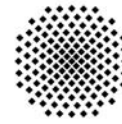


Dampf-Luft-Injektion zur partiellen Quellensanierung eines BTEX-Schadens einer ehemaligen Benzol-Destillationsanlage

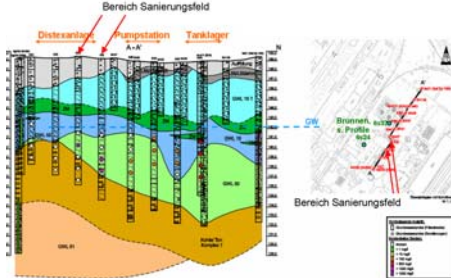


Oliver Trötschler, Hans-Peter Koschitzky

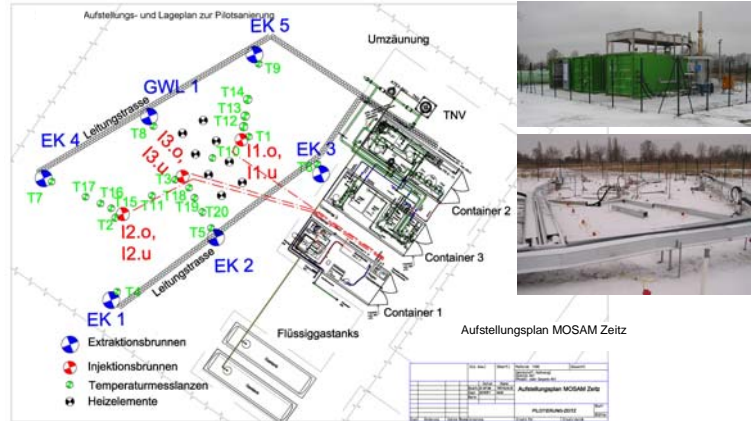
Situation

Das Schadenszentrum einer Boden- und Grundwasserkontamination mit BTEX, primär Benzol, liegt im Bereich der ehemaligen Pumpstation, der Destillationskolonnen, sowie des ehemaligen Tanklagers einer Benzoldestillationsanlage. Der Grundwasserspiegel liegt bei ca. 8 m u. GOK. Die obere Bodenschicht (bis zu 3 m) des Geländes wurde im Rahmen des Anlagenrückbaus ausgetauscht.

- Vertikale Ausbreitung: 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



Pilot-Anwendung: Sanierungsfeld und Vorgehensweise



Erschließung des Sanierungsfelds:

- 3 Injektionsbrunnen (2 Teufen), 6 BLA-Brunnen mit GW-Haltung
- 8 elektrische Heizelemente, je 1,5 kW-Leistung
- 20 Temperaturmesslanzen (Pt100), radialsymmetrisch um Injektionsbrunnen und im Ringraum der Extraktionsbrunnen zur Temperaturüberwachung
- insgesamt 121 Messstellen

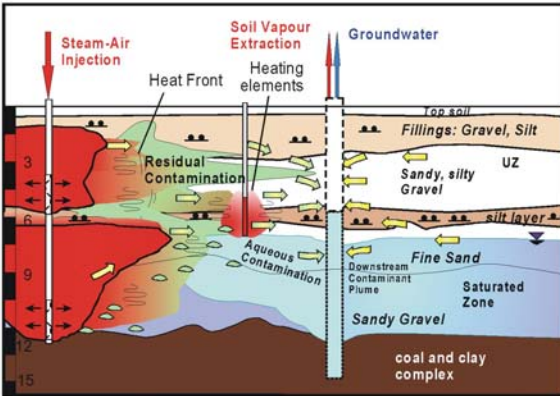
Das Sanierungsfeld wird schrittweise über Injektion der Dampf-Luft-Mischung in I1, I2 und I3 erwärmt. Zunächst wird die ungesättigte Zone erwärmt, in zweiten Schritt erfolgt die Injektion in die gesättigte Zone des jeweiligen Bereichs.

Vorgehensweise je Sanierungsabschnitt:

- 2 Wochen „kalte“ Bodenluftabsaugung (100 kg/h, alle Brunnen) und GW-Haltung: EK3, GWL1, EK5: 1 m³/h
- 3 Wochen Air-Sparging (20 kg/h), BLA und GW-Haltung, Start THERIS
- 6 Wochen Dampf-Luft-Injektion (je Brunnen: 100 (UZ), 200 kg/h (GZ) Dampf-Luft), BLA (250 kg/h) und GW-Haltung
- 6 Wochen gesamt: Abkühlphase: max. 2 Wochen Air-Sparging, BLA (250 kg/h) und GW-Haltung (max. 4 Wochen)

Sanierungskonzept am Pilotstandort

Zwei thermisch unterstützte Sanierungsverfahren: Dampf-Luft-Injektion (TUBA, DLI) und thermische In-Situ-Sanierung mit elektrischen Heizelementen (THERIS) werden zur Erwärmung des Bodens auf Siedetemperatur des Benzols (85°C) mit zeitgleicher Bodenluft- und Grundwasserentnahme eingesetzt.



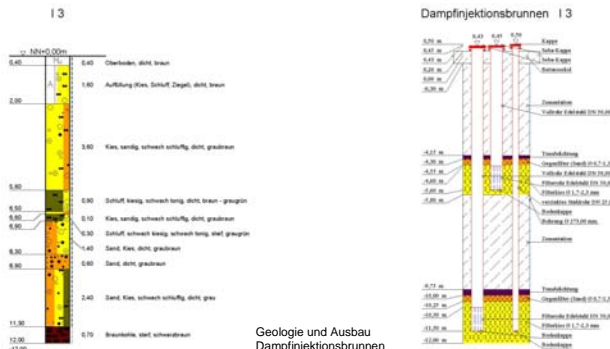
Grundsätzlich werden die organischen Schadstoffe durch die Aufheizung im Boden und im Grundwasser verdampft und mittels der BLA gasförmig aus dem Boden entnommen.

Bei der DLI dient der in die mitteldurchlässigen Bodenschichten injizierte Dampf als Energieträger zur Erwärmung des ungesättigten oder gesättigten Untergrunds, während der Luftanteil als inertes Trägergas dem Transport der Schadstoffe in Richtung Bodenluftextraktionsbrunnen dient. THERIS wird in der ungesättigten Bodenzone in den schlecht durchlässigen Bodenschichten eingesetzt, um die Schadstoffe über konduktive Erwärmung des Bodens zu verdampfen.

Pilot – Anwendung: Geologie und Dampf injektionsbrunnen

Der Sanierungsbereich wird aufgrund der mittel durchlässigen Sande und Kiese hauptsächlich durch konvektive Erwärmung mittels DLI erschlossen. Entsprechend der Geologie soll das Dampf-Luft-Gemisch (160 kg/h Satttdampf + 40 kg/h Luft) über separate Injektionsfilter (Länge je 1m) injiziert werden:

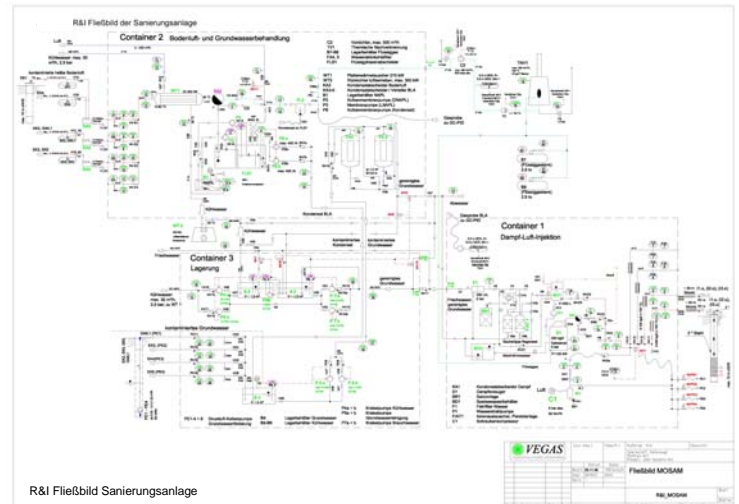
- ungesättigte Zone oberhalb der Schluffschicht (4.5 - 5.5 m u. GOK)
- gesättigte Zone oberhalb des Ton-Kohle-Komplexes (10.5 – 11.5 m u. GOK)



Pilot-Anwendung: Verfahrenstechnik

Die Anlagenkomponenten sind in 3 Seecontainern (20 ft.) in Ex-Schutz-Ausrüstung und Fernüberwachung installiert:

- Dampf- und Druckluftherzeugung, Leistungsregelung Heizelemente
- Grundwasserlagerung und Aufbereitung (Aktivkohle)
- Bodenluftbehandlung: Kondensation heiße Bodenluft, Phasenseparation (Gas, Wasser, organischer Schadstoff), Kühlwassersystem (Rückkühler)
- Abluftbehandlung: thermische Nachverbrennung (Außenbereich)



Projektpartner und Danksagung

Die Pilotanwendung wird im Rahmen des Forschungsprojekts SAFIRA II über das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ als Auftraggeber finanziert.