Thermische In-situ-Sanierung von Boden- und Grundwasser – über 20 Jahre Technologietransfer

Hans-Peter Koschitzky

Oliver Trötschler et al.



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



Altlasten 2018

18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

Was können Sie erwarten

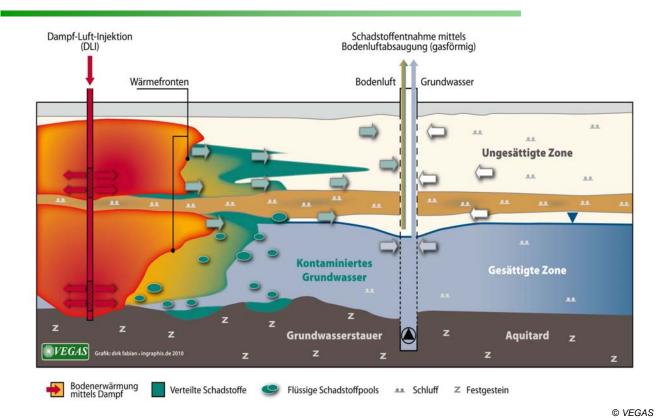
Thermische In-Situ-Sanierungsverfahren, TIsS Technologietransfer / Fallbeispiele der letzten 20 Jahre

- Ehemalige chemische Reinigung innenstädtisch,
 Pilotierung und Sanierung "Karlsruhe Durlach", CKW
- Ehemalige Verbrennungsanlage Biswurm CKW im Kluftgestein, Pilotierung und Sanierung
 - "Lessons learned"
- Ehemaliges "Fotoapparatewerk" Sanierung eines CKWkontaminierten Standort mit hohem Grundwasserstand

Fazit TIsS - Ausblick



TIsS: Dampf-Luft-Injektion, DLI (konvektiv)



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung...

– über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Kos

Einsatzbereiche Dampf-Luft-Injektion

Dampf-Luft-Injektion (DLI) Wärmefronten Wärmefronten Z Z Z VEGAS Grafik: dirk fabian - ingraphis.de 2010 Z Bodenerwärmung mittels Dampf

Einsatzbereiche

DNAPL und LNAPL, leicht- und mittelflüchtig, Siedetemperaturen < 180°C

- UZ: Lockergestein mit mittlerer bis guter Durchlässigkeit (Schluff → Kies)
- GZ: Porengrundwasserleiter (Sand bis Schluff) mit k_f: 2 x 10⁻⁵ bis 5 x 10⁻⁴ m/s

Thermische Reichweite GZ

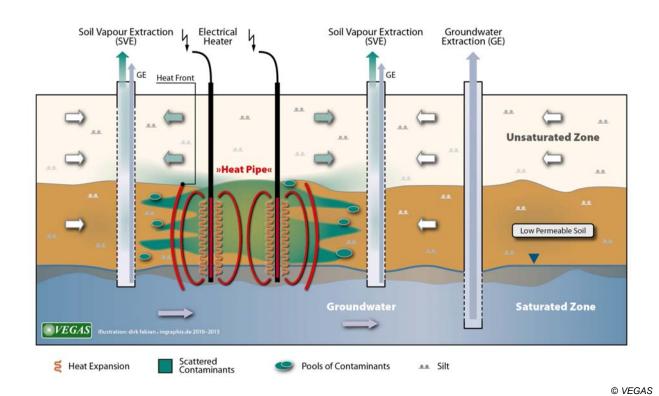
- Dampfausbreitung: > 3 5 m Radius (mit 150 kg/h Sattdampf)
- anisotrope Schichtung vorteilhaft

Besonderheiten

- Simultane Sanierung GZ und UZ,
- max. Temperatur 100 °C
- Schneller, hoher Energieeintrag (konvektiv)
 - → online Überwachung erforderlich
- Sanierungssteuerung angepasst an Temperaturverlauf und Schadstoffaustrag
 - Mögliche Gefügeveränderungen bei stark organhaltige Böden (Torflagen) → Setzungen?



Feste Wärmeguellen Verfahrensprinzip (konduktiv)



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Kos

Einsatzbereiche Feste Wärmequellen

Soil Vapour Extraction (SVE) Electrical Heater Heat Front **Heat Pipe VEGAS** Scattered Contaminants **E** Heat Expansion Pools

Einsatzbereiche

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

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

unter best. Bedingungen möglich, durch Großversuche Eignung nachgewiesen

Thermische Reichweite GZ

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

Besonderheiten

- Langsamer Energieeintrag (konduktiv)
- Temp. > 100 °C erst nach vollständiger Verdampfung des Wassers im Boden
- Nach Austrocknung erhöht sich die Durchlässigkeit für BLA deutlich
 - Mögliche Setzungen (Tonlagen) beachten
 - Geringerer Betriebs- und Wartungsaufwand
 - Kombination mit DLI kann sinnvoll sein

TIsS, (Dampf-Luft-Injektion) von der Forschung zur Anwendung

| Jahr | Standort | Geologie/Hydrogeologie | Schad stoff | Beschreibung / Besonderheiten |
|---|--|---|-------------|--|
| 1998 Pilot | Plauen ehem. Benzol- Verladestation, Industriebrache | (UZ), sandiger Schluff, -2,5 bis -4,5 m über kiesig/sandigem GWL | BTEX | EU-Projekt mit Sanierungsfirma, erste erfolgreiche Anwendung und Nachweis der Effektivität und Wirtschaftlichkeit |
| 1998 – 2000 Pilot | Mühlacker ehemalige Sondermülldeponie, Deponie heute gesichert | (UZ), verwitterte Ton- /Mergel-steine (Gipskeuper) getrennt durch Schichtwasserhorizont (15 m u. GOK, DRM-Aquifer bei 30 m u. GOK) | CKW | Modellvorhaben LfU Baden- Württemberg, Sanierungskonzept erstellt, keine Umsetzung, Deponie gesichert, Abstrommonitoring |
| 2003/2004 Pilot Feste Wärme- quellen | Hamburg ehem. chem. Reinigung, innerstädtisch, dicht bebaut | (UZ), bei - 4 bis -6,5 m bindige Sedimentschicht und Mergellage, GW bei -11 m, Sanierungsfläche ca. 80 m ² | CKW | drei Monaten Sanierungszielwert unterschritten, Einsatzfähigkeit nachgewiesen, Sanierungszeit "kalten" BLA um eine Größenordnung, geringer |
| 2004 Sanierung | Albstadt ehemaliger metallverarb. Betrieb, innerstädtisch | (UZ / GZ): schluffig/tonig (-3,8 m), durchlässiger Kalkstein (-5,6 m) ü. Mergelgestein | CKW | Schadensherd unter Gebäude, Sanierung unter Bodenplatte, laufender Betrieb (Druckerei), erfolgreiche Sanierung |

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



os 7

TIsS, Dampf-Luft-Injektion: von der Forschung zur Anwendung

| Jahr | Standort | Geologie/Hydrogeologie | Schad stoff | Beschreibung / Besonderheiten |
|--|--|---|--------------|--|
| 2005 Pilot 2010/11 Sanierung | Karlsruhe-Durlach ehem. chem. Reinigung, hist. Altstadt | (GZ, vadose, UZ) schluffig, sandiger Kies mit Schlufflagen (bis -9 m) | CKW (PCE) | Sanierung unter bewohntem Gebäude. Gesamtsanierung abgeschlossen, Konz. im GW heute n.n. |
| 2008 Pilot | Zeitz ehemaliges Hydrierwerk & Verladestation, Industriebrache | (GZ, vadose, UZ), kiesig/ sandig, Schlufflage, sandig/kiesig (-12 m) über Kohlekomplex | Benzo I | Pilot. erfolgreich, Sanierungskonzept erstellt, keine Umsetzung / Auskofferung im Zuge großräumiger Bebauung |
| 2009 Pilot 2012- 2016, DLI, 2016-2018 Abkühl., BLA | Biswurm, VS ehemalige Verbrennungs-anlage, Brachfläche | (GZ, vadose, UZ), geklüfteter Sandsteinaquifer, 3 - 18 m u. GOK (Tonstein bis -21 m u. GOK) | CKW | Erfolg. Pilotierung Basis für Sanierungsplanung, Sanierung mit "Überraschungen" und "lessons learned", derzeit Nachsorge / Überwachung |
| 2010 / 2013 Feasib./Pilot, 2018 Sanierung laufend | Oberursel ehemaliger Chemikalien-handel, hist. Altstadt | (UZ, vadose), schlecht durchlässiger Untergrund, Tonschichten, (10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁵ m/s) | CKW | Altstadt unter Gebäude Feasibility, Pilotierung (Fj. 2013 bis Sept. 2013, derzeit Sanierung, starkes, öffentliches Interesse durch NGO |



TIsS, (Dampf-Luft-Injektion): von der Forschung zur Anwendung

| Jahr | Standort | Geologie/Hydrogeologie | Schad stoff | Beschreibung / Besonderheiten |
|---|--|--|-------------|---|
| 2013 2015 2016 Pilot/San. | Sindelfingen ehemaliges Chemielager unter Parkhaus | (UZ und GZ) tonige schluffig mit Torfanteil 2 – 16 m u. GOK | CKW | Feasibility / Pilotierung, dann abschnittweise Schaden- herdentfernung, starke Setzungen aber ohne Einfluß auf Gebäude |
| 2012 – 2013 Pilot 2014 Sanierung | Stuttgart ehemaliger metallverab. Betrieb, innerstädtisch | (UZ und GZ), tonig-dichter Keuper und DRM, unterliegend Gipskeuper- Aquifer 2 - 8 m u. GOK siehe u.a. [16] "youtube" | CKW | EU-Projekt CityChlor "Stuttgarter Str." Pilot, Feste Wärmequellen, wiss. Begleitung abgeschlossen 07.2013, Basis für Sanierung 12/13 – 05/2014 (ohne VEGAS) |
| 2012 Feasibility 2015 – 2016 Sanierung | Bad Liebenzell ehemaliger metallverarb. Betrieb, Fotoapp. Campingplatz, | (UZ, GZ) teilweise u. Gebäude, quart. Talablagerungen, kiesig, sandig, schluffig, hoher GW- Stand 1 - 10 m u. GOK | CKW | Feasibility / Sanierungsvorschlag, wirtschaftlichere Alternative zur Großbohrlochverfahren Sanierung abgeschlossen, derzeit Nachsorgemonitoring |

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



os

Ehemalige chemische Reinigung – innenstädtisch, Pilotierung und Sanierung "Karlsruhe Durlach"

Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude - von der Planung bis zur erfolgreichen Sanierung





Hans-Peter Koschitzky, Oliver Trötschler, Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung, Universität Stuttgart

Stephan Denzel, dplan, Karlsruhe

Stadt Karlsruhe Umwelt- u. Arbeitsschutz



Claudia Purkhold, Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz



Wolfgang Maier-Oßwald, Steffen Hetzer (2010) Züblin Umwelttechnik GmbH, Stuttgart







Pilot-Standort Karlsruhe Durlach



Pilot-Standort Karlsruhe Durlach

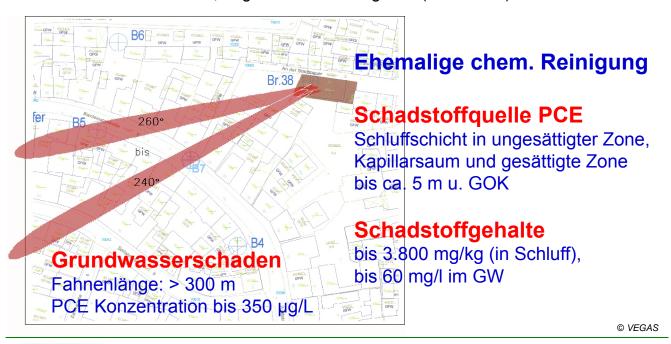




Standortbeschreibung

Altstadt Karlsruhe-Durlach

historisches Gebäude, eng bebautes Wohngebiet (2003/2004)



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung...

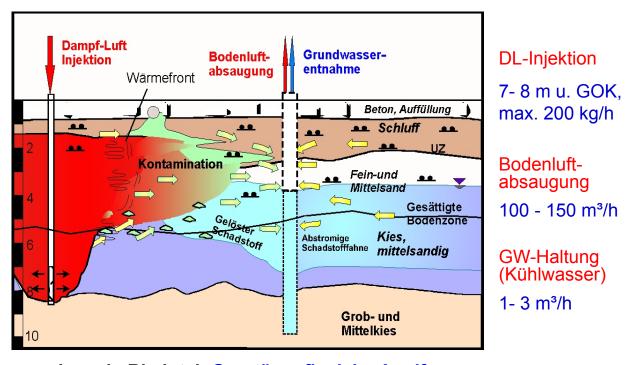
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

AKGWS

Kos

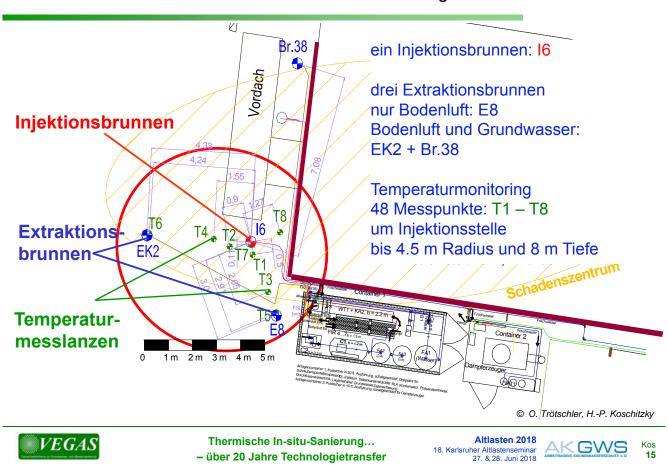
Geologie und Sanierungskonzept Pilotierung



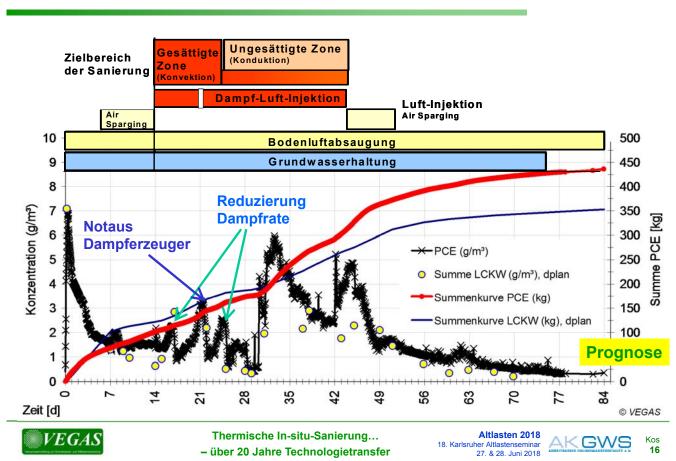
Lage in Rheintal: Quartärer, fluvialer Aquifer



Pilot – Testfeld: Ausstattung

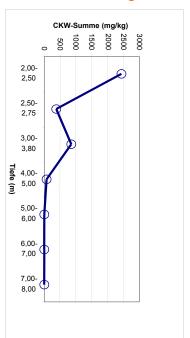


Massenbilanz Schadstoffaustrag

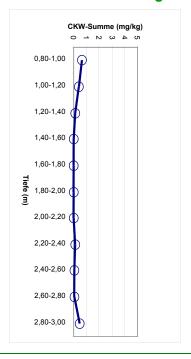


Bodenproben vor & nach Pilot-Sanierung

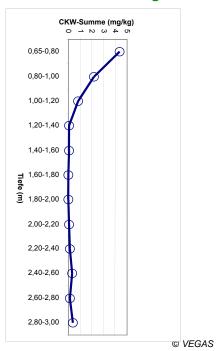
Sondierung Injektionsbr. 16 vor Pilot-Sanierung



Sondierung 1,5 m Abstand zu 16 nach Pilotierung



Sondierung 3 m Abstand zu 16 nach Pilotierung



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung...

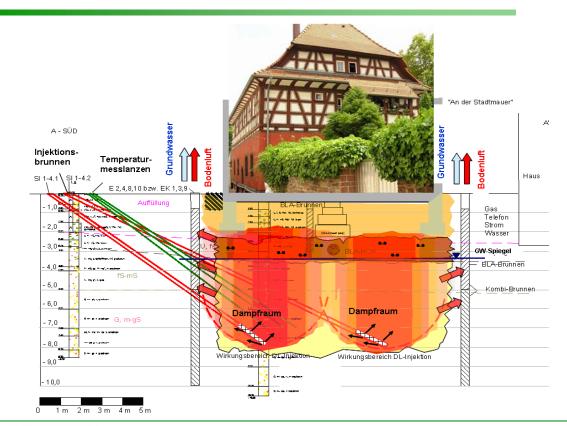
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

AKGWS

Kos

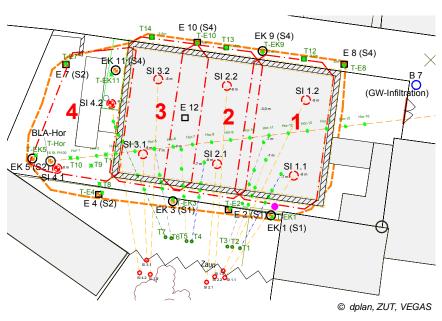
Realisierung DLI unter dem Gebäude



d•plan

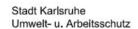


Sanierungsausführung



- Ausführungsplanung und Ausschreibung: Standortgutachter dplan (& VEGAS)
- Auftraggeber: Stadt Karlsruhe
- Ausführung: Züblin Umwelttechnik
- Wissenschaftliche Begleitung/Beratung, Sanierungsüberwachung und -steuerung: VEGAS & dplan
- BegleitkreisRP-Ka, Stadt, LUBW...

© VEGAS













Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



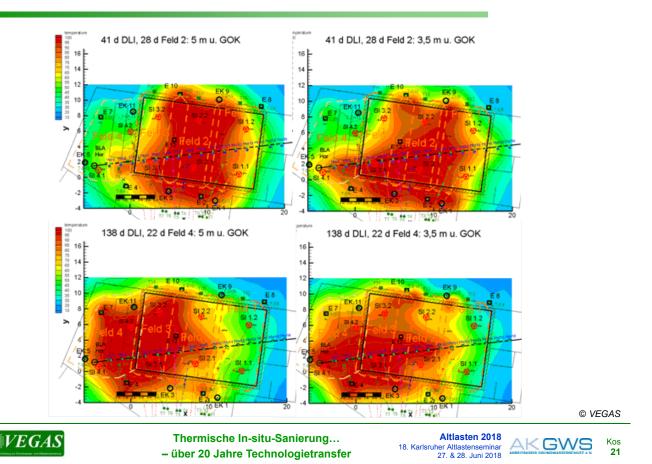
Kos

Betrieb Mai - Juli 2010

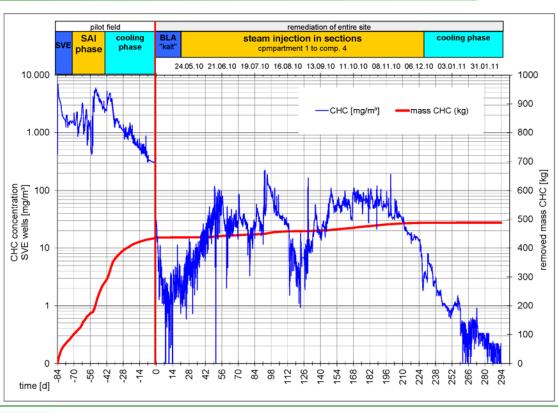




Temperaturausbreitung

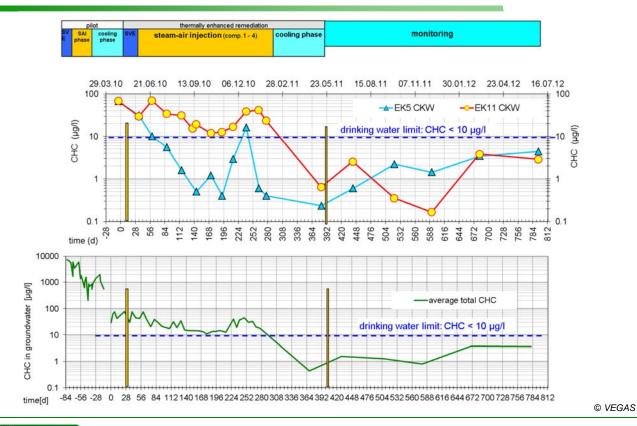


Schadstoffaustrag Bodenluft





Entwicklung der CKW - Konzentrationen im Grundwasser



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

Ehemalige Verbrennungsanlage Biswurm – CKW im Kluftgestein, Pilotierung

Thermische In-situ-Sanierung im Kluftgestein: "Lessons learned" von der Planung bis zur Sanierungsrealität am Standort "Biswurm"

Hans-Peter Koschitzky¹ Oliver Trötschler¹, Bernd Lidola², Michaela Epp², Isabell Kleeberg² Stefan Schulze³, Holger Weiß⁴

(1) 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



z.B.: Symposium Strategien zur Boden- und Grundwassersanierung, DECHEMA, Frankfurt a.M., 30.11.2015

NICOLE Workshop, Vienna, Austria, 15-17 June 2016, Turning failure into success - What can we learn when remediation does not go as planned



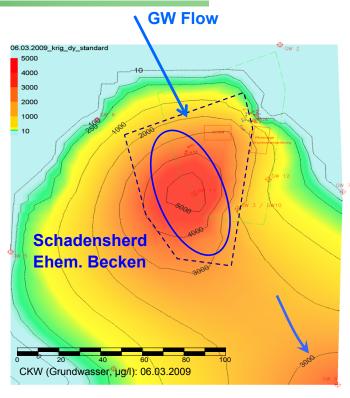




Schadenssituation Biswurm

Schadensbild 2007 / 2009

- → ca. 2.900 m² Kernbereich bzw. 43.000 m3 Kluftgestein (CKW-Schaden)
- → 5 m UZ und ca. 16 m gesättigte Zone, CKW bis 4.000 mg/m³ in der Bodenluft bis 4 mg/L im Grundwasser
- → Länge Schadstofffahne unbekannt, mind. 1 ha Fläche kontaminiertes Grundwasser



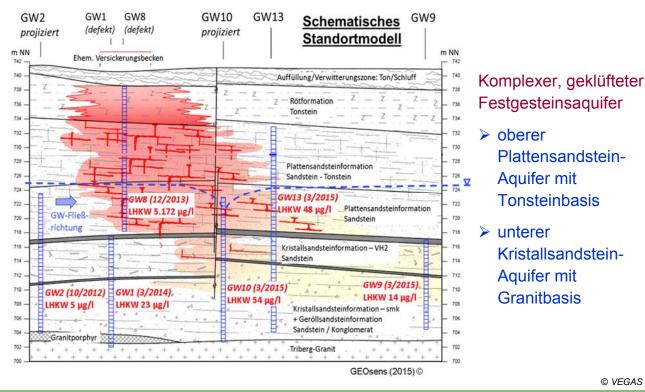


Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Geologie und Schadensbild in einem Kluftaquifer

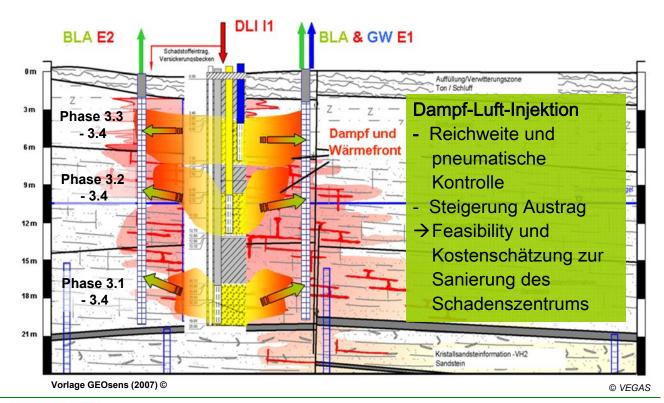


Festgesteinsaquifer

- Plattensandstein-Aquifer mit **Tonsteinbasis**
- Kristallsandstein-Aquifer mit Granitbasis



Geologie und thermische Erschließung



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung...

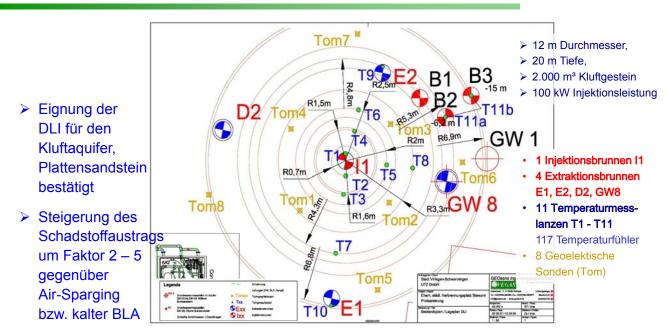
– über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

AKGWS

Kos

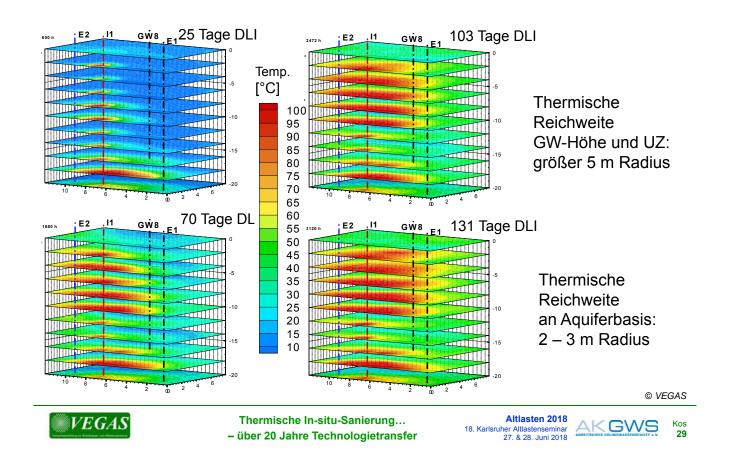
Pilotanwendung Biswurm



- Im oberen Aquifer und in der ungesättigten Zone: thermische Reichweite von mehr als 10 m Durchmesser erreicht
- Schadstoffaustrag: 500 kg LHKW in 3 Monaten aus ca. 1.500 m³ Festgestein



Überblick Wärmeausbreitung

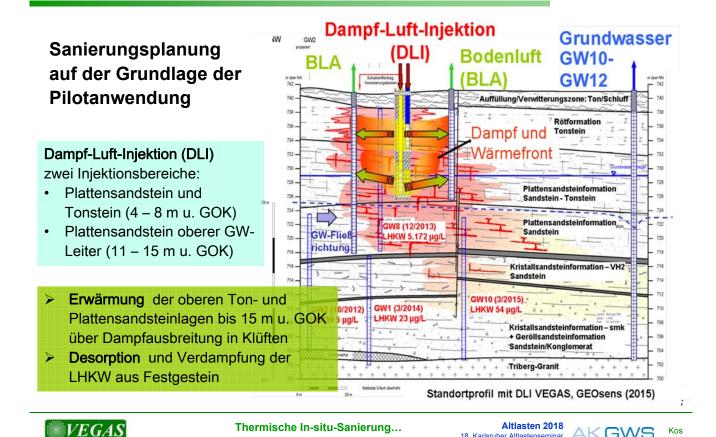


Eindrücke vom Testfeld



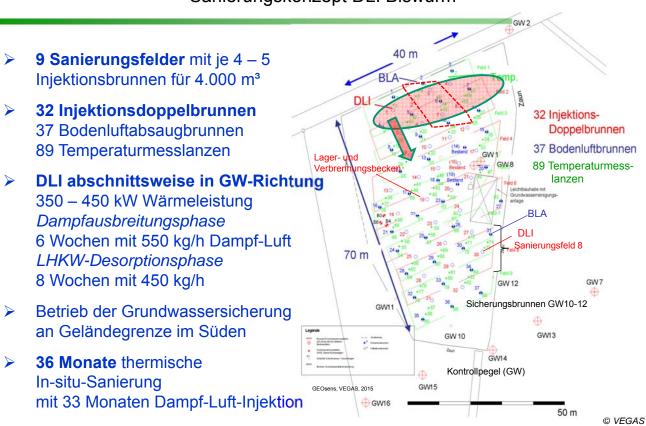


Geologie und Prinzip der DLI



Sanierungskonzept DLI Biswurm

- über 20 Jahre Technologietransfer



KGWS

18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

Sanierung Biswurm



VEGAS

Thermische In-situ-Sanierung...

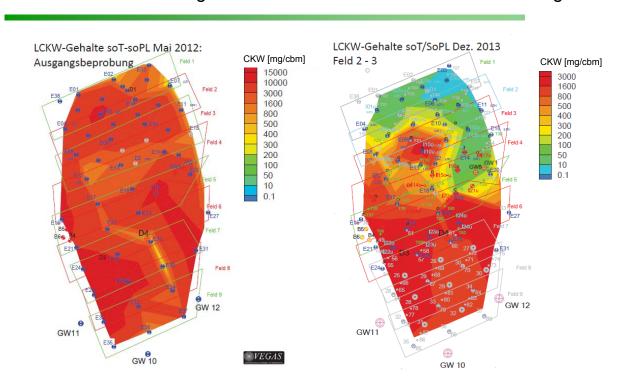
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018

AKGWS

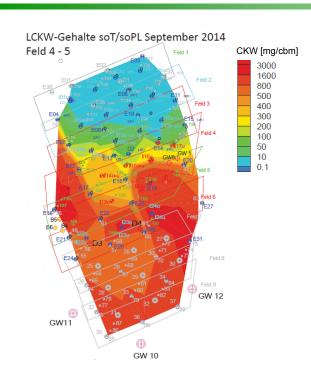
Kos

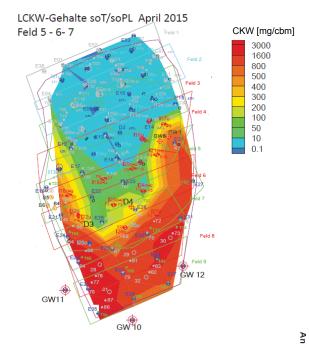
Entwicklung der LCKW-Gehalte während der Sanierung





Entwicklung der LCKW-Gehalte während der Sanierung





© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



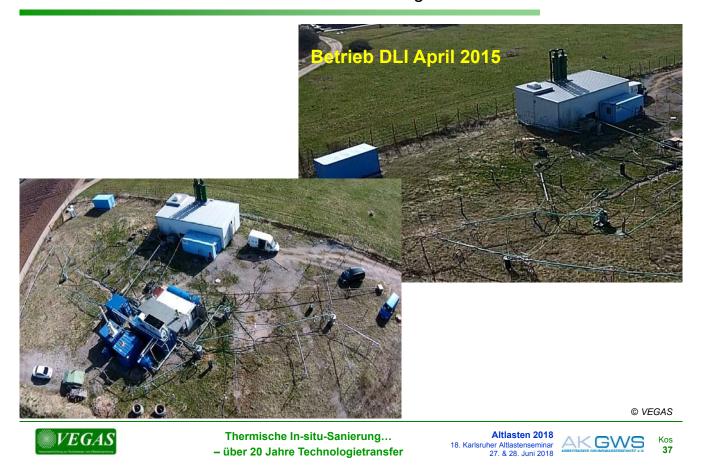
Kos

Eindrücke vom Sanierungsfeld in Biswurm

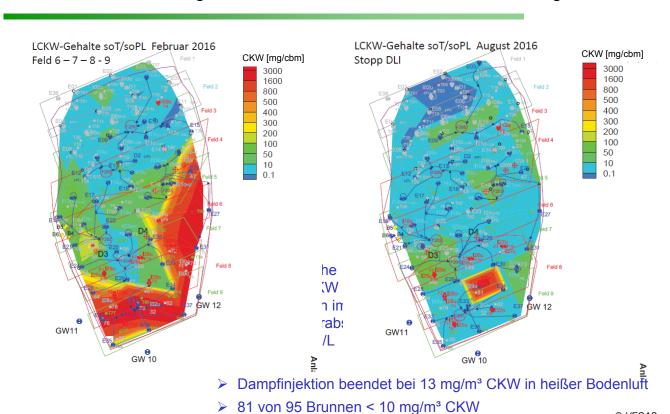




Blick auf das Sanierungsfeld

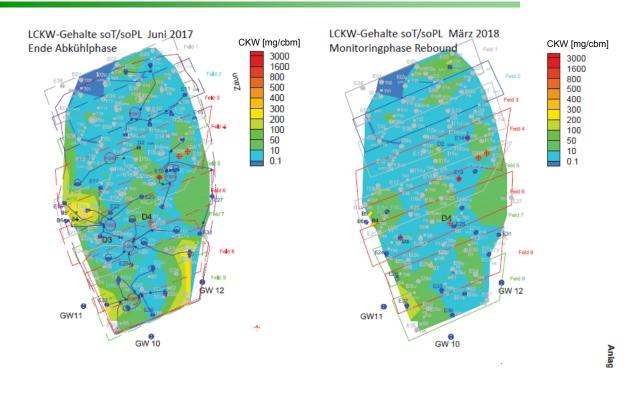


Entwicklung der LCKW-Gehalte während der Sanierung





Entwicklung der LCKW-Gehalte während der Sanierung



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

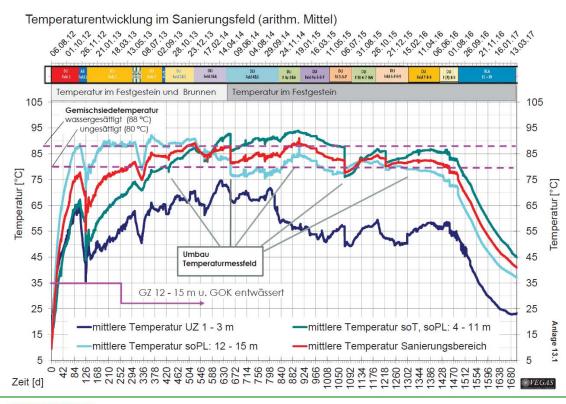
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018
18. Karlsruher Altlastenseminar
27. & 28. Juni 2018



Kos

Entwicklung der Temperaturen während der Sanierung





Sanierungsplanung nach Pilotanwendung

→ abschnittsweise thermische Sanierung (jeweils 3 Monate)

Dampf-Luft-Injektion

- 3 Monate je Feldabschnitt auf 2 Injektionsebenen
 - 6 Wochen Aufheizdauer +
 - 8 Wochen Austragsdauer
 - Abkühlungsphase, je ca. 1 Woche
- → September 2015: Abschluss und Sanierungskontrolle

... und die Realität:

Desorptionsdauer deutlich länger

→ simultane Sanierung von 2 - 3 Feldabschnitte mit 350 – 450 kW

Dampf-Luft-Injektion

- 4-6 Monate je Feldabschnitt
 - 5 Wochen Aufheizdauer Tonstein (200 kW) +
 - 11 13 Wochen Austragsdauer Tonstein- und Plattensandstein (300 kW)
 - 9 Wochen Desorptionsaustrag aus Plattensandstein (150 kW)
 - Abkühlungsphase gesamtes Feld ca. 20 Monate
- → August 2016:

Ende DLI und Abkühlphase

→ März 2018:

Reboundtest und "Nachsorge"

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

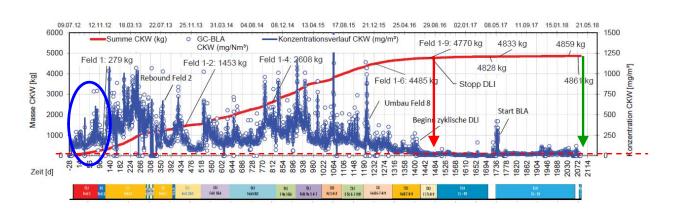
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Kos

Schadstoffaustrag über die Gesamtsanierungszeit

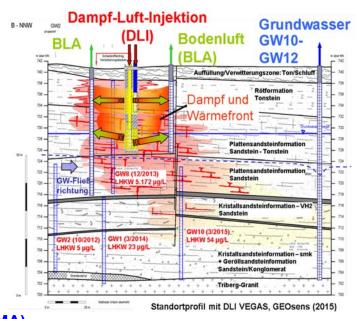


- > Typischer Schadstoffaustrag in Feld 1, aber in Felder 2 6 deutlich anders
- Sanierungszielwert Bodenluft in den einzelnen Feldern: 20 mg/m³ CKW
- Sanierungszeit um Faktor 3 höher im Vergleich zur Pilotierung
- Schadstoffaustrag bis zu 20 kg CKW / Tag; im Mittel 3.5 kg CKW / Tag
- > 4,780 kg CKW Austrag zum Ende der DLI (Aug. 2016, 1.480 Tage, 13 mg/m³ CKW)
- ➤ Nach ca. 20 Monaten Abkühlphase noch ca. 80 kg → Gesamtaustrag 4.861 kg CKW



Kurzsteckbrief

- Beginn der Sanierung:18.07.2012, ca. 71 Monate
- Dampf-Luft-Injektion:Start: 06.08.2012 bis 28.08.2016
- Abschaltung DLI August 2016
- Nachsorgephase mit BLA bis März 2018 und GW-Haltung bis Sommer 2018
- Positive Nachsorgephase,
 E_{max} < 10 g/d LCKW
 aktive GW-Förderung: 9 g/d LCKW
 passive Fracht: 1,9 g/d LHKW (XUMA)



Endgütiger Abschluss (Bewertungskommission) im Juli 2018

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung...

– über 20 Jahre Technologietransfer





Fazit Biswurm

- LHKW Austrag über BLA ist dominant: fast 4.900 kg "nur" 125 kg über Grundwassersicherung
- Behördliches Sanierungsziel erreicht:
 - < 10 g/d CKW Emission und < 20 µg/L CKW im Grundwasser
- ➤ **Gesamtschadstoffaustrag** in 4 Jahren DLI entspricht Austrag nach 50 Jahren GW-Sanierung (bei konstantem Schadstoffaustrag)
- Finanziell und energetisch günstiger als Pump&Treat
- → Sanierung des Festgesteins mittels DLI effektiv
- → Kontroll- und steuerungsintensiv
- → Anpassung des Sanierungsbetriebs an Sanierungsfortschritt erfordert Flexibilität













Altstandort "Regula King" **Bad Liebenzell, Nagoldtal**





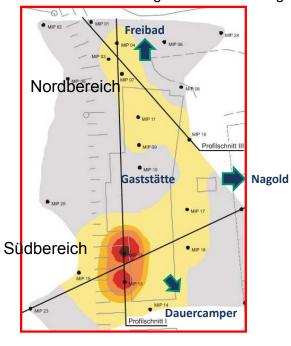
Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Untergrundverunreinigungen – woher?

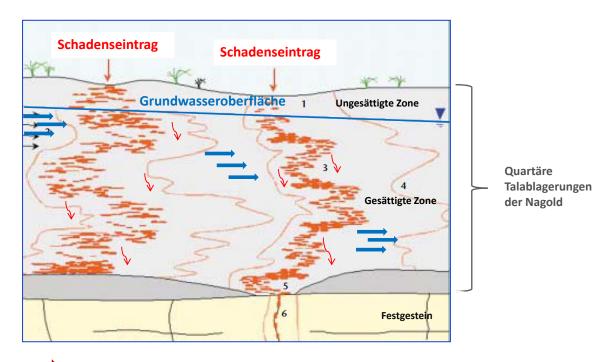
- ➤ Fotoapparatehersteller Regula King (1942 1963)
- Einsatz LCKW-haltiger Mittel zur Reinigung, Entfettung → das "Übliche"







Konzeptionelle Modellvorstellung der Untergrundverunreinigungen



Schadensschwerpunkt unterhalb Gaststätten-/Sanitärgebäude

© VEGAS





Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Entwicklung Schadensituation

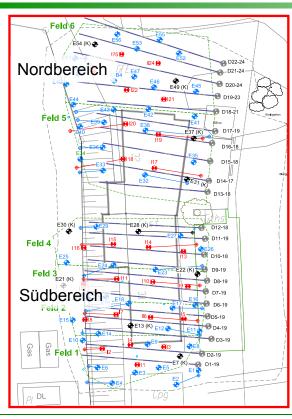
| Sanierungsbereich | Südbereich | Nordbereich | |
|--|--|--|--|
| Sanierungsfelder | Feld 1 bis Feld 4 | Feld 5 und Feld 6 | |
| Ausbildung Schadenskörper | $A \approx 450 \text{ m}^2, T \approx 8 \text{ m},$ $V \approx 3.600 \text{ m}^3$ | $A \approx 250 \text{ m}^2, T \approx 4-5 \text{ m},$ $V \approx 1.200 \text{ m}^3$ | |
| Ausgangslage Grundwasser (Schadensbereich) LCKW | vor P&T (2004): max.18.391 µg/l vor P&T (2004): max. 9.826 µg/l 2004 bis 2013 P&T und BLA Stagnierend hohe Schadstoffkonzentrationen: → 2012 Alternative Sanierungsmöglichkeiten | | |
| | vor DLI (2013/14): Ø 750 μg/l | vor DLI (2013/14): Ø 30 μg/I | |
| Ausgangslage Boden (Schadensbereich) LCKW | vor DLI 2013: max. 2.701 mg/kg | vor DLI 2013: max. 65 mg/kg | |
| Geschätztes Restinventar | Vor DLI 2013: ≈ 715 kg bis 2.065 kg LCKW | | |







Dampf-Luft-Injektion - Grunddesign



Sanierungsfeld unterirdisch (6 Felder)

- > 25 St. Injektionsbrunnen Dampf-Luft-Injektion
- ▶ 46 St. Extraktionsbrunnen Bodenluft
- 22 St. Bodenluftdrainage (400 m)
- > 10 St. Kombinationsbrunnen + 6 vorh. Br.
- 90 Temperaturmesslanzen

Leistungsgrößen

- > 500 750 kW Dampfleistung
- 1000 m³/h Bodenluftabsaugung
- ➤ 20 30 m³/h Grundwasserförderung

Zeitdauer (geplant)

- Aufheizphase je Feld: 14 d
- Austragsphase je Feld: mind. 30 d
- Austragsphase gesamt, 210 Tage
- Abkühlphase mind. 30 Tage
- Sanierungsdauer 14 17 Mon. (zzgl. Anlagenbau)

© VEGAS





Thermische In-situ-Sanierung...

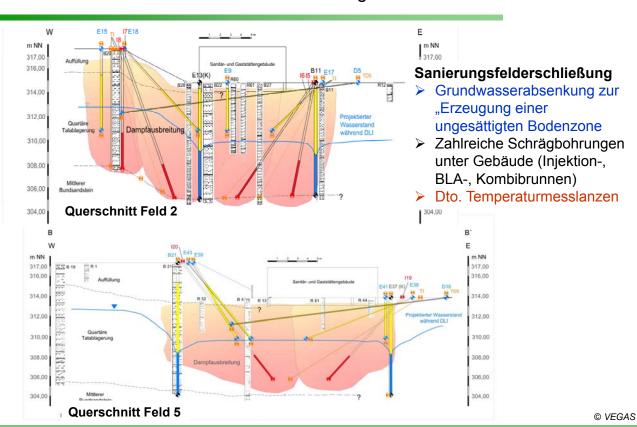
- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Kos

Erschließung







© VEGAS



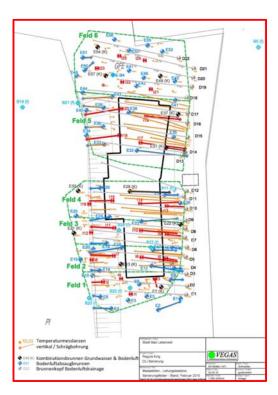
Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer





Kurzsteckbrief



- Dauer der Sanierung: 07.04.15 23.09.2016
 Dampf-Luft-Injektion: Start: 13.04.2015, Stopp: 23.08.2016
- 6 Sanierungsabschnitte, Behandlung abschnittsweise
- 4 Felder (Südbereich) erfolgreich saniert (bis Januar 2016) mit ca. 680 kg LCKW-Austrag
- Inbetriebnahme DLI Nordbereich Feld 5 am 30.03.2016 und Feld 6 am 11.05.2016
- 2 Felder (Nordbereich) erfolgreich saniert (bis August 2016) mit 28 -30 kg LCKW
- → Ende Sanierung im September 2016
- → gesamt: 710 kg LCKW nach 507 Betriebstagen über BLA >99 %, 5 kg (0,7 %) aus Grundwasser (über P&T würden 160 Jahre benötigt)
- → LCKW in Grundwasser an allen Brunnen < 40 µg/L, Emissionen < 4 g/d, Bagatellgrenze
- → Verteilerausschuss, Abschluss: 19.10.2017
- → Aktuell Überwachungsprogram







Zusammenfassung & Ausblick

- Bestimmung der Einsatzgrenzen über Pilotanwendungen Kluftaquifere, dampfunterstützte konduktive Sanierung gering durchlässiger Sedimente (Schluffe, Tone), Tiefen über 20 m, große Aquifermächtigkeiten
- Durch zahlreiche Referenzprojekte immer neue Erkenntnisse und Erfahrungen
- teilweise auch Abweichungen (Überraschungen) zwischen Pilotierung und Gesamtsanierung → "Lessons learned"
- Entwicklung war / ist nur möglich durch viele Beteiligte und Geldgeber



















































⊌ VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung... - über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



Kos

Zusammenfassung & Ausblick (auch international)

- Dimensionierung entsprechend dem Stand der Technik im Rahmen der SU ist möglich → DLI Tool steht bei TASK kostenlos z.V., wird erweitert durch Erfahrungen und aktuelle Grundlagenuntersuchungen bei VEGAS
- Erfolg ist maßgebend an sorgfältiger Erkundung und detailliertes Konzeptionelles Standortmodel gekoppelt
- Sorgfältige Planung erforderlich, TIsS haben klare Anwendungsgrenzen und auch Ausschlusskriterien
- Vollständige, kontrollier- und nachweisbare Sanierung von Schadensherden innerhalb definierten und bestimmbaren Zeiträumen (mit gewissen Bandbreiten) möglich
- Zur Kostensicherheit in der Vorplanung sollten bis zu 30 % Reserve angesetzt werden.
- "intensive" Sanierungsbegleitung und -steuerung (Online-Datenerfassung, Anlagensteuerung) erforderlich
- TISS sind Verfahren bei denen sanierungsbegleitend der Austrag erfasst (on-line) und eine Sanierung (Sanierungserfolg) messtechnisch nachgewiesen werden kann
- TISS werden weltweit zunehmend (erfolgreich) angewendet, Expertenwissen ist erforderlich, Beispiele siehe nachfolgende Vorträge







Thermische In-situ-Sanierung...

- über 20 Jahre Technologietransfer

Altlasten 2018 18. Karlsruher Altlastenseminar 27. & 28. Juni 2018



(0S