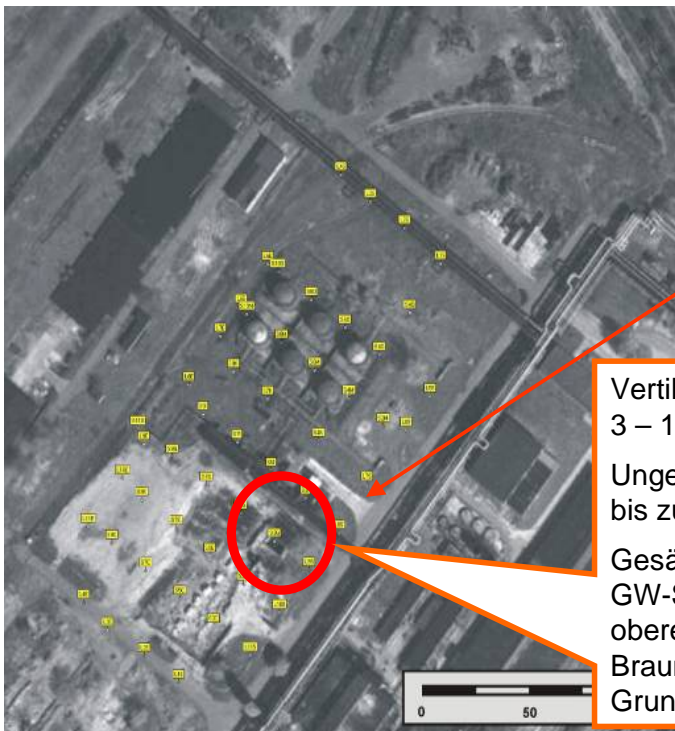


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 29
Wien, 28. Oktober 2010

Zeitz – Hydrierwerk / Tanklager / Verladestation



Vertikale Ausbreitung der Kontamination:
3 – 12 m u. GOK
Ungesättigte Zone:
bis zu 3,5 g Benzol/kg Boden (3 – 5 m u. GOK)
Gesättigte Zone:
GW-Schwankungsbereich: 0,9 g/kg
oberer GW-Leiter: 0,8 g/kg
Braunkohleschicht: 0,3 g/kg
Grundwasser: bis zu 1,1 g/L Benzol

© VEGAS

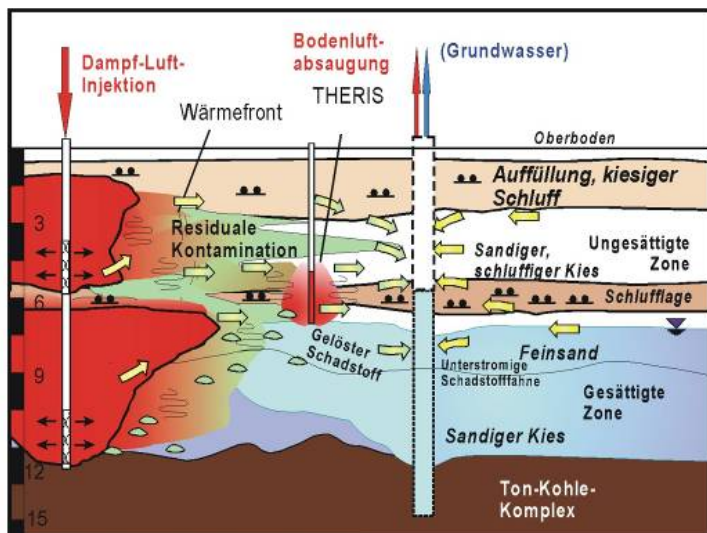


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 30
Wien, 28. Oktober 2010

Geologie / DLI Sanierungskonzept



- Injektion Dampf-Luft auf zwei Ebenen:
 - oberhalb Schlufflage
→ ungesättigte Zone
 - oberhalb Ton-Kohle-Komplex
→ gesättigte Zone und Schlufflage über Konvektion

„Sanierungsziel“ in 5 - 6 Monaten Betrieb mit 4 Monaten DLI:

- Erwärmung Kubatur (ca. 1600 m³) über Gemischsiedetemperatur (70°C)
- Reduzierung Schadstoffmasse um 99%
- Reduzierung Benzolkonzentrationen > 99%

© VEGAS

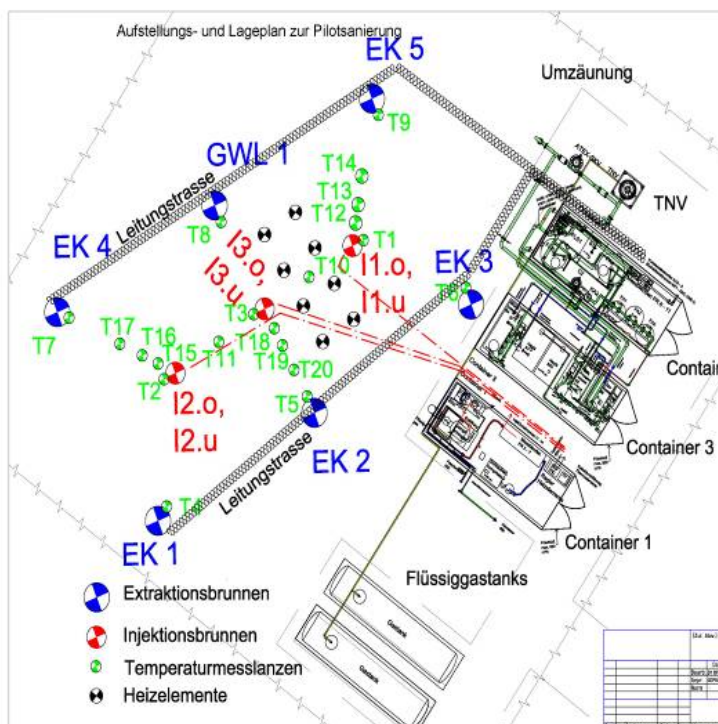


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 31
Wien, 28. Oktober 2010

Testfeld Zeitz



- 3 Injektionsbrunnen (2 Teufen)
- 6 BLA-Brunnen mit GW-Haltung
- 8 elektrische Heizelemente (1,5 kW, „Feste Wärmequelle“)
- 20 Temperaturmesslanzen (Pt100) auf Messachsen und im Ringraum der Brunnen zur Temperaturüberwachung
→ insgesamt 121 Messstellen

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 32
Wien, 28. Oktober 2010

Eindrücke vom Testfeld



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 33
Wien, 28. Oktober 2010

Eindrücke vom Testfeld

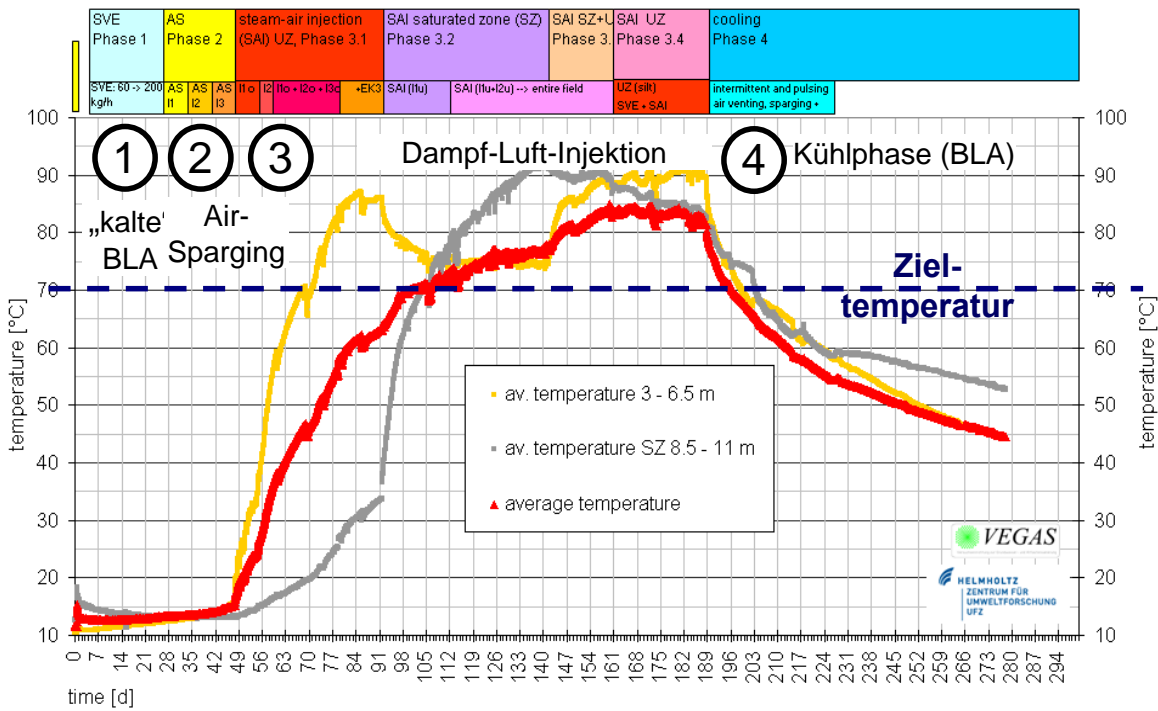


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 34
Wien, 28. Oktober 2010

Erwärmung im Sanierungsfeld



Ziel → mittlere Temperatur im Sanierungsfeld > 75°C

© VEGAS

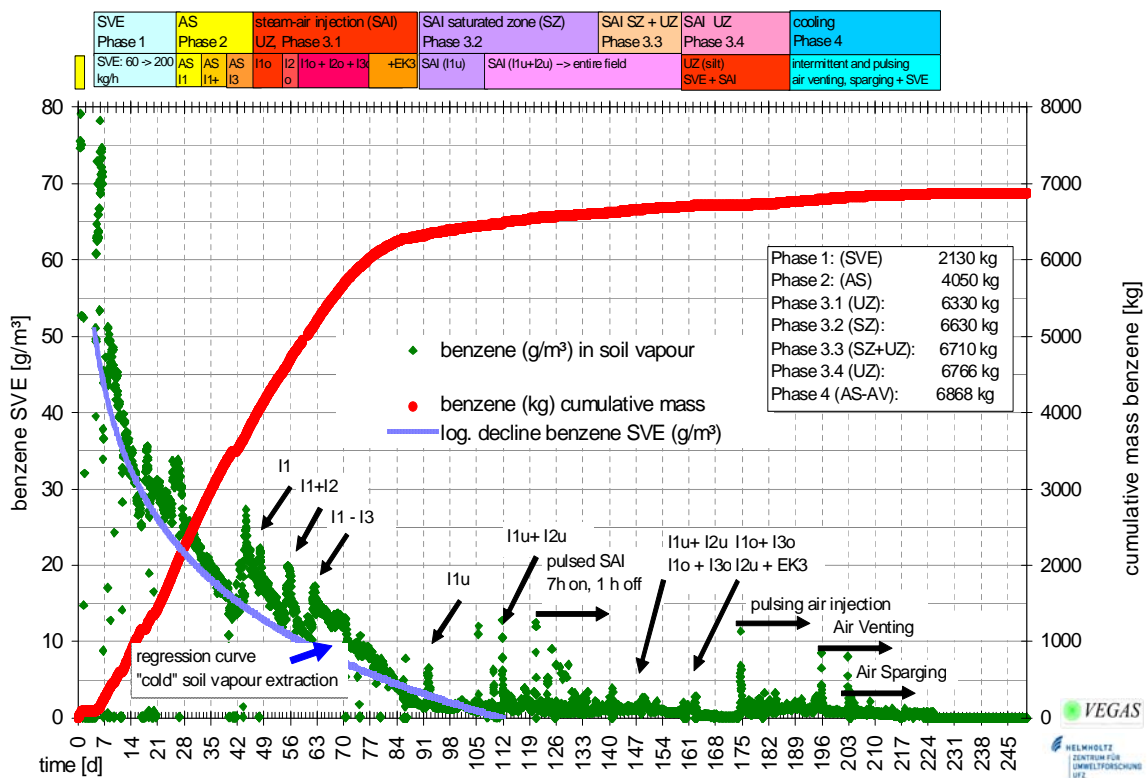


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 35
Wien, 28. Oktober 2010

DLI Zeit: Schadstoffaustrag



© VEGAS

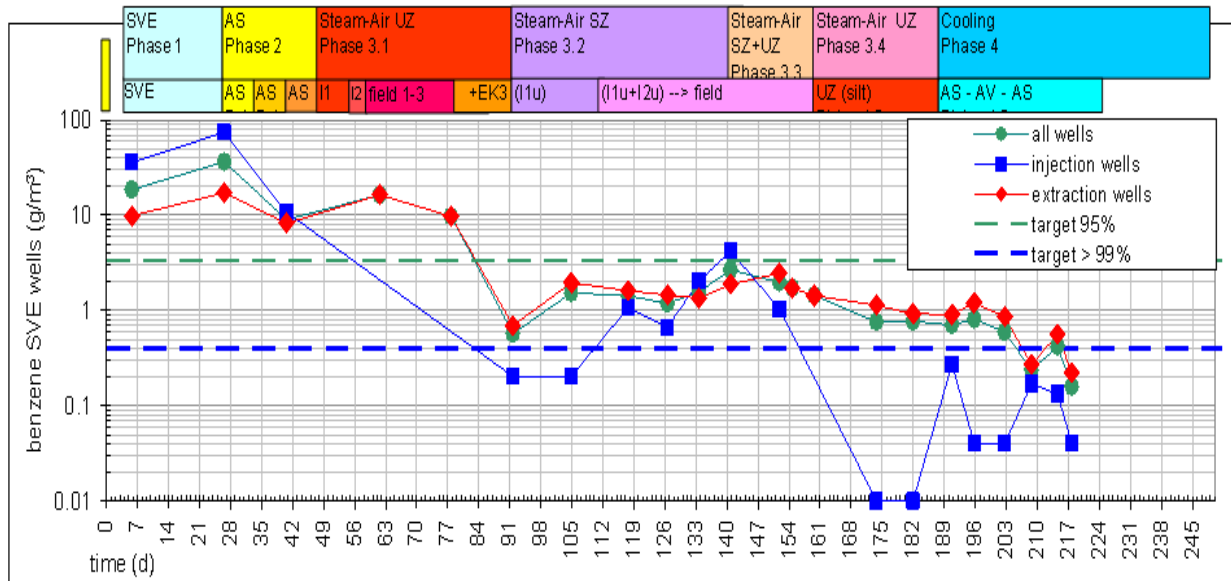


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 36
Wien, 28. Oktober 2010

Benzol-Konzentration in Bodenluftabsaugung



- Rückgang der Benzolgehalte um 99%
- Minderung der Benzolgehalte im Boden > 99% basierend auf Gleichgewichtsberechnung Bodenluft-Porenwasser-Boden

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 37
Wien, 28. Oktober 2010

Altstandort Biswurm - ehemaliger Verbrennungsplatz

Thermische In-situ-Sanierung Dampf-Luft-Injektion im Kluffgestein

Hans-Peter Koschitzky¹, Oliver Trötschler¹

Bernd Lidola², Michaela Epp²
Stefan Schulze³ Markus Hirsch⁴



¹ VEGAS, Versuchseinrichtung zur Grundwasser-
und Altlastensanierung, Universität Stuttgart

² Stadtbauamt Villingen-Schwenningen, Abteilung Wasser und Boden

³ GEOsens, Ingenieurpartnerschaft, Ebringen

⁴ Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, UFZ Leipzig



© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche

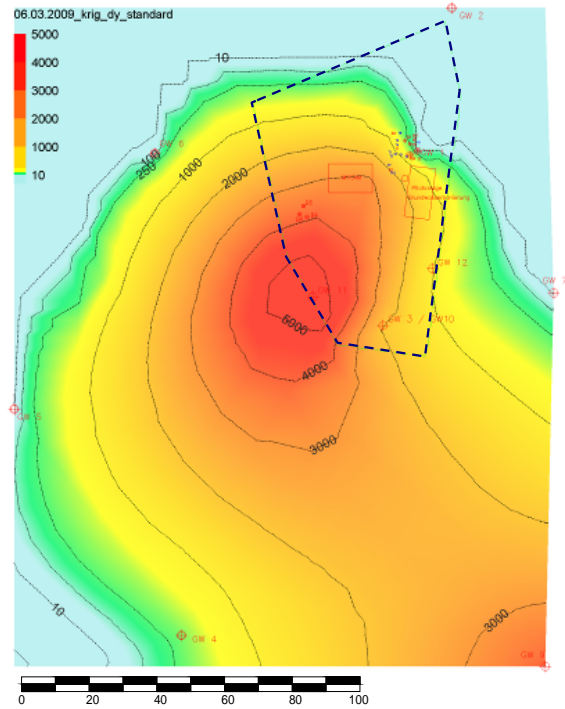


2. Technologie-Workshop 38
Wien, 28. Oktober 2010

Schadenssituation

Schadensbild 2007 / 2009

- ➔ ca. 2.800 m² Kernbereich (Schadensquelle) bis 40 m Mächtigkeit
- ➔ CKW bis 40 mg/L im Grundwasser, bis 3.000 mg/m³ in der Bodenluft
- ➔ Länge Schadstofffahne unbekannt, mind. 1 ha Fläche kontaminiertes Grundwasser
- ➔ Schadstoffe mit hohem Potenzial in UZ und geringerem Potenzial in gesättigter Zone



Stichtag: 06.03.2009

© VEGAS

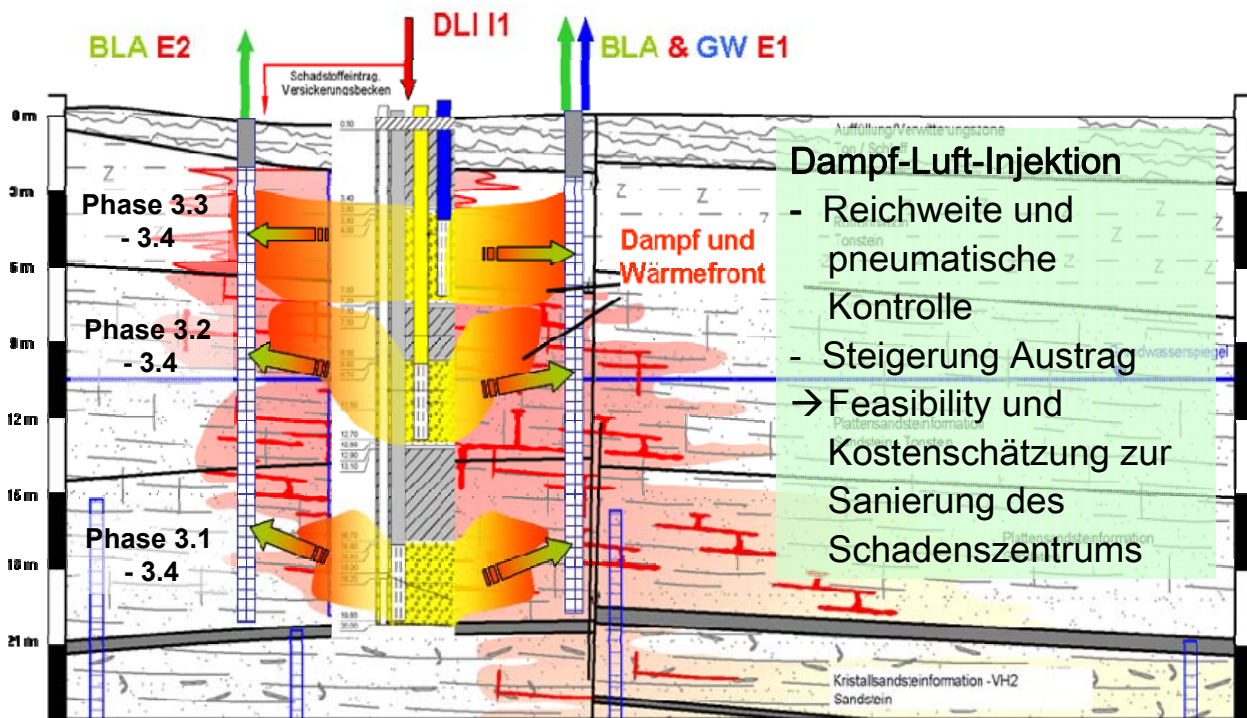


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 39
Wien, 28. Oktober 2010

Geologie und thermische Erschließung



Vorlage GEOSens (2007) ©

© VEGAS

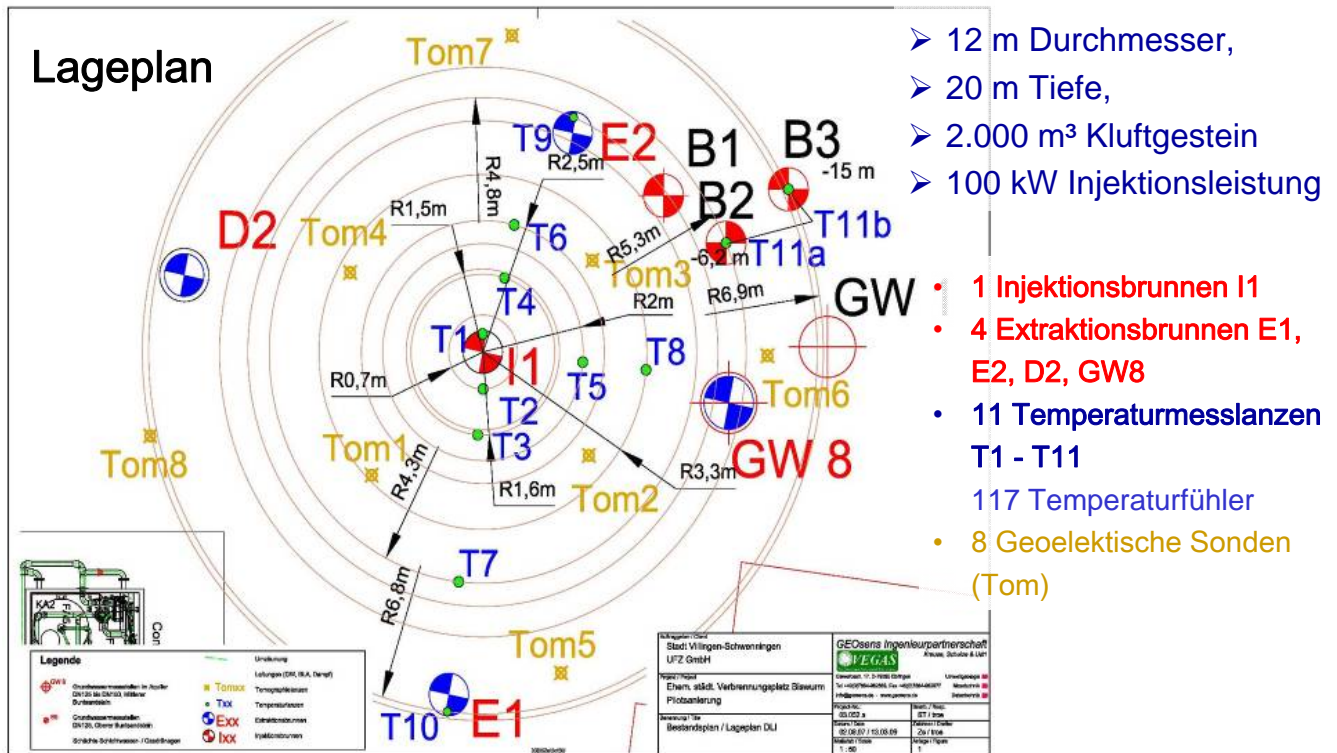


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 40
Wien, 28. Oktober 2010

Ausstattung Pilotfeld Biswurm



© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 41
Wien, 28. Oktober 2010

Eindrücke vom Testfeld (I)



Inbetriebnahme 26.02.2009



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 42
Wien, 28. Oktober 2010

Eindrücke vom Testfeld (II)



© VEGAS

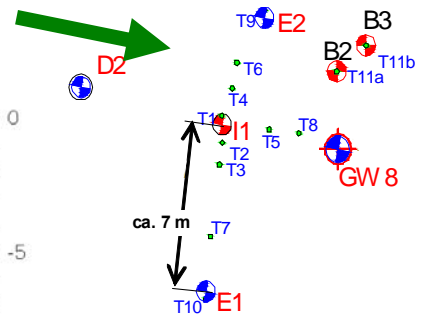
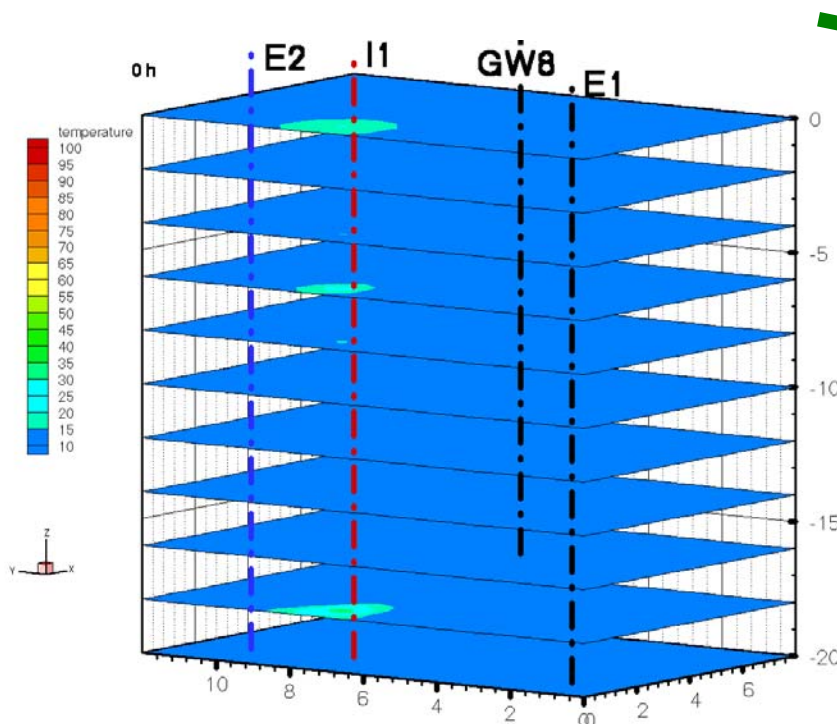


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 43
Wien, 28. Oktober 2010

Dampf- und Wärmeausbreitung



→ Thermische Reichweite an Aquiferbasis: 2 – 3 m Radius

→ Thermische Reichweite GW-Höhe und UZ: größer 5 m Radius

© VEGAS

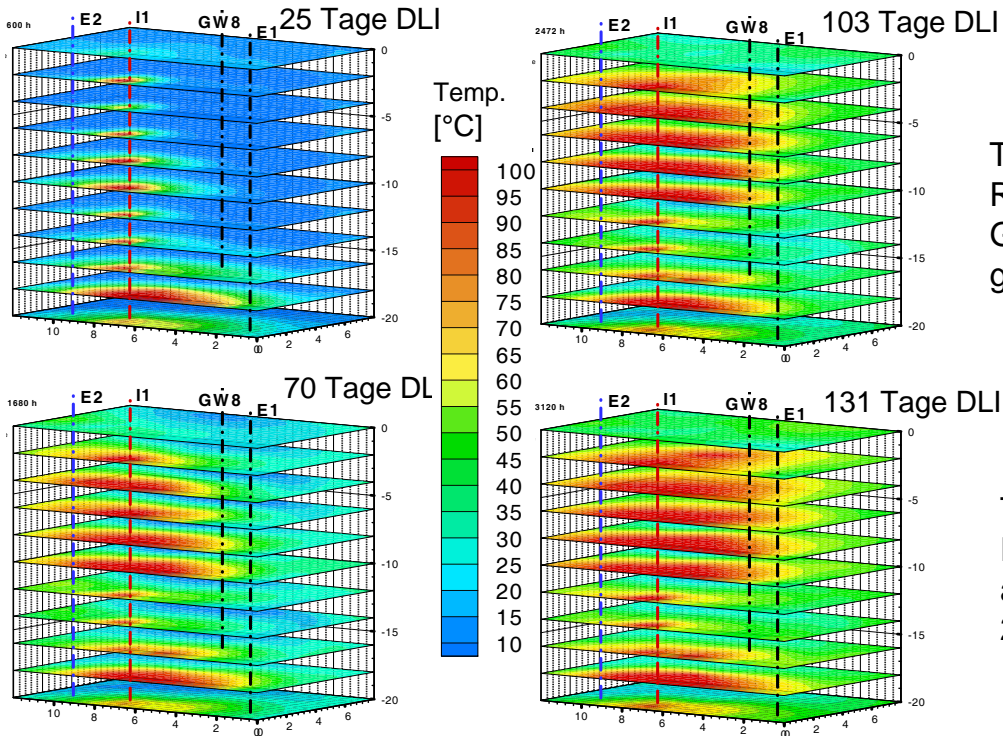


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 44
Wien, 28. Oktober 2010

Überblick Wärmeausbreitung



Thermische Reichweite
GW-Höhe und UZ:
größer 5 m Radius

Thermische Reichweite
an Aquiferbasis:
2 – 3 m Radius

© VEGAS

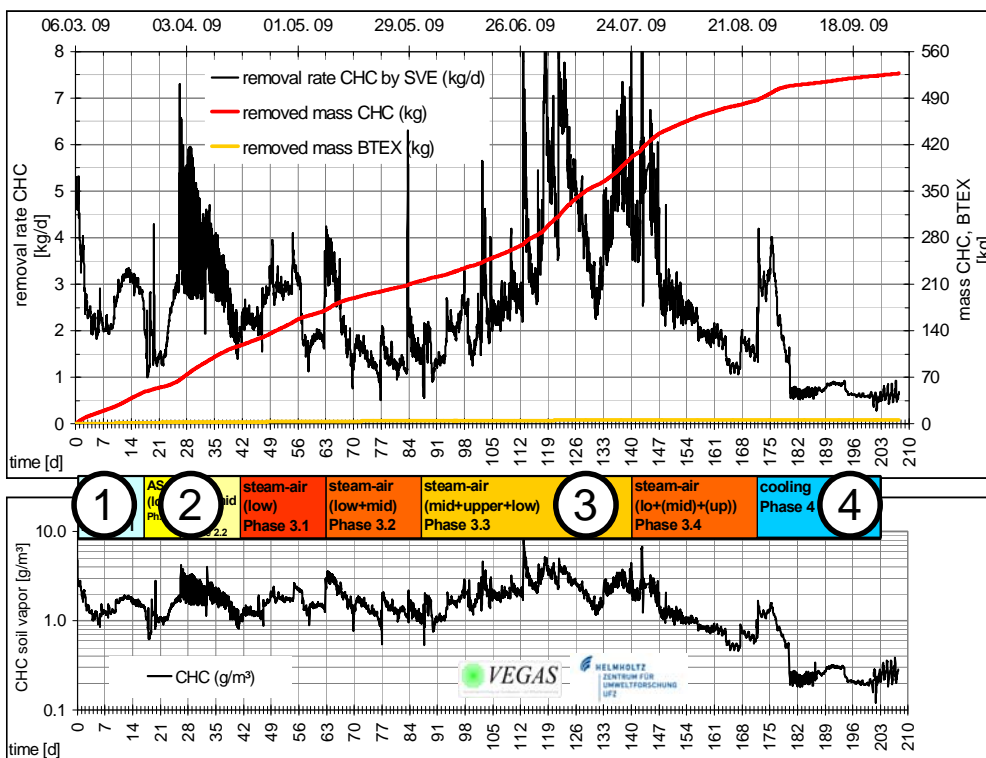


Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 45
Wien, 28. Oktober 2010

Schadstoffaustrag Bodenluft



- Hohes Schadstoffpotenzial GW-Wechsel und UZ
- Air-Sparging mit zeitlich limitierter, hoher Austragsleistung
- Höchste Austragsleistungen DLI auf GW-Höhe und in UZ
- CKW-Gehalt um Faktor 15 reduziert

© VEGAS



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 46
Wien, 28. Oktober 2010

Zusammenfassung & Ausblick Dampf-Luft-Injektion

- **Dimensionierung Dampf-Luft-Injektion entsprechend Stand der Technik** - Sanierungsplanung möglich (Sicherheitsfaktoren)
→ standortspezifische Pilotierung (Machbarkeitsstudie)
- **Kosten stark abhängig von Standortbedingungen, Feldgröße und Schadstoffverteilung:** 100 – 300 EUR/m³
- **Entwicklung eines Dimensionierungstools** zur Auslegung einer Sanierung in Bearbeitung (TASK Mitte 2011)
- **Bestimmung der Einsatzgrenzen über Pilotanwendungen**
Kluftaquifere, dampfunterstützte konduktive Sanierung gering durchlässiger Sedimente (Schluffe, Tone), Tiefen über 20 m, große Aquifermächtigkeiten



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



LU:W

HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ

doplan
über grün

Stadt Karlsruhe
Umwelt- u. Arbeitsschutz



© VEGAS



GEOsens
INGENIEURGEOLOGIE
UMWELTGEOLOGIE
MESSTECHNIK



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 47
Wien, 28. Oktober 2010

Zum guten Schluss

Dank an alle Beteiligten und Ihnen 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



Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren –
Verfahrensprinzipien und Anwendungsbereiche



2. Technologie-Workshop 48
Wien, 28. Oktober 2010