



# PETROLEUMHAFEN HAMBURG: SANIERUNG EINES BENZIN-KW SCHADENS

**STANDORT:** Hamburg-Waltershof

**SANIERUNGSZEITRAUM:** 2019 - 2020

**SANIERUNGSMETHODE:**

Thermisch unterstützte  
Bodenluftabsaugung mit dem TUBA-  
Verfahren (Dampf-Luft-Injektion)

**FLÄCHE:** ca. 10.000 m<sup>2</sup>

**SANIERUNGSTIEFE:** bis 12 m u. GOK,  
Boden und Grundwasser

**SCHADSTOFFE:**

Benzin-Kohlenwasserstoffe, BTEX, C<sub>3</sub>-  
Aromaten (u.a. Trimethylbenzol), PAK, u.a.

Blick über die TUBA-Sanierung (Teilfläche 1,  
abgeplanter Bereich) unmittelbar neben  
betrieblen Tanklager, im Hintergrund links  
Hafenbecken Petroleumhafen



Der Petroleumhafen in Hamburg-Waltershof wurde seit den 1920er Jahren betrieben und ausgebaut. Im Verlauf des 2. Weltkriegs wurde das Tanklager zerstört. Dabei wurden erhebliche Mengen an Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und anderen Schadstoffen freigesetzt. Diese umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffe versickerten im Boden und belasteten Boden und Grundwasser erheblich (unter anderem durch gesundheitsgefährdende Kohlenwasserstoffe (KW) wie Benzin-KW, BTEX und PAK (polyzyklische aromatische KW)). In einigen Bereichen schwamm Leichtphase auf dem tidebeeinflussten Grundwasser.

Nach dem Krieg wurde das Areal wieder aufgebaut, neue Lagertanks errichtet und

das Tanklager weiter betrieben. Im Zuge der Umstrukturierung des Hafens und der Weiterentwicklung der Containerterminals steht die Umnutzung der Halbinsel am Tankweg an. Hierzu wurde der Betrieb des Petroleumhafens beendet und die Tanklager zurückgebaut. Im Zuge der Baureifmachung wurde die Altlastensanierung umgesetzt.

Die Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) der Freien und Hansestadt Hamburg beauftragte die Sanierung eines hochbelasteten Areals auf einer Grundfläche von grob 10.000 m<sup>2</sup> bis in eine Tiefe von bis zu 12 m unter der Geländeoberkante (GOK). Das Ziel: Eine nachhaltige Schadstoffentfrachtung

des Untergrundes unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte.

1. Platz bei den Brownfield24 Awards 2022







Luftbild vom Tanklager Petroleumhafen aus den 2010er Jahren



## TANKLAGERSANIERUNG MIT DEM TUBA-VERFAHREN (DAMPF-LUFT-INJEKTION)

Für die Schadensherdsanierung mit dem TUBA-Verfahren (thermisch unterstützte Bodenluftabsaugung) am Standort Petroleumhafen Hamburg wurde eine Grundfläche von grob 10.000 m<sup>2</sup> hergerichtet. Für die Sanierung wurden neben dem Sanierungsfeld ein Dampferzeuger mit einer Dampfkapazität von bis zu 10.000 kg Dampf/h, eine Bodenluftabsaugung und -reinigung mit einer Leistung von bis zu 7.500 m<sup>3</sup> Bodenluft/h und eine Grundwasserreinigungsanlage zur Förderung und Reinigung von bis zu 16 m<sup>3</sup> Wasser/h installiert und betrieben.

Der im Dampfkessel erzeugte Dampf wurde mit Überdruck in die Hauptleitung geleitet. Je nach Sanierungsphase wurden weitere Gase zugemischt. Das Dampf-Luft-Gemisch wurde in über 120 Pegeln teils bis 12 m u. GOK in das Grundwasser injiziert. Der laterale Abstand der Injektionspegel betrug ca. 10 m. Durch die Injektion wurden sowohl die wassergesättigte als auch die ungesättigte Bodenzone erhitzt. In der Folge verdampften die Schadstoffe und reicherten sich zunächst lokal und temporär maßgeblich in der Bodenluft an.

Zur Schadstoffförderung wurde die schadstoffbelastete Bodenluft aus über 150 Bodenluftabsaugpegeln zwischen 2 und 4 m unter Gelände entnommen und im geschlossenen Leitungssystem zur Bodenluftreinigung geleitet. Vor dieser wurde die

Luft gekühlt und getrocknet (Kondensatoren, Wasserabscheider). Das Kondensat wurde separat gesammelt und teilweise der Wasseraufbereitungsanlage zugeführt. Die kontaminierte Bodenluft wurde mittels einer rekuperativen thermischen Oxidation (RTO) gereinigt. Hierzu wurde die kontaminierte Luft durch einen Heißbettreaktor geleitet. Bei Temperaturen von bis zu 900°C wurden die Benzin-KW und andere Schadstoffe in Wasser (H<sub>2</sub>O) und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) umgesetzt. Durch den Brennwert des Schadstoffgemisches beheizte sich der Reaktor im Dauerbetrieb überwiegend selbst.

Zur hydraulischen Sicherung der Maßnahme erfolgte zunächst eine Entnahme von Leichtphase (Ölphase) mittels Bandskimmern (Ölabscheider). Die vergleichsweise geringe Menge abgeschiedener Leichtphase wurde fachgerecht extern entsorgt. Nach zwei Monaten wurden anstelle der Bandskimmer Grundwasserpumpen eingesetzt, kontaminiertes Wasser aus den vier Brunnen gepumpt und in der Wasseraufbereitungsanlage gereinigt.

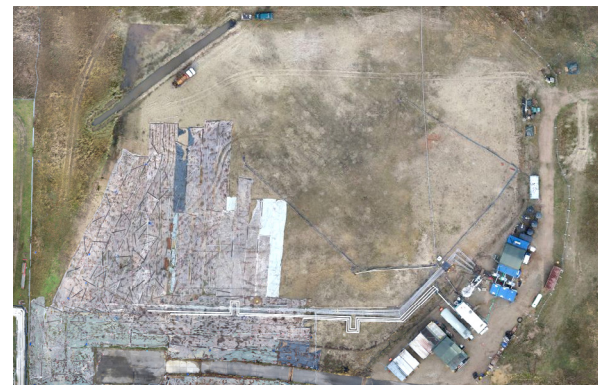
Der Sanierungsbetrieb wurde Anfang November 2020 abgeschlossen. Die Räumung der Anlagen, das Wiederherstellen der Fläche sowie die Gesamtabnahme der durchgeführten Schadstoffsanierung erfolgte bis zum 16.12.2020.



Vorbereitung der Brachfläche für die Sanierungsarbeiten (Januar 2019)



Aufbau der Anlagentechnik



Blick auf die TUBA-Sanierung: Teilfläche 1 (links) und Anlagentechnik (rechts)





Blick über das TUBA-Sanierungsfeld, im Hintergrund die Anlagentechnik (rechts) sowie die Krananlagen der Containerterminals in Hamburg-Waltershof (links)



## HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE

Der Zeitplan für die Umsetzung der Sanierungsmaßnahme war, aufgrund der Schnittstellen bei der Baureifmachung, eng bemessen. Für den laufenden Sanierungsbetrieb sowie die Brunneninstallation war der sehr komplex und heterogen gegliederte Untergrund am Standort eine große Herausforderung. Die Grundfläche von ähnlich charakterisierten Sanierungsabschnitten lag grob bei 500 m<sup>2</sup>. Je nach Schadstoffbelastung und Zusammensetzung konnte ein hochexplosives Schadstoffgemisch in den Absaugleitungen entstehen und musste zur Vermeidung von Explosionen verdünnt werden.

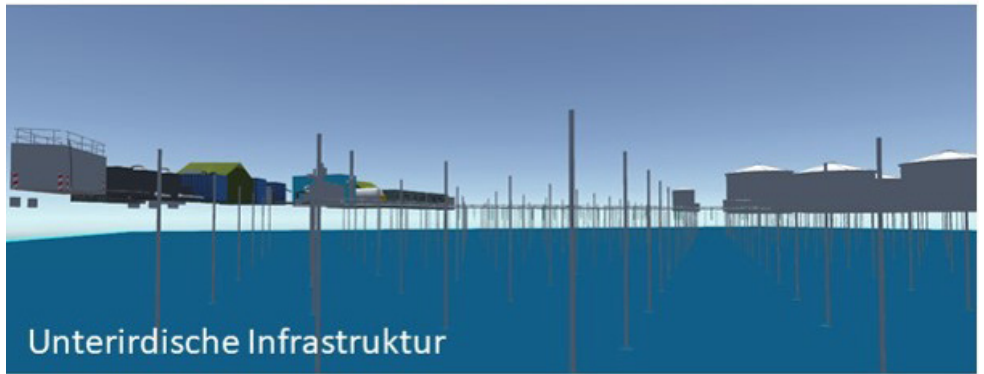
Zudem stellte die komplexe Wasserchemie aus aromatischen, aliphatischen und weiteren Schadstoffen einerseits und den typischen natürlichen Wasserinhaltsstoffen andererseits (u.a. Huminstoffe, Eisen) große Herausforderungen an die Wasseraufbereitung. Die Wasserreinigung erfolgte maßgeblich durch Fällung und Strippung. Hierzu musste vorher eine Schaumbildung des belasteten Wassers unterbunden werden.

Im Sanierungsverlauf war daher insgesamt eine sehr dynamische Betriebsführung erforderlich, um die zahlreichen standortspezifischen Limitierungen für die Dampf-Luft-Injektion, die Bodenluftabsaugung und -reinigung sowie die Wasseraufbereitung erfolgreich zu überwinden. Kompetentes Personal am Standort, Fernüberwachung der Anlagen, umfangreiche Datenauswertungen, ein umfangreiches Prozessverständnis, kontinuierliche Betriebsanalysen waren Grundlage für dieses erfolgreiche Großprojekt.

Zur Dokumentation und für Prozessanalysen kam unser eigenes BIM (Building Information Modeling) zum Einsatz.



Oberirdische Infrastruktur



Unterirdische Infrastruktur

BIM der oberirdischen und unterirdischen Infrastruktur als Grundlage zur Betriebsdokumentation und -optimierung

Bei der wohl größten thermischen in-situ Sanierung in Europa wurden in nur 17 Monaten Sanierungsbetrieb über 280 Tonnen Benzin-KW erfolgreich aus grob 100.000 m<sup>3</sup> Boden und dem Grundwasser ausgetragen. Die mobilisierten Schadstoffe wurden vor Ort gezielt über ein geschlossenes Leitungssystem aus dem Boden gefördert, beseitigt und saubere, gereinigte Luft in die Atmosphäre abgegeben.



Ausschnitt aus der Grundwasserreinigungsanlage





## ENERGIESPAREND, EFFIZIENT, NACHHALTIG

Die Sanierung mit unserem TUBA-Verfahren am Standort Petroleumhafen Hamburg darf als hochgradig energieeffizient und energiesparend bezeichnet werden. Die damit bewirkte Schadstofffrachtung ist ebenso nachhaltig wie dauerhaft. Im Literaturvergleich mit konventionellen hydraulischen Maßnahmen zählt die hier ausgeführte thermische in-situ Sanierung beim spezifischen Energieverbrauch zu den Top 10% und unterschreitet den Median hydraulischer Maßnahmen (850 kWh/kg) um mehr als das 20-fache. Die spezifischen Kosten dieser TUBA-Sanierung unterschreiten die Literaturwerte für konventionelle hydraulische Maßnahmen.

Durch die TUBA-Sanierung konnte ein Aushub von über 100.000 m<sup>3</sup> Boden ver-

mieden werden, welcher mit mindestens 8.000 LKWs zu Deponien hätte transportiert werden müssen. Durch die Vermeidung des Aushubs gab es keine Gefährdung unbeteiligter Dritter. Fahrten mit kontaminiertem Boden durch Hamburg, Baulärm und Staub wurden vermieden. Die Sanierung fand, mit Ausnahme der Bohrgutentsorgung, ohne externe Bodendekontamination statt. Zudem musste kein neuer Boden eingebracht und verdichtet werden (Schonung der Ressource Boden). Ebenso konnte durch die TUBA-Sanierung eine dauerhafte Sicherung und Überwachung des Areals vermieden werden.

Die Kosten je Tonne gereinigtem Boden lagen bei der TUBA-Sanierung bei etwa 30 €/t, und damit deutlich unter den Kosten für eine

Bodenentsorgung bei einem klassischen Bodenaustausch.

Mit dem Sanierungsabschluss wurde auch das Grundwassermonitoring eingestellt. Die in Boden und Grundwasser vorhandene Restwärme wirkt sich jedoch in mehrfacher Hinsicht auf die Beseitigung verbliebener Restbelastungen (KW), z.B. in angrenzenden Randbereichen, aus. Die KW sind für einen mikrobiologischen Abbau besser verfügbar. Zudem wird dieser durch die Wärme stimuliert. Diese zusätzliche mikrobiologische Reinigungsleistung ist nicht bilanziert und verbessert oben beschriebene Effizienz der TUBA-Sanierung zusätzlich. Stichprobenartige Nachsondierungen nach einem Jahr belegen vorgenannte Aussage.

