

In-situ Altlastensanierung im dicht bebauten innerörtlichen Bereich – Erkenntnisse und Empfehlungen

Jens Gessner
Bernd Strobehn



Michael Wolf

Regierungspräsidium
Darmstadt



Oliver Trötschler



Dr. Volker Schrenk



29.06.2021

Agenda



- Sichtweise der Genehmigungsbehörde und Standortvorstellung
- Eingesetzte Sanierungsverfahren
 - DLI-Sanierung
 - ISCO-Sanierung
- Sanierung im innerörtlichen Bereich
- Erkenntnisse und Empfehlungen

Sichtweise der Genehmigungsbehörde und Standortvorstellung

Sichtweise Genehmigungsbehörde

- Fa. Dr. Büscher und Gausmann 1954 bis 1976:
Herstellung Korrosionsschutzmittel, Lagerung LHKW, Destillierapparate zur Aufbereitung von Tri- und Tetrachlorethen (TCE, PCE), Fassreinigung.
- Umwelttechnische Untersuchungen der Stadt Oberursel:
Bis 4.200 mg/m³ LHKW Bodenluft und 680.000 µg/l LHKW Grundwasser.
- Überschreitungen der 2. BImSchV für Tetrachlorethen in Wohnräumen / Keller in der Raumluft.
- Handlungsstörer ist Fa. Büscher und Gausmann, jedoch Löschung der OHG zum 18.09.1975. Ein Rechtsnachfolger wurde nicht gefunden.
- Sanierungsverantwortliche war nun die Stadt Oberursel als Eigentümerin des Grundstückes.

Sichtweise Genehmigungsbehörde

- Vertiefende Untersuchungen/Machbarkeitsstudien durch die Stadt Oberursel:
 - LHKW-Verunreinigungen bis ca. 14 m unter GOK
 - Sanierungskonzept mit oberflächennaher Aushubsanierung und Dampf-Luft-Injektion (DLI)
 - Beide Verfahren werden der denkmalgeschützten Bebauung und den engen Platzverhältnissen gerecht.
- Zustimmungsbescheid Regierungspräsidiums (RP) Darmstadt vom 14.02.2012 zur DLI-Sanierung des Grundstücks
Sanierungsziele: < 25 mg/m³ LHKW bei 25 °C in der Bodenluft
< 10 µg/l LHKW im Grundwasser.
- Am 19.10.2017 Festlegung des Abschaltkriteriums für die DLI von 135 mg/m³ LHKW bei 60°C. Grund: Es dauert mehrere Monate, bis der Boden wieder Normaltemperatur erreicht.

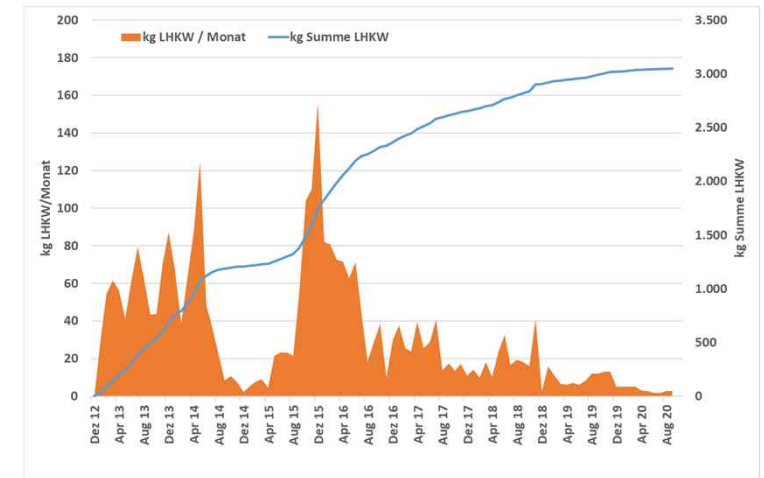
Sichtweise Genehmigungsbehörde

- Das Abschaltkriterium entspricht nach einem eigens hierfür entwickelten Algorithmus dem Sanierungszielwert von 25 mg/m^3 bei 25°C . Das Abschaltkriterium wurde im Sommer 2019 in fast allen Absaugbrunnen erreicht. Mit Zustimmung des RP wurde die DLI zum 31.07.2019 abgeschaltet.
- Es erfolgten monatliche Raumluftmessungen in mehreren Gebäuden und dessen gutachterliche Bewertung. Der festgelegte Eingreifwert von $100 \mu\text{g}$ Summe LHKW/ m^3 und der vom Ausschuss für Innenraumrichtwerte (AIR) ausgewiesene „risikobezogene Leitwert“ von $20 \mu\text{g/m}^3$ für Trichlorethen wurde im Verlauf der Sanierung nicht mehr überschritten.
- Durchführung von über 60 Baubesprechungen mit Regierungspräsidium Darmstadt, Stadt Oberursel, Gesundheitsamt, CDM Smith Consult GmbH und VEGAS.



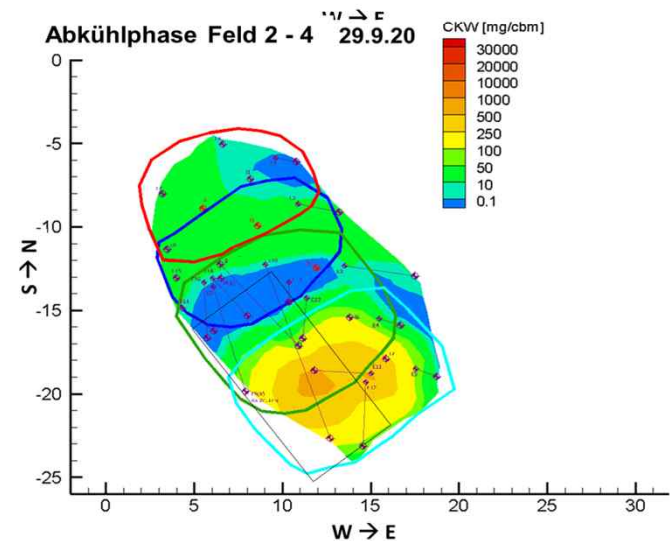
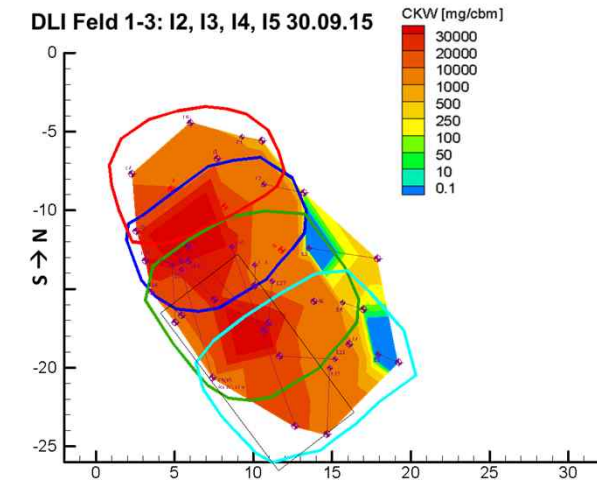
Sichtweise Genehmigungsbehörde

- Am 19.11.2020 Antrag auf Beendigung der Sanierung. Mit RP-Bescheid vom 22.12.2020 konnte die DLI-Sanierung abgeschaltet werden: Die extrahierte Menge von ca. 3-4 to LHKW zeigt, dass die Sanierung von Boden und Grundwasser dringend erforderlich war.
- Mit variierenden Sanierungsmethoden und Anpassungen der Anlagentechnik wurden eine umfassende Dekontamination erreicht.
- Die angewandten Verfahren waren also geeignet, dem Sanierungsziel so nahe wie möglich zu kommen. Weitere Maßnahmen waren demzufolge nicht angemessen.



Sichtweise Genehmigungsbehörde

- Wegen erhöhter LHKW-Gehalte unterhalb des betroffenen Wohnhauses wird als Sicherungsmaßnahme und aus Vorsorgegründen weiterhin abgesaugt, bis Sanierungsziel $< 25 \text{ mg/m}^3$ LHKW erreicht ist.
- Die Sanierungsmaßnahmen sind in der Altflächendatei dokumentiert:
 - Vorderes Grundstück Status „Altlast – In der Sanierung (Sicherung)“ wegen noch laufenden Sicherungsmaßnahmen.
 - Hinteres Grundstück Status „Sanierung (Dekontamination) abgeschlossen“.

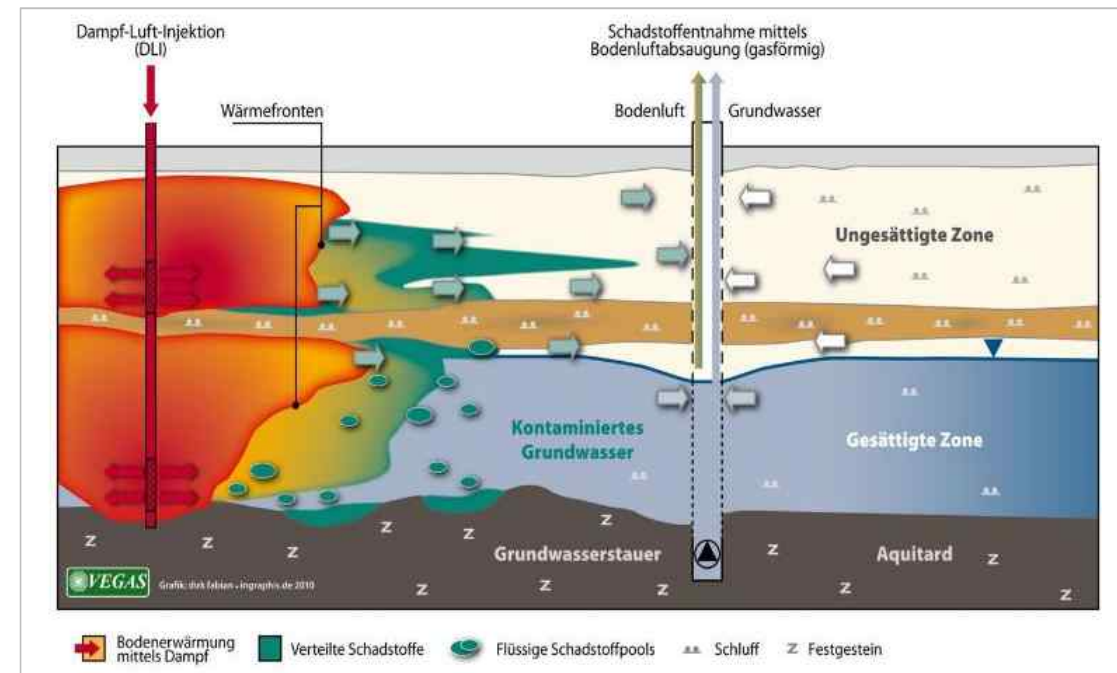


Eingesetzte Sanierungsverfahren

- DLI-Sanierung

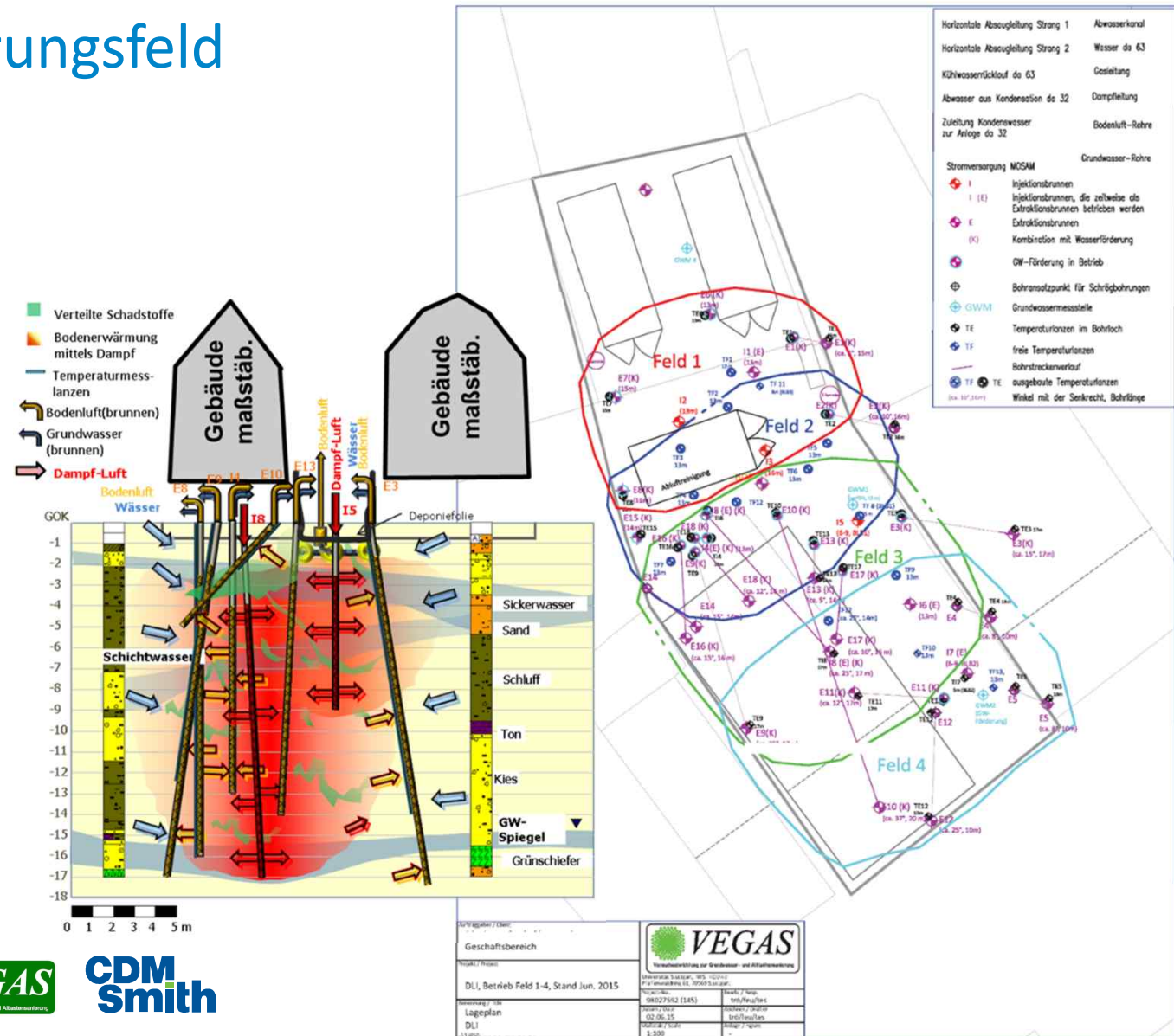
Sanierungstechnologie DLI am Standort

- Erwärmung durch Dampfausbreitung:
 - Verdampfen der Schadstoffe *ab 78°C (Gemischsiedetemperatur)*
 - Transport der Schadstoffe in die ungesättigte Bodenzone
- Absaugung der Schadstoffe über Bodenluftbrunnen
- Förderung von Grundwasser und Kondensat:
 - Schutz vor Schadstoffverfrachtung
- Steuerung der Sanierung über
 - Kontrolle der Temperatur
108 Temperaturmessstellen
 - Kontrolle des Schadstoffaustrags
*Online GC-PID (8-Kanal) und
2 - 4 wöchige Kontrollmessungen*



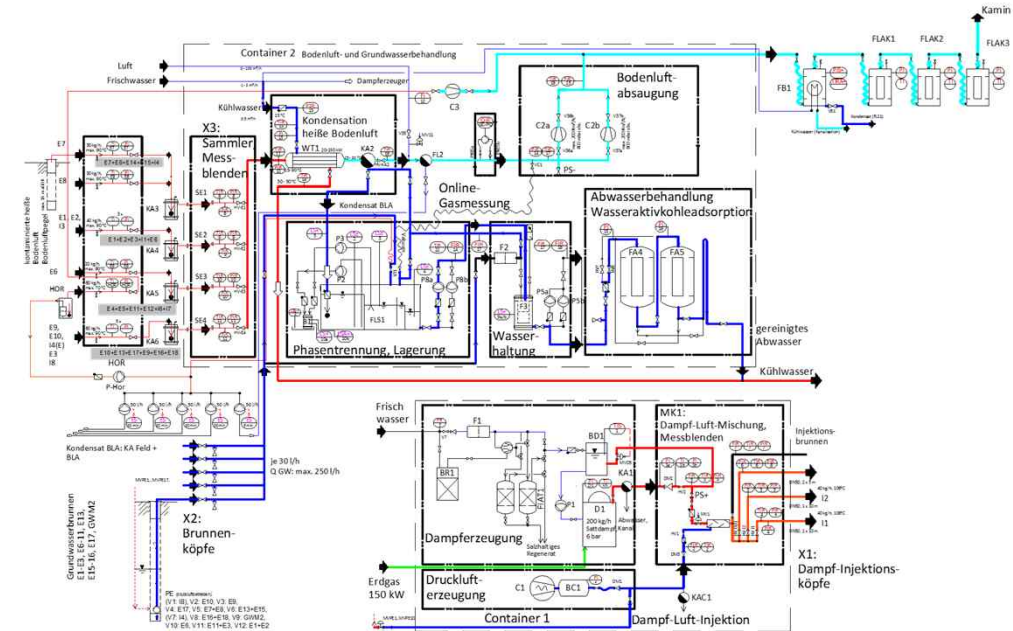
Erschließung Sanierungsfeld

- 8 Injektionsbrunnen
3 – 13 m Tiefe
- 18 +2 BLA-Brunnen
2 – 13 m Tiefe
- GW-Stand 11,5 – 13 m u. GOK
- Sicker- und Grundwasserförderung an 17 Brunnen
- Pneumatische Sicherung Sanierungsfeld: CO₂-Gastracertest und Unterdruckmessungen im Umfeld während Betrieb



Anlagentechnik DLI am Standort

- Komplette Anlagentechnik in zwei Containern
- Dampf-Luft-Erzeugung bis 150 kW Leistung
- Förderung von Grund- und Sickerwasser, Kondensat bis 90°C mit 100 - 200 L/h – Einsatz pneumatisch betriebene Pumpen
- BLA mit 120 – 180 m³/h bei 150 mbar Unterdruck
- Abluftreinigung über dreistufige LKA
- max. 45 dB Lärmemission
- Anlage vollständig fremdgesteuert, Verfügbarkeit > 98%

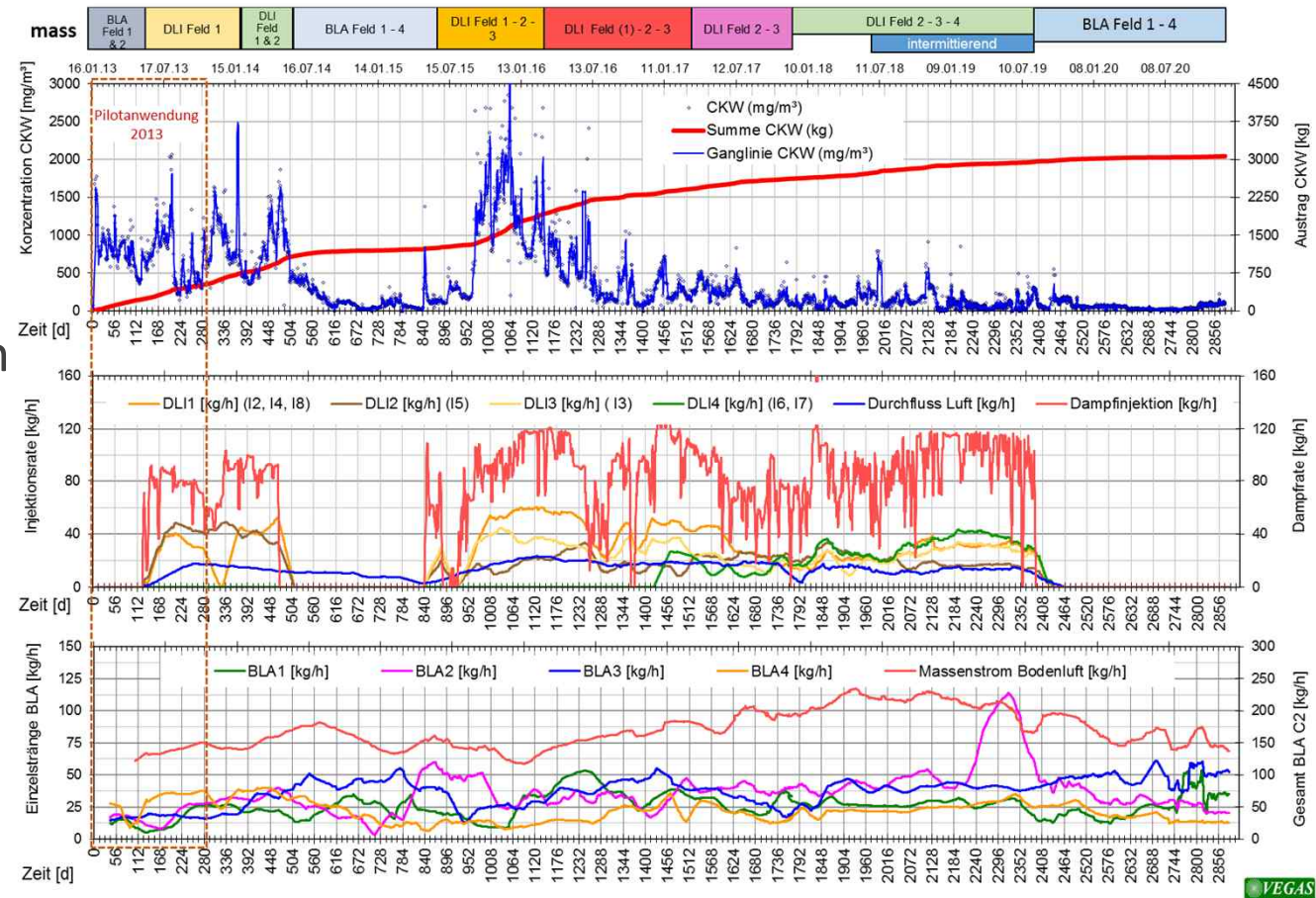


Eine Pilotanlage zur Vollsanieung eingesetzt

- Dampf-Luft-Injektion mit 60 – 100 kW - „3 Monate 1.200 m³ Boden mit 150 kW“
- Förderung von Grundwasser/Sickerwasser/Kondensate bis 100°C über Pneumatikpumpen
 - eigene Entwicklung: Doppelschlauchpumpen pneumatisch betrieben,
 - ca. 1 -2% der Schadstoffe fallen über Kondensat an.
- Absaugmenge 120 – 180 m³/h mit 150 mbar Unterdruck und 6 – 8 m Reichweite über CO₂-Gastracertest nachgewiesen während Pilotanwendung bzw. Überwachung durch Bodenluftpegel im Umfeld.
- Online-3D Darstellung der Temperatursausbreitung
 - Optimierung Energieeinsatz: 50 kW zur Temperaturkonstanz bei 200 m³ Boden
 - Kontrolle LHKW in Rohluftsträngen, gesammelte Rohluft und dreistufige LAK.

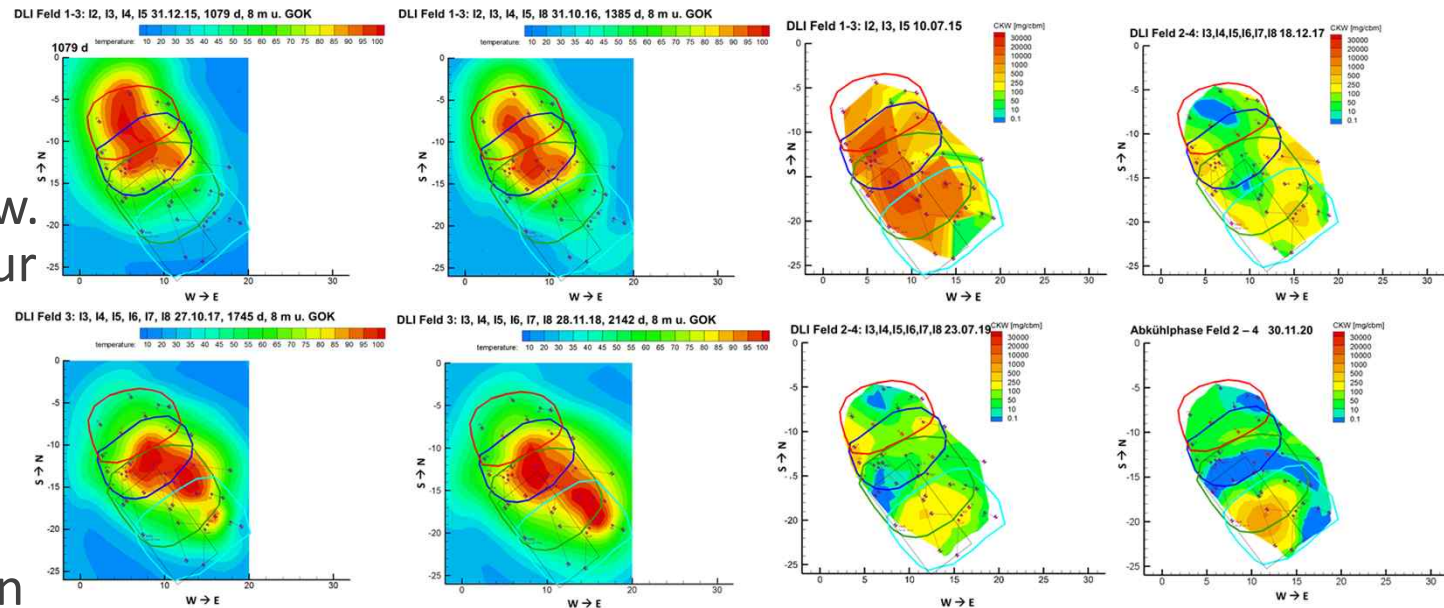
Massenströme und Schadstoffaustrag

- Bereits 250 kg LHKW während kalter BLA entfernt
- 750 kg LHKW nach Pilotanwendung
- Mehr als 2.000 kg LHKW aus Feldabschnitt 1 und 2 im Norden
- 12 Monate Injektionsstopp aus Vorsorgegründen
- Effizienter Austrag über 30 Monate Dauer
- > 16 Monate Abkühlphase.



Temperaturen und Schadstoffverteilung

- Erwärmung in Abschnitten von Nord nach Süd mit Ausbildung geschlossener Dampfraum.
- Unterhalb Wohngebäude bzw. im Südwesten Erwärmung nur auf 75°C.
 - verlängerte Anwendung mit verbliebener Restkontamination
 - Erschließung von Westen technisch nicht umsetzbar.
- Alle Bereiche mit Temperaturen über 80°C effektiv saniert.

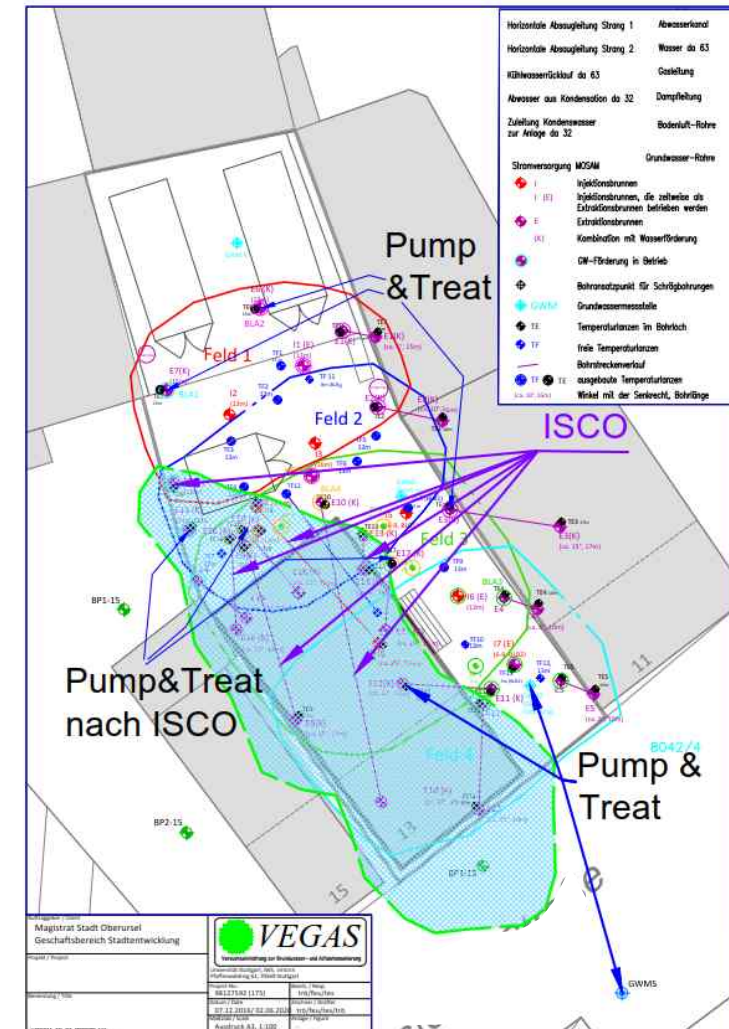
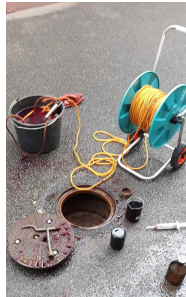


Eingesetzte Sanierungsverfahren

- ISCO-Sanierung

Die ISCO-Sanierung

- Im Sanierungsfeld Belastungen des Grundwassers mit LHKW: Gefahr einer Rekontamination der ungesättigten Bodenzone
- Durchführung einer ISCO-Sanierung mit Natriumpermanganatlösung unter Nutzung der Sanierungsinfrastruktur
- Zugabe von rund 9 m³ ca. 8 %ige Permanganatlösung
- Steuerung der Verteilung des Reagenz über Pump & Treat und Überwachung ISCO-Sanierung über Grundwassermonitoring.

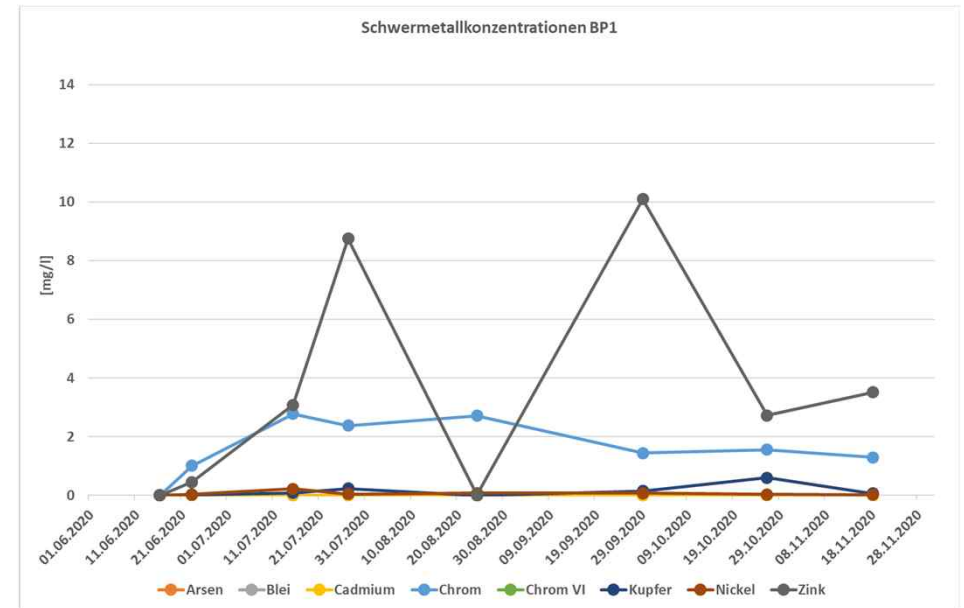


- ISCO-Sanierung hat zu einer deutlichen Reduktion der LHKW-Konzentration im Aquifer im Einwirkungsbereich geführt.



Die ISCO-Sanierung

- Anstieg Schwermetallkonzentrationen infolge der Mobilisierung von geogen vorhandenen Schwermetallen
- Rückgang der Schwermetallkonzentrationen mit Aufbrauch Oxidationsmittel / Adsorption
- Die Schwermetallkonzentrationen im Aquifer sind räumlich lokal begrenzt.



Fazit

- Schätzungsweise bis zu 200 kg an LHKW konnten durch ISCO-Sanierung beseitigt werden.
- Stellenweise wurde wieder ein Anstieg an LHKW beobachtet, was auf Phase im Aquifer außerhalb des Sanierungsbereichs schließen lässt.

Sanierung im innerörtlichen Bereich

Überwachungskonzept

Sanierungen im innerörtlichen Bereich erfordern ein umfassendes Überwachungskonzept, im vorliegenden Fall:

- Raumlufthmessungen (seit 2013 rund 1.600 Messungen)
 - ORSA-Sammler
 - Aktive Raumlufthmessungen
 - Einsatz von Raumlufthreinigungsgeräten
- Außenlufthmessungen
 - Radiello©-Messungen
- Bodenlufthmessungen
 - Bodenlufthboxen
 - Bodenlufthpegel
- Grundwassermessungen



Öffentlichkeitsarbeit

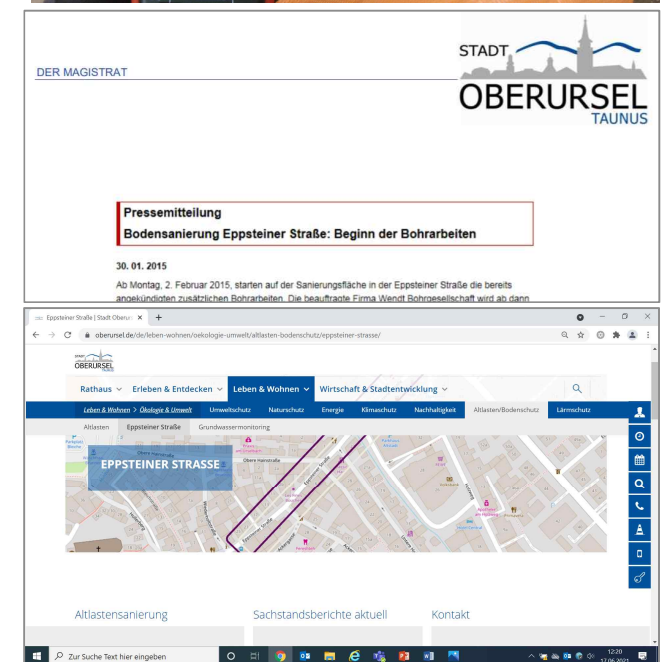
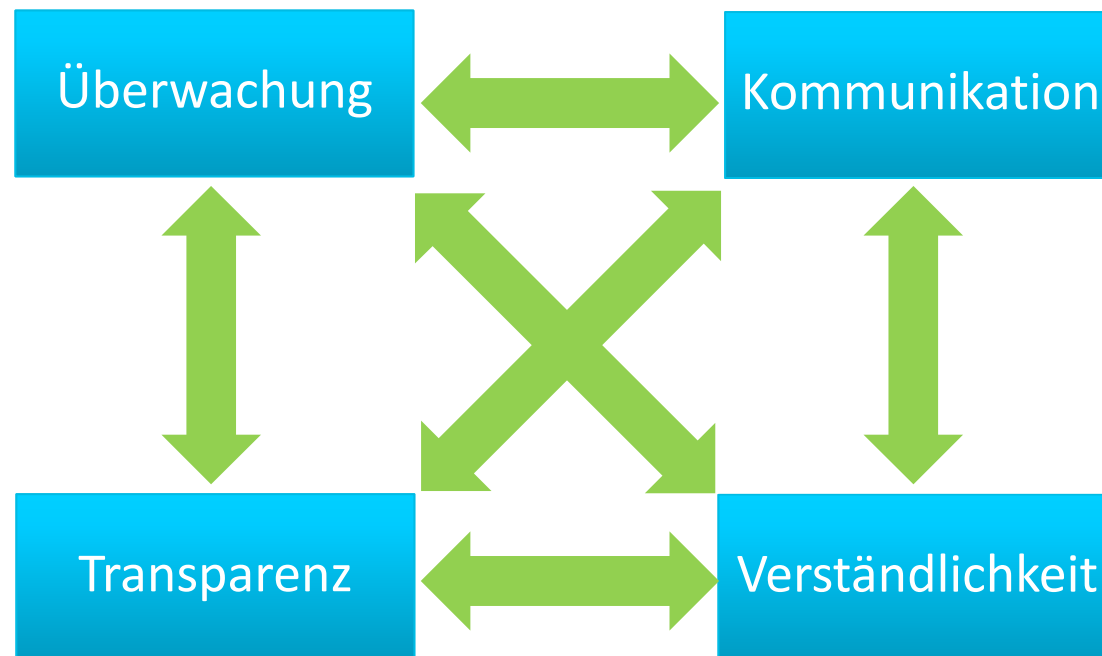
- Einrichtung eines Bürgerinformationsbüros
- Anwohnerveranstaltungen
- Erstellung von Quartalsberichten
- schriftliche Beantwortung von Bürgerfragen
- Anwesenheit bei Akteneinsicht der Kritiker des Sanierungsverfahrens und Beantwortung von Fachfragen
- Proaktive Pressearbeit
- Eigene, aktuelle Projekthomepage

Herausforderung: verständliche Darstellung komplizierter naturwissenschaftlicher Vorgänge

Sachstandsbericht Bodensanierung Eppsteiner Straße	
Berichtszeitraum:	01.01.2018 – 31.03.2018
Betriebsweise:	Vier Sanierungsabschnitte (Felder 1-4), von Nord nach Süd abschnittsweise zu sanieren. Sanierungsabschnitte 2 und 3 waren am höchsten kontaminiert. (1) Bodenluftabsaugung (BLA) über vier Absaugstränge mit 23 Brunnen und Flachendrainage, Absaugrate: z.Zt. 150 - 160 m³/h Bodenluft, Drainage 30 m³/h. (2) Dampf-Luft-Injektion (DLI) ab 07.05.2015 an I2, I3, I5; seit 09.09.2015: I4; seit 16.02.2016: I2, I3, I4, I5 und I8; seit 7.12.2016: I6, I7; am 18.01.2017: Einstellung DLI an I2 (Feld1); seit 20.02.2018: intermittierende DLI (10 h Dampfingabe, 2 h Unterbrechung bei permanenter Bodenluftabsaugung). (3) Schicht- und Sickerwasserförderung über 17 Brunnen, im März: rund 198 l/h, ca. 10 l/h Kondensat aus Bodenluft, Wasserförderung im Quartal: 434 m³. Durchschnittlicher LHKW-Austrag: 0,46 kg/d im Quartal Januar: 0,4 kg/d bei 107 mg LHKW/m³ Februar: 0,4 kg/d bei 94 mg LHKW/m³ März: 0,5 kg/d bei 132 mg LHKW/m³
Durchschnittlicher LHKW-Austrag pro Tag:	43 kg
Ausgetragene Menge LHKW im Zeitraum:	2.698 kg (rechnerisch ermittelt)
Ausgetragene Menge LHKW im gesamten Sanierungszeitraum:	Im ersten Quartal stiegen die Temperaturen in den Sanierungsfeldern 2 bis 4 wieder an, so dass im Untergrund die Zieltemperatur von 62°C überschritten wurde. Trotz der im Vergleich zum Dezember höheren Bodentemperaturen gingen die Austragsraten im Januar und Februar weiter zurück. Daher wurde die DLI am 20.02.2018 auf einen intermittierenden Anlagenbetrieb umgestellt, da die hierfür im Vorfeld festgelegten Kriterien erfüllt wurden (tägliche LHKW-Austragsrate < 1 kg/Tag, Überschreitung Zieltemperatur > 62°C). Seit dem 20.02.2018 wird jeweils 10 h Dampf injiziert und die Injektion dann 2 h abgeschaltet. Infolge dieser Betriebsart stieg der kurzfristige LHKW-Austrag um 200 % bis 300 % an und ging dann wieder zurück. Insgesamt betrachtet nahmen die LHKW-Konzentrationen von 218 mg/m³ Anfang März auf 82 mg/m³ Ende März ab. Der für 60°C berechnete Prüfwert von 127 mg/m³ in der Bodenluft, bei dessen Unterschreitung nach Abkühlung des Sanierungsfeldes das Sanierungsziel erreicht wird, wurde im März bei rund 60 % der Brunnen festgestellt.
Sanierungsverlauf:	Im I. Quartal 2018 wurden 64 Raumluftmessungen durchgeführt. Der Auffälligkeitswert (100 µg Summe LHKW/m³) wurde bei keiner dieser Messungen überschritten. In nahezu allen Räumen sind die LHKW-Raumluftbelastungen im Vergleich zu den Vorjahren
Ergebnisse Raumluftmonitoring:	teilweise sind aus- räte im 02.2018 Fergleich sich die einer im iar 2018 d im De- h wurden bei rund n im De- r Sanie- en ande- em nied- Konzent-
20180410_Sachstand_1_Quartal.docx 1	
WASSER + UMWELT + INFRASTRUKTUR + ENERGIE + BAUWERKE + GEOTECHNIK	
Besondere Vorkommnisse (signifikante Ereignisse):	Das an GWMS geforderte Grundwasser wird zusammen mit dem aus dem Sanierungsfeld gewonnenen Grundwasser in der Sanierungsanlage gereinigt und anschließend in die Kanalisation eingeleitet. Die Einstellgrenzwerte für die Kanalisation wurden im I. Quartal sicher eingehalten. 04.01.2018: Stromausfall Datenerfassung, Ausfall Dampferzeuger 23.01.2018: Einbau neuer Drainage-Verdichter im Rahmen der Probenahme 31.01.2018: Austausch GC und Überarbeitung der Entwässerung der AK-Fässer 20.02.2018: Vergleichende Bodenluftprobenahme (On-line-GC in Sanierungsanlage und Labordiagnostik) an ausgewählten Brunnen, Inbetriebnahme intermittierende DLI (Dampfreaktion: 10 h auf, 2 h zu) 22.02.2018: Austragssteigerung auf ca. 2 kg/d LHKW durch intermittierende DLI 23.02.2018 bis 24.03.2018: mehrere Ausfälle des Dampferzeugers, Reparatur Wassererhärthungsanlage, im I. Quartal 2018 war die Bodenluftabsaugung rund 100 % in Betrieb, die Dampfreaktion lag bei 95 %.
Einschätzung der aktuellen Entwicklung:	<ul style="list-style-type: none"> Die LHKW-Austragsraten gehen trotz intermittierenden Betrieb weiter zurück. Die Menge an verfügbarem LHKW im Untergrund nimmt signifikant ab. Der LHKW-Rückgang wird sich trotz Betriebsoptimierungen bei der DLI fortsetzen. Die Erreichung des Abschaltkriteriums (< 127 mg/m³ Summe LHKW an den einzelnen Förderbrunnen in der Bodenluft) wird im I. Quartal 2018 erwartet. Anschließend erfolgt die Abschaltung der DLI und der Beginn der Nachsorgephase (Weiterbetrieb Bodenluftabsaugung, Grundwasserhaltung, Monitoring).
20180410_Sachstand_1_Quartal.docx 2	
WASSER + UMWELT + INFRASTRUKTUR + ENERGIE + BAUWERKE + GEOTECHNIK	

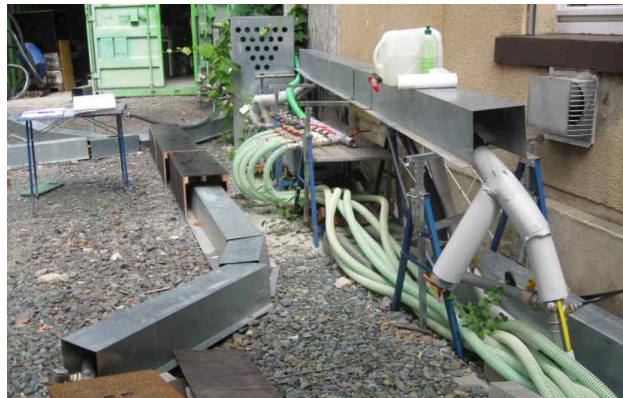
Erkenntnisse und Empfehlungen

Projektsteuerung im innerörtlichen Bereich



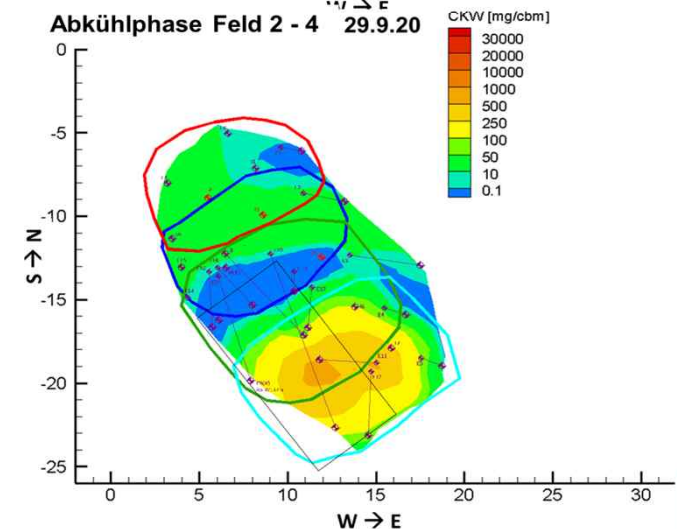
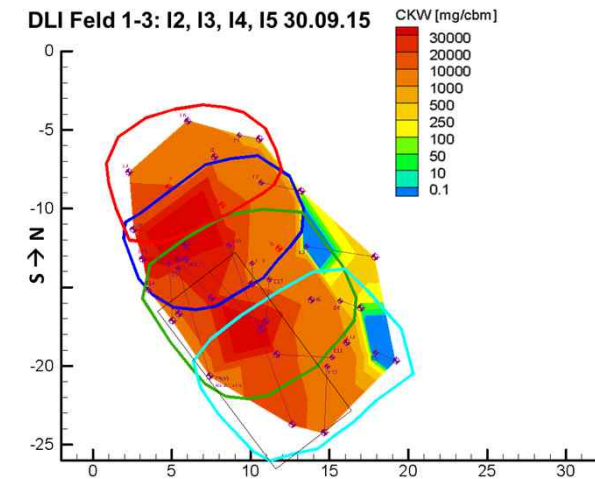
In-Situ-Sanierungen im innerörtlichen Bereich

- Weiternutzung von Grundstücken und Gebäuden möglich, relevante Themen sind:
 - Lärm
 - Emissionen (Bodenluftabsaugung)
 - Wartungsarbeiten
 - Visueller Eindruck der Sanierungseinrichtungen („Image“)
 - Erfordernis flankierender Maßnahmen bei der Sanierung (Raumluftreinigung, Belüftung)



In-Situ-Sanierungen im innerörtlichen Bereich (DLI)

- Empfehlung für Pilotanwendung
 - Verifizierung der Einsatzmöglichkeiten
 - verfahrenskritische Fälle
- Erfolgreiche Anwendung der DLI war technisch und monetär mit hohem Einsatz im vorliegenden Fall verbunden, was durch hohe Massenentfrachtung als angemessen zu bewerten ist.
- Zeit- und Finanzprognose der DLI entsprechend der Desorptionsleistung. Desorption für die Gemischsiedetemperatur aus dem Porenwasser in Abhängigkeit des organisch gebundenen Kohlenstoffgehalts des Bodenkörpers (f_{OC} - K_{OC} -Henry-Relation)



**Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit**



**Magistrat der Stadt
Oberursel**

Jens Gessner
jens.gessner@oberursel.de
www.oberursel.de



**Regierungspräsidium
Darmstadt**

Michael Wolf
michael.wolf@rpda.hessen.de
www.rp-darmstadt.hessen.de



**VEGAS, Universität
Stuttgart**

Oliver Trötschler
oliver.troetschler@iws.uni-stuttgart.de
www.vegas.uni-stuttgart.de



**CDM Smith Consult GmbH
Bickenbach**

Dr.-Ing. Volker Schrenk
volker.schrenk@cdmsmith.com
www.cdmsmith.com

