

# 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



Symposium Strategien zur Boden-  
und Grundwassersanierung  
21. & 22. November 2011

## Was können Sie erwarten

### Pilotierung

- Start: Sanierungsuntersuchung → Standort
- Thermische In-situ-Sanierung → DLI
- Pilotierung, wieso, wie → Nachweis DLI

### → Sanierungskonzept

### Sanierungsdurchführung / Überwachung

- Umsetzung Sanierungskonzept → Sanierungsfelder
- Datenerfassung → Überwachung / Sanierungssteuerung
- Anlagenbetrieb → Sanierungsverlauf und Ergebnisse

### → Sanierungsabschluss / Ausblick

© VEGAS





## Impressionen vom Standort im Jahr 2005

### Standort *Karlsruhe Durlach*



  
 Das 1574 neu hergestellte  
**Schlachthaus**  
 wurde im Dreißigjährigen Krieg zerstört und 1659 bis  
 1664 von der Stadt wieder errichtet.  
 Nach dem Brand von 1689 wurde es 1703 notdürftig  
 wiederhergestellt und 1749/50 neu gebaut. Bis in die  
 1930er Jahre wurde hier geschlachtet. 1989 wurde das  
 Gebäude renoviert.

© VEGAS



# Standort Karlsruhe Durlach



**Heutige Nutzung  
Galerie und  
Rahmenladen**

© VEGAS



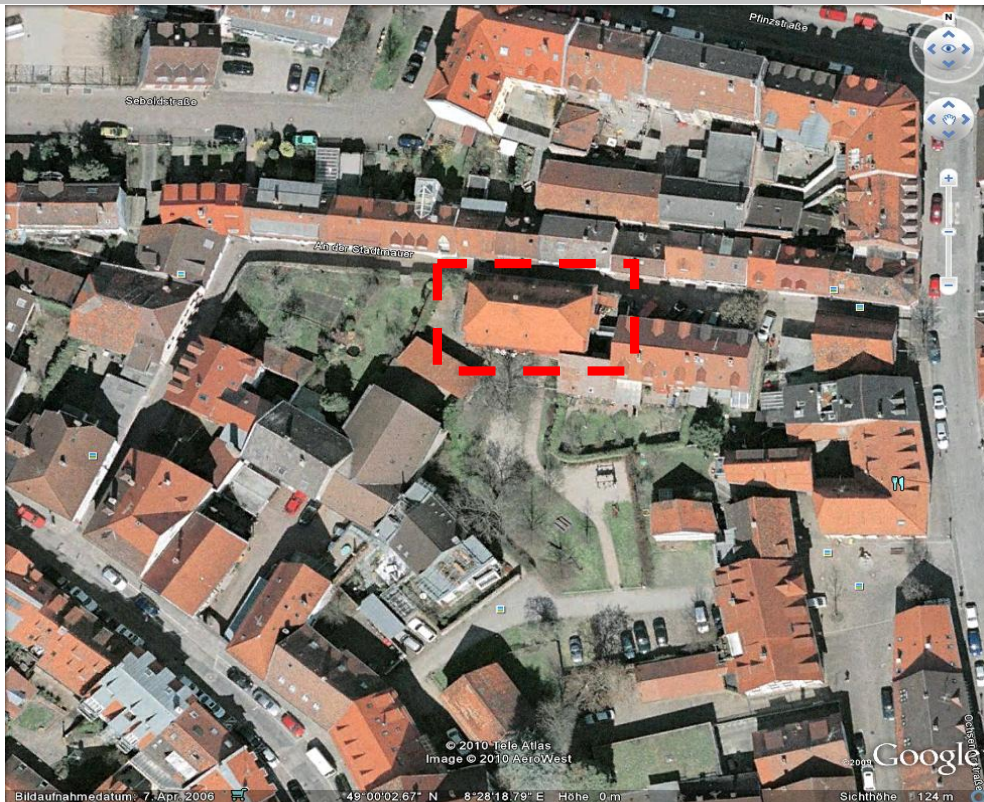
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
5

# Pilot-Standort Karlsruhe Durlach



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

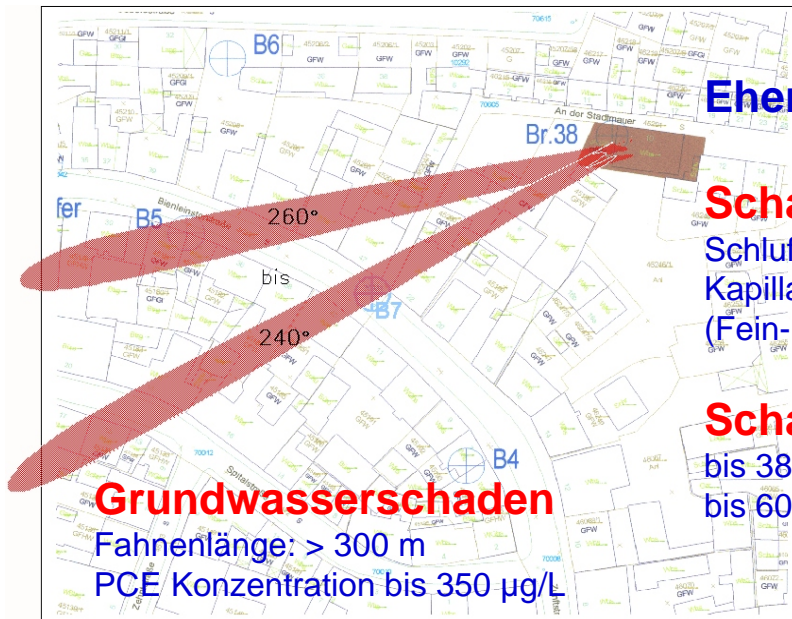
Kos/trö  
6



# Standortbeschreibung

## Altstadt Karlsruhe-Durlach

historisches Gebäude, eng bebautes Wohngebiet



**Ehemalige chem. Reinigung**

**Schadstoffquelle PCE**

Schluffschicht in ungesättigter Zone, Kapillarsaum und gesättigte Zone (Fein- bis Mittelsand bis ca. 7 m u. GOK)

**Schadstoffgehalte**

bis 3800 mg/kg (in Schluff), bis 60 mg/l im GW

**Grundwasserschaden**

Fahnenlänge: > 300 m

PCE Konzentration bis 350 µg/L

© VEGAS



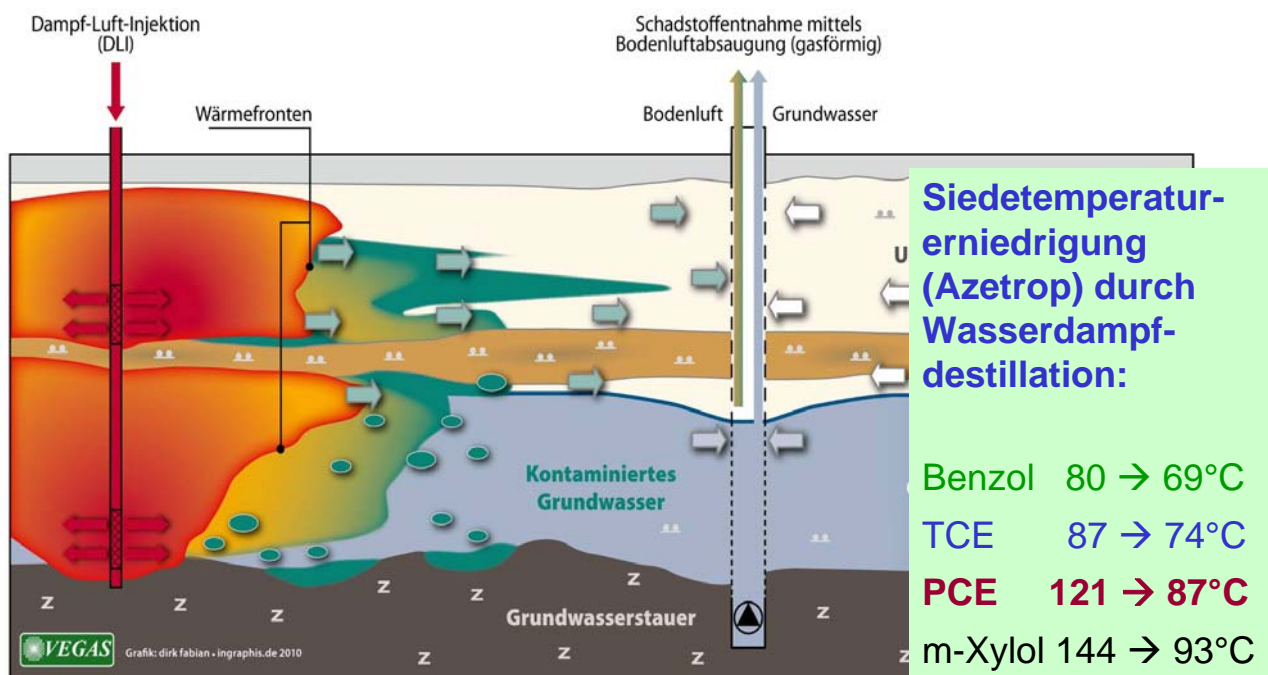
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 7

## Thermische In-situ-Sanierung mit Dampf-Luft-Injektion



☞ Bodenerwärmung mittels Dampf

■ Verteilte Schadstoffe

● Flüssige Schadstoffpools

⊕ Schluff

⊖ Festgestein

VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



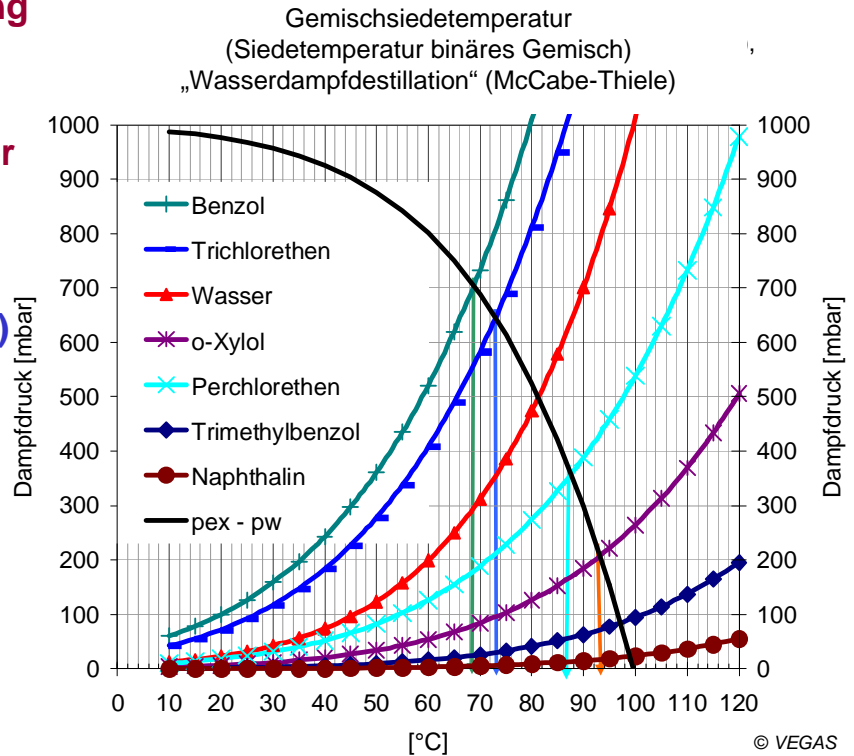
Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 8

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

→ **Siedetemperaturerniedrigung (Azetrop) durch Wasserdampfdestillation:**

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



## Variantenvergleich SU "Durlach"

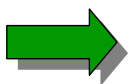
■ **DU: weiterer Handlungsbedarf: SU**

■ **Hydraulische Sanierung: ca. 1,0 Mio €**

■ **Dampf-Luft-Injektion:**

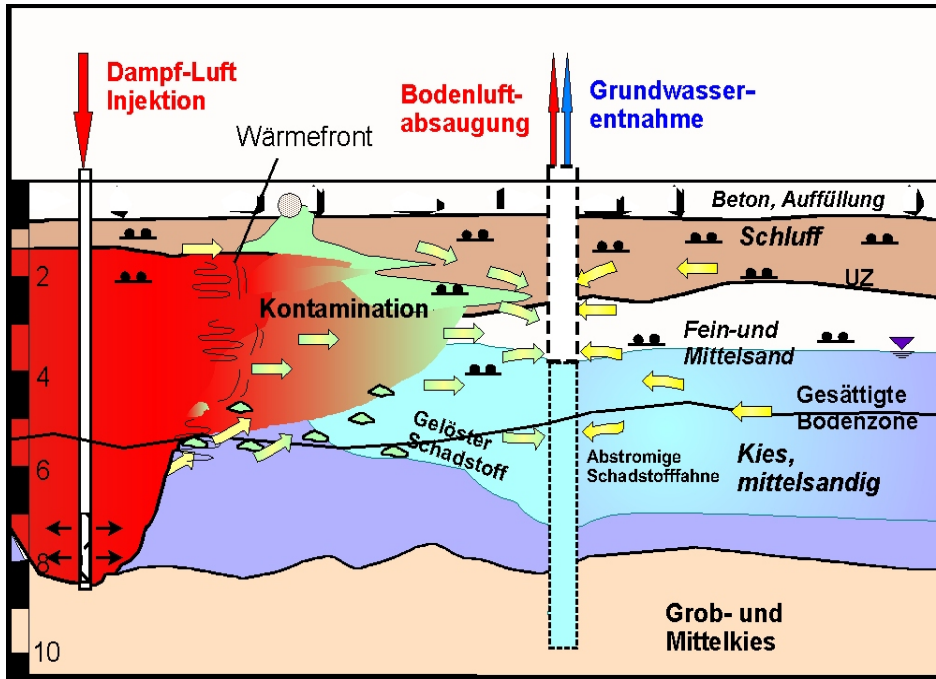
40-Brunnen: Reichweite 1 m: ca. 800.000 €

20-Brunnen: Reichweite 1,5 m: ca. 650.000 €



**Dampf-Luft-Pilotinjektion zur Reichweitenbestimmung, numerisch begleitet (Steffen Ochs)**

# Geologie und Sanierungskonzept Pilotierung



**DL-Injektion**

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

**Bodenluft-  
absaugung**

100 - 150 m<sup>3</sup>/h

**GW-Haltung  
(Kühlwasser)**

1- 3 m<sup>3</sup>/h

Rheintallage: **Quartärer, fluvialer Aquifer**

© VEGAS



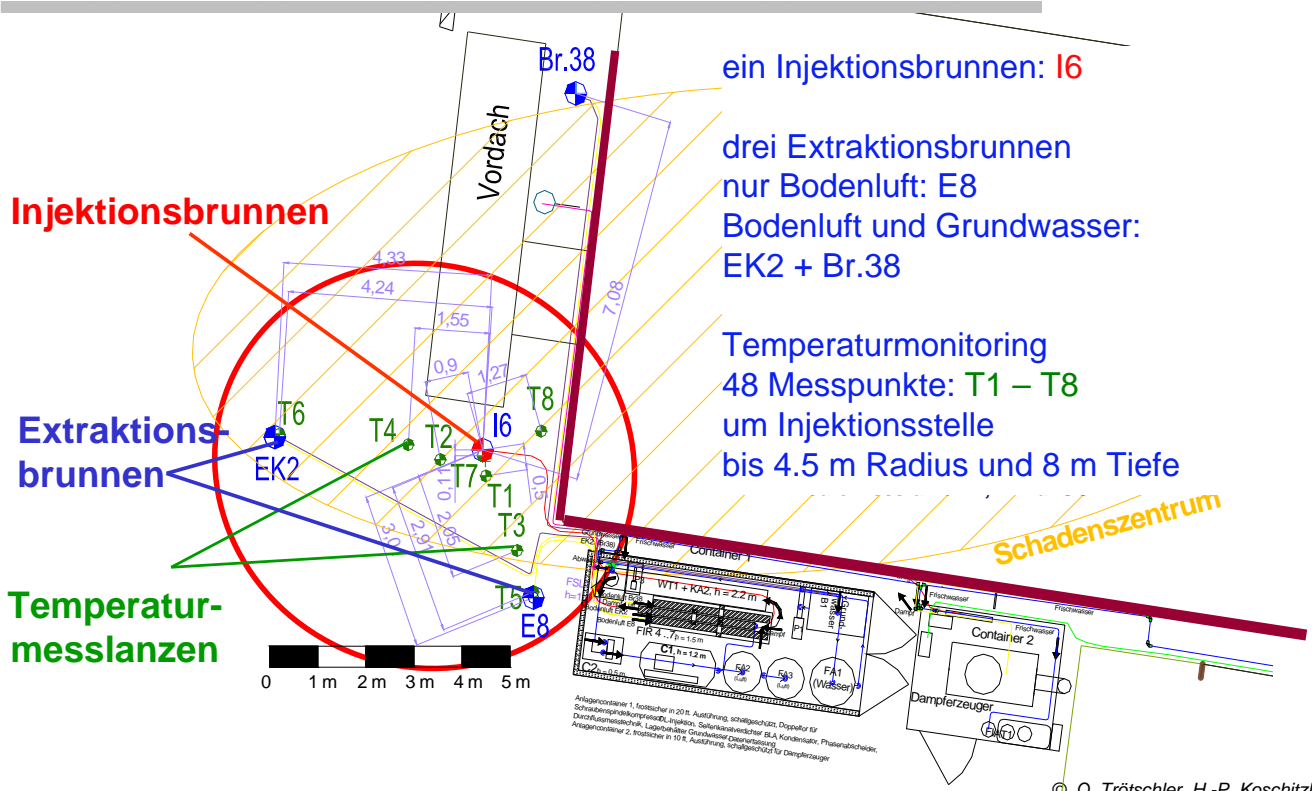
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
11

## Pilot – Testfeld: Ausstattung



**Injektionsbrunnen**

ein Injektionsbrunnen: I6

**Extraktions-  
brunnen**

drei Extraktionsbrunnen  
nur Bodenluft: E8  
Bodenluft und Grundwasser:  
EK2 + Br.38

**Temperatur-  
messlanzen**

Temperaturmonitoring  
48 Messpunkte: T1 – T8  
um Injektionsstelle  
bis 4.5 m Radius und 8 m Tiefe

© O. Trötschler, H.-P. Koschitzki



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



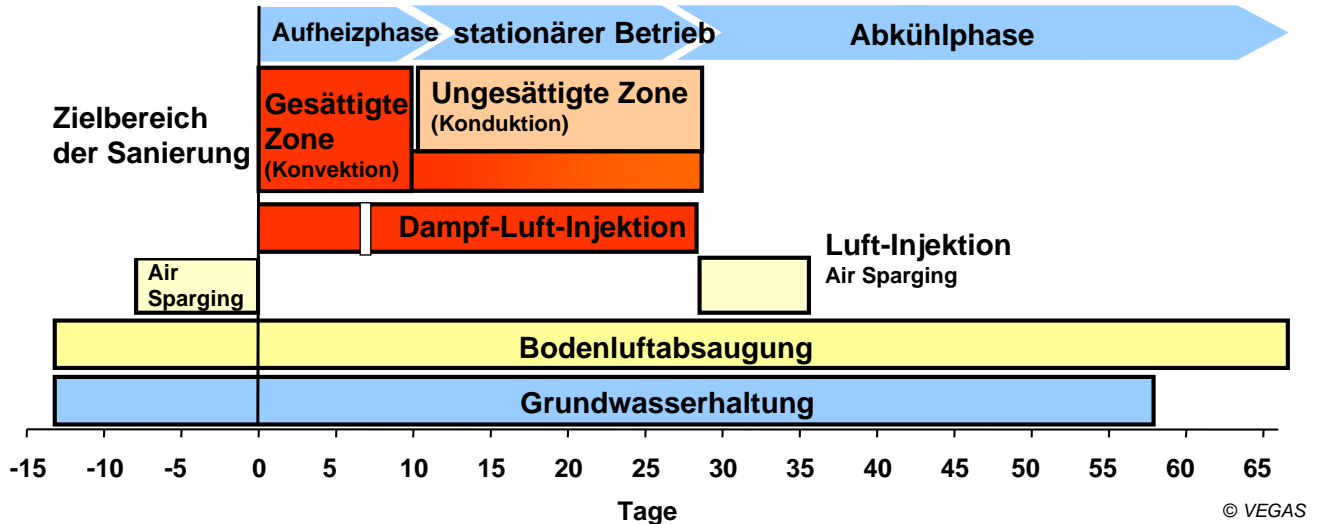
Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
12

## Ablauf der Pilotsanierung

Dauer drei Monate → unterteilt in vier Phasen:

- (1) kalte BLA und Grundwasserförderung (5 Tage)
- (2) Air-Sparging (ca. 1 Woche)
- (3) Dampf-Luft-Injektion (28 Tage)
- (4) Abkühlphase: Air-Sparging, BLA und GW-Förderung (5 Wochen)



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

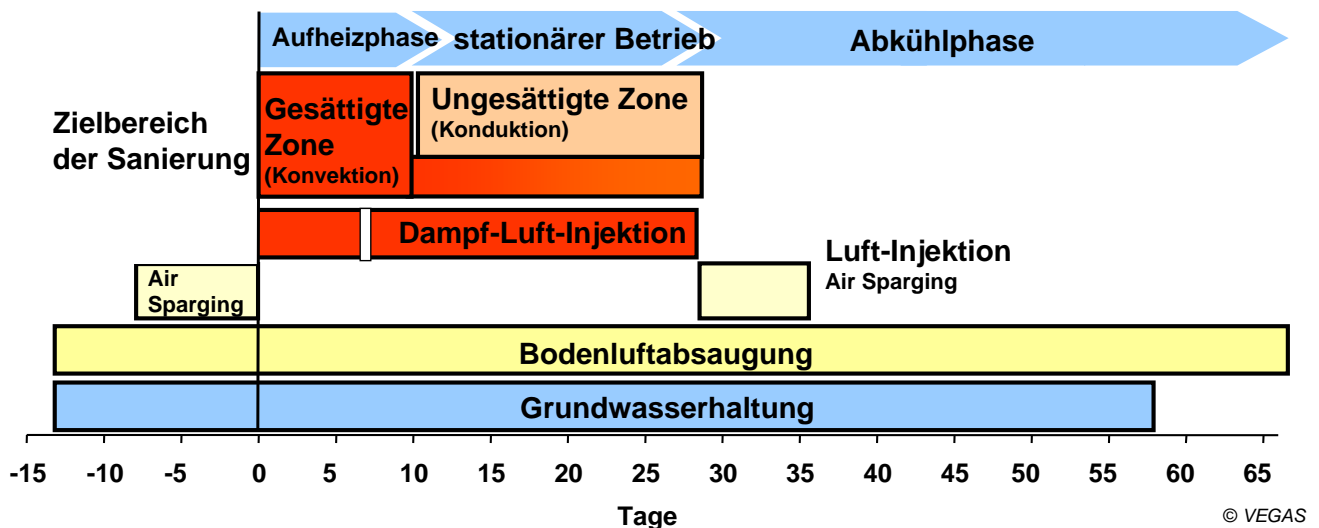
Kos/trö  
13

## Ablauf der Pilotsanierung

Betriebsweise an Sanierungsfortschritt angepasst

→ kontinuierliche Schadstoffmessung

→ Bestimmung der Wärmeausbreitung



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude

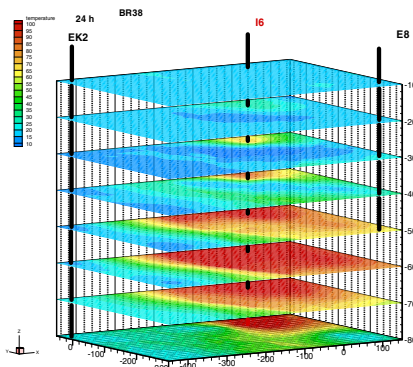


Symposium  
21.-22.11.2011

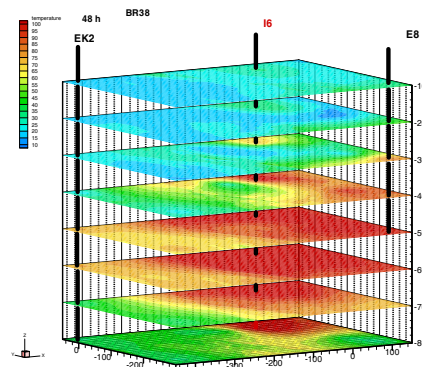
Kos/trö  
14



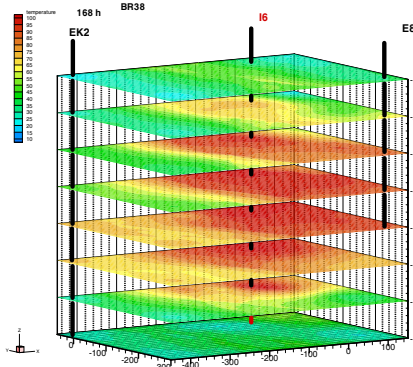
# Dampfausbreitung - Temperaturmessungen



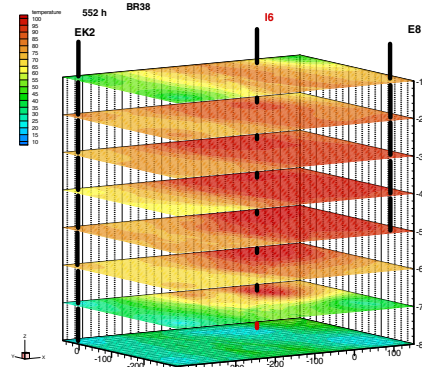
1 Tag



2 Tage



7 Tage



21 Tage

© VEGAS



lan

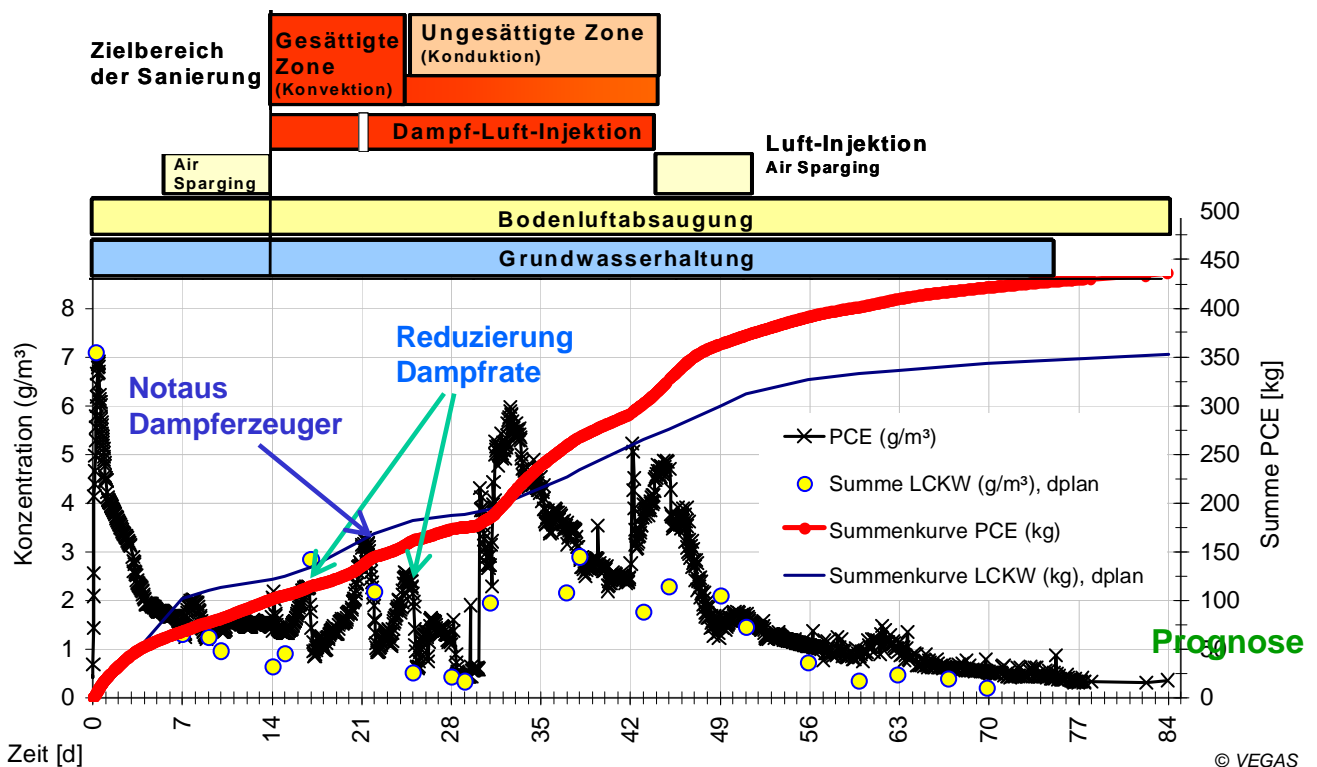
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
15

# Massenbilanz Schadstoffaustrag



© VEGAS



dplan

Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



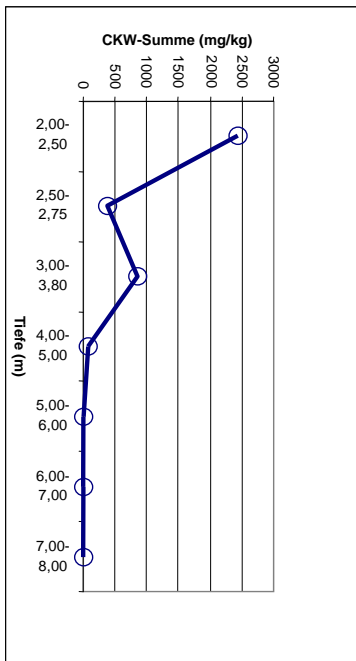
Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
16

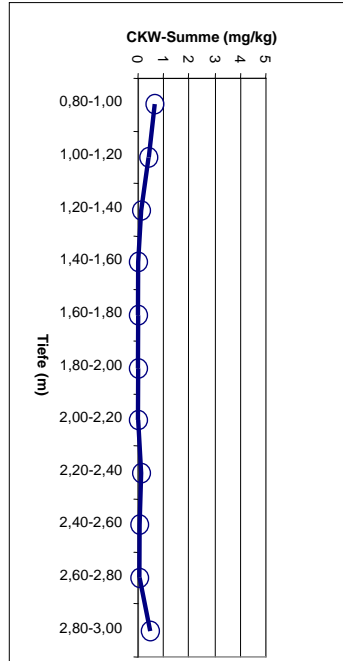


# Bodenproben vor & nach Pilot-Sanierung

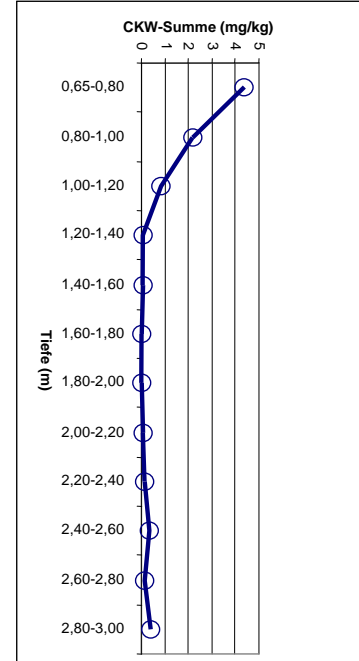
Sondierung Injektionsbr. I6  
vor Sanierung



Sondierung 1,5 m Abstand  
zu I6 nach Sanierung



Sondierung 3 m Abstand  
zu I6 nach Sanierung



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
17

## 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



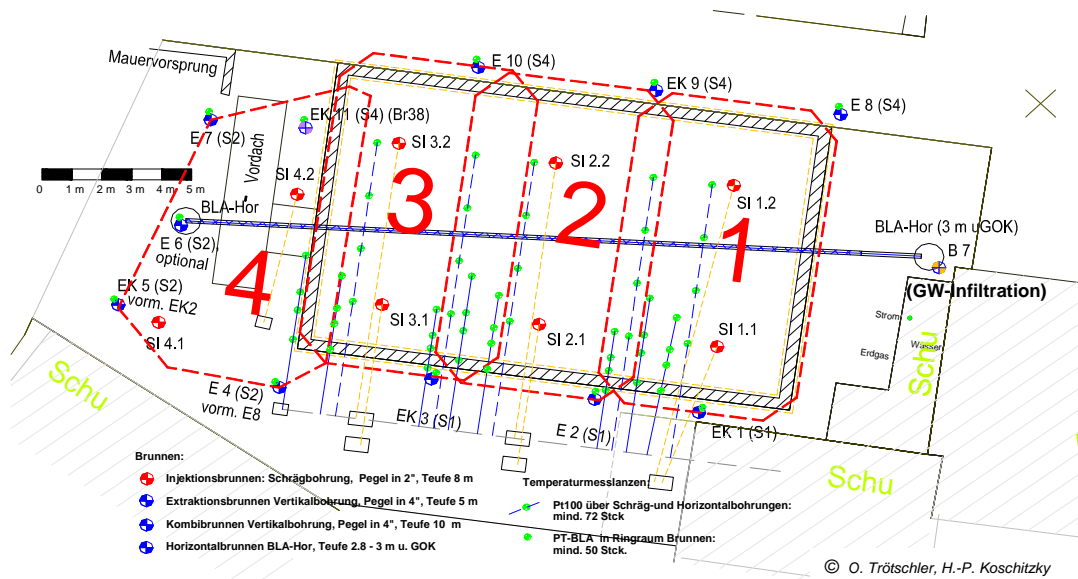
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
18

# Vorschlag für Gesamtsanierung



- Sanierungsdauer: 10 Monate = 4 x 6 Wochen DLI
- Budget: 600.000 EUR
- Thermische Sanierung von ca. 1.600 m<sup>3</sup> Boden
- 300 kW Dampf-Injektionsleistung

© VEGAS



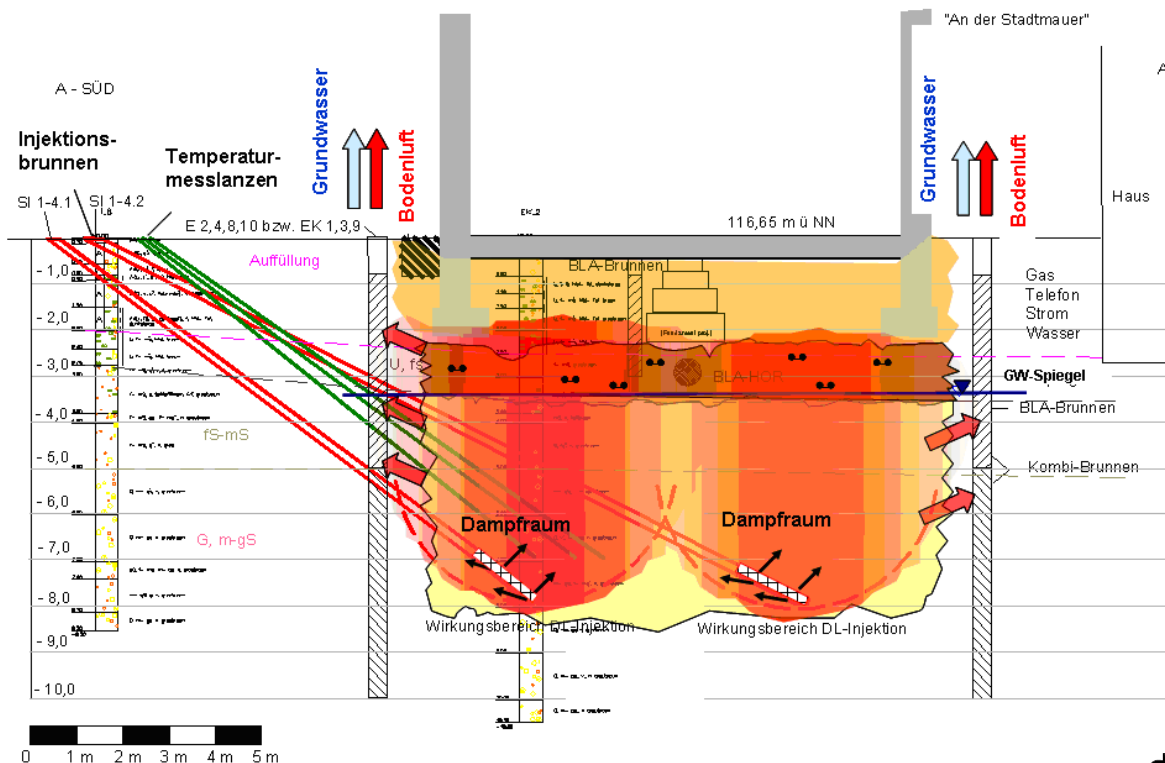
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
19

## Realisierung DLI unter dem Gebäude



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
20



## Sanierung analog Pilotierung in vier Phasen sukzessive in den vier Sanierungsfeldern

- (1) kalte Bodenluftabsaugung und Grundwasserförderung alle Felder (1 Woche)
- (2) Air-Sparging (je 1 Woche)
- (3) Dampf-Luft-Injektion, DLI (je 6 Wochen)
- (4) Abkühlphase: Air-Sparging, BLA und Grundwasserförderung (insgesamt 6 Wochen)

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
21

## Sanierungsüberwachung

### Datenerfassungssystem mit Online-Überwachung aller kritischen Anlagenparameter: Drücke, Temperaturen, Volumenströme (Dampf, Luft, Wasser) und Schadstoffkonzentrationen

- GC-PID zur kontinuierlichen Erfassung der CKW-Konzentrationen in der Bodenluft
- Kontrollanalytik des geförderten Grundwassers und Abwassers
- Temperaturmesssystem im Sanierungsfeld zur Bestimmung der räumlichen Wärmeausbreitung
- Erfassung der wesentliche Anlagenprozessparameter
- Raumluftüberwachungsanlage
- quasi-kontinuierlichen Prozess-Steuerung, räumliche und zeitliche Steuerung der DL-Injektion

© VEGAS



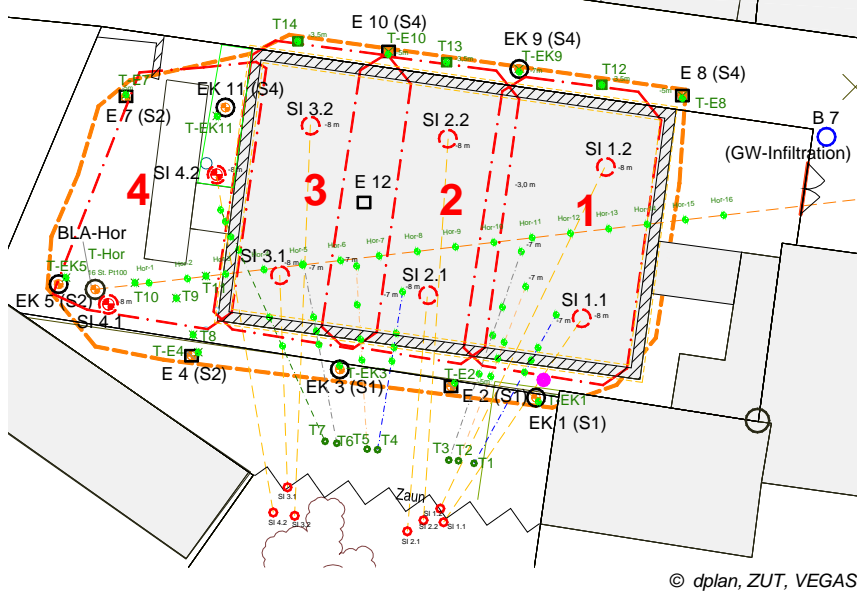
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
22

# Sanierungsausführung



➤ Ausführungsplanung und Ausschreibung: Standortgutachter dplan (& VEGAS)

➤ Auftraggeber: Stadt Karlsruhe

➤ Ausführung: Züblin Umwelttechnik

➤ Wissenschaftliche Begleitung/Beratung, Sanierungsüberwachung und -steuerung: VEGAS & dplan

➤ Begleitkreis RP-Ka, Stadt, LUBW...

Stadt Karlsruhe  
Umwelt- u. Arbeitsschutz



dplan  
dplan gmbh



© VEGAS



dplan

Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
23

## Sanierungssteuerung / Kriterien

### Steuerung / Bilanzierung

- Bestimmung / Überwachung der Dampfausbreitung mit ca.120 Temperatursonden im Feld
- Überwachung des Schadstoffaustrags in der abgesaugten Bodenluft über GC-PID

### Zwei Kriterien

1. Zieltemperatur von 92°C im Feld (gesättigte Zone) muss erreicht sein (Gemischsiedetemperatur Wasser-PCE)
2. Schadstoffgehalt in Bodenluftabsaugung muss abfallen und gegen konst. Wert gehen
  - ➔ Feld gilt als saniert
  - ➔ Umschalten auf das nächste Feld

© VEGAS



dplan

Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
24



# Projektverlauf geplant - ausgeführt

Stand 23.03.2010	Kalenderwochen 2009												Kalenderwochen 2010												Kalenderwochen 2011													
	Nov	Dez	Jan		Feb		Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar							
Anlagenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Bohrarbeiten / Brunnenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
T-Monitoring / Anlagenaufbau / Inbetriebnahme	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Thermische Sanierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Feld 1																																						
Feld 2																																						
Feld 3																																						
Feld 4																																						
Abkühlphase																																						
Rückbau																																						

Stand 03.03.2011	Kalenderwochen 2009												Kalenderwochen 2010												Kalenderwochen 2011													
	Nov	Dez	Jan		Feb		Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar							
Anlagenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Bohrarbeiten / Brunnenbau	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
T-Monitoring / Anlagenaufbau / Inbetriebnahme	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Thermische Sanierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Feld 1																																						
Feld 2																																						
Feld 3																																						
Feld 4																																						
Abkühlphase																																						
Rückbau																																						

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 25

## Bohrarbeiten und Brunnenbau



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude

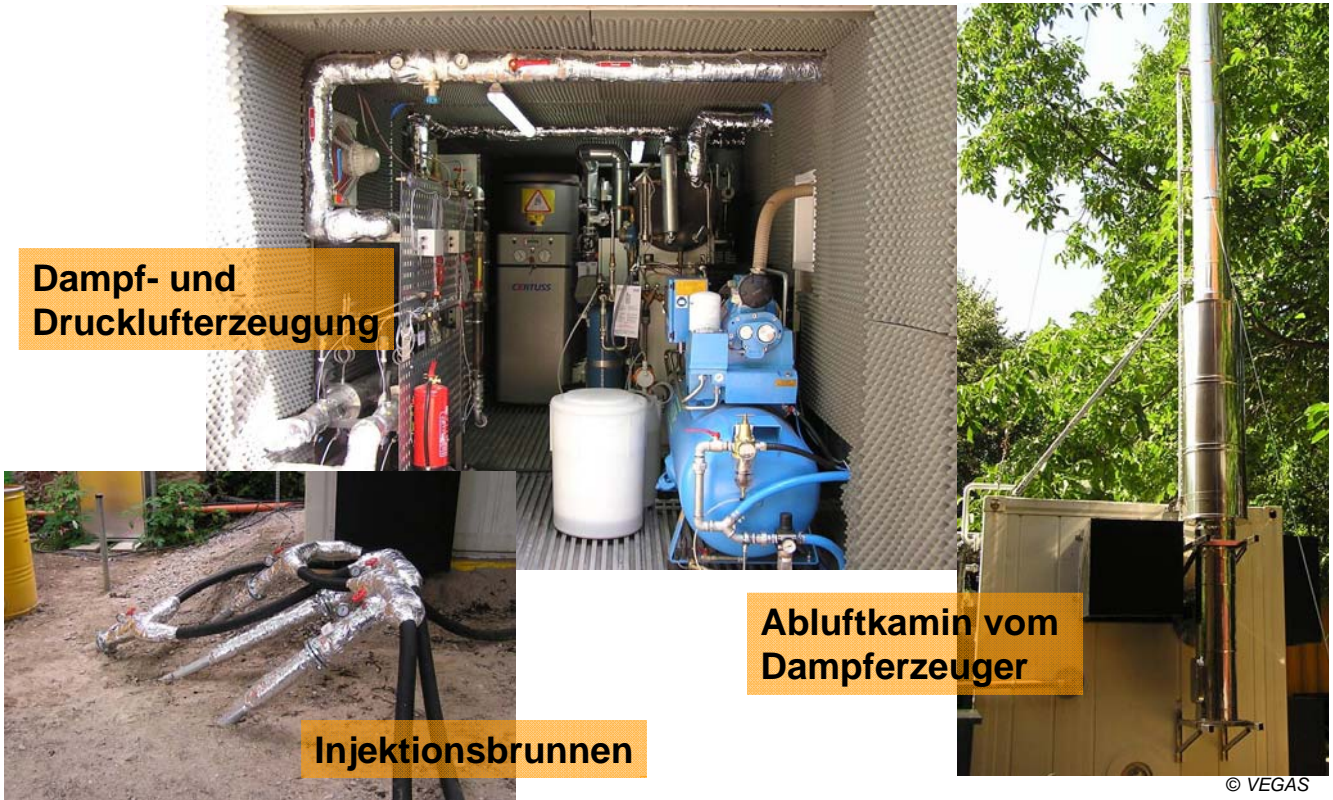


Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 26



## Betrieb Mai - Juli 2010



Dampf- und Druckluftzeugung

Abluftkamin vom Dampferzeuger

Injektionsbrunnen

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
27

## Betrieb Mai - Juli 2010



Grundwasserförderung, Bodenluftabsaugung und On-line-Datenerfassung

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
28





Grundwasserförderung, Bodenluftabsaugung mit A-Kohleaufbereitung

Abluftkamin BLA

Extraktionsbrunnen und Temperaturmessung

© VEGAS



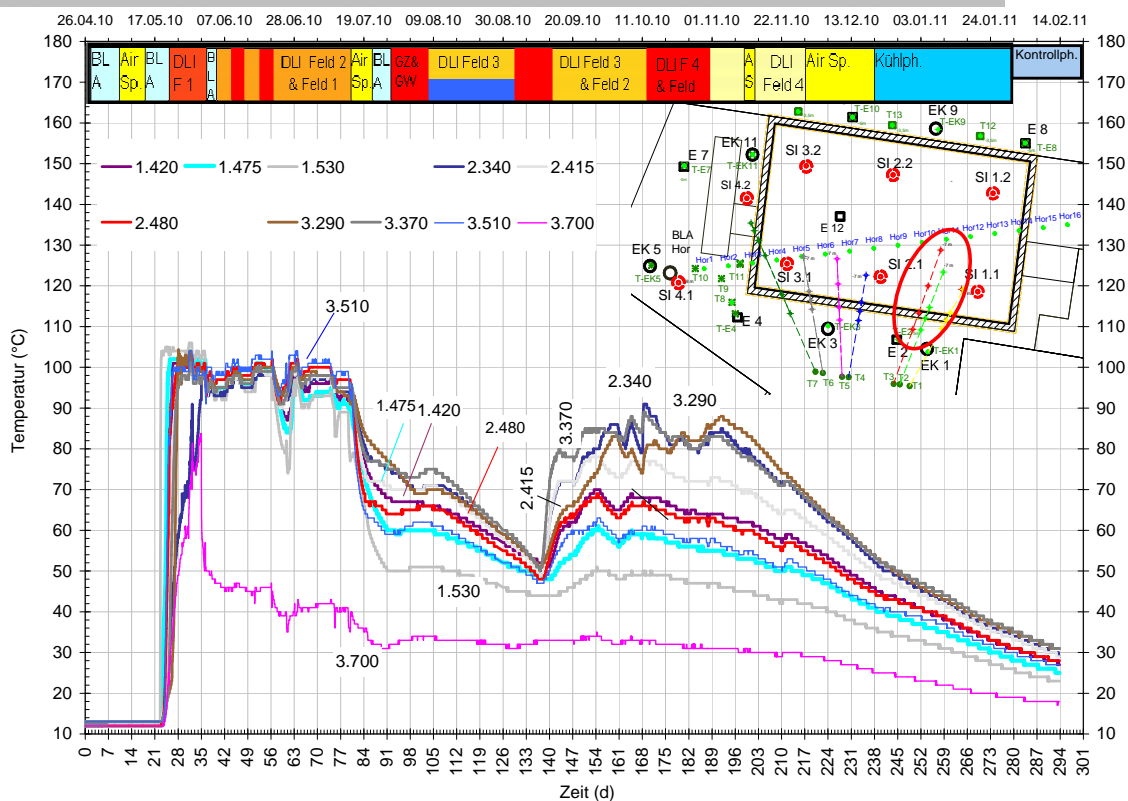
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 29

## Temperaturen im Sanierungsfeld 1



© VEGAS



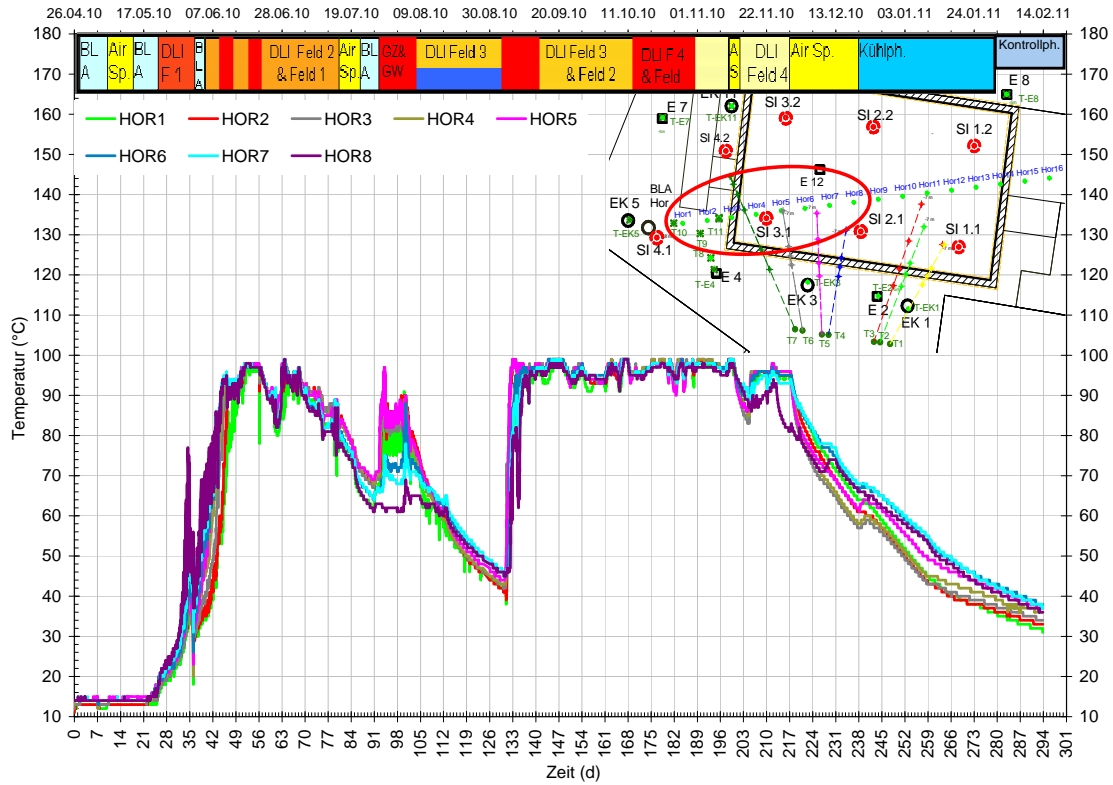
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium 21.-22.11.2011

Kos/trö 30

# Temperaturen im Horizontalbrunnen



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude

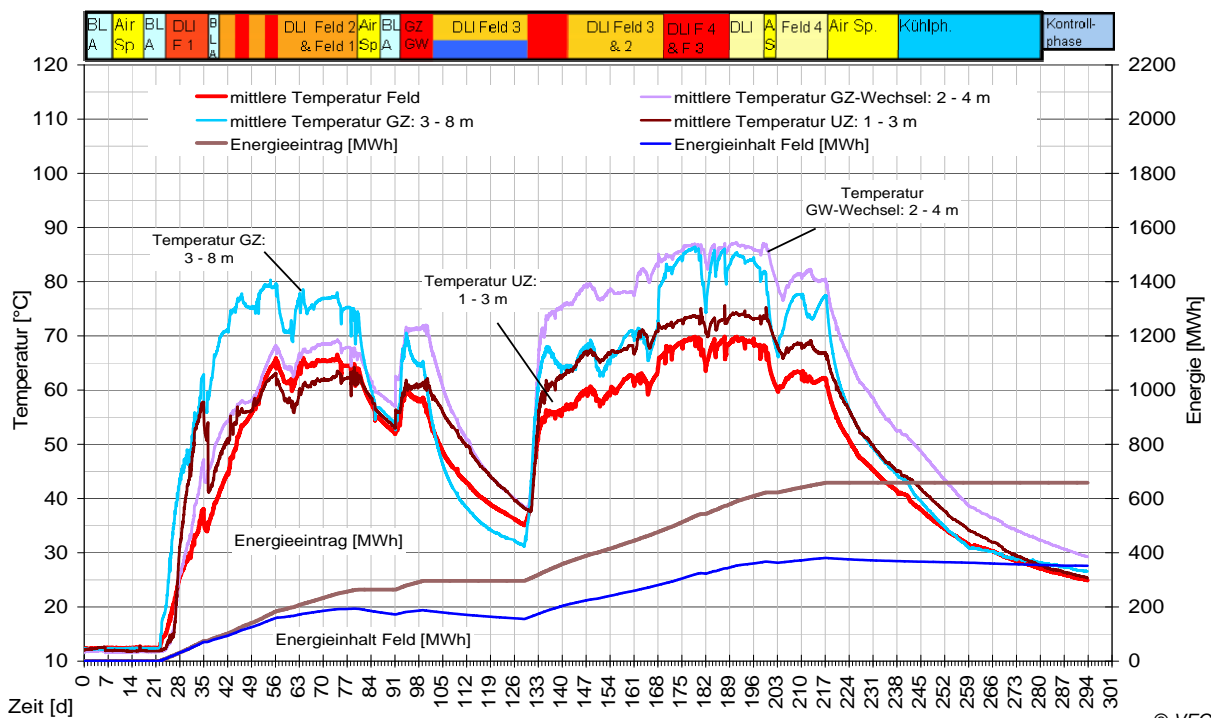


Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
31

# Mittlere Temperaturen im Sanierungsfeld

Energiebilanz + Temperaturentwicklung in Feldabschnitten (arithm. Mittel)



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude

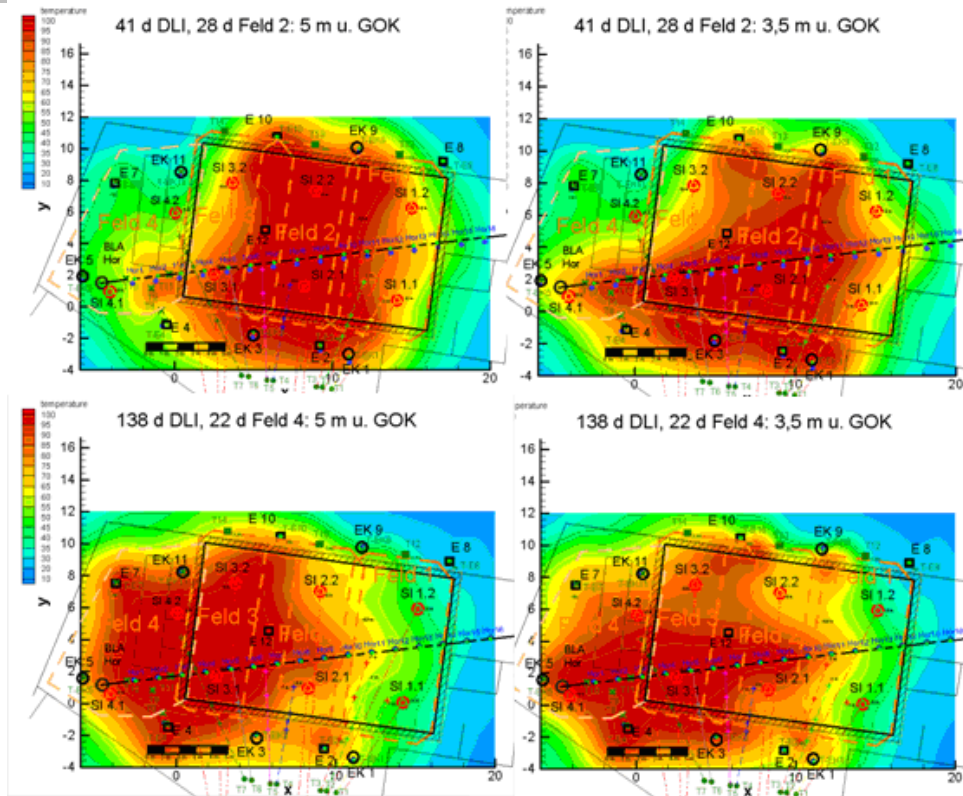


Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
32



# Temperaturausbreitung



© VEGAS



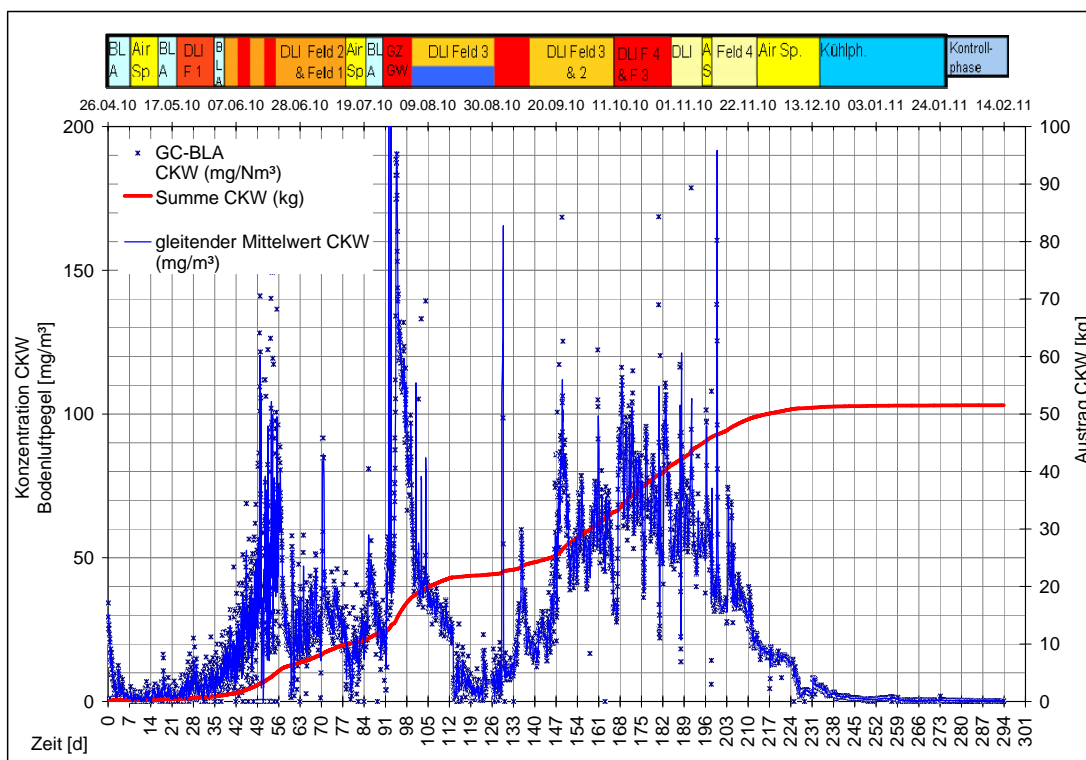
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
33

# CKW-Austrag über die Bodenluft



© VEGAS



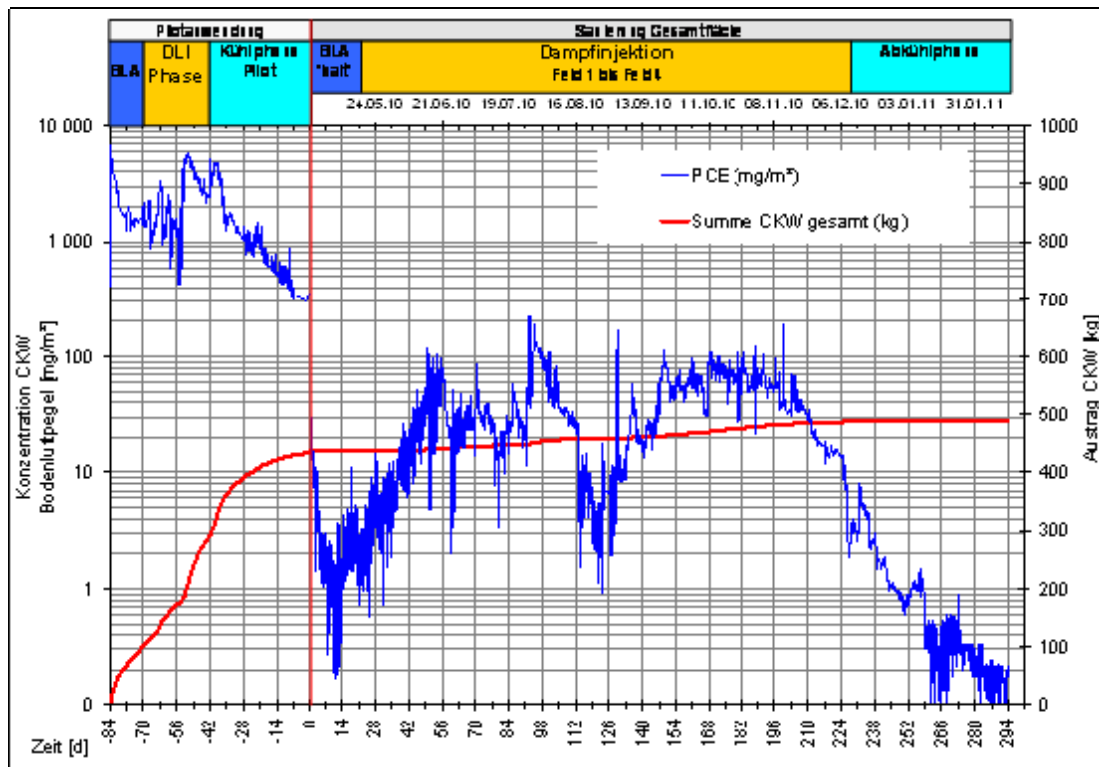
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
34

# Schadstoffaustrag Bodenluft



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
35

## Zusammenfassung / Kennwerte der Sanierung

- **Gesamtdauer** inkl. Bauarbeiten ca. 70 Wochen
- **Sanierungsdauer** 42 Wochen (ca. 30 Wochen DLI)
- **Schadstoffentfernung** 50 kg LCKW, (500 kg inkl. Pilotversuch)
- **Sanierungszielwerte** wurden erreicht  
(10 mg/m<sup>3</sup> in der Bodenluft, <math>< 10 \text{ µg/L}</math> im Grundwasser)
- **Drastischer Rückgang der Grundwasserbelastung**
  - vorher: 60.000 µg/L
  - aktuell: <math>< 1,0 \text{ µg/L}</math> bis n.n.
- **Rückgang der Raumluftbelastung**
  - vorher: LCKW bis 10 mg/m<sup>3</sup>
  - während und nach Sanierung: LCKW = 0 mg/m<sup>3</sup>
- **Kosten** Auftragswert: ca. 600.000 €
  - 25% Bauleistung
  - 25% Verbrauchsstoffe (Hauptanteil Gas zur Dampferzeugung)
  - 50% Anlagenbau + Sanierungsbetrieb
  - Spezifische Betriebskosten ca. 180 €/to Boden (Anhaltswert)
- **Energiebilanz** 470 kWh/m<sup>3</sup> Boden (84% thermisch; 16% elektrisch)  
Gesamtverbrauch: 780 MWh (thermisch aus Primärenergie), 153 MWh elektrisch

© VEGAS



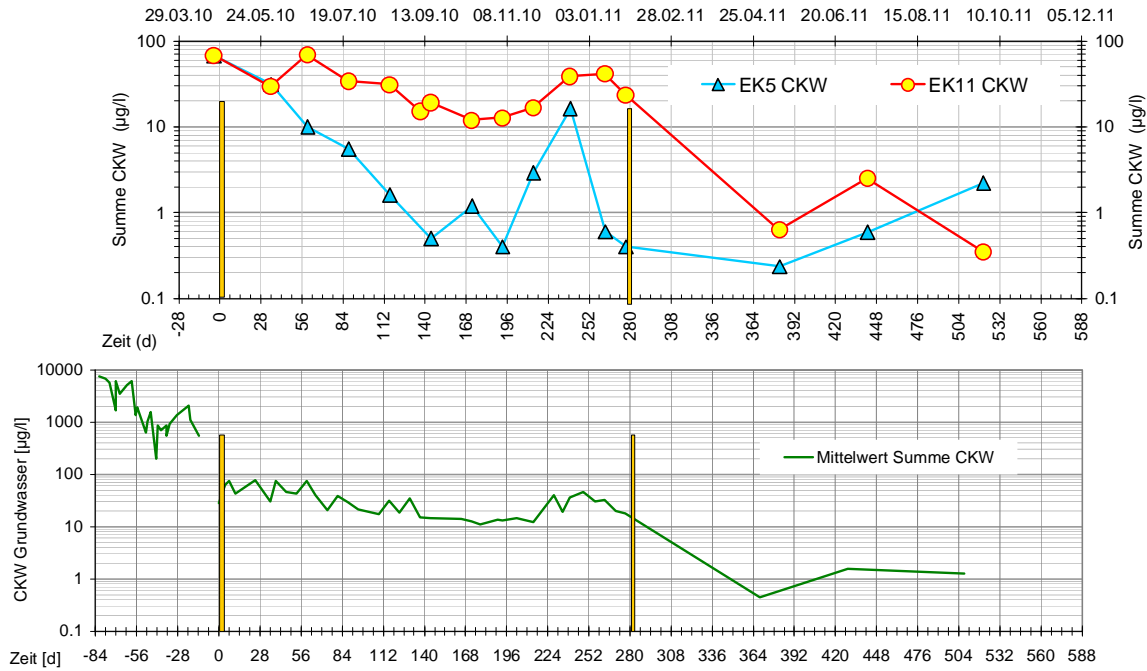
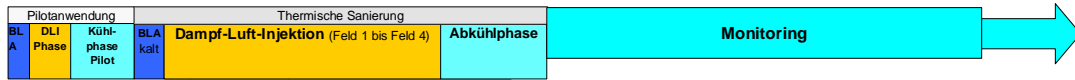
Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
36

# Entwicklung der CKW - Konzentrationen im Grundwasser



© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
37



Standort heute  
(15.11.2011)



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
38





**Standort heute**  
(15.11.2011)



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
39

## Aktuelle zusammenfassende Darstellung

**ÖVA-Sanierungsreport** SR 001  
Oktober 2011

ÖVA-Reports stellen die Akzeptanz und den Einsatz von innovativen Technologien in der Sanierung von kontaminierten Standorten in Österreich unter realen Marktbedingungen dar. Für weitere Informationen zum ÖVA-Report und als Sanierungsreport unter [www.övalabs.com/ausstellung](http://www.övalabs.com/ausstellung) der Informations-Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

**CKW-Boden- und Grundwasseranierung unter einem historischen, bewohnten Gebäude mittels Dampf-Luft-Injektion ins Grundwasser**



Abbildung 1: Sanierungsanlage vor dem ehemaligen Schlachthaus

### 1. ENLEITUNG | ÜBERBLICK

Mitten in der Altstadt von Karlsruhe-Durlach befindet sich unterhalb der Räumlichkeiten einer ehemaligen Chemischen Reinigung das Schadenszentrum eines CKW-Schadens (v. a. PCE), der sich über die ungesättigte bis in die gesättigte Zone erstreckt.

Im Rahmen eines Vorversuchs (Pilotanwendung) des innovativen Verfahrens der Dampf-Luft-Injektion (DLI) zur Prüfung der Durchführbarkeit und der optimalen Auslegung im Jahr 2005 sowie der anschlie-

ßenden Sanierung im Jahr 2010 konnten rd. 500 kg CKW aus der gesättigten und der ungesättigten Zone entfernt werden.

Die Sanierungsfälle betrug rund 220 m<sup>3</sup> unterhalb einer ehemaligen chemischen Reinigung und dem Gebäudeminnerhof; die vertikale Ausbreitung des Schadens konnte auf 7 m a. GOK eingegrenzt werden. Das denkmalgeschützte Gebäude wird im Erdgeschoß als Atelier genutzt, der oberen Stockwerke sind bewohnt.

CKW-Boden- und Grundwasseranierung unter einem historischen, bewohnten Gebäude mittels Dampf-Luft-Injektion ins Grundwasser

118

**ÖVA-Sanierungsreport** SR 001  
Oktober 2011

### 10. PROJEKT BETEILIGTE

**Auftraggeber:** Stadt Karlsruhe / Umwelt- und Arbeitsschutz Frau Parkhöflein  
**Planer:** d+plan GmbH derzeit-lobbingerleki Ingenieur- und Umweltplanung Herr Denzel  
**Ausführender Generalunternehmer:** Züblin Umwelttechnik GmbH Herr Hetzer  
**Wissenschaftliche Begleitung:** Universität Stuttgart / Versuchsanstalt zur Grundwasser- und Altlastensanierung (VEGAS) Herr Trötschler, Herr Koschitzky

### 11.3 EXPERTEN-PANEL DER „TECHNOLOGIEPLATTFORM“

Ziel von ÖVA-Sanierungsreports ist, einen zeitnahen Informationstransfer zum erfolgreichen Einsatz innovativer Verfahren zu ermöglichen. Auf Basis der vorliegenden Informationen ist die dargestellte Anwendung als vorbildlich zu beurteilen, was durch intensive wissenschaftliche Begleitung und gute Interaktion aller Beteiligten begründet ist. Seitens des ÖVA wurde mit der Behörde deren Ansicht zum Sachstand kurz erörtert und ein Experte konnte im Zuge der laufenden Sanierung einen Ortsaugenschein durchführen.

Mit Dampf-Luft-Injektionen in der wassergesättigten Bodenzone steht eine neue Technologie zur Verfügung, die im Vergleich zu bisherigen Lösungen („pump& treat“) eine rasche Dekontamination am Schadensherd ermöglicht. Die Technologie kann unter Beachtung möglicher Setzungen auch bei bestehender Bebauung eingesetzt werden.

Auch unter engen in Österreich häufigen hydrogeologischen Standortbedingungen ist eine Anwendung möglich. Eine hydraulische Abstomsicherung wird auch für Österreich als Grundvoraussetzung für die Genehmigung des Verfahrens gesehen. Das gegenständliche Beispiel zeigt, dass eine in-situ-Technologie entwickelt wurde, die bei entsprechenden Standortvoraussetzungen sowie sorgfältiger Planung und Begleitung eine wirksame Dekontamination ermöglicht.

### 11. ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG

#### 11.1 STANDORTSEIGENTUM, BEHÖRDE UND BETEILIGTE SACHVERSTÄNDLICHE

Für die Stadt Karlsruhe als Grundstückseigentümer war bei der Entscheidung für das Verfahren sowohl die kurze Sanierungsdauer als auch der wirtschaftliche Vorteil im Vergleich zu anderen Verfahren ausschlaggebend.

Auch die Eignung vor dem Hintergrund der schwierigen baulichen Randbedingungen (Altstadtlage, enge Wohnbebauung, Denkmalschutz) spielte eine Rolle. Des Weiteren wurden langjährige Nutzungseinschränkungen wie z.B. bei pump& treat-Maßnahmen vermieden. Durch die gute Zusammenarbeit und das hohe Engagement aller Beteiligten konnte die Sanierung innerhalb der zeitlichen und finanziellen Vorgaben erfolgreich abgeschlossen werden.

#### 11.2 PLANER

Die Anwendung innovativer Verfahren gelingt nur mit einem hohen Maß an Einsatzbereitschaft aller Beteiligten. Die Vorschaltung eines Pilotversuchs, neben der breit angelegten Information der Betroffenen im Vorfeld, war hier wesentlich für die Akzeptanz des Verfahrens. Die zeitlichen und finanziellen Vorteile des Verfahrens waren maßgebliche Parameter für die Auswahl des Verfahrens zur Sanierung der räumlich abgegrenzten Schadstoffquelle. Jede Anwendung des Verfahrens bedarf sicherlich einer standortspezifischen, detaillierten Untersuchung der Machbarkeit.

CKW-Boden- und Grundwasseranierung unter einem historischen, bewohnten Gebäude mittels Dampf-Luft-Injektion ins Grundwasser

118

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
40

# Dampf-Luft-Injektion: von der Forschung zur Anwendung

## Technologie-Transfer durch Pilot Anwendungen 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
- 2005 Durlach ehemalige chemische Reinigung (GZ, vadose, UZ):**  
CKW (PER) in schluffig, sandigem Kies mit Schlufflagen (bis -9 m)  
→ 2010/2011 Gesamtsanierung erfolgreich abgeschlossen
- 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)  
→ 2011 Anlagenaufbau läuft derzeit

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
41

## Zum guten Schluss

**Dank an alle Beteiligten für die sehr gute  
und vertrauensvolle Zusammenarbeit**

**Danke für Ihr Interesse**

**Gerne beantworten wir Ihre Fragen**

[hans-peter.koschitzky@iws.uni-stuttgart.de](mailto:hans-peter.koschitzky@iws.uni-stuttgart.de)

<http://www.vegas.uni-stuttgart.de>

Dr.-Ing. Hans-Peter Koschitzky & Oliver Trötschler  
VEGAS, Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und  
Altlastensanierung, Universität Stuttgart

© VEGAS



Thermische In-situ-Sanierung eines CKW-Schadens  
unter einem denkmalgeschützten Gebäude



Symposium  
21.-22.11.2011

Kos/trö  
42