

ÖVA-Reports sollen die Akzeptanz und den Einsatz von innovativen Technologien in der Sanierung von kontaminierten Standorten in Österreich unterstützen. Hierzu werden eingereichte Fallbeispiele durch ein Expertengremium des ÖVA ausgewählt und als Sanierungsreports unter www.altlastenmanagement.at der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Kombinierte In-situ-Sanierung eines KW-Schadens am Hauptbahnhof Wien



Abb. 1: Ansicht Sanierungsfeld HBf Wien

1. EINLEITUNG | ÜBERBLICK

An industriellen Standorten und Orten hoher urbaner Intensität existieren heute noch Jahrzehnte alte Altlasten, an denen aufgrund der aktuellen Nutzung nur schwer eine herkömmliche Sanierung durchzuführen ist. So auch auf dem Gelände des ehemaligen Wiener Südbahnhofs, auf dem der laufende Bahnverkehr den Zugang zu einer massiven Dieselöl-Kontamination verwehrt. Im Zuge des Umbaus zum neuen Wiener Hauptbahnhof bot sich jedoch die Gelegenheit zu einer Sanierung, durch teilweisen Aushub des belasteten Bodenmaterials sowie durch eine Behandlung an Ort und Stelle im Boden (*in situ*) mit einer Kombination aus vier verschiedenen Sanierungstechnologien. Zur Anwendung kamen dabei die hydraulischen Verfahren der Bodenspülung und des Öl-Skimmings zur Mobilisation

und Förderung des Öls. Nachfolgend wurde die Restkontamination mit den biologischen Verfahren des Bioventings und -Spargings abgebaut.

Im Rahmen dieses ÖVA-Reports sollen die Konzipierung, die wesentlichen Schritte und Ergebnisse der Sanierung beschrieben werden, mit Hauptaugenmerk auf der Anwendung der In-situ-Sanierungstechnologien. Hierfür werden Hintergrundinformationen über

- den Standort und das Ziel der Sanierung,
- die Verfahren und die Genehmigung sowie
- über die Wirksamkeit der Maßnahmen gegeben.

2. STANDORTBESCHREIBUNG

Der betreffende Altstandort befand sich auf dem Areal einer alten Dieselloktankstelle im Rangierabschnitt des ehemaligen Wiener Südbahnhofs. Resultierend aus

den früheren Betriebsweisen und den damaligen technischen Standards, sowie infolge von zahlreichen Beschädigungen in den Weltkriegen, gelangten dort offenbar über mehrere Jahrzehnte größere Mengen an Betriebsstoffen in den Untergrund. Im Zuge der Errichtung des neuen Wiener Hauptbahnhofs ab dem Jahr 2009, wurde daher der betreffende Bereich mittels Aufschlussbohrungen eingehend erkundet. Dabei wurden massive Verunreinigungen des Untergrunds mit Kohlenwasserstoffen (KW) festgestellt, welche sich anhand der Bohrungen auf einer Fläche von ca. 15 x 30m eingrenzen ließen. In der Abb.2 wird diese Fläche rot umrandet dargestellt, welche sich zwischen der Position zweier ehemaliger oberirdischer Betriebsstofftanks (rosa gefärbte Strukturen) der alten Gleisanlage befand und sich weiter in westliche Richtung erstreckte.

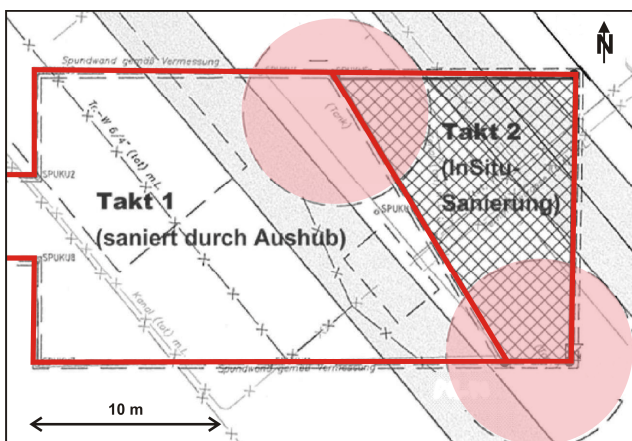


Abb. 2: Standortübersicht und Sanierungsteilbereiche ("Takt 1" und "Takt 2")

Im Zuge des UVP-Bewilligungsverfahrens war vorgesehen den Kontaminationsherd vollständig auszuheben und mittels Betrieb eines Sperrbrunnens ein Abdriften von weiteren Verunreinigungen zu verhindern. Aus Gründen der fortwährenden Nutzung von Gleisanlagen für den provisorischen Ostbahnhof bis zur Übernahme dieser Funktion durch bereits fertig gestellte Teile des neuen Hauptbahnhofs, musste die Sanierung in zwei Phasen durchgeführt werden. Auf der Teilfläche Takt 1 konnte das kontaminierte Bodenmaterial ausgekoffert und einer gesonderten Entsorgung bzw. Verwertung zugeführt werden. Aufgrund der Erfahrungen bei Takt 1 wurde bei der ca.

240m² umfassenden Teilfläche des Takts 2 ein Aushub bis 16 m unter GOK und teilweise im Grundwasser als arbeitstechnisch und sicherheitstechnisch äußerst schwierig eingestuft. Da weiters auch der Bahnbetrieb stets aufrechterhalten werden musste, entschied man sich nach Rücksprache mit den Sachverständigen hier für eine In-situ-Sanierung. Die weiteren Ausführungen dieses Reports beziehen sich somit nunmehr auf diese Teilfläche Takt 2.

2.1 Untergrundaufbau

2.1.1 Geologie

Der geologische Aufbau des Untergrunds gliedert sich vereinfacht in vier Horizonte. Von der Geländeoberkante bis in Tiefen von durchschnittlich 2 bis 5m lag flächendeckend eine sehr dichte Anschüttung vor, welche im Wesentlichen aus Bodenaushubmaterial mit unterschiedlichen Massenanteilen an Kiesen, Sanden und Schluffen bestand, sowie geringe Anteile an Schlacken und Ziegelbruch enthielt. Darunter folgte eine etwa 4 bis 5m mächtige Bodenschicht, bestehend aus Schluffen und Feinsanden mit wechselnden Anteilen an Kiesen. Im Liegenden schlossen sich bis zum Beginn des Grundwasserstauers in einer Tiefe von ca. 19m variierende Mischlagen aus Kiesen und Sanden mit höheren Durchlässigkeiten an. Der Aquiclude besteht aus stark plastischen Schluffen bis Tonen, vereinzelt überlagert mit geringmächtigen Schluffsteinschichten.

2.1.2 Hydrogeologie

Der Grundwasserspiegel befand sich im Sanierungsgebiet in einer Tiefe von rund 13,5m unter der Geländeoberkante. Hieraus ergab sich eine grundwassergesättigte Bodenzone von etwa 5,5m Mächtigkeit. Die präferenzielle Grundwasserströmung verlief nach Nord-Nordost mit einer Abstandsgeschwindigkeit von durchschnittlich 4m pro Tag. Aus Pumpversuchen wurden Durchlässigkeitsbeiwerte im Bereich von $3,0 \times 10^{-3}$ m/s ermittelt.

2.2 Schadensbild | Kontamination

Zur detaillierten Aufnahme der KW-Verteilung innerhalb der Sanierungsfläche des Takt 2, wurden zu Beginn der Sanierung meterweise Bodenproben aus sechs über die Fläche gleichmäßig verteilte Bohrungen analysiert (siehe Meßstellen in *Abb. 3*). Die gaschromatischen Bestimmungen bestätigten im Wesentlichen eine Kohlenwasserstoffbelastung wie sie für Dieselkraftstoffe typisch ist, leicht flüchtige Anteile wie z.B. BTEX konnten nicht nachgewiesen werden. Die mittleren KW-Konzentrationen (arithmetisches Mittel, Summe KW) lagen im Bereich von 10.000 bis 15.000 mg/kg. Die Verteilung der Dieselkontamination im Untergrund erstreckte sich sowohl in der ungesättigten Bodenzone wie im Aquifer, wobei die höchsten KW-Konzentrationen zwischen den ehemaligen Dieseltanks lokalisiert werden konnte. An dieser Stelle ließ sich somit auf die Lage der mutmaßlichen Haupteintragsquelle schließen. Die *Abb. 3* veranschaulicht modellhaft die horizontale KW-Verteilung im Boden des Sanierungsfelds für die ungesättigte Bodenzone. Im Aquifer ergab sich ein analoges Bild, wengleich dort die mittlere Konzentration mit bis zu 5.000 mg/kg wesentlich geringer waren.

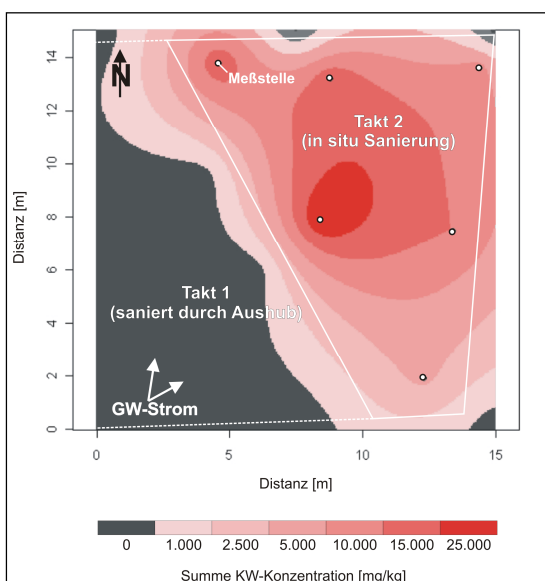


Abb. 3: Flächenausmaß der KW-Kontamination im Sanierungsfeld (ungesättigte Bodenzone)

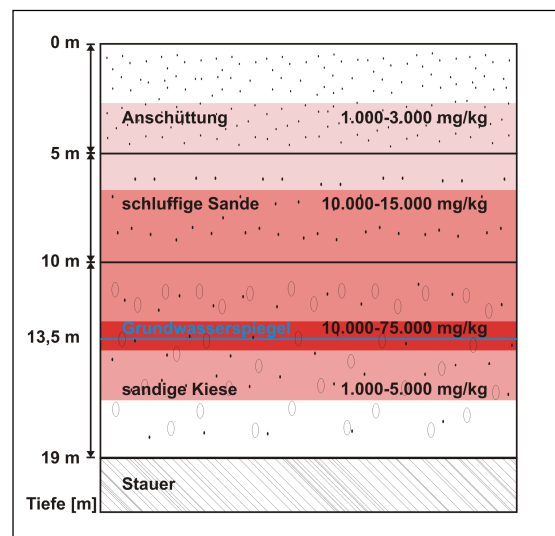


Abb. 4: Untergundaufbau und Tiefenausdehnung der KW-Kontamination im Sanierungsfeld

In der *Abb. 4* wird hingegen die vertikale KW-Verteilung schematisch dargestellt. Angegeben sind die Tiefenbereiche der angetroffenen Unterschichten sowie entsprechend rötlich eingefärbt die mittleren Konzentrationsbereiche. Hieraus wird ersichtlich, dass der sanierungsrelevante Bereich sich von etwa 2m unterhalb der dichten Anschüttung bis ca. 2-3m in den Aquifer erstreckte, auf einer maximalen Tiefe von 16m. Die KW-Konzentrationen stiegen in der ungesättigten Bodenzone mit zunehmender Tiefe und erreichten vereinzelt Spitzenwerte von ca. 75.000 mg/kg (Summe KW) im Grundwasserschwankungsbereich im Bereich der Kernkontamination, wo teils eine freie Öl-Phase die Porenräume des Bodens füllte.

Auf dem Grundwasser selbst wurde eine mehrere Millimeter mächtige Dieselphase (LNAPL) im gesamten Sanierungsfeld angetroffen.

2.3 Auswirkungen der Kontamination

Die massiven KW-Konzentrationen im Grundwasser, oberhalb der theoretischen Sättigungskonzentration der betreffenden Kohlenwasserstoffe, zeigten deutlich den Einfluss der Öl-Phase auf die Grundwasserqualität im Sanierungsfeld an. Zusätzlich war auf Basis von Eluatversuchen mit einem hohen Austrag der KW aus dem Boden und somit mit einem ständigen Eintrag von

Kontaminanten in den Grundwasserbereich bei Sickerwasseraufkommen über einen langen Zeitraum zu rechnen.

3. SANIERUNGSZIELE

Im Hinblick auf die weitere Nutzung des gesamten kontaminierten Areals als Betriebsgelände für den Bahnverkehr wurden behördlicherseits eine Restkonzentration an Kohlenwasserstoffen im Feststoff von nicht mehr als 3.000 mg/kg sowie die völlige Entfernung der Ölphase auf dem Grundwasserspiegel von 0,1 mg/l KW-Index im Grundwasser als Sanierungsziele festgelegt. Im Sinne UVP-G 2000 konnte anhand dieser Sanierungsziele eine wirksame Umweltvorsorge gewahrt bleiben, da insbesondere im Zusammenhang mit den örtlichen Gegebenheiten eine Immissionsbelastung für das Leben oder die Gesundheit des Menschen sowie Einwirkungen auf Tiere, Pflanzen und die Schutzgütern auszuschließen war.

4. SANIERUNGSVERFAHREN

4.1 Auswahl des Sanierungsverfahrens

Am gegenständlichen Standort wurde die Entscheidung für eine In-situ-Sanierung maßgeblich dadurch bestimmt, dass einerseits ein weiterer Aushub des kontaminierten Materials aus baustatischer Perspektive problematisch war, andererseits der laufende Bahnbetrieb weiter fortgeführt werden musste. Aus Gründen der Projektabwicklung der weiteren Baumaßnahmen am Hauptbahnhof Wien standen für die gesamte Behandlungsdauer lediglich 2 Jahre zur Verfügung. Zudem bestand gemäß dem Schadensbild, sowohl bezüglich der Verteilung als auch der Höhe der KW-Konzentrationen, die Notwendigkeit einer Behandlung der ungesättigten Bodenzone sowie des Aquifers. Um diesen Rahmenbedingungen gerecht zu werden, vor allem im Hinblick auf die relativ strikten Zeitvorgaben, bot sich somit der zeitlich gestaffelte, kombinierte Einsatz von hydraulischen und mikrobiologischen Verfahren an, welche die Möglichkeit einer gegenseitigen Unterstützung zuließen.

4.2 Technologiebeschreibung

Zur Sanierung der ungesättigten Bodenzone wurde der Einsatz einer Bodenspülung zur raschen Reduktion der KW-Konzentrationen ausgewählt, welcher ein Bioventing folgte, um die verbleibenden Anteile an Dieselkraftstoff im Boden biologisch abzubauen. Die Bodenspülung geschah im gegenständlichen Fall durch Injektion über Spüllanzen unterhalb der Anschüttung, direkt in den zu reinigenden Untergrund. Mit den Sickerwässern wurden somit die Schadstoffe in rascher Zeit hydraulisch in Richtung Grundwasser verlagert.

Das dadurch partiell verunreinigte Grundwasser wurde durch eine permanente Wasserentnahme aus Brunnen gefördert, welche so um das Sanierungsfeld herum platziert waren, dass das gesamte Sanierungsfeld hydraulisch gesichert wurde. Das Förderwasser wurde über Aktivkohle gereinigt und anschließend über außerhalb des Sanierungsbereichs gelegene Versickerungsbrunnen wieder versickert. Die auf dem Grundwasser aufschwimmende freie Öl-Phase wurde durch die Grundwasserabsenkung in den Förderbrunnen gezielt gesammelt und mittels Skimmer von der Grundwasseroberfläche abgezogen. Um hierbei einen kontinuierlichen Öl-Zufluss zu erzielen, wurde die Grundwasserabsenkung insgesamt, unabhängig von der natürlichen Schwankung, auf ein festes Niveau geregelt. Analog zum Bioventing in der ungesättigten Bodenzone wurden schließlich die verbleibenden KW-Anteile im Aquifer sukzessive biologisch mittels Biosparging behandelt, in denen keine Öl-Phase mehr vorhanden war.

Für eine prinzipielle Beschreibung der einzelnen, angewandten Sanierungstechnologien siehe ebenfalls "Technologiequickscan In-situ-Sanierungstechnologien" (Timo Dörrie und Helmut Längert-Mühlegger; ÖVA/Umwelt-bundesamt, Wien, Mai 2010).

5. GENEHMIGUNGSVERFAHREN

Der ursprüngliche UVP-Genehmigungsbescheid sah eine Kompletträumung des kontaminierten Bodenmaterials aus dem gesamten Schadensherd vor.

Nach Sanierung von Takt 1 wurde in Abstimmung mit allen betroffenen Sachverständigen für Takt 2 aus Gründen der fortwährenden Nutzung der Fläche für den Bahnbetrieb sowie auch aus daraus resultierenden sicherheitstechnischen Aspekten einer In-Situ-Sanierung der Vorzug gegeben. Um diese durchführen zu können war eine Änderungsgenehmigung des UVP-Bescheides durch die oberste Eisenbahnbehörde erforderlich. Der Probetrieb der Anlage wurde als Wasserrechtlicher Versuch nach § 56 WRG bewilligt. In einem abschließenden Änderungsbescheid wurden die hierfür erforderlichen Sanierungsziele sowie weitere Auflagen festgelegt, die einen weiteren Sicherungsbetrieb und ein entsprechendes Monitoringprogramm sowie dessen zeitliche Fortführung bis zum Jahre 2022 regeln. Die Rechtsgrundlagen diesbezüglich waren §24 Abs. 1 und 4, §24f Abs. 1, Abs. 1a, Abs. 2, Abs. 3 und Abs. 5, sowie §24g des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVP-G) 2000, unter Mitverwendung von §2 Hochleistungsstreckengesetz (HIG) und §59 des allgemeinen Verwaltungsverfahrensgesetz (AVG). Als wesentliche Sanierungsziele wurde hiernach Folgendes fixiert:

- KW-Gehalte kleiner 3.000 mg/kg KW-Index für die ungesättigte Bodenzone sowie maximal eine Eluatbelastung für Baurestmassen gemäß DVO 2008
- Phasenfreiheit innerhalb der Sanierungsfläche des Takt 2
- Sicherungsbetrieb bis zum Erreichen des Sanierungsgrenzwertes im Grundwasser von 0,1 mg/l KW-Index

6. SANIERUNG

6.1. Sanierungsplanung

In *Abb. 5* ist die Lage aller für die unterschiedlich angewandten Sanierungstechnologien erforderlichen In-situ-Implementierungen auf dem Sanierungsfeld (rote Umrandung) dargestellt. Für das "Pump and Treat"-Verfahren wurden vier Förderbrunnen (PB-T1 bis PB-T4) jeweils an den Ecken, außerhalb des

Sanierungsfelds errichtet. Die Förderbrunnen wurden mit einem Durchmesser von 150mm außergewöhnlich gering dimensioniert, damit Wartungsmittel aufgrund der sehr eingeschränkten Zugänglichkeit im Gleisbereich noch manuell transportabel waren.

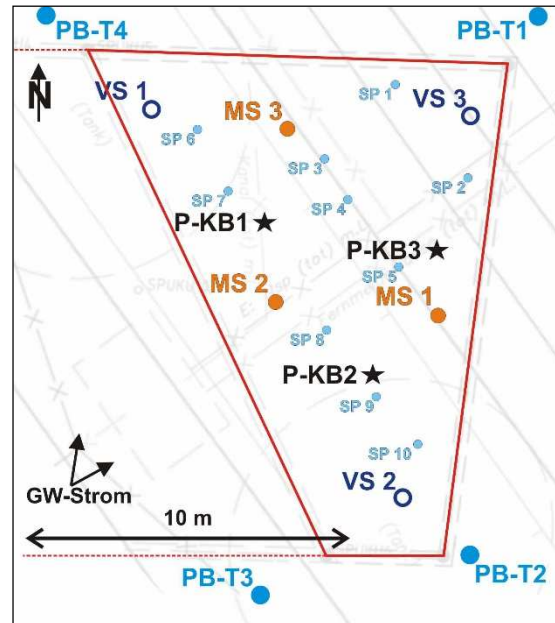


Abb. 5: Überblick der In-situ-Implementierungen (Takt 2)

Über diese Förderbrunnen war eine ausreichende hydraulische Sicherung des Sanierungsfelds - ca. 10.000m² - gegeben. Neben diesen Förderbrunnen konnten aufgrund der baulichen Gegebenheiten keine weiteren Monitoringbrunnen abstromig, in einem fachlich ausreichenden Abstand errichtet werden. Allerdings war die Sanierungsfläche im großräumig angelegten Rahmen der Grundwasserbeweissicherung des Bauprojekts Wiener Hauptbahnhof integriert.

Die Bodenspülung wurde über 10 Spüllanzen betrieben (SP1 bis 10), die unterhalb der schluffhaltigen Anschüttung bis in eine Tiefe von 7m in den Untergrund reichten. Somit entsprach die Behandlungszone der ungesättigten Bodenzone in etwa eine Mächtigkeit von 7m. Die Be- und Entlüftung der ungesättigten Bodenzone im Rahmen des Bioventing erfolgte über drei Belüftungspegel (VS1 bis 3).

Zur Beobachtung der Entwicklung der Öl-Phase und der Bodenluft, wurden zusätzlich drei Monitoringpegel (MS1 bis 3) zwischen den zur Behandlung bestimmten In-situ-Implementierungen platziert. Die sechs Belüftungslanzen des Biosparging wurden in Multi-pegelbauweise an den Positionen der Belüftungs- und Monitoringpegel errichtet. Die Belüftungslanzen reichten ihrerseits bis 18m unter die Geländeoberkante, um eine genügende Eintauchtiefe in das Grundwasser und somit einen möglichst großen Ausbreitungswinkel der Luftblasen zu erreichen.

Die schadstoffbelastete Bodenluft, sowohl aus dem Strippingeffekt des Biosparging als auch aus Verflüchtigung aus der ungesättigten Bodenzone stammend, wurde über die Bodenluftabsaugung des Bioventings erfasst und in Aktivkohlefiltern gereinigt. Alle Prozesse wurden zentral über eine elektronische Mess-, Steuer- und Regelungsanlage betrieben und überwacht, welche in zwei Anlagecontainern installiert war. Die Bodenluft aus den Monitoringpegeln wurde über ein autonomes Leitungssystem geführt und mittels automatischem Messsystem überwacht, wobei die Parameter Sauerstoff, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff erfasst wurden. Die Ölphasenstände wurden wöchentlich manuell bestimmt.

6.2 Sanierungsdurchführung

Die Sanierungsarbeiten begannen im Februar 2011 mit Start des „Pump and Treat“-Verfahrens. Bei einer durchschnittlichen Förderrate von rund 2,55 l/s wurde laut Grundwassermodellierung etwa eine Fläche von insgesamt ca. 10.000m² um das Sanierungsfeld von der Grundwasserabsenkung erfasst, sodass eine ausreichende Sicherungswirkung gegen Verdriftung von belasteten Wässern gewährleistet werden konnte. In den Monitoringpegeln und Förderbrunnen konnte durch regelmäßige Messungen das Modell bezogen auf das Sanierungsfeld verifiziert und ggf. angepasst werden. Insgesamt wurden über die gesamte Sanierungsdauer etwa 170.000m³ Grundwasser gefördert. Diese wurde zunächst nach Aktivkohlefilterung für die Bodenspülung genutzt, in

den späteren Projektphasen dem Grundwasserregime wieder über zwei außerhalb der Sanierungszone gelegene Versickerungsbrunnen zurückgeführt, abstromig des Sanierungsgebiets.

Die Bodenspülung mit gefördertem Grundwasser wurde nach einem ersten Rückgang der Öl-Phasenförderung für wenige Wochen im Mai 2011 in intensiver Form betrieben, wobei ca. das 7-fache Porenvolumen der ungesättigten Bodenzone ausgetauscht wurde.

Im Sommer 2011 folgte der Bodenspülung die pneumatische Behandlung der ungesättigten Bodenzone mittels Bioventing. Anfänglich konnte dabei über In-situ-Respirationstests nur eine schwache biologische Aktivität verzeichnet werden. Daraufhin wurden umfangreiche Untersuchungen an frisch entnommenen Bodenproben durchgeführt. Hierbei wurde zunächst die Keimzahl des Bodens bestimmt. Um die vorherrschenden Milieubedingungen zu beleuchten, wurde anschließend im Labor die biologische Atmungsaktivität (AT₄) gemessen, wobei in verschiedenen Versuchsansätzen die unbeeinflusste Grundatmung des Bodenmaterials betrachtet wurde, sowie jeweils unter Zugabe von Nährstoffen, einer Bakteriensuspension, einem leicht verfügbaren Substrat (Glucose) und entsprechenden Kombinationen dieser Faktoren. Als Ergebnis dieser Untersuchungen stellte sich ein Nährstoffmangel - speziell die Stickstoffverfügbarkeit betreffend - als maßgeblich heraus. Infolgedessen wurde einmalig ca. 400m³ einer konzentrierten Harnstofflösung (etwa 3,8 g/l) als Nährstoffzugabe im Überschuss zur Unterstützung des mikrobiellen Schadstoffabbaus über die Spüllanzen in die ungesättigte Bodenzone appliziert. Hierbei wurde bewusst nur eine Flüssigkeitsmenge unterhalb der Porensättigung zugegeben, um eine allzu rasche Sickerung in den Aquifer zu unterbinden. Zudem war das Sickerwasser gut beherrschbar, da die auflagernde schluffige Anschüttung größere Regenwasserfrachten verhindert. Zusätzlich bestand die hydraulische Sicherung der Förderbrunnen, wobei während der

Applikationsdauer die Förderwässer in die Kanalisation eingeleitet wurden.

Ebenfalls im Sommer 2011 wurde das Biosparging in Betrieb genommen. Dieses wurde mit fortschreitender Sanierungsdauer sukzessive in jenen Bereichen des Sanierungsfeldes ausgeweitet, an denen die Ölphase bereits vollständig entfernt war.

Mit Ausnahme der Bodenspülung wurden alle angewandten Sanierungstechnologien bis zum Projektende im Februar 2013 fortwährend betrieben.

7. WIRKSAMKEIT DER MAßNAHMEN

7.1 Nachgewiesene Wirkung der Technologien

Zur Überprüfung des Sanierungsfortschrittes sowie zur besseren Prozesskontrolle fand ein regelmäßiges Monitoring der wichtigsten Parameter statt. Hierunter fiel unter anderem die Aufzeichnung der Öl-Phasenstände sowie der separierten Öl-Mengen. In der Abb. 6 werden die gefördert Öl-Mengen im zeitlichen Zusammenhang über die Sanierungsdauer als Summenkurve veranschaulicht. Deutlich zu erkennen sind die hohen Förderraten beim Abzug der frei aufschwimmenden Öl-Phase direkt zu Projektbeginn sowie eine erneute, lang anhaltende Mobilisierung der Öl-Phase nach erfolgter Bodenspülung bis schließlich eine Stagnation nach eineinhalb Jahren Sanierungsdauer einsetzte. Insgesamt konnten auf diese Weise rund 20.500l Diesel aus dem Untergrund entfernt werden.

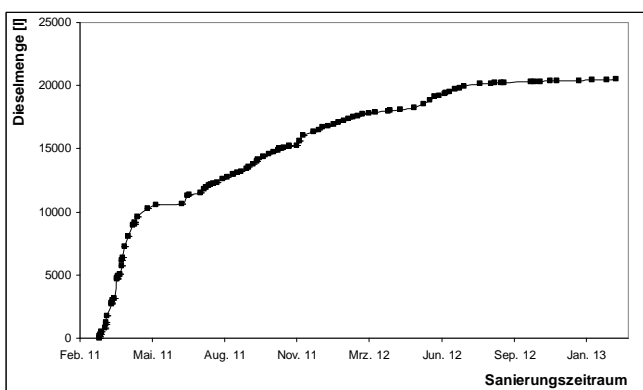


Abb. 6: Summenkurve der Öl-Phasen-Sammlung über die Sanierungsdauer

Über die Messung der Bodenluft im laufenden Sanierungsbetrieb wurde mit ca. 18Vol% ein allgemein hoher Sauerstoffgehalt im gesamten Untergrund beobachtet, was auf eine homogene Aerobisierung durch die eingesetzten Belüftungstechnologien hinweist.

Anhand von regelmäßigen In-situ-Respirationstests gemäß des ÖVA-Leitfadens "Bioventing" (www.altlastenmanagement.at) wurde die biologische Aktivität im Untergrund verfolgt. Nach einem, bereits beschrieben, anfänglich niedrigen Niveau konnte infolge der Nährstoffapplikation die biologische Sauerstoffzehrung deutlich verbessert und über die weitere Sanierungsdauer annähernd stabil gehalten werden (siehe Abb.7). Im Durchschnitt stellte sich eine Zehrungsrate von etwa 4,86 Vol% Sauerstoff pro Tag ein. Unter der Annahme, dass diese Zehrung maßgeblich von den Bodenmikroorganismen herrührt, entspricht dies einem theoretischen KW-Abbau von etwa 3,7 mg/kg pro Tag.

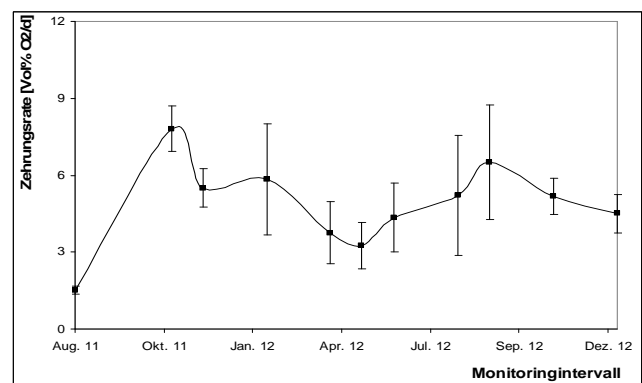


Abb. 7: Entwicklung In-situ-Respiration über die Sanierungsdauer

7.2 Sanierungserfolg

Die fortschreitende Reduktion der KW-Konzentrationen im Untergrund wurde mittels regelmäßiger Feststoffprobenahme aus Bohraufschlüssen verfolgt - die Lage der Bohrpunkte ist in Abb. 5 ersichtlich, P-KP1 bis 3 - sowie einer Baugrubenbeprobung zum Abschluss der Sanierung. In den Tab. 1 und Tab. 2 sind die entsprechenden KW-Konzentrationen der ungesättigten Bodenzone sowie

des Aquifers jeweils für den Ausgangszustand (01_2011), nach der Bodenspülung (08_2011), der Hälfte der biologischen Sanierungsdauer (04_2012) und für den Endzustand (02_2013) dargestellt. Aus Vergleichsgründen sind jeweils das arithmetische sowie das geometrische Mittel aufgeführt, da aufgrund der unregelmäßigen Verteilung der Schadstoffkonzentrationen im Untergrund die statistische Robustheit einzelner Parameter herabgesetzt werden kann. Des Weiteren ist das 95%ige Konfidenzintervall und die jeweils gemessenen Extremwerte aufgeführt, um eine genauere Vorstellung der Konzentrationsspannen zu ermöglichen.

Aus den aufgeführten Konzentrationen geht hervor, dass allein die Kombination aus "Pump and Treat-Verfahren" inklusive des Skimmings und der Bodenspülung in der ungesättigten Bodenzone eine Halbierung der KW-Kontamination erreicht werden konnte. Im Zuge des Bioventings trat durch biologischen Abbau eine weitere Reduktion im Feststoff um ca. 2.100 bis 2.800 mg/kg in der ungesättigten Bodenzone ein, anhand des Biosparging um etwa 1.500 bis 2.000 mg/kg im Aquifer auf. Die geförderten Grundwässer erreichten zumeist Werte von kleiner 0,05 mg/l an gelösten KW. Insgesamt konnten somit durch das gewählte In-situ-Maßnahmenbündel die vorgegebenen Sanierungsziele sowohl für die ungesättigte als auch für die gesättigte Bodenzone innerhalb der Behandlungszeit erreicht werden. Aufschwimmende Öl-Phase war nach eineinhalb Sanierungsjahren nicht mehr feststellbar.

Tab. 1: Verlauf der KW-Konzentrationen über die Sanierungsdauer in der ungesättigten Bodenzone

Zeitraum:	01_2011	08_2011	04_2012	02_2013
Parameter:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
arth. Mittelwert	18937	4975	5906	1678
geo. Mittelwert	14833	4287	5409	1365
95%iges Konfidenzintervall	3579	4949	2019	1090
Minimalwert	575	2450	3120	530
Maximalwert	76210	7500	9880	3760
	[Stk]	[Stk]	[Stk]	[Stk]
Stichprobenanzahl:	36	2	6	5

Tab. 2: Verlauf der KW-Konzentrationen über die Sanierungsdauer im Aquifer

Zeitraum:	01_2011	08_2011	04_2012	02_2013
Parameter:	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
arth. Mittelwert	7786	4420	2963	2963
geo. Mittelwert	3712	3805	2879	2879
95%iges Konfidenzintervall	4138	2934	954	954
Minimalwert	318	2080	2080	2080
Maximalwert	76210	8790	3760	3760
	[Stk]	[Stk]	[Stk]	[Stk]
Stichprobenanzahl:	18	4	3	3

7.3 Nachsorge und Nachnutzung

Mit Erreichen der Sanierungsziele wurden die In-situ-Sanierungsarbeiten im Bereich des Takt 2 im Februar 2013 erfolgreich beendet. Die Anlagebestandteile und In-situ-Implementierungen wurden anschließend weitestgehend rückgebaut. Unmittelbar im Anschluss wurde auf dem betreffenden Areal ein Teil der neuen Gleisanlagen, gelegen im heutigen südöstlichen Teilabschnitt des Wiener Hauptbahnhofes, errichtet. Zur Nachsorge wird der Sicherungsbrunnen PB-T3 als fortgesetzte hydraulische Sicherung inklusive einer Aktivkohlefilterung der Förderwässer bis etwa 2022 weiter betrieben.

8. UMWELTEFFEKTE

Im Gegensatz zur konventionellen Verfahren zeichnen sich In-situ-Sanierungsverfahren in der Regel durch niedrigere Behandlungskosten aus, speziell bei den biologischen Verfahren kann hierfür ein verhältnismäßig geringer Energieverbrauch ver-

zeichnet werden. Im gegenständlichen Sanierungsprojekt wurde dieser positive Umwelteffekt allerdings leicht überlagert durch die angewandte Verfahrenskombination, welche im Sinne der Zeitoptimierung zu betrachten ist, wofür ein höherer Energieverbrauch in Kauf genommen wurde. In diesem Bezug ist maßgeblich die umfangreiche Grundwasserhaltung im gesamten Sanierungsfeld anzuführen, welche einen hohen regelungstechnischen Aufwand erzeugte. Die Schadstoffentfrachtung im Feststoff aller Verfahrenskombinationen insgesamt, kann mit etwa 15.000 mg/kg KW in der ungesättigten Bodenzone und ca. 2.500 mg/kg KW im Aquifer beziffert werden. Es ergibt sich ein spezifischer Energieverbrauch von ca. 4 kWh pro Kilo entfrachtetem Schadstoff, bzw. 79 kWh pro gereinigtem Kubikmeter Boden.

9. PROJEKT BETEILIGTE

Auftraggeber:

ÖBB Infrastruktur AG
Praterstern 3
A-1020 Wien
DI Judith Engel

Planer und Auftragnehmer:

TERRA Umwelttechnik GmbH
Großmarktstraße 7C
A-1230 Wien
DI Hans-Peter Weiss

Abfallwirtschaftlicher Sachverständiger:

DI Dr. Erwin Huter
Ybbsbachpromenade 5
A-3264 Gresten

Chemische Bauaufsicht:

ESW Consulting Wruß
Ziviltechnikergesellschaft m.b.H
Rosasgasse 25-27
A-1120 Wien
DI Michael Kochberger

10. ABSCHLIEßENDE BEWERTUNG

10.1 Standorteigentümer/Auftraggeber

Eine In-situ-Variante bot für die ÖBB als Standorteigentümer den wesentlichen Vorteil, die Sanierung ohne größere Störungen in die Umbaumaßnahmen des neuen Hauptbahnhof Wien zu integrieren. Im Vordergrund stand dabei, dass das Verfahren dem Stand der Sanierungstechnik entsprach und keine nachteiligen Umweltauswirkungen hierdurch entstanden. Bei den getroffenen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen wurde die Verhältnismäßigkeit des Aufwandes im Zusammenhang mit den örtlichen Gegebenheiten in Betracht gezogen.

10.2 Behörde und beteiligte Sachverständige

10.2.1. Abfallwirtschaftlicher Sachverständiger

Das Projekt wurde ursprünglich als vollständige Auskoffnung im Rahmen des UVP-Verfahrens des Bahnhofs Wien durch die Oberste Eisenbahnbehörde des BMVIT bewilligt.

Bereits während der Einreichphase wurde vom abfallwirtschaftlichen Sachverständigen angeregt alternativ eine In-situ-Sanierung zu überlegen und Vorversuche als Entscheidungsgrundlage durchzuführen. Aus Zeitgründen wurde diese Variante verworfen.

Aufgrund der aufgetretenen Probleme bei der Auskoffnung von Takt 1 wurde die in situ Sanierungsvariante für die Sanierung von Takt 2 erwogen und als Änderungsgenehmigung eingereicht.

Die gewählte Sanierung für Takt 2 führte in Relation zur Auskoffnung zu einer wesentlich besseren Entfrachtung des Umfeldes und kann die Laufzeit des Sicherungsbrunnens wesentlich reduzieren. Darüber hinaus konnten Risiken für die Einhaltung der Bauzeit bzw. resultierend aus Störungen des Bahnbetriebs durch diese Änderung reduziert werden.

10.2.2. Chemische Bauaufsicht

An das betreffende Projekt wurde, insbesondere durch die Vorgaben des UVP – G und zur Wahrung der Vorgaben des WRG, die Anforderung einer engmaschigen Überprüfung des Sanierungsfortschritts gestellt. Demgemäß wurden regelmäßig chemische Analysen der kontaminationsgebenden Schadstoffparameter (vor allem BTEX, KW – Index) in den Umweltmedien Boden und Grundwasser vorgenommen. Anhand der hydraulischen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen zeigte sich dabei eine rasche Entfrachtung des Grundwassers und der ungesättigten Zone. Die durchgängige analytische Begleitung ermöglichte eine zeitnahe Funktionskontrolle der gewählten Technologie. Im Laufe der weiteren Sanierung konnte über die o.a. zunehmende Entfrachtung des Bodens eine wesentliche Minderung der Schadstoffbelastung über den Wirkungspfad Boden-Grundwasser beobachtet werden. Somit konnten auch die Entsorgungskosten einer im Abschluss an die Sanierung durch die Sanierungszone geführten Bahnunterwerfung im ungesättigten Bereich relevant reduziert werden. Das derart gewählte chemische Monitoring gewährleistet somit sowohl eine ausreichende Datenlage für die behördliche Kontrolle der Sanierungsarbeiten als auch eine Hilfestellung für die Prozesssteuerung während des Sanierungsbetriebs und weiters bei den o.a. Aushubarbeiten eine Reduktion der Entsorgungskosten durch Materialzuordnungen durch geringe Beurteilungsmengen

10.3 Planer

Als Unternehmen, das bereits langjährige Erfahrung im Bereich von innovativen Sanierungsverfahren besitzt war die Herausforderung eines kombinierten Einsatzes verschiedener Technologien von besonderem Interesse. Obgleich die Sanierungskosten hierdurch höher ausfielen, konnte jedoch anhand dessen gezeigt werden, dass durch diese prozesstechnische Optimierung In-situ-Sanierungsverfahren auch in zeitlich engeren Maßstäben zur Anwendung gebracht werden können.

10.4 ÖVA Experten

In-situ-Sanierungen wie Bodenspülungen und eine Förderung des biologischen Abbaus durch Einbringung von Sauerstoff können für Standorte in verbautem Gebiet einen wirkungsvollen Sanierungsansatz darstellen.

Dieses Fallbeispiel zeigt eine Kombination von gleich drei in-situ-Sanierungsverfahren (Bodenspülung, Bioventing und Biosparging) in Kombination mit einem Phasen-Skimming und bedarf daher, bezogen auf Österreich, einer besonderen Beachtung. Herauszuheben sind vor allem die sehr schwierigen Rahmenbedingungen, so mussten die Arbeiten bei laufendem Bahnbetrieb und extrem engen räumlichen und zeitlichen Verhältnissen durchgeführt werden. Erleichtert werden derartige In-situ-Sanierungsmaßnahmen, wenn wie in diesem Fall keine Grundwassernutzungen im direkten Abstrom der Kontamination vorliegen.

In Hinblick auf eine erwartete Zunahme der Anzahl von kontaminierten Standorten im verbauten Gebiet ist eine vermehrte Anwendung von In-situ-Sanierungsverfahren und deren Kombination – wie im hier vorliegenden Fallbeispiel – wünschenswert.

Dieser Sanierungsreport wurde von der TERRA Umwelttechnik GmbH (B.T. Bogolte, R. Philipp und H.-P. Weiss) verfasst, welche für den Inhalt des Reports und die Richtigkeit der Ausführungen verantwortlich ist. Der TERRA Umwelttechnik GmbH gebührt der Dank für die Erstellung des Sanierungsreports und Ihr obliegt auch die Verantwortung für die Freigabe der Inhalte zur Veröffentlichung.

Seitens des ÖVA wurde eine Plausibilitätsprüfung des Reports vorgenommen. Eine vertiefte Prüfung oder Verifizierung der dargestellten Ergebnisse erfolgte nicht. Der ÖVA sowie die in die Prüfung involvierten Experten können keine Verantwortung für Inhalt und Richtigkeit des Reports übernehmen.

