

24. Februar 2023

Altlast O 76 „Kokerei Linz“

Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen



© voestalpine Stahl GmbH Stahl GmbH

Zusammenfassung

Beim Altstandort „Kokerei Linz“ handelt es sich um das Areal, auf dem sich die Kokerei des Eisen- und Stahlwerkes Linz befindet. Die Kokerei existiert seit dem Jahr 1942 und wurde nach weitgehender Zerstörung im Zweiten Weltkrieg wieder in Betrieb genommen. Das Areal der Kokerei weist eine Fläche von rund 350.000 m² auf. Im Untergrund des Altstandortes lagen, aufgeteilt auf mehrere „Hot Spots“, massive Teerölkontaminationen und Kontaminationen durch aromatische Kohlenwasserstoffe vor. Ausgehend von diesen Untergrundverunreinigungen fand ein erheblicher Schadstoffeintrag in das Grundwasser statt. Im Grundwasser hatte sich eine Schadstofffahne polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) von mehreren Hundert Meter Länge ausgebildet. Seit dem Jahr 2011 werden Maßnahmen zur Dekontamination von Hot Spots (Aushub, Bodenluftabsaugung, Phasenabschöpfung) sowie zur Sicherung und Reduktion der Ausbreitung von Schadstoffen im Grundwasser umgesetzt. Als Sicherungsmaßnahme wurde 2015 eine durchströmte Reinigungswand („Funnel & Gate-System“) in Betrieb genommen, die aus einer 1.650 Laufmeter langen Dichtwand („Funnel“) und zwölf in regelmäßigen Abständen eingebauten und mit Aktivkohle befüllten Filterfenstern („Gates“) besteht, durch die das PAK-kontaminierte Grundwasser strömt und gereinigt wird. Durch diese Maßnahmen konnten die PAK-Verunreinigungen des Grundwassers im Abstrom signifikant reduziert werden.

1 LAGE DER ALTLAST

Bundesland: Oberösterreich

Bezirk: Linz

Gemeinde: Linz (40101)

Katastralgemeinde: St. Peter (45208)

Grundstücksnummern: 146/12, 147/4, 148/7, 179/1, 324/4, 366, 1063/3, 1063/4

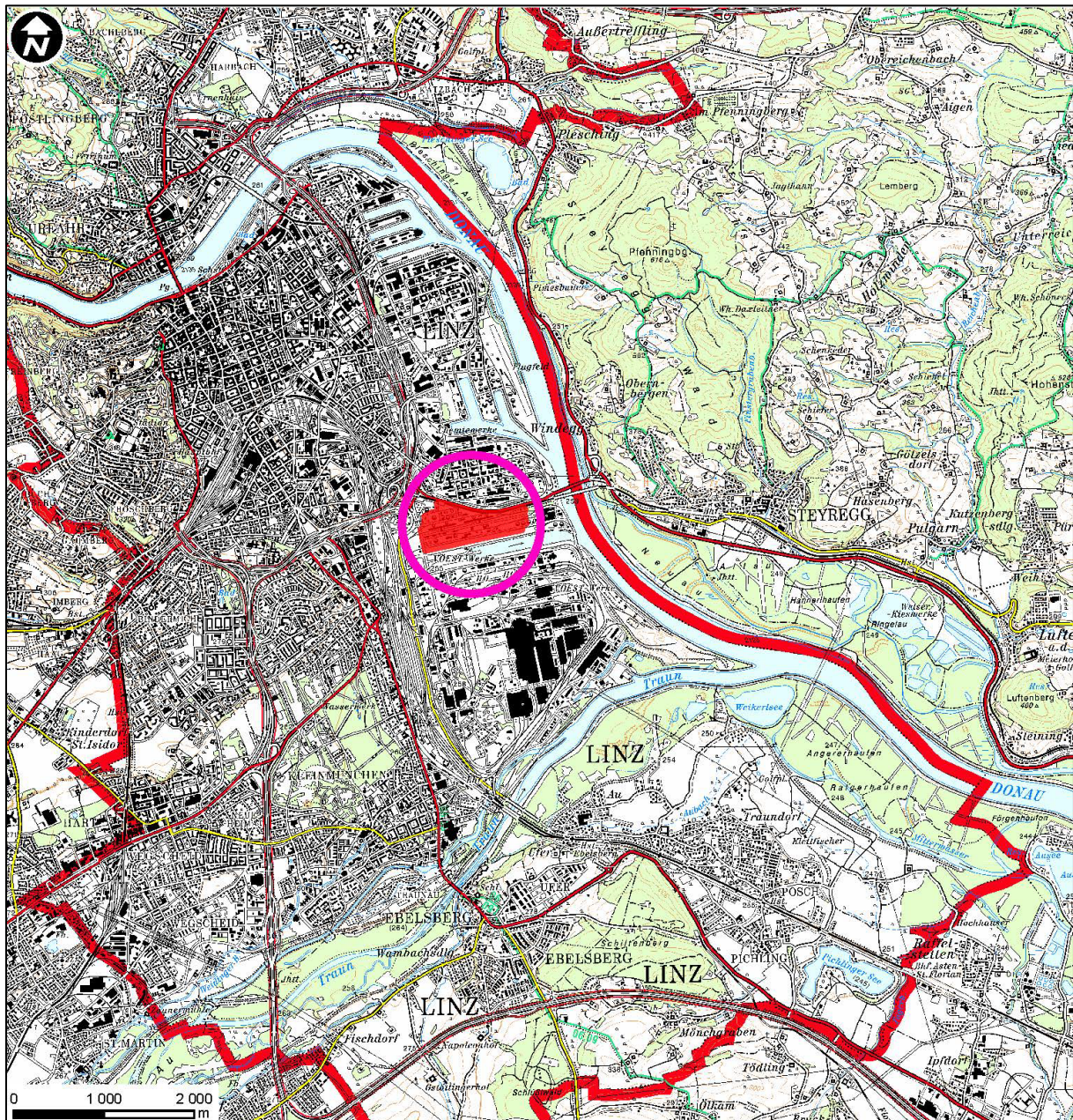


Abb. 1: Übersichtskarte (Daten: BEV; © Umweltbundesamt)

2 BESCHREIBUNG DER STANDORTVERHÄLTNISSE

2.1 Betriebliche Anlagen und Tätigkeiten

Der Altstandort „Kokerei Linz“ bildet den nördlichsten Teil des Eisen- und Stahlwerkes Linz und befindet sich im Osten der Stadt Linz, in einer industriell geprägten Umgebung. Nördlich des Altstandortes liegt der „Chemiepark Linz“ (Altlast O44), der von der Kokerei Linz durch die Steyregger Bundesstraße (B3) und eine Eisenbahnlinie getrennt wird. Östlich des Areals fließt die Donau. Im Süden liegt ein Hafenbecken der Donau („Kokereihafen“), daran anschließend befinden sich die Produktionsanlagen des Eisen- und Stahlwerkes. Westlich wird die Kokerei von industriell und gewerblich genutzten Arealen begrenzt. Der Altstandort „Kokerei Linz“ umfasst eine Fläche von rund 350.000 m² (sh. Abb. 3).

Das Eisen- und Stahlwerk in Linz wird seit 1941 betrieben, die Kokerei ging im Jahr 1942 in Betrieb. Gegen Ende des Zweiten Weltkrieges wurde die Kokerei zwar teilweise zerstört, kam aber während der Kriegszeit nie vollständig zum Stillstand. Um die beschädigten Batteriebereiche warmhalten zu können, wurde ein Notbetrieb aufrechterhalten. Bereits 1946 wurde wieder Koks produziert, bis 1951 wurde die Kokerei vollständig wiederhergestellt.

Im Bereich der Kokerei werden insgesamt fünf Batterien mit je 40 Koksammern betrieben (westlich der bestehenden Koksofenbatterien befindet sich der Standort der ehemaligen, zur Gänze abgebrochenen Koksofenbatterien). Ausgehend von etwa 2 Mio. Tonnen Kohle wurden Mitte der 2000er-Jahre pro Jahr 1,4 Mio. Tonnen Koks sowie 600 Mio. m³ Kokereigas erzeugt. Als Nebenprodukte fallen Rohbenzol, Schwefelsäure und Rohteer an. Der Rohteer wurde bis 1999 auf dem Standort zu verschiedenen Produkten weiterverarbeitet.

Die Kokerei Linz besteht aus folgenden wesentlichen Anlagenteilen:

- Kohlentladung und -lagerung (das Kohlelager befindet sich südlich des Kokereigeländes und ist nicht Teil des Altstandortes „Kokerei Linz“)
- Kohlaufbereitung (Mahl- und Mischanlage)
- Koksofenbatterien (die ehemaligen Koksofenbatterien befanden sich westlich an die bestehenden anschließend)
- Kokssieberei
- Gaskühlung, Kondensation und Maschinenhaus
- Gaswäsche
- Abwasserreinigungsanlage
- Benzolvorproduktionsanlage
- Teerdestillation (die ehemalige Teerdestillation befand sich östlich des Gasometers)

Abb. 3 zeigt die relevanten Anlagenteile der Kokerei Linz. Weiters sind in dieser Abbildung die (ehemaligen) Anlagenteile gekennzeichnet, an denen es zu bekannten Schadensfällen gekommen ist.

In den beiden letzten Kriegsjahren wurden folgende Anlagenteilen durch Bombentreffer beschädigt oder zerstört:

- „Bereich Kohlenwertstoffanlage“ (Maschinenhaus, Teerscheidebehälter, Vorkühlergebäude, Spülbehälter, Hochbehälter, Teertanks, Naphtalinwäsche, Elektroentteerer, Ammoniakwäscher, Benzolwäscher, Waschöllager): Austritte von Kohlewasser, Teer, Waschöl und Rohbenzol
- Bereich Roh- und Reinbenzollager sowie Roh- und Reinbenzolanlage: Austritte von Rohbenzol, Rohteer, Waschöl und Destillationsprodukten

- Koksofenbatterien – Austritte von Teer und Spülwasser

Nach 1945 traten bei folgenden Anlagenteilen größere Schadensfälle auf:

- Koksofenbatterien: Austritt von Spülwasser und Teer (1948)
- Reinbenzolanlage: Explosion mit Austritt von Benzol (1953)

Auf folgenden Flächen sind Ablagerungen betriebsinterner Abfälle bekannt:

- Auf der Freifläche östlich der Schwefelsäureanlage wurden nach 1945 Bombenrichter mit Abfällen aus der Benzolanlage und der Teerdestillation verfüllt.
- Im Bereich der ehemaligen Teerdestillation befanden sich Teerteiche, in die nach 1945 Teerabfälle abgelagert und Spülwässer eingeleitet wurden.

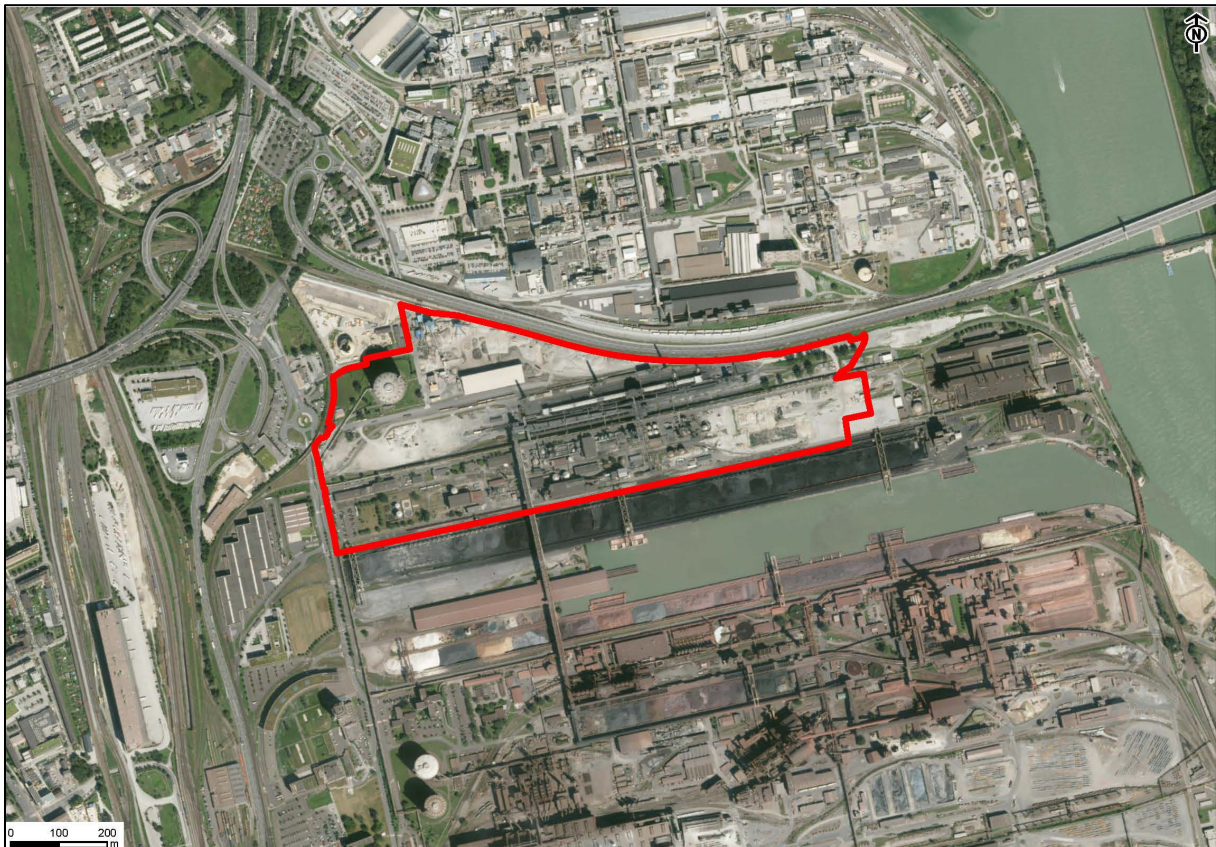


Abb. 2: Luftbild (2020) der Altlast O76 (Daten: BEV; © Umweltbundesamt)

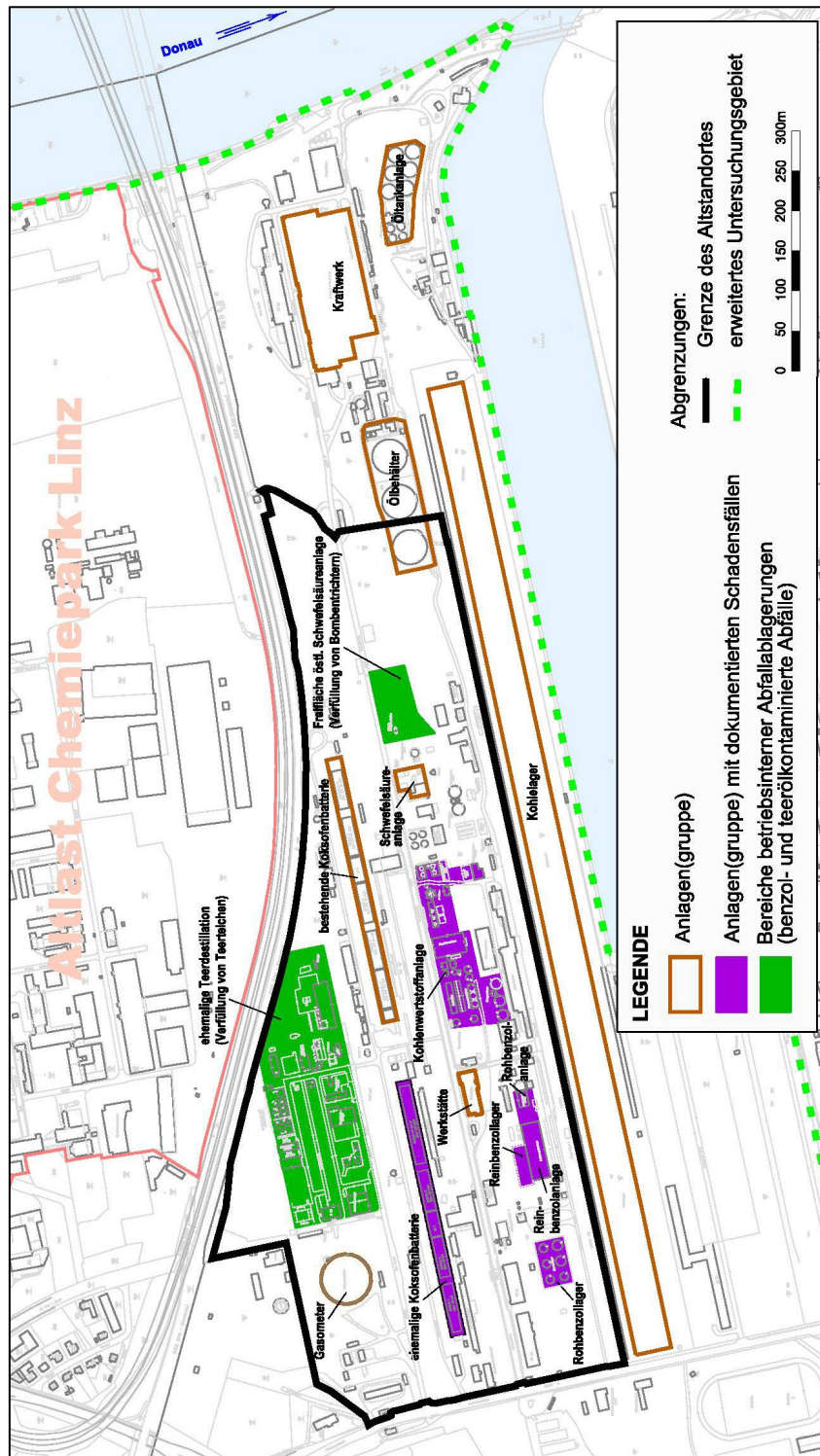


Abb. 3: Lageplan relevanter Anlagenteile und bekannter Schadensfälle (© Umweltbundesamt)

2.2 Untergrundverhältnisse

Der Altstandort befindet sich im Linzer Becken im Bereich quartärer Kies- und Sandablagerungen auf einer Seehöhe von etwa 255 m ü. A. bis 257 m ü. A. Die natürliche Deckschichte wird von feinkörnigen, bis zu mehreren Metern mächtigen Lößlehmen gebildet. Die Kies- und Sandablagerungen besitzen eine mittlere Mächtigkeit von etwa 12 m und werden von tertiärem Schlier, einem tonig-sandigen Schluffsediment, unterlagert (Abb. 4). Wie aus den erfassten Bohrprofilen und anderen Aufzeichnungen hervorgeht, beträgt die Mächtigkeit künstlicher Anschüttungen („Bombenschutt“ etc.) durchschnittlich mehrere Meter. Auffüllungen ehemaliger Donauarme sind bis zu einer Mächtigkeit von 8 m bekannt.

Die Kies- und Sandablagerungen fungieren als Grundwasserleiter. Im Bereich der Kokerei beträgt der Grundwasserflurabstand etwa 5 m bis 7 m, die Grundwassermächtigkeit bei mittlerem Grundwasserstand etwa 8,5 m bis 10 m. Die hydraulische Durchlässigkeit kann im Mittel mit 1×10^{-3} m/s bis 5×10^{-3} m/s angegeben werden. Das hydraulische Gefälle ist gering, es beträgt im westlichen Bereich der Kokerei ca. 1 ‰, im östlichen ca. 2 ‰.

Der tertiäre Schlier bildet den Grundwasserstauer. In Abb. 5 ist das Oberflächenrelief des Grundwasserstauers (= Aquiferbasis) dargestellt. Die Staueroberfläche zeigt im Untersuchungsbereich kein ausgeprägtes Relief und liegt zum Großteil auf einem Niveau von 238 m ü. A. bis 241 m ü. A. Sie fällt nach Osten zur Donau, aber auch gegen Nordwesten zum Linzer Stadtzentrum hin ab. Gegen Südwesten ist ein Anstieg auf über 244 m ü. A. zu beobachten (außerhalb des Bereiches von Abb. 5). Im Schlierrelief ausgebildete Längsstrukturen ziehen von NW bis WNW nach SE bis ESE. Im Bereich der Kokerei sind mehrere lokale Senken (unter 239 m ü. A.) und Kuppen (über 241 m ü. A.) ausgebildet.

Generell strömt das Grundwasser aus der Welser Heide kommend nach Osten bzw. Nordosten in Richtung Donau. Im Untersuchungsgebiet werden die Grundwasserstände durch Umschließungen der Donau und der Hafengebiete durch Schmalwände (untergeordnet auch Stahlspundwände) sowie durch Pumpwerke reguliert, mittels derer das anströmende Grundwasser in die Donau übergeleitet wird. Seit dem Aufstau der Donau beim Bau des Donaukraftwerkes Abwinden-Asten im Jahr 1979 stieg der mittlere Grundwasserspiegel im Bereich der Kokerei im Westen um 0,5 m und im Osten um bis zu 1,5 m. Der Wasserspiegel der Donau liegt seit Kraftwerkserrichtung über dem Wasserspiegel des anströmenden Grundwassers (Abb. 6). In aktuellen wasserwirtschaftlichen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Dichtwände entlang der Donau keine vollständige Abdichtung bewirken und eine Infiltration von Donauwasser in das Grundwasser gegeben ist.

Im „Bereich Kohlenwertstoffanlage“ tauchen einzelne Fundamente (überwiegend Einzel- und Streifenfundamente) bis maximal 3 m in das Grundwasser ein, sodass eine geringfügige Beeinflussung der lokalen Grundwasserfließrichtung kleinräumig nicht ausgeschlossen werden kann. Im Bereich der Schwefelsäureanlage und des Kraftwerks befinden sich einzelne Fundamente im Grundwasserschwankungsbereich. Deutliche Abweichungen von der generellen Strömungsrichtung nach Osten bzw. Nordosten zur Donau ergeben sich auf Grund der Entnahme von großen Grundwassermengen über mehrere Brunnen (sh. Tabelle 1 und Abb. 5). Der Intensität der Grundwasserentnahmen entsprechend ist eine Übernutzung des Grundwasservorkommens gegeben, so dass bei weiteren Entnahmen zu Nutzwasserzwecken (z.B. B92 seit 2009, sh. Tabelle 1) deutliche Veränderungen der Grundwasserströmungsverhältnisse sowie ein Rückgang der Entnahmen bei den Pumpwerken an der Donau zu erwarten sind.

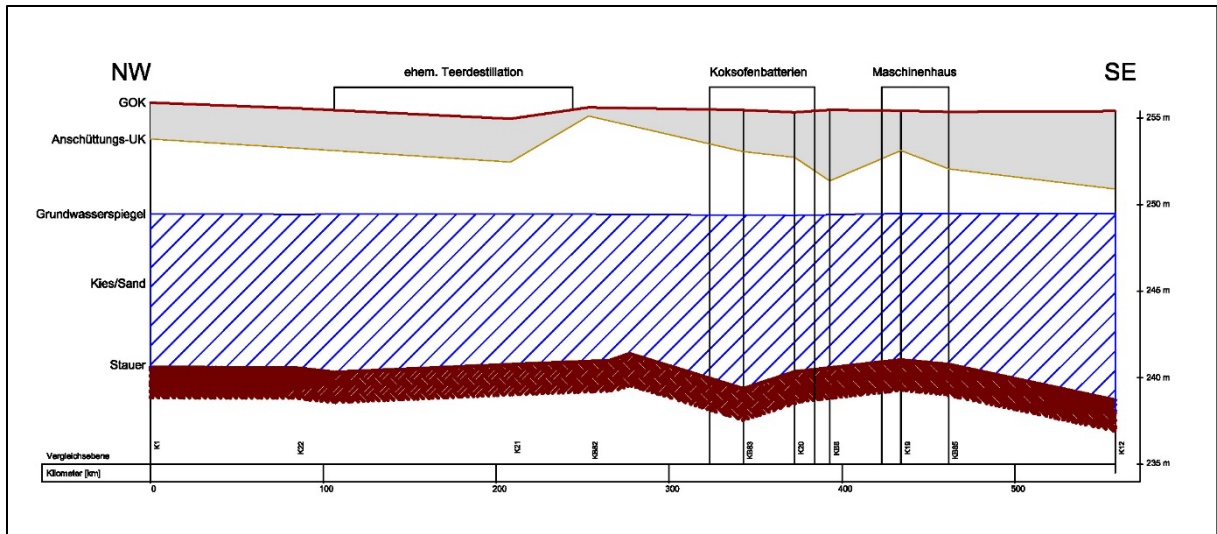


Abb. 4: Schematischer geologischer NW-SE-Schnitt (© Umweltbundesamt)

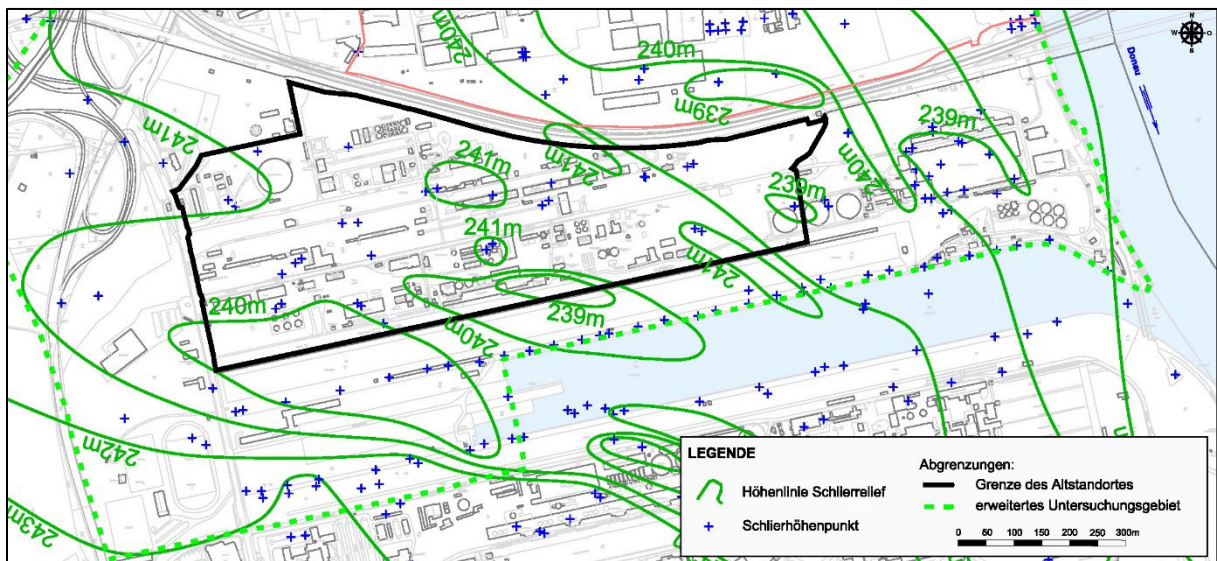


Abb. 5: Oberfläche des Grundwasserstauers (Schlier) (© Umweltbundesamt)

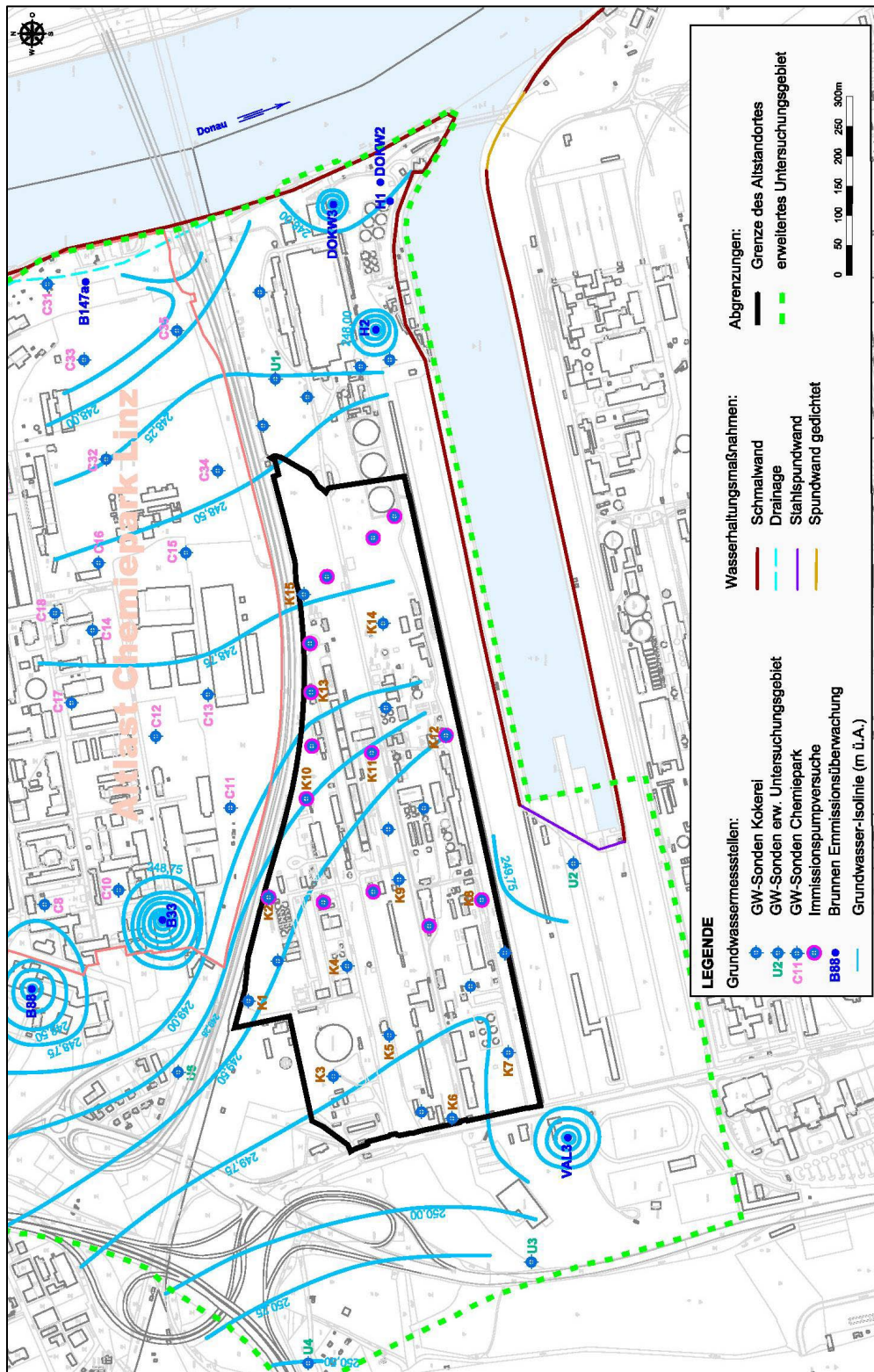


Abb. 6: Grundwasserströmungsverhältnisse (Juli 2008), Wasserhaltungsmaßnahmen und Grundwassernutzungen (© Umweltbundesamt)

2.3 Schutzgüter und Nutzungen

Der Altstandort „Kokerei Linz“ befindet sich im nördlichen Bereich eines Eisen- und Stahlwerkes in einer industriell geprägten Umgebung. Nördlich des Altstandortes liegt im Grundwasserabstrom

ein Standort, an dem seit vielen Jahrzehnten eine chemische Industrie besteht („Chemiepark Linz“ (Altlast O 44); ehemals „Österreichische Stickstoffwerke“ bzw. „Chemie Linz“).

Auf dem Standort der Kokerei befinden sich neben Anlagen zur Verkokung von Kohle und Aufbereitung der entstehenden Nebenprodukte ein Bürogebäude sowie Werkstätten (Abb. 3). Im östlichen Bereich des Altstandortes befindet sich ein Gas- und Dampfkraftwerk zur Erzeugung elektrischer Energie.

Mittel- bis langfristig kann davon ausgegangen werden, dass die industrielle Nutzung bestehen bleibt.

Entsprechend der industriellen Nutzung des Altstandortes und seiner Umgebung bestehen im Bereich der Kokerei und in ihrem Grundwasserabstrom keine Wasserrechte zur Entnahme von Trinkwasser. Im Nahbereich der Kokerei Linz werden einige Brunnen zur Wasserhaltung bzw. zur Entnahme von Nutzwasser (z. B. für Kühlzwecke) betrieben. Diese sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die Förderraten beziehen sich auf den Zeitpunkt der Erstellung der Gefährdungsabschätzung (2007). Die aktuellen Förderraten sind in Tab. 8 zusammengestellt. Das abgepumpte Grundwasser wurde und wird nach wie vor größtenteils in die Donau abgeleitet (sh. auch Kapitel 2.2).

Tab. 1: Grundwasserentnahmen im Bereich der Kokerei Linz (Daten von Mitte der 2000er-Jahre)

Brunnenbezeichnung (vgl. Abb. 6)	Entnahmemenge [l/s]			Lage
	Mittelwert (2001-2008)	Max	Min	
DOKW 2	26	40	6,3	südöstlich Kraftwerk
DOKW 3	12	19	5,7	südöstlich Kraftwerk
Hechtkopf (H1)	16	28	7,1	südöstlich Kraftwerk
Öllände (H2)	9,4	15	5,8	südlich Kraftwerk
VAL 3	28 (2002)	111	k. A.	südwestlich Kohlelager
B33	8			Chemiepark
B88	28			Chemiepark
B92 (seit 2009)	67 (maximale Konsenswassermenge)			Chemiepark
B147a	bis 200			Chemiepark (Drainage)

3 GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Zur Untersuchung des Altstandortes und seiner Auswirkungen auf die Umwelt wurden 2004 bis 2009 59 Bohrungen abgeteuft und 30 Grundwassermessstellen errichtet sowie aus diesen zahlreiche Feststoff-, Bodenluft- und Grundwasserproben entnommen.

Die Untersuchung des wasserungesättigten Untergrundes ergab in den Bereichen mit bekannten Schadensfällen bzw. Abfallablagerungen hohe bis sehr hohe Belastungen durch polyzyklische aro-

matische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Mineralölkohlenwasserstoffe bzw. aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX). PAK-Belastungen mit Konzentrationen über 1.000 mg/kg traten großflächig in folgenden Bereichen auf (siehe Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10):

- „Bereich Kohlenwertstoffanlage“
- ehemalige Teerdestillation
- Reinbenzolanlage
- Gasometer
- Bereich östlich der Schwefelsäureanlage.

Auf dem Standort der ehemaligen Koksofenbatterien traten großflächig hohe PAK-Belastungen mit Konzentrationen zwischen 200 mg/kg und 500 mg/kg auf. Im Bereich der Reinbenzolanlage waren zudem BTEX-Belastungen mit Konzentrationen von mehr als 1.000 mg/kg im Feststoff bzw. mehr als 1.000 mg/m³ in der Bodenluft festzustellen. Während im Bereich des Gasometers, der ehemaligen Koksofenbatterien und östlich der Schwefelsäureanlage nur die obersten Meter des Untergrundes durch PAK belastet waren, umfasste die PAK-Belastung im Bereich „Kohlenwertstoffanlage“ und teilweise auch im Bereich der ehemaligen Teerdestillation die gesamte ungesättigte Zone sowie Teile der gesättigten Zone. Im Bereich der Reinbenzolanlage, in der neben der sehr hohen PAK- auch eine sehr hohe BTEX-Belastung gegeben war, waren vor allem die unteren Bereiche der ungesättigten Zone sowie der Aquifer betroffen. In diesem Bereich konnte davon ausgegangen werden, dass PAK-Verbindungen durch aromatische Kohlenwasserstoffe verstärkt aus der Matrix gelöst und in Richtung Grundwasser transportiert wurden.

Die Masse an PAK-15 (16 Einzelsubstanzen gemäß US-EPA exkl. Naphthalin), die in den hoch und sehr hoch belasteten Bereichen in der ungesättigten Zone im Untergrund der Kokerei Linz vorhanden war, konnte gemäß Tab. 2 sehr grob mit rund 1.000 Tonnen bis 2.000 Tonnen abgeschätzt werden. Die Gesamtfläche der hoch und sehr hoch belasteten Bereiche belief sich auf etwa 170.000 m².

Tab. 2: Abschätzung der Masse an PAK in den hoch und sehr hoch belasteten Bereichen der ungesättigten Zone

Bereich	mittlere Konzentration [mg/kg]	Fläche [m ²]	Tiefe [m]	Volumen [m ³]	Masse [t]	Masse PAK [t]
Gasometer	2.000	10.000	3	30.000	54.000	108
ehemalige Teerdestillation (sehr hoch belastet)	3.000	45.000	2	90.000	162.000	486
ehemalige Teerdestillation (hoch belastet)	300	25.000	3	75.000	135.000	41
ehemalige Koksofenbatterien	300	20.000	2	40.000	72.000	22
Kondensation (oberflächennah)	3.000	25.000	3	75.000	135.000	405
Kondensation (> 2 m)	400	25.000	3	75.000	135.000	54
Reinbenzolanlage (Grundwasserschwankungsbereich)	2.000	7.500	3	22.500	40.500	81
östlich Schwefelsäureanlage (sehr hoch belastet)	3.000	5.000	3	15.000	27.000	81
östlich Schwefelsäureanlage (hoch belastet)	300	30.000	3	90.000	162.000	49
Summe	-	167.500	-	512.500	922.500	1.326

In Tab. 3 sind die wichtigsten Ergebnisse der Grundwasseruntersuchungen zusammengefasst, wobei einzelne, sich in ihrem Belastungsbild unterscheidende Grundwasserbereiche ausgewiesen sind. Abb. 7 zeigt die Verteilung dieser Belastungsbereiche.

Die Grundwasseruntersuchungen ergaben, dass im Grundwasseranstrom des Altstandortes vergleichsweise geringe PAK-Belastungen gegeben waren (< 2 µg/l).

Im Bereich des Altstandortes selbst bestätigten die Grundwasseruntersuchungen im Wesentlichen das aus den historischen Recherchen und Untergrunduntersuchungen bekannte Schadensbild.

Entsprechend dem Belastungsbild im ungesättigten Untergrund waren daher im Bereich des Reinbenzollagers und im unmittelbaren Abstrom des „Bereiches Kohlenwertstoffanlage“ massive PAK-Belastungen vorhanden. In beiden Bereichen traten PAK-Konzentrationen von 1.000 µg/l und mehr

auf. Daneben waren auch hohe Konzentrationen an NSO-Heterocyclen (bis 150 µg/l) nachzuweisen. Die PAK- und Heterocyclen-Belastung breitete sich vom unmittelbaren Abstrom des „Bereiches Kohlenwertstoffanlage“ mehr als 700 m weit Richtung Osten bis in den Kraftwerksbereich aus. Im Bereich des Kraftwerks waren PAK-Konzentrationen von mehr als 200 µg/l und Heterocyclen-Belastungen von rund 40 µg/l zu beobachten. Unter den PAK-Verbindungen dominierte in diesem Bereich entsprechend ihrer vergleichsweise hohen Mobilität die Einzelsubstanz Acenaphthen.

Aus dem Bereich des Reinbenzollagers fand hingegen keine weitreichende Ausbreitung von PAK statt. Im Abstrom des Reinbenzollagers waren PAK-Konzentrationen um 20 µg/l nachzuweisen. Ähnliches galt für die massive BTEX-Belastung des Grundwassers im Bereich des Reinbenzollagers (bis > 50.000 µg/l). Auch sie erfuhr keine weitreichende Ausbreitung im Grundwasser.

Im nordwestlichen Bereich des Altstandortes (Gasometer und ehemalige Teerdestillation) hatten die eher oberflächennahen PAK-Belastungen zumeist vergleichsweise geringere Auswirkungen auf das Grundwasser. Das Grundwasser war in diesem Bereich mit durchschnittlich rund 20 µg/l PAK belastet. Lediglich im Bereich der Messstelle K21 waren PAK-Konzentrationen > 100 µg/l zu beobachten. Auch der nördliche Abstrom (in Richtung Chemiepark) war mit Ausnahme des westlichsten Bereiches (PAK-Konzentration über 100 µg/l) durch eine geringe PAK-Belastung mit Konzentrationen unter 2 µg/l gekennzeichnet.

Im Bereich östlich der Schwefelsäureanlage waren sehr hohe Benzolbelastungen mit Konzentrationen über 100 µg/l im Grundwasser zu beobachten. Durch die Immissionspumpversuche konnten in diesem Bereich Konzentrationen bis über 4.000 µg/l nachgewiesen werden. Auch hier konnte die Grundwasserbelastung mit einer, allerdings vergleichsweise geringen Belastung des ungesättigten Untergrundes korreliert werden.

Tab. 3: Zusammenfassung Grundwasseruntersuchungen (basierend auf Medianwerten der Konzentrationen); Lage der Bereiche: siehe Abb. 7

Grundwasserbereich	PAK	BTEX	Alkylphenole	NSO-Heterocyclen	Arsen	Cyanide	Gesamtbeurteilung
Anstrom	< 1 µg/l	< BG	n.u.	n.u.	< BG	< BG	geringe PAK-Belastung
Westlicher Bereich	< 5 µg/l K6: 30 µg/l	< BG	n.u.	n.u.	< BG	< PW	geringe, punktuell mittelhohe PAK-Belastung
Nordwestlicher Bereich und nördlicher Abstrom	< 20 µg/l K21: 170 µg/l C11: 130 µg/l	< BG	< BG	< 5 µg/l	< PW	< PW	mittelhohe, punktuell hohe PAK-Belastung
Nordöstlicher Abstrom Chemiepark	< 2 µg/l B144: 10 µg/l	< BG	n.u.	n.u.	< PW	PW	geringe, punktuell mittelhohe PAK-Belastung
Bereich Reinbenzolanlage	1.300 µg/l	> 50.000 µg/l 20.000 µg/l Benzol	30 µg/l	150 µg/l	< PW	< MSW	massive PAK- und BTEX-Belastung, hohe Belastung durch NSO-Heterocyclen; Belastung durch Cyanide
Abstrom Reinbenzolanlage	20 µg/l	< BG	< BG	< 1 µg/l	< PW	< PW	mittelhohe PAK-Belastung
Abstrom Kondensation	1.000 µg/l	80 µg/l 40 µg/l Benzol	< BG	100 µg/l	< PW	PW	massive PAK- und hohe BTEX-Belastung, hohe Belastung durch NSO-Heterocyclen
Östlicher Bereich Kokerei sowie Kraftwerk	> 200 µg/l	< BG K29: > 100 µg/l Benzol	< BG	40 µg/l	MSW	MSW	sehr hohe PAK- und punktuell sehr hohe Benzolbelastung; hohe Belastung durch NSO-Heterocyclen, Arsen und Cyanide

PAK Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (16 Einzelsubstanzen gemäß US-EPA exkl. Naphthalin)

BTEX Aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole)

BG Bestimmungsgrenze

n. u. nicht untersucht

PW Median liegt im Bereich des Prüfwertes der ÖNORM S 2088-1 bzw. < PW

MSW Median liegt im Bereich des Maßnahmenschwellenwertes der ÖNORM S 2088-1 bzw. < MSW

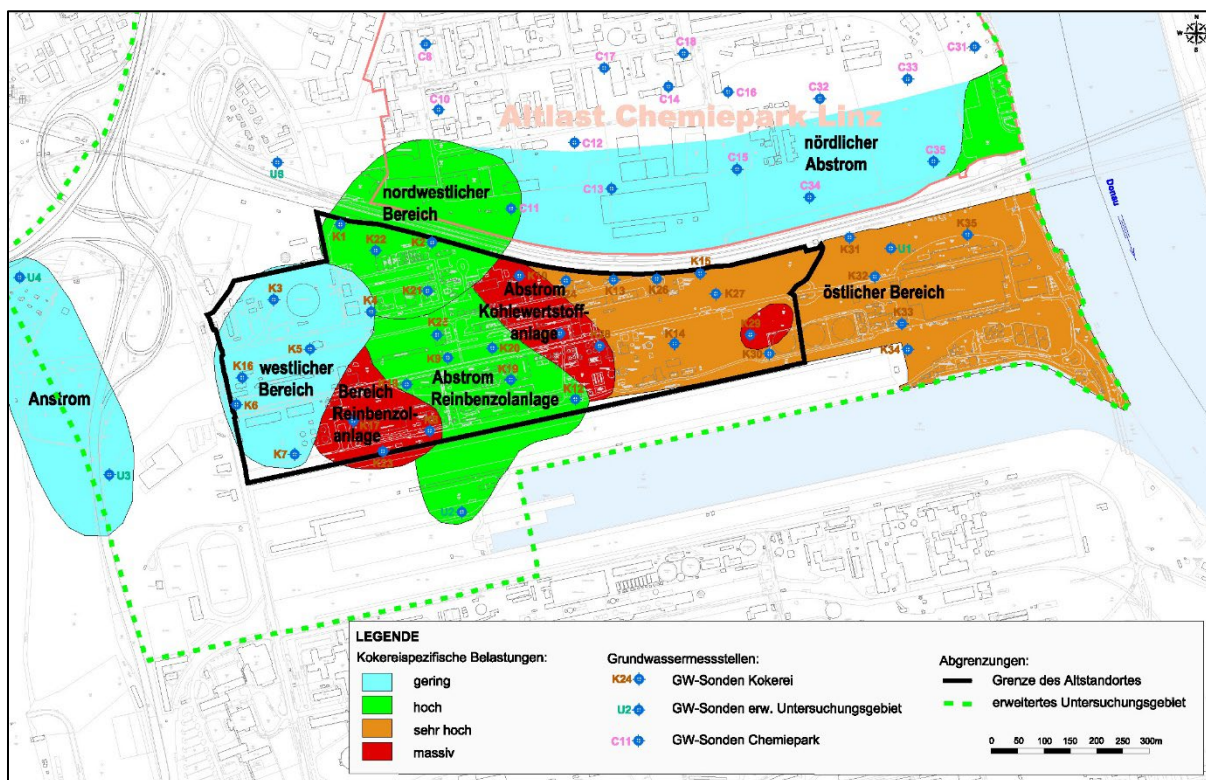


Abb. 7: Zusammenfassende Darstellung der Belastungsbereiche im Grundwasser (© Umweltbundesamt)

In Tab. 4 sind die Summen der PAK-Frachten für ausgewählte Abstrombereiche ausgewiesen. Die Minimalfrachten konnten in einem ersten Schritt aus der Summe der berechneten Frachten aus den einzelnen Immissionspumpversuchen abgeschätzt werden. So wurden über den nördlichen Teilabstrom mindestens 70 g PAK pro Tag und über den östlichen Teilabstrom mindestens 260 g PAK pro Tag transportiert. In der Tabelle ist weiters der aus den berechneten Entnahmebreiten abgeschätzte Anteil der von den Immissionspumpversuchen abgedeckten Breite an der gesamten Breite des jeweiligen Abstrombereichs („Abdeckungsgrad“) angegeben.

Auf Basis der Immissionspumpversuche wurden im zweiten Schritt die im Grundwasser transportierten Schadstofffrachten für den gesamten Grundwasserabstrom hochgerechnet. Daraus ergab sich für den nördlichen Teilabstrom eine PAK-Fracht von rund 0,3 kg pro Tag und für den östlichen Teilabstrom eine PAK-Fracht von rund 0,7 kg pro Tag, in Summe also rund 1 kg pro Tag. Der östliche Teilabstrom war vermutlich zur Gänze dem Abstrom aus dem „Bereich Kohlenwertstoffanlage“ zuzuordnen.

Als Vergleichswert wurde die erhebliche Fracht für PAK-15 mit 1 g/d festgelegt. Dies entspricht einer hydraulischen Fracht von 500 m³ pro Tag, die mit einer Konzentration von 2 µg/l (Konzentration über der Anstromkonzentration des Altstandortes) belastet ist. Daraus war ersichtlich, dass die im Abstrom des Altstandortes auftretende PAK-Gesamtfracht die erhebliche Fracht etwa um den Faktor 1.000 überstieg.

Tab. 4: Abschätzung der im Grundwasserabstrom auftretenden PAK-Frachten

Messstelle	Entnahmbreite IPV	mittlere Konzentration IPV	Fracht IPV	charakteristische Abstrombreite	Gesamtfracht
	[m]	PAK-15 [$\mu\text{g/l}$]	[g/d]	[m]	[g/d]
K2	28	110	2	300	21
K10	28	130	4	125	18
K24	20	260	60	75	225
Summe IPV Abstrom Nord (Abdeckungsgrad: 15 %)			66	500	264
K13	30	380	30	75	75
K26	35	610	60	75	129
K27	34	860	100	100	294
K29	23	530	30	75	98
K30	35	390	40	75	86
Summe IPV Abstrom Ost (Abdeckungsgrad: 40 %)			260	400	681

Für Benzol ergibt sich als Vergleichswert eine erhebliche Fracht von 0,5 g/d. Dies entspricht einer hydraulischen Fracht von 500 m³ pro Tag, die mit einer Konzentration von 1 $\mu\text{g/l}$ (Maßnahmenschwel­lenwert der ÖNORM S 2088-1) belastet ist. Die im Bereich der Messstelle K29 im östlichen Anstrom des Altstandortes transportierte Benzolfracht betrug etwa 200 g/d und überschritt die erhebliche Fracht somit um den Faktor 400.

Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10 zeigen zusammenfassende schematische Darstellungen des Schadensbildes.

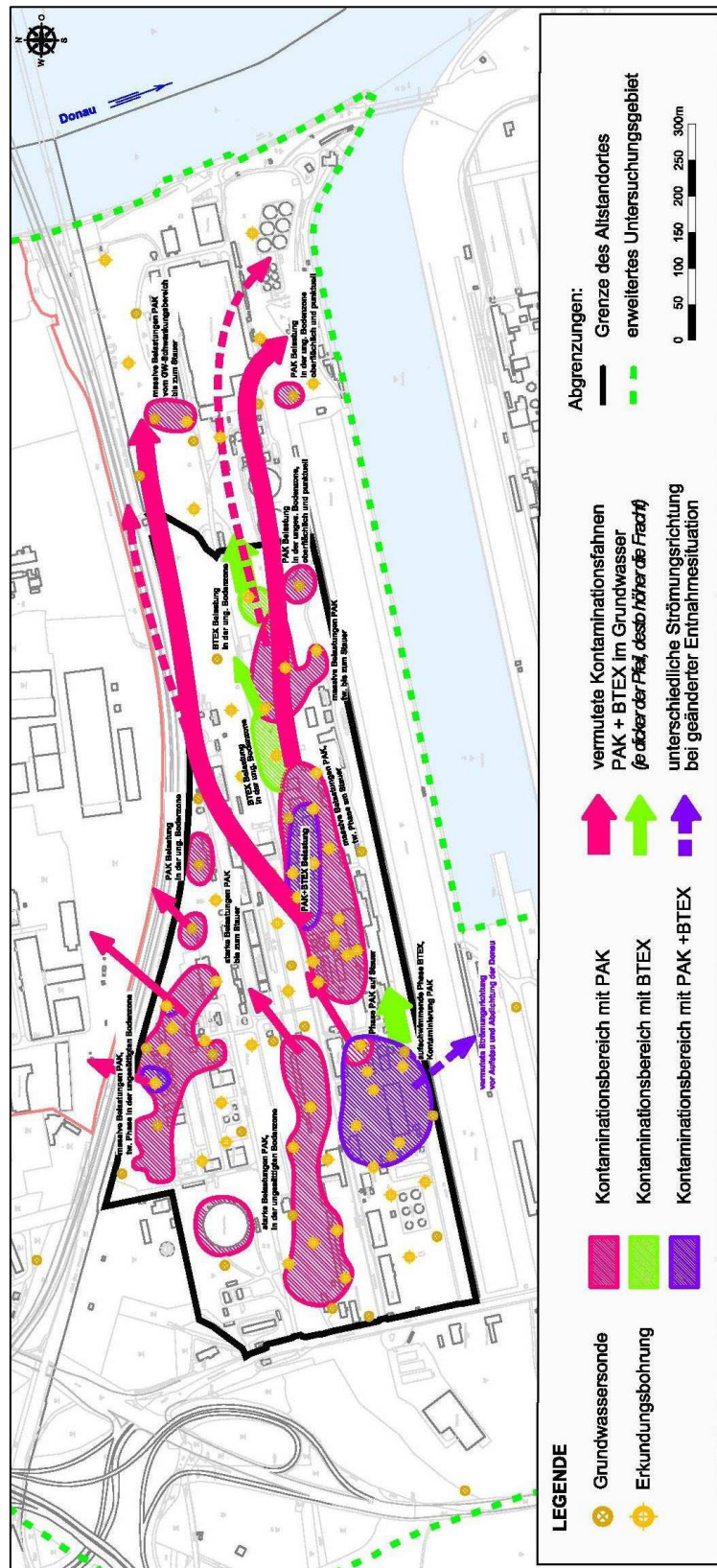


Abb. 8: Schematische Darstellung des Schadensbildes (© Umweltbundesamt)

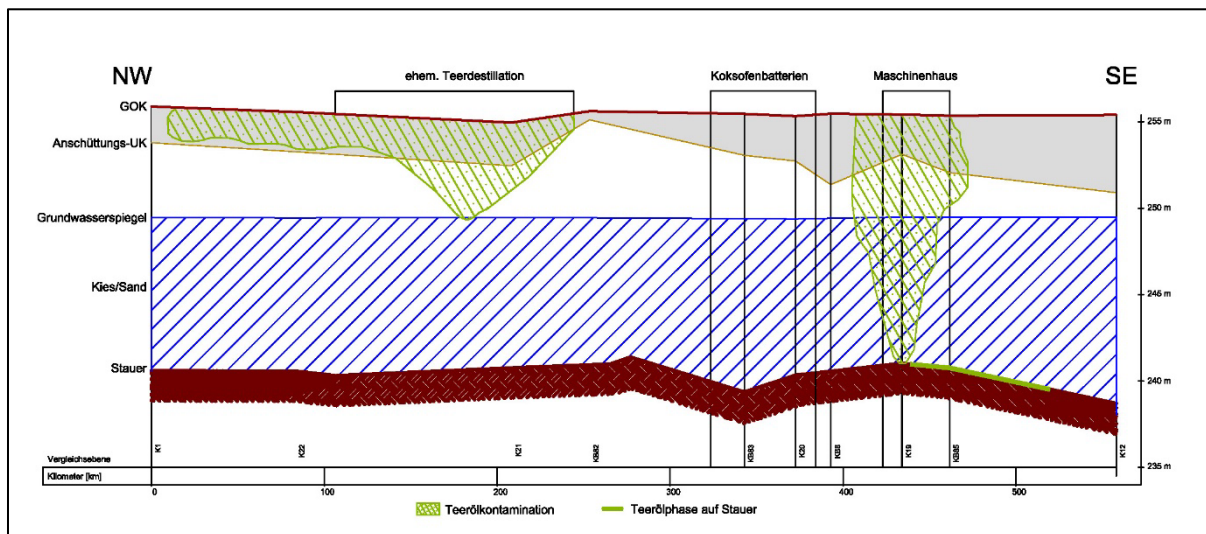


Abb. 9: Schematische Darstellung des Schadensbildes (Schnitt NW-SE) (© Umweltbundesamt)

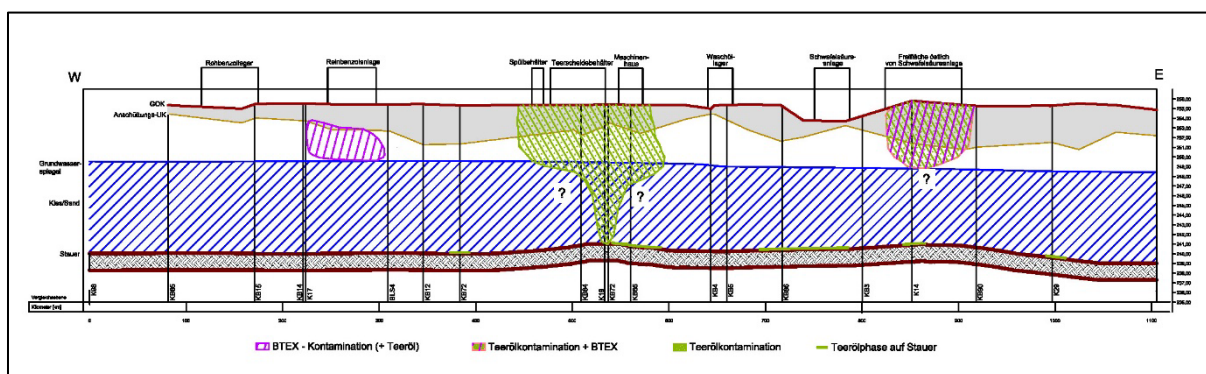


Abb. 10: Schematische Darstellung des Schadensbildes (Schnitt W-E) (© Umweltbundesamt)

Aufgrund der Abdichtungsmaßnahmen entlang der Donau sind im Abstrom der Kokerei Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig. Schadstoffbelastetes Grundwasser wird aus dem Bereich Kraftwerk über mehrere Brunnen gefördert und ungereinigt in die Donau abgeleitet. Tab. 5 enthält eine grobe Abschätzung der in den 2000er-Jahren in die Donau abgeleiteten Schadstofffrachten. Im Sinne einer konservativen Abschätzung („Worst-Case-Szenario“) wurde zur Berechnung der Frachten die maximale Fördermenge der einzelnen Brunnen in den Jahren 2001 bis 2008 sowie die maximal festgestellten Schadstoffkonzentrationen herangezogen.

Die überschlägige Abschätzung ergab v. a. für die Substanzgruppen PAK-15, Arsen und Cyanide sehr hohe Frachten. So wurden auf diesem Wege maximal 200 g PAK-15 pro Tag (größtenteils Acenaphthen) sowie rund 65 g/d Arsen und rund 400 g/d Cyanide in die Donau abgeleitet. Werden die im Jahr 2005 bzw. 2008 tatsächlich geförderten Wassermengen in die Berechnung eingesetzt, so reduzierten sich die in die Donau abgeleiteten Schadstofffrachten zwar signifikant (PAK-15: rund 90 g/d bzw. 60 g/d; Arsen: 30 g/d bzw. 20 g/d; Cyanide: 250 g/d bzw. 160 g/d), absolut gesehen ergaben sich aber auch bei der Berücksichtigung des Rückganges der Fördermengen weiterhin sehr hohe Emissionen in die Donau.

Tab. 5: Abschätzung der in die Donau abgeleiteten Schadstofffrachten (berechnet anhand der maximalen Fördermengen 2001 bis 2008 sowie den maximalen Schadstoffkonzentrationen an den einzelnen Brunnen)

	PAK-15	Acenaphthen	Benzol	BTEX	Arsen	Cyanide
	[g/d]	[g/d]	[g/d]	[g/d]	[g/d]	[g/d]
DOKW2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	35
DOKW3	7,9	7,4	0,0	4,4	19	210,24
Hechtkopf H1	84	58	0,0	0,0	44	32
Öllände H2	106	70	1,7	2,4	0,0	131
Summe	199	136	1,7	6,8	64	408

Als Leitparameter für eine Beurteilung möglicher Auswirkungen der Schadstoffeinleitung in die Donau wurde in weiterer Folge PAK-15 und Cyanide als maßgebliche Schadstoffgruppen betrachtet. Die Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer definiert Umweltqualitätsziele für ökotoxikologisch relevante Substanzen. In Bezug auf PAK-15 ist für Anthracen als Einzelsubstanz eine Umweltqualitätsnorm mit 0,2 µg/l festgelegt. Für leicht freisetzbare Cyanide ist eine Umweltqualitätsnorm von 5 µg/l angegeben. Die Donau hat in Linz bei Niederwasser einen Durchfluss von 800 m³/s.

Bei polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen handelt es sich um relativ schwer abbaubare Schadstoffe, die akkumulieren können. Zur Überprüfung möglicher Auswirkungen wurde ein weiteres konservatives Szenario vorausgesetzt. Es wurde von einer Durchmischung der eingetragenen Schadstofffrachten nach kürzerer Fließstrecke und dabei mit 5 % des Niederwasserdurchflusses (40 m³/s) angenommen. Unter Voraussetzung diese Szenarios einer teilweisen Durchmischung ergaben sich Konzentrationen von 0,06 µg/l PAK-15.

Cyanide können in leicht freisetzbarer Form und komplex gebunden vorliegen. In Bezug auf mögliche Wirkungen auf die Umwelt sind leicht freisetzbare Cyanide relevant. Bei den am Standort gegebenen Verunreinigungen des Grundwassers handelte es sich vor allem um komplex gebundene Cyanide. Im Sinne eines konservativen Szenarios wurde jedoch wieder davon ausgegangen, dass es sich um leichtfreisetzbare Cyanide handelt. Unter Annahme des bereits beschriebenen Szenarios einer teilweisen Durchmischung bei Niederwasser ergab sich für Cyanide eine Konzentration von 0,12 µg/l.

Die für PAK-15 und Cyanide ermittelten maximal möglichen Schadstoffkonzentrationen waren auch bei einem sehr ungünstigen Szenario deutlich geringer, als die zitierten Umweltqualitätsnormen für ökotoxikologisch relevante Substanzen der jeweiligen Schadstoffgruppe. Dementsprechend konnte eine qualitative Beeinflussung der Donau durch die Ableitung des verunreinigten Grundwassers aus dem Bereich der Kokerei ausgeschlossen werden. Es wurden zwar sehr große Schadstoffmengen eingeleitet, jedoch waren auf Grund des großen Wasserdurchflusses der Donau ein äußerst großes Verdünnungspotenzial und daher keine erhebliche Gefährdung für ein Oberflächengewässer gegeben.

Zusammenfassend ließ sich feststellen, dass auf dem Altstandort „Kokerei Linz“, aufgeteilt auf mehrere „Hot Spots“, massive Teerölkontaminationen des Untergrundes vorlagen. Insgesamt waren mehr als 500.000 m³ Untergrund mit hohen Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Mineralölkohlenwasserstoffen belastet. Ausgehend von den Untergrundkontaminationen hatte sich im Grundwasser eine PAK-Schadstofffahne von mehreren Hundert Metern Länge ausgebildet. Die im Abstrom des Altstandortes im Grundwasser transportierten PAK-Frachten (etwa 1 kg pro Tag) waren als sehr hoch zu bezeichnen. Daneben waren vergleichsweise kleinere Untergrundvolumina auf dem Altstandort massiv mit aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX) kontaminiert. Auch im unmittelbaren Abstrom dieser Bereiche wurden im

Grundwasser sehr hohe Schadstofffrachten transportiert. Im Gegensatz zu den PAK-Kontaminationen hatten sich ausgehend von den BTEX-Kontaminationen jedoch nur relativ kurze Schadstofffahnen (< 100 m) im Grundwasser ausgebildet. Im Zuge von Wasserhaltungsmaßnahmen wurde im Abstrom des Altstandortes belastetes Grundwasser ungereinigt in die Donau eingeleitet. Die auf diese Weise abgeleiteten Schadstofffrachten waren als sehr hoch zu bewerten. Aufgrund der im Untergrund vorhandenen Schadstoffmengen und der Eigenschaften der Schadstoffe konnte davon ausgegangen werden, dass sich langfristig sowohl die Schadstoffkonzentrationen als auch -frachten im Grundwasser betreffend keine wesentlichen Veränderungen ergeben würden. Da im Grundwasser großflächig reduzierende Bedingungen vorherrschten, war der natürliche Schadstoffabbau prinzipiell eingeschränkt.

4 SANIERUNGSMASSNAHMEN

4.1 Sanierungsziel und -konzept

Ziel der Maßnahmen zur Dekontamination und Sicherung der Altlast ist, unter Berücksichtigung des standortspezifischen Abbau- und Rückhaltevermögens die Mobilisierung von Schadstoffen, die Schadstoffausbreitung im Grundwasser sowie den Schadstoffeintrag in die Donau zu reduzieren. Die Verminderung der Verunreinigungen des Grundwassers am Standort sowie insbesondere im Abstrom trägt dazu bei, dass die Möglichkeiten zur Nutzung zu Brauchwasserzwecken in der unmittelbaren Umgebung erhalten bleiben und die Emission persistenter organischer Schadstoffe signifikant vermindert wird. Dabei sind polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) die maßgebliche Substanzgruppe. Darüber hinaus sind in Teilbereichen des Altstandortes zusätzlich leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX: Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylole) von besonderer Relevanz.

Die Auswahl und Planung von Sanierungsmaßnahmen erfolgte im Jahr 2009. Dabei waren den standort- und nutzungsspezifischen Gegebenheiten am Altstandort und in der Standortumgebung entsprechend, folgende Rahmenbedingungen von besonderer Bedeutung:

- Langfristige Nutzung des Areals und seiner Umgebung als Industriegebiet;
- eine Wiederherstellung der natürlichen Beschaffenheit des Grundwassers oder eine Reduktion der Verunreinigungen auf die Größenordnung der Vorbelastungen ist auch langfristig nicht möglich;
- Nutzung des Grundwassers für Brauchwasserzwecke unter Vermeidung einer Übernutzung sowie einer Verlagerung bestehender Verunreinigungen des Grundwassers;
- Kontinuierliche Regulierung der Lage des Grundwasserspiegels durch Wasserhaltungsmaßnahmen und Ableitung des abgepumpten Grundwassers in die Donau.

Diesen Voraussetzungen entsprechend wurde ein Gesamtvorhaben zu Sanierungsmaßnahmen entwickelt, das folgende Teilprojekte umfasst:

- Dekontamination der wasserungesättigten Bodenzone in den BTEX-kontaminierten Teilbereichen (sh. Abb. 8) durch Bodenluftabsaugung (sh. 4.2.1 und Abb. 11);
- Dekontamination von „Hot-spots“ in der wasserungesättigten Bodenzone durch Aushub (sh. 4.2.2 und Abb. 12), mit
 - Behandlung hoch kontaminierter Böden ex-situ durch Bodenwäsche und
 - Wiederverfüllung standortspezifisch geeigneter Materialien;
- Phasenabschöpfung (sh. 4.2.3), d.h. Abschöpfung von aufschwimmender Ölphase im Grundwasserschwankungsbereich und abgesunkener schwerer Teerölphase am Grundwasserstauer;
- Hydraulische Sicherungsmaßnahmen (sh. 4.3) durch

- Errichtung und Betrieb von Entnahmebrunnen im Anstrom zur Regulierung der Strömungsverhältnisse sowie
- Errichtung und Betrieb einer durchströmten Reinigungswand (Funnel & Gate-System) im Abstrom;
- Grundwasserkontrolluntersuchungen als Maßnahme zur Beobachtung der Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen (sh. 4.4).

4.2 Maßnahmen zur Dekontamination

4.2.1 Bodenluftabsaugung

Mit der Absaugung der Gasphase des Untergrundes wurde das Ziel verfolgt, das Schadstoffpotential in zwei Schadensbereichen mit massiven Kontaminationen durch leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, insbesondere leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX; vgl. Abb. 7 und Abb. 10) so weitgehend zu reduzieren, dass Auswirkungen durch einen Eintrag dieser Schadstoffe dauerhaft lokal begrenzt bleiben. Da BTEX auch Lösungsvermittler für andere organische Schadstoffe sind, ergibt sich als zusätzlicher wesentlicher Effekt, dass sich auch die Mobilisierung von PAK in der wassergesättigten Bodenzone vermindert.

In Abbildung 10 ist dem Stand des Jahres 2015 entsprechend ein Überblick zur Planung der beiden Sanierungsfelder zur Dekontamination der wassergesättigten Bodenzone durch Bodenluftabsaugung dargestellt.

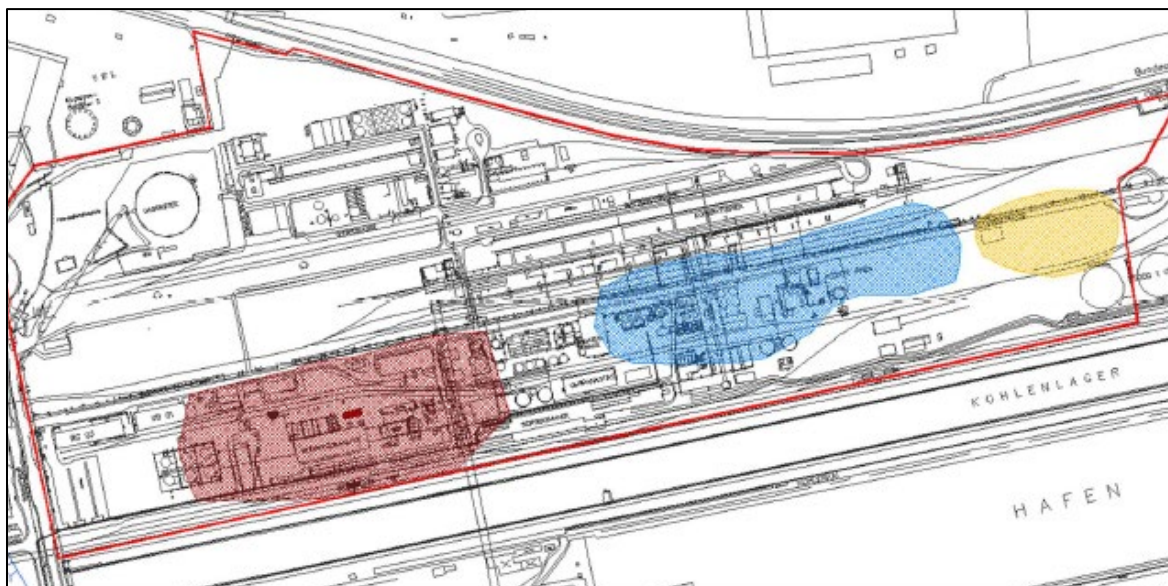


Abb. 11: Lage hochkontaminierter Bereiche (rot: BLA-Feld 1 bzw. „Schadensbereich Reinbenzolanlage“; blau: BLA-Feld 2 bzw. „Schadensbereich Kohlenwertstoffanlage“; orange: BLA-Feld 3 bzw. „Ablagerung benzol- und teerölkontaminierter Abfälle“) – Überblick (Stand 2015) lt. Schlussbericht Errichtung Bodenluftabsaugung (© SV-Büro für Boden + Wasser GmbH)

Standortspezifische Zielwerte

Für die Umsetzung der Bodenluftabsaugung wurden die unter 4.1 beschriebenen Maßnahmenziele durch standortspezifische Zielwerte zu generell zulässigen Restverunreinigungen an einzelnen Messpunkten (Filterstrecken errichteter Absaugpegel) sowie zur Wirksamkeit des Betriebs der Bodenluftabsauganlage folgendermaßen festgelegt:

- Restverunreinigung Bodenluft: 50 mg BTEX/m³
- wirksamer Betrieb der Anlage – spezifischer Energieverbrauch: < 1.500 kWh/kg KW

Errichtung und Funktion erforderlicher Anlagenteile

Der Baubeginn zur Errichtung der Bodenluftabsaugung erfolgte mit Errichtung von Bodenluftabsaugpegeln im Bereich BLA-Feld 1 und BLA-Feld 2 (sh. Abb. 10) im Zeitraum Oktober 2013 bis Dezember 2013.

Im Schadensbereich „Reinbenzolanlage“ (BLA-Feld 1; sh. Abb. 10) wurden insgesamt 49 Bodenluftabsaugpegel errichtet. Der Ausbau erfolgte dabei bei 44 Bodenluftabsaugpegeln mit Filterstrecken in zwei Tiefenstufen (Tiefenstufe 1: 1,5 – 3,5 m unter GOK; Tiefenstufe 2: 3,5 – 7,0 m unter GOK), sodass insgesamt 93 Absaugstrecken installiert wurden. Im Frühjahr 2014 erfolgten erste Vorversuche und die Einrichtung der erforderlichen Anlagentechnik. Nach einem 3-monatigen Probebetrieb sowie Fertigstellung der Bodenluftabsauganlagen wurde mit Jänner 2015 der Regelbetrieb aufgenommen.

Im Schadensbereich „Kohlenwertstoffanlage“ (BLA-Feld 2; sh. Abb. 10) wurden insgesamt 32 Bodenluftabsaugpegel, jeweils mit Filterstrecken in zwei Tiefenstufen (Tiefenstufe 1: 1,5 – 3,5 m unter GOK; Tiefenstufe 2: 3,5 – 7,0 m unter GOK; insgesamt 64 Absaugstrecken) errichtet. Für die Zuleitung der im Bereich BLA-Feld 2 abgesaugten Bodenluft zu der zentral im Bereich des BLA-Feldes 1 situierten Containeranlage zur Reinigung der abgesaugten Bodenluft wurden im Zeitraum Herbst 2018 bis Herbst 2019 eine eigene Pump- und Verdichterstation sowie die erforderlichen Rohrleitungen errichtet. Der Betrieb der Bodenluftabsaugung im Bereich BLA-Feld-2 wurde nach Errichtung mit September 2020 aufgenommen.

Die Bodenluftabsaugung im Schadensbereich „Ablagerung benzol- und teerölkontaminierter Abfälle“ (BLA-Feld 3; sh. Abb. 10) wurde in weiterer Folge nicht ausgeführt. Im Großteil des Schadensbereiches waren Überlagerungen mit PAK-Kontaminationen gegeben, sodass die wassergesättigte Bodenzone im Zuge der Teilräumung der Sanierungsteilfläche STF 6 (sh. 4.2.2 und Abb. 11) dekontaminiert wurde. Für die am westlichen Rand von STF 6 bestehende BTEX-Verunreinigung des Untergrundes wurde eine Tiefdrainage errichtet und diese an die Bodenluftabsaugung im Bereich des BLA-Feldes 2 angeschlossen.

Die Containeranlage zur Absaugung und Behandlung der abgesaugten kontaminierten Bodenluft wurde zentral im Bereich des BLA-Feldes 1 errichtet. Zur Bodenluftabsaugung wurden 6 Seitenkanalverdichter betrieben. Die Reinigung der Bodenluft erfolgte, nach Vorbehandlung über einen Kondensatabscheider und Vorwärmung, mittels katalytischer Nachverbrennung (KVN mit Nutzung der Abwärme zur Vorwärmung), d.h. durch Oxidation der Schadstoffe zu CO₂ und H₂O.

Das wässrige Kondensat aus der Vorbehandlung der kontaminierten Bodenluft wurde bis zur Inbetriebnahme der Phasenschöpfung (sh. 4.2.3) der Bodenwaschanlage (sh. 4.2.2) zugeführt, gemeinsam mit dem anfallenden Prozesswasser vorgereinigt und abgeleitet. Ab August 2017 erfolgte die Behandlung des Kondensatwassers in der Grundwasserreinigungsanlage der Teilmaßnahme Phasenschöpfung.

Betrieb Bodenluftabsaugung, Erweiterung der Anlagen und Anpassungen Betriebsweise

Im Folgenden werden für den gesamten Betriebszeitraum der Bodenluftabsaugung wesentliche Anpassungen und Ereignisse zum Betrieb der Anlagen als Überblick zusammengefasst:

- Betriebsjahr 2015: Beginn des Regelbetriebes der Bodenluftabsaugung BLA-Feld 1 und kontinuierlicher Betrieb der Bodenluftabsaugung über das erste Betriebsjahr
- Betriebsjahr 2016:
 - o Fortgesetzter Rückgang der entfernten Schadstofffracht und z.T. deutlich erhöhter spezifischer Energieverbrauch (> 2.000 kWh/kg KW)
 - o Beginn laufender Anpassungen der Betriebsweise der Bodenluftabsaugung zur Steigerung der Wirksamkeit (Energieeffizienz), d.h. insbesondere intermittierender Betrieb an geringer belasteten Absaugpegeln
- Betriebsjahr 2017:
 - o Anschluss der Abluftleitungen der Anlagen der Teilmaßnahme Phasenschöpfung
 - o ab Inbetriebnahme der Teilmaßnahme Phasenschöpfung ab August 2017, gemeinsame Behandlung der Abluft über die Reinigungsanlage für die abgesaugten kontaminierten Bodenluft
- Betriebsjahr 2018: Beginn Errichtung der Pump- und Verdichterstation BLA-Feld 2
- Betriebsjahr 2019: Inbetriebnahme der Pump- und Verdichterstation BLA Feld 2
- Betriebsjahr 2020:
 - o Einschränkungen des Anlagenbetriebs im Betriebsjahr 2020 (Einstellung des Anlagenbetriebes am Beginn des 1. COVID19-bedingten Lockdowns, Einschränkungen in Bezug auf Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen)
 - o Inbetriebnahme BLA-Feld 2 mit September 2020
 - o Errichtung einer Tiefendrainage im angrenzenden Randbereich der Sanierungsteilfläche STF 6 (sh. 4.2.2 und Abb. 11)
- Betriebsjahr 2021: Einstellung des Betriebs im Bereich BLA-Feld 1
- Betriebsjahr 2022: Einstellung des Betriebs im Bereich BLA-Feld 2

Messungen zur Überwachung und Steuerung des Betriebes der Bodenluftabsaugung

Zur Kontrolle der Entwicklung der Schadstoffgehalte in der abgesaugten Bodenluft wurde über den gesamten Betriebszeitraum ein umfassendes Überwachungsprogramm umgesetzt:

- Kontinuierliche Messung des Kohlenwasserstoffanteils mittels Flammenionisationsdetektor (FID) zur Überwachung
 - o der Teilströme am Austritt der 6 Seitenkanalverdichter,
 - o des Sammelstroms vor der katalytischen Nachverbrennung sowie
 - o der Abluft
- diskontinuierliche Bestimmung (3 Einzelwerte ¼-jährlich) des Anteils an leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen mittels Gaschromatographie (GC) zur Kontrolle
 - o einzelner Bodenluftabsaugpegel bzw. Filterstrecken sowie
 - o des Sammelstroms vor und nach katalytischer Nachverbrennung
- diskontinuierliche Kontrolle der Abluft auf Stickoxide (NO_x) und Kohlenstoffmonoxid (CO) mittels FID

Auswertung des Überwachungsprogramms und Wirkung der Bodenluftabsaugung

In Bezug auf die Wirkung der Bodenluftabsaugung gibt Tabelle 6 einen Überblick zur Entwicklung des Wirkungsgrades. Dargestellt ist die Auswertung der kontinuierlichen Messungen des Kohlenwasserstoffanteils der abgesaugten Bodenluft für den Betriebszeitraum 2015 bis 2021. Ergänzend sind darüber hinaus die Auswertung für die Abluft der Teilmaßnahme Phasenschöpfung sowie die Gesamtmenge der über beide Maßnahmen entfernten Schadstoffe dargestellt.

Tab. 6: Entwicklung der mittels Bodenluftabsaugung entfernten Schadstoffmasse im Verlauf der Betriebsjahre 2015 bis 2021 (Auswertung FID-Messungen Kohlenwasserstoffanteil sh. Überwachungsprogramm)

BETRIEBS- JAHR	SCHADSTOFFAUSTRAG [kg KW]				INSGESAMT
	BODENLUFTABSAUGUNG		PHASENSCHÖPFUNG		
	Jährlich	Kumuliert	jährlich	Kumuliert	
2015	21 484	21 484	k.B.	0	21 484
2016	3 168	24 652	k.B.	0	24 652
2017	339	24 991	237	237	25 228
2018	376	25 367	570	807	26 174
2019	1 140	26 507	682	1 489	27 996
2020	823	27 330	75	1 564	28 894
2021	72	27 402	276	1 840	29 242

KW..... Kohlenwasserstoffe

Auf Grund der Auswertung der diskontinuierlichen Bestimmung leichtflüchtiger aromatischer Kohlenwasserstoffe (BTEX) ergibt sich als Abschätzung das Anteils an der entfernten Schadstoffmasse, dass

- über die Bodenluftabsaugung etwa 5.150 kg BTEX (entspricht einem Anteil von ~ 19 % der bis 2021 kumulierten KW-Masse sh. Tab. 6) und dabei rund 670 kg Benzol, sowie
- über die Abluft der Teilmaßnahme Phasenschöpfung etwa 967 kg BTEX (entspricht einem Anteil von ~ 53 % der bis 2021 kumulierten KW-Masse sh. Tab. 6) und dabei rund 351 kg Benzol

aus dem Untergrund entfernt werden konnten.

Die Ergebnisse und die Auswertung der Messungen bestätigen eine für den Betrieb von Bodenluftabsauganlagen charakteristische Entwicklung des Wirkungsgrades. In den ersten drei Jahren des Betriebes der Bodenluftabsaugung im Bereich BLA-Feld 1 folgte der Rückgang der entfernten Schadstoffmasse einer exponentiellen Funktion, bei der trotz laufender Optimierungsmaßnahmen ab dem zweiten Betriebsjahr (2016) die Wirkung der Maßnahme jährlich um einen Faktor in der Größenordnung 10 geringer wurde. Der spezifische Energieverbrauch (je kg entfernter Schadstoffmasse, gemessen als Kohlenwasserstoffanteil) der Bodenluftabsauganlage als gesamtes zeigte dabei die entsprechende gegenläufige Entwicklung von < 200 kWh/kg KW auf > 1.500 kWh/kg KW. Im Jahr 2016 zeigten sich vor Beginn des intermittierenden Betriebes bei Betrachtung einzelner, gering belasteter Absaugstrecken in Bezug auf den spezifischen Energieverbrauch auch Werte > 4.000 kWh/kg KW.

Anlagenstilllegung

Im Jahr 2021 wurden 3 Monate nach Einstellung der Bodenluftabsaugung im Schadensbereich „Reinbenzolanlage“ (BLA-Feld 1) Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigten, dass der Zielwert der Maßnahme (50 mg/m³) bei mehr als 90 % der Bodenluftabsaugpegel

(bzw. 87 von 93 Filterstrecken) dauerhaft eingehalten wird. An zwei Bodenluftabsaugpegeln zeigten sich BTEX-Gehalte $> 1.000 \text{ mg/m}^3$. Es ist daher davon auszugehen, dass im zentralen Schadensbereich „Reinbenzolanlage“ insbesondere im Übergang zur wassergesättigten Bodenzone noch vereinzelt räumlich eng begrenzte, jedoch hochbelastete Bereiche bestehen.

Im Schadensbereich „Kohlenwertstoffanlage“ (BLA-Feld 2) wurde bei Betrieb der Bodenluftabsaugung festgestellt, dass bei 23 von 32 Bodenluftabsaugpegeln die abgesaugte Bodenluft bereits unmittelbar nach Einschaltung nur geringe Schadstoffgehalte (BTEX-Gehalte $< 50 \text{ mg/m}^3$) zeigte, so dass keine relevante Wirkung gegeben war. Im Jahr 2021 wurden jeweils 3 Monate nach Abschaltung der einzelnen Bodenluftabsaugpegel Kontrolluntersuchungen durchgeführt, die bei allen Absaugstrecken eine Unterschreitung des Zielwerts der Maßnahme (50 mg/m^3) bestätigten. Dementsprechend war die im Zeitraum September 2020 bis Dezember 2021 entfernte Schadstoffmasse generell gering, bezogen auf BTEX etwa 15 kg bzw. bezogen auf Benzol $\sim 1,4 \text{ kg}$.

Auf Grund des geringen Wirkungsgrades beim Betrieb der Bodenluftabsaugung im Bereich BLA-Feld 2 und in Zusammenhang mit im Frühjahr 2023 stark steigenden Energiepreisen wurde die Teilmaßnahme Bodenluftabsaugung im Juli 2023 endgültig eingestellt.

4.2.2 Teilräumung, Bodenwäsche und Wiederverfüllung

Zweck der Dekontamination der ungesättigten Bodenzone durch Entfernung von „Hot-Spot“-Bereichen war die Reduktion des Eintrages von Schadstoffen und insbesondere polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in das Grundwasser am Altstandort, um dadurch den Aufwand und die Zeitdauer des Betriebes der Maßnahmen zur Sicherung zu begrenzen. Gleichzeitig wurden damit die Voraussetzungen für eine geordnete Nachnutzung am Altstandort geschaffen.

In Abbildung 11 ist dem Stand des Jahres 2009 entsprechend ein Überblick zur Planung der einzelnen Abschnitte (Sanierungsteilflächen) der Dekontamination der wassergesättigten Bodenzone durch Teilräumung dargestellt.

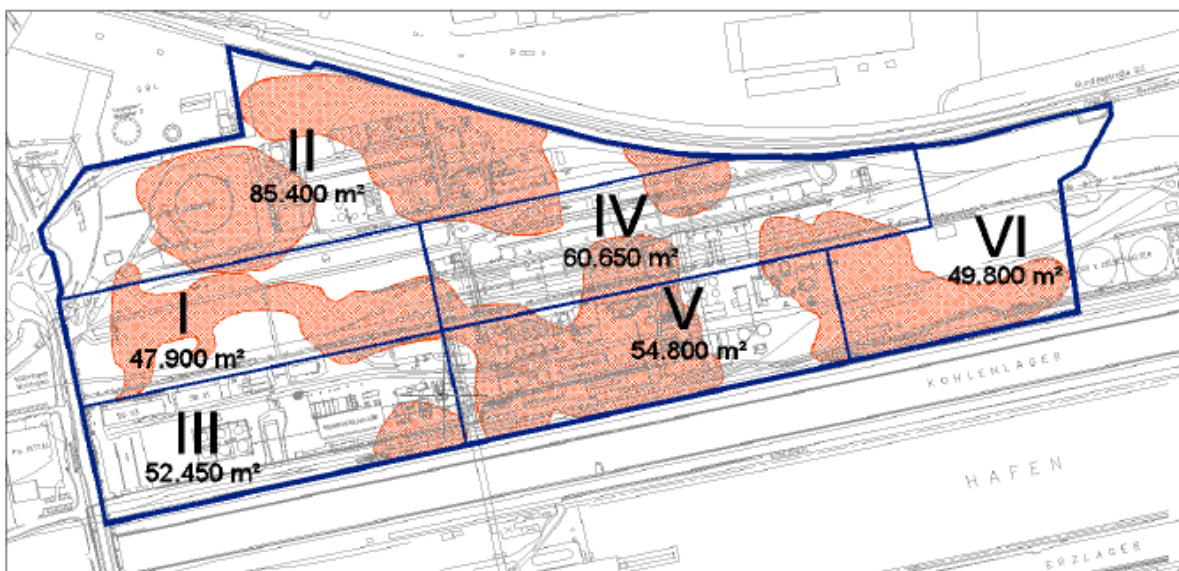


Abb. 12: Lage der Sanierungsteilflächen zur Teilräumung (Abgrenzung: blau) und hochkontaminierter Bereiche (Abgrenzung: rot) – Überblick (Stand 2009) lt. Sanierungsvariantenstudie (© SV-Büro für Boden + Wasser GmbH)

Standortspezifische Richtwerte zur Abgrenzung von „Hot-Spots“

Für die Umsetzung der Teilräumung wurden die unter 4.1 beschriebenen Maßnahmenziele durch standortspezifische Zielwerte (Gesamtgehalte Feststoff bzw. Boden) zur Abgrenzung von „Hot-spots“ konkretisiert, die insbesondere auf jene Einzelsubstanzen ausgerichtet wurden, die auf Grund ihrer stofflichen Eigenschaften gut wasserlöslich sind und im Grundwasser am Altstandort in stark erhöhten Konzentrationen nachweisbar sind:

- PAK-15 (entspricht PAK-16 ohne Naphthalin): 1.000 mg/kg TM
- PAK-4 (Acenaphthen, Fluoren, Phenantren, Fluoranthen): 80 mg/kg TM
- Naphthalin: 45 mg/kg TM

Geotechnisch war für die Teilräumung maßgeblich, dass die Standsicherheit der Böschungen jederzeit sichergestellt ist.

Vorbereitende Arbeiten, genereller zeitlicher Ablauf und Anpassung der Maßnahme

Zur Vorbereitung der Teilräumung der ungesättigten Bodenzone wurden im Zeitraum von Oktober 2011 bis April 2013 Bauarbeiten zur Ergänzung der Infrastruktur für die am Standort bereits bestehende Bodenwaschanlage umgesetzt. Nach Abbruch einzelner Anlagenteile (z.B. Gebäude, Gleistrassen), bestehender Oberflächenbefestigungen und Geländeabtrag wurden als Voraussetzung für eine geordnete Manipulation hochkontaminierter Bodenaushübe die erforderlichen Betriebsanlagen, insbesondere eine Lagerhalle, Zwischenlager-, Fahr- und Manipulationsflächen, ein Bürogebäude, eine Brückenwaage und eine Reifenwaschanlage errichtet.

Die Umsetzung der Dekontamination der ungesättigten Bodenzone erfolgte im Zeitraum ab Jänner 2013 bis November 2021. Die Sanierungsteilflächen 2 und 6 wurden in Hinsicht auf die Verteilung der Kontamination in der wasserungesättigten Bodenzone sowie Hinblick auf andere laufende Bauvorhaben am Altstandort in Teilabschnitte (sh. Abb. 12: STF 2a, STF 2b, STF 2c; STF6a und STF 6b) unterteilt. Die Sanierungsteilflächen 3 bis 5 wurden zurückgestellt, da die geplanten Bauvorhaben zur Erneuerung der Kokerei des Stahlwerkes Linz nicht ausgeführt wurden.

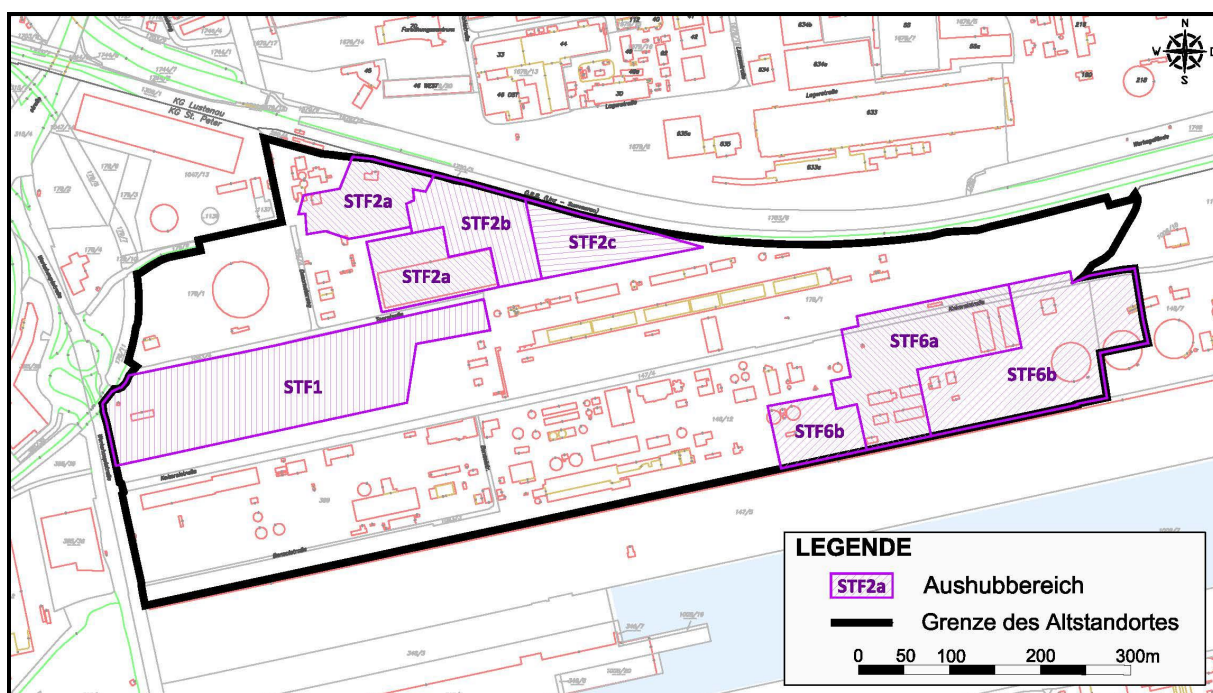


Abb. 13: Lage der ausgeführten Sanierungsteilflächen und –abschnitte zur Teilräumung (Zeitraum 2013 bis 2021; © Umweltbundesamt)

Allgemeines technisches Konzept zur Teilräumung

Im Zuge der Teilräumung der Sanierungsteilflächen 1, 2 und 6 bzw. der jeweils zugehörigen einzelnen Teilabschnitte (2a, 2b, 2c; 6a, 6b) wurden als allgemeines technisches Konzept folgende Maßnahmen umgesetzt:

- rasterförmige (10 x 10 m) Vorerkundung zur detaillierten Abgrenzung hochkontaminierter Bereiche („Hot-spots“)
- Erstellung und Umsetzung eines geeigneten Sicherheits- und Gesundheitsschutzplans
- Überwachung durch umfassende Bauaufsichten (geotechnisch, chemisch und wasserwirtschaftlich)
- tiefengestaffelter Aushub (dem Profil der Kontamination entsprechend, Einzelebenen jeweils bis zu max. 2 m)
- permanente Überwachung des Aushubs durch die örtliche Bauaufsicht Chemie (ÖACh)
- Minimierung möglicher Emissionen durch kleinräumige Begrenzung offener Aushubbereiche bei Antreffen von Schadstoffphasen oder organoleptisch wahrnehmbarem Ausgasen leichtflüchtiger Schadstoffe
- Ersteinstufung und Trennung nach Materialqualitäten im Zuge des Aushubes
- Absaugung lokal angetroffener Teeröl-Leichtphasen im Bereich von Stauwasserhorizonten sowie bei Erreichen der Grundwasseroberfläche
- getrennte Zwischenlagerung von Aushubmaterialien unterschiedlicher Materialqualitäten auf Grund der Ersteinstufung
- analytische Kontrolluntersuchung und Einstufung (PAK-Gehalte und Sieblinien) zwischengelagerter Aushubmaterialien (Beurteilungsmasse jeweils 1.500 t)
- Zuordnung zwischengelagerter Materialien zu spezifischen Behandlungswegen (Bodenwäsche, Deponierung) nach analytischer Einstufung (PAK-Gehalte und Sieblinien) durch ÖACh
- (Vor-)Behandlung kontaminierter Materialfraktionen durch Bodenwäsche
- Analytische Kontrolluntersuchungen, Einstufung und Zuordnung (vor-)behandelter Materialfraktionen zur Wiederverfüllung oder weiteren Behandlungsschritten
 - o Wiederverfüllung geeigneter Materialfraktionen
 - o Abtransport aller anderen Materialfraktionen und Behandlung je nach Intensität der Kontamination

Umsetzung der Teilräumung

Im Folgenden werden die Umsetzung der Teilräumung für die einzelnen Abschnitte und besondere Vorkommnisse überblicksweise beschrieben:

- Sanierungsteilfläche 2 – Abschnitt a (Durchführung STF 2a: Jänner bis September 2013)
 - o bei Feststellung von Ölphasen im Grundwasserschwankungsbereich, Abpumpen des verunreinigten Grundwassers, Vorreinigung (Ölabscheider, Sandfang, Aktivkohlefilter Bodenwaschanlage) und Ableitung
 - o Abskimmen von Teerölphasen und thermische Verwertung im Hochofen des naheliegenden Stahlwerks
 - o Aushubmasse: 40.523 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 4,8 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 408 t (Anteil Gesamtmenge: 25,7 %)

- Sanierungsteilfläche 1 (Durchführung STF 1: Mai 2014 bis März 2015)
 - Massive Anlagenreste und Fundamente (Einschränkungen für die Vorerkundung)
 - 6 „hot-spot“-Bereiche unterhalb von Fundamenten, 3 bis in den GW-Schwankungsbereich
 - Aushubmasse: 187.462 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 22,1 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 27 t (Anteil Gesamtmenge: 1,7 %)
- Sanierungsteilfläche 2 – Abschnitt b (Durchführung STF2b: Mai bis Dezember 2015):
 - tiefliegende Teerblase mit Kalkschlamm vermischt
 - Sicherung der Baugrube durch Spundwände im Bereich Gate 1
 - Ölkontaminierte Fundamentreste bis in den Grundwasserschwankungsbereich
 - Absaugen des ölverschmutzten Grundwassers, Vorreinigung (Ölabscheider, Sandfang, Aktivkohlefilter Bodenwaschanlage) und Ableitung
 - Teer- und Pechgruben angetroffen und entfernt
 - Aushubmasse: 99.957 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 11,8 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 242 t (Anteil Gesamtmenge: 15,2 %)
- Sanierungsteilfläche 2 – Abschnitt c (Durchführung STF2c: Februar 2016 bis Juli 2017):
 - Pechgrube am westlichen Rand und tiefliegende Teerlinse im Grundwasserschwankungsbereich angetroffen und entfernt
 - Sicherung der Baugrube durch Spundwände im Bereich Gate 2
 - Aushubmasse: 66.900 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 7,9 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 277 t (Anteil Gesamtmenge: 17,4 %)
- Sanierungsteilfläche 6 – Abschnitt a (Durchführung STF6a: September 2017 bis Juni 2019):
 - Maßnahmen zur Gewährleistung der Standsicherheit bestehender Betriebsanlagen
 - Abbruch der ehemaligen Entphenolungsanlage
 - massive BTEX-Kontaminationen und erweiterte Arbeitsschutzmaßnahmen am nordwestlichen Rand
 - Feststellung und Entfernung massiver Teerkontaminationen im Bereich und mit Verlegung einer bestehenden Nutzwasserleitung
 - Feststellung und Entfernung massiver Kontaminationen im Grundwasserschwankungsbereich am südwestlichen Rand
 - Aushubmasse: 85.694 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 10,1 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 253 t (Anteil Gesamtmenge: 15,9 %)
- Sanierungsteilfläche 6 – Abschnitt b (Durchführung STF6b: September 2017; März 2019 bis Jänner 2022):
 - Fortsetzung der Teilräumung zur Entfernung massiver Kontaminationen im Grundwasserschwankungsbereich westlich im Anschluss an STF6a
 - Teilweise Beseitigung massiver Fundamente entlang des nördlichen Randes
 - Einschränkungen für die Vorerkundung und die Teilräumung durch Fundamente bestehender Anlagen und kritische Infrastruktur („Füchselbachkanal“)

- Feststellung und Entfernung massiver Teerölkontaminationen entlang einer, gering durchlässigen von Ost nach West geneigten Ausandschicht
- Feststellung und Entfernung von Verunreinigungen im Grundwasserschwankungsbereich (anschließend an die Teerölkontamination entlang der nach Westen geneigten Ausandschicht)
- Abpumpen aufschwimmender Ölphasen bzw. des verunreinigten Grundwassers als Wasser-Öl-Gemisch und Behandlung in der Grundwasserreinigungsanlage der Teilmaßnahme Phasenschöpfung
- Aushubmasse: 144.442 t (Anteil Gesamtmenge: rd. 17,0 %)
 - dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆: 383 t (Anteil Gesamtmenge: 24,1 %)

Massenbilanz (Teilräumung ungesättigte Zone, Errichtung „Funnel & Gate“-System sowie Abbruch bestehender Anlagen und befestigter Oberflächen)

Im Zuge der ausgeführten Teilräumung der ungesättigten Bodenzone der Sanierungsteilflächen 1, 2 und 6 wurden insgesamt 625.000 t ausgehoben. Begleitend zur Teilräumung war darüber hinaus wiederholt der Abbruch bestehender Gebäude, Anlagen (z.B. Gleise) und befestigter Oberflächen erforderlich. Insgesamt wurden rund 112.800 t Abbruchmaterialien entfernt und zum Teil auch durch Bodenwäsche behandelt.

Bei Errichtung der durchströmten Reinigungswand („Funnel & Gate“-System sh. 4.3) im Zuge zur Sicherung im Abstrom wurden insgesamt rund 112.200 t ausgehoben und behandelt. Die dabei entfernte Schadstoffmenge PAK₁₆ kann mit 206 t angegeben werden.

Insgesamt kann damit die im Zeitraum Juli 2012 (Beginn Errichtung „Funnel & Gate“-System sh. 4.3) und November 2021 (Abschluss Teilräumung STF6b) behandelte Gesamtmenge an Aushub und Abbruch mit rund 850.000 t angegeben werden.

Abbildung 14 gibt einen zusammenfassenden Überblick zur Massenbilanz der Teilräumung sowie zu den Behandlungswegen der Aushubmaterialien.

Bei einer Gesamtmenge von 850.000 t Aushub wurde ein Anteil von mehr als 2/3 in der Bodenwaschanlage vor Ort behandelt und dabei in Folge rund die Hälfte bzw. mit 290.000 t etwas mehr als 1/3 der Gesamtmenge wiederverwertet.

Die dabei insgesamt entfernte Schadstoffmenge kann für den Leitparameter PAK₁₆ mit einer Größenordnung von rund 1.800 t abgeschätzt werden.

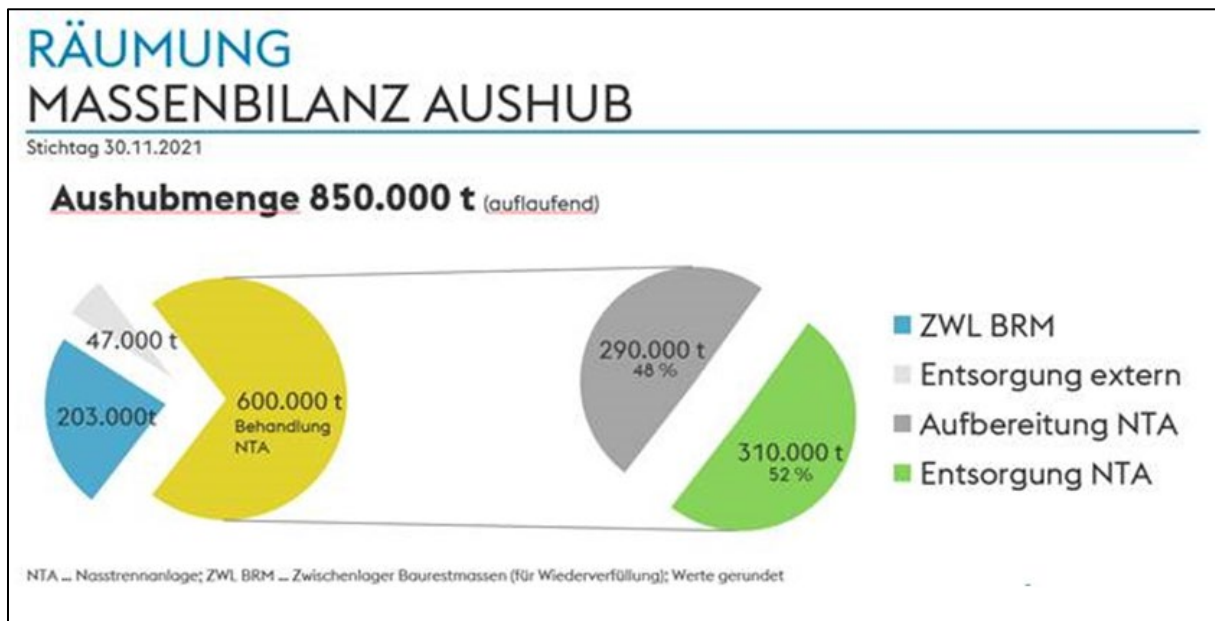


Abb. 14: Altlast O 76 „Kokerei Linz“ – Dekontamination der ungesättigten Bodenzone durch Teilräumung, Massenbilanz Aushub und Behandlungswege (© voestalpine Stahl GmbH Stahl GmbH)

Anforderungen an Materialien zur Wiederverfüllung

Für Materialien zur Wiederverfüllung geräumter Bereiche waren folgende Kriterien einzuhalten:

- hydraulische Durchlässigkeit zumindest 5×10^{-5} m/s
- bis 1 m über dem höchsten Grundwasserstand: Einhaltung der Grenzwerte für Baurestmassendeponien lt. Deponieverordnung 2008
- im Grundwasserschwankungsbereich: Einhaltung der Grenzwerte für Inertstoffdeponien lt. Deponieverordnung 2008

Zur Verfüllung geräumter Bereiche wurden nach entsprechender Qualitätskontrolle aufbereitete Materialien aus der Bodenwäsche sowie in oberflächennahen Bereichen (bzw. > 1 m über dem höchsten Grundwasserstand) zusätzliche Hochofenschlacken des nahegelegenen Stahlwerks eingebaut und verdichtet.

4.2.3 Phasenschöpfung

Teeröle sind nicht mit Wasser mischbare Flüssigkeiten (NAPL: non aqueous phase liquids), die sich im Kontakt mit (Grund-)Wasser im Untergrund teilweise entmischen, in eine Leichtphase geringer Dichte (LNAPL: light non aqueous phase liquids), die am Grundwasser aufschwimmt, sowie eine Schwerphase (DNAPL: light non aqueous phase liquids), die vertikal im Grundwasser bis zu gering durchlässigen Schichten bzw. auf einen Grundwasserstauer absinken kann. Die Phasenabschöpfung erfolgt in zwei hochkontaminierten Teilbereichen (sh. Abb. 14). Die zugehörige Reinigungsanlage befindet sich im westlichen Teilbereich.



Abb. 15: Altlast O 76 „Kokerei Linz“ – Dekontamination der gesättigten Bodenzone durch Phasenabschöpfung (grün: Sanierungsfelder; © Umweltbundesamt GmbH)

Die Errichtung der für die Phasenabschöpfung erforderlichen Anlagen erfolgte im Zeitraum von Oktober 2014 bis Juli 2017. Der Regelbetrieb der Phasenabschöpfung wurde mit Oktober 2017 aufgenommen.

LNAPL-Abschöpfung und Reinigung: Überblick zu Anlagenteilen und Betriebsweise

Im westlichen Sanierungsfeld sind 40 Abschöpfpegel installiert, im östlichen Sanierungsfeld 64. Zur Verminderung aufschwimmender Schadstoffphasen (LNAPL) wird nahe unterhalb der Grundwasserspiegeloberfläche ein Grundwasser-Phasen-Gemisch über bis zu gleichzeitig max. 4 Abschöpfpegel abgepumpt (max. 2 l/s bzw. 7,2 m³/h).

Die wesentlichen Anlagenteile der Reinigungsanlage sind:

- Hydrozyklon (Schwerphasenabscheider): gravimetrische Abtrennung von DNAPL-Anteilen und Feststoffen
- Leichtphasenabscheider: Abtrennung von LNAPL an der Wasseroberfläche des Schmutzwassers und Sammlung in einem abgetrennten Becken
- Rührwerk: Zudosierung eines Stabilisators und Homogenisierung
- Belüftungsreaktor: Intensivbelüftung des Schmutzwassers zur Volatilisierung (Überführung in die Gasphase) von leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTEX)
- Druckentspannungsflotationsbehälter: Einbringen von feinsten Luftblasen in das Schmutzwasser und Abscheidung aufsteigender Teilchen (weiterer Schritt zur Abtrennung von an Teilchen anhaftenden PAK)
- Absetzbecken: beruhigter Schmutzwasserfluss zur Abscheiden schwerer Teilchen mit Absaugung des sich absetzenden Schlammes
- Kiesfilter: Rückhalt suspendierter Stoffe (Entfernung durch Rückspülung)

- Strippkolonne: Volatilisierung leichtflüchtiger Substanzen (Ableitung und Abreinigung durch katalytische Nachverbrennung sh. 4.2.1)
- Wasseraktivkohlefilter: zwei in Reihe geschaltete Filter als abschließender Reinigungsschritt
- Reinwasserbecken

Kontrolluntersuchungen des behandelten Grundwasser-Phasen-Gemisches zeigen für das Schmutzwasser im Zulauf zur Reinigungsanlage BTEX-Gehalte in der Größenordnung von 20.000 µg/l (maximal > 50.000 µg/l) sowie PAK16-Gehalte von mehr als 300 µg/l (max. > 2.000 µg/l). Kontrolluntersuchungen von Mischproben am Ablauf der Reinigungsanlage zeigen, dass bei beiden Leitparametern im Allgemeinen mit Gehalten < 10 µg/l ein hoher Wirkungsgrad erzielt wird. Das gereinigte Wasser wird über einen am Standort bestehenden Sammelkanal in die Donau abgeleitet und entspricht den vorgeschriebenen Grenzwerten zur Ableitung (für beide Leitparameter jeweils < 100 µg/l).

Der jährliche Schadstoffaustrag der Grundwasserreinigungsanlage kann für das 5. Betriebsjahr (Oktober 2021 bis September 2022) bei BTEX mit rund 250 kg und bei PAK-16 mit etwa 13 kg abgeschätzt werden.

DNAPL-Abschöpfung und Reinigung: Überblick zu Anlagenteilen und Betriebsweise

Zur Abschöpfung schwerer Teerölphasen wurden in beiden Sanierungsfeldern (sh. Abb. 14) die Abschöpfpegel bis zum bzw. 2 m in den Grundwasserstauer abgeteuft. Im westlichen Sanierungsfeld wurde darüber hinaus auch in 15 m Tiefe unter Gelände eine rund 40 m lange Horizontalfilterdrainage errichtet. Diese Drainage weist ein Gefälle von 2 % auf, so dass über Schächte an beiden Enden des Bauwerks eine Entnahme von DNAPL möglich ist. Die Förderung aus den Pegeln (sowie den Schächten der Horizontaldrainage) erfolgt über Bandskimmer. An dem vertikal, langsam umlaufenden Förderband des Bandskimmers haften tiefliegende Schwerölphasen an, werden an die Oberfläche gefördert und dort mechanisch abgetrennt und gesammelt.

Die Wirkung der DNAPL-Abschöpfung und vor allem auch der Nachlieferung hängt dabei insbesondere von der Viskosität der am Grundwasserstauer aufliegenden Teerölphasen und in geringerem Ausmaß auch von der Temperaturentwicklung im Untergrund ab. Im Allgemeinen werden die Teerölphasen im Sumpfrohr der Abschöpfpegel in wenigen Tagen entfernt. Der Betrieb der Abschöpfung erfolgt intermittierend und wird wiederaufgenommen, wenn ein Nachströmen von Teeröl durch entsprechende Phasen in den Abschöpfpegeln nachgewiesen ist.

In den ersten 5 Betriebsjahren (Oktober 2017 – September 2022) wurden durch die DNAPL-Abschöpfung insgesamt 560 kg Teeröl vom Grundwasserstauer entfernt.

4.3 Sicherungsmaßnahmen

Zur Sicherung des Grundwasserabstroms Richtung Nordosten bzw. Norden wurde im Zeitraum von Juli 2012 bis Dezember 2014 eine durchströmte Reinigungswand („Funnel & Gate-System“) errichtet, die aus einer 1.650 Laufmeter langen, in den Stauer einbindenden Dichtwand („Funnel“) und zwölf in regelmäßigen Abständen (ca. 150 m) eingebauten und mit Aktivkohle befüllten Filterfenstern („Gates“) besteht. Im Osten schließt die mittels Schlitzwandverfahrens hergestellte Dichtwand (gesamte Wandfläche rd. 20.660 m², Wandstärke mind. 60 cm) an die bestehende Schmalwand im Bereich der Donau an.

Die Filterfenster reichen durchschnittlich bis 12,5 m unter GOK und wurden jeweils mit mehreren Fertigbeton-Kammern (durchströmte Querschnittsbreite: 3,3 m) installiert. Insgesamt bestehen 7 Filterfenster mit jeweils 3 Kammern und 5 Filterfenster mit 4 Kammern. Jede Kammer ist in einen Zulauf, einen mit Aktivkohle befüllter Korb und einen Ablauf unterteilt. Die installierten Aktivkohle-

Filterkörbe sind durchschnittlich mit rd. 44 m³ Aktivkohle befüllt und weisen eine hydraulische Durchlässigkeit von ca. 10⁻³ m/s auf.

Der bei der Errichtung der Dichtwand sowie der Filterfenster anfallende Bodenaushub (55.642 t bzw. 56.464 t) war in mehreren Teilbereichen kontaminiert und wurde wie unter 4.2.2 beschrieben behandelt.

Im Jahr 2013 wurden drei Brunnen errichtet (S13 bis S15; siehe Abb. 17), die gemeinsam mit dem Brunnen VAL3 im Zusammenspiel mit den großen Grundwasserentnahmen auf dem Chemieparks- und Kraftwerksgelände (siehe Tab. 8) den Grundwasserstand so regulieren, dass der Grundwasserstrom dauerhaft Richtung Nordosten bzw. Norden durch die Gates fließt (siehe auch Abb. 32). Im Vergleich zur Grundwassersituation vor Errichtung der Reinigungswand (vgl. Abb. 6) ist somit eine deutliche Änderung gegeben. Das im Kraftwerksbereich ursprünglich Richtung Donau strömende Grundwasser fließt nunmehr ebenfalls Richtung Norden durch die Reinigungswand. Das geförderte Grundwasser aus den Entnahmebrunnen im Grundwasseranstrom wird über eine Druckleitung in das Nutzwassernetz eingespeist und je nach Eignung zu Kühlzwecken genutzt. In den letzten Jahren wurden über die vier Brunnen im Anstrom in Summe durchschnittlich rund 1,2 Mio. m³ Grundwasser pro Jahr gefördert.

Die Lage der Dichtwand und der 12 Gates ist in Abb. 16 ersichtlich.

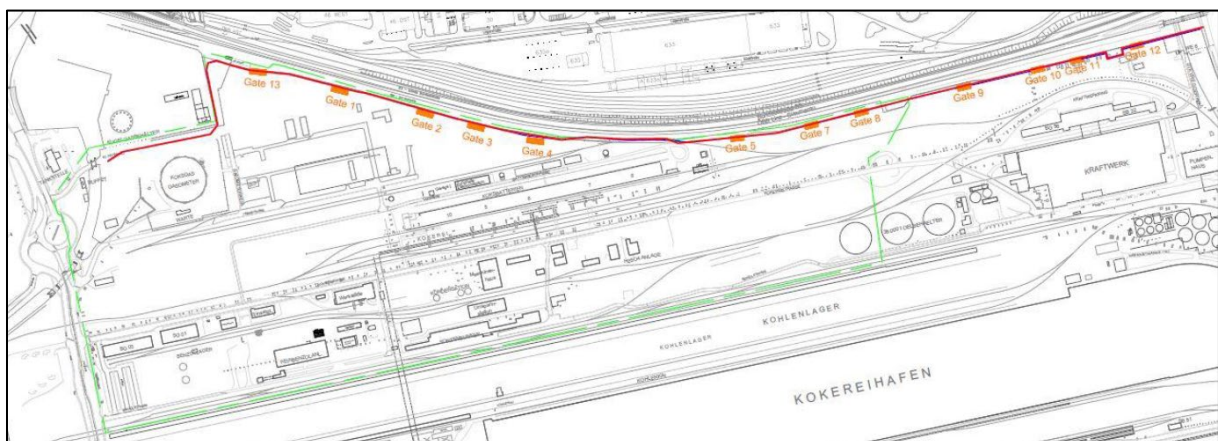


Abb. 16: Lage des Funnel & Gate-Systems (rot: Dichtwand; orange: Filterfenster) (© ARGE Planung und Projektmanagement O76)

Der Regelbetrieb des Funnel & Gate-Systems wurde nach dreimonatigem Probetrieb im Jänner 2015 aufgenommen.

Das die Kammern der Filterfenster („Gates“) durchströmende Grundwasser wird zu- und abstromseitig durchgängig mit Sonden überwacht. Dabei werden neben den Parametern pH-Wert, Redox-Potential, Sauerstoff-Sättigung, Leitfähigkeit und Temperatur auch die jeweiligen Abstiche gemessen und per Datenübertragung an einen Rechner der Leitwarte gesendet. Darüber hinaus wird das Grundwasser in unmittelbar anstromig und unmittelbar abstromig gelegenen Messstellen regelmäßig beprobt und auf die relevanten Schadstoffe analysiert (siehe 4.4.2 und 4.4.3).

4.4 Ergebnisse der Grundwasserkontrolluntersuchungen

4.4.1 Schema der Kontrolluntersuchungen

Seit dem Jahr 2014 werden an ausgewählten, teils bestehenden, teils neu errichteten Grundwassermessstellen regelmäßig Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Im Jahr 2021 wurde das Kontrollprogramm ausgeweitet und umfasst seitdem drei „Kontrollebenen“, die gemäß dem in Tab. 7 dargestellten Schema untersucht werden:

Tab. 7: Schema der aktuellen Kontrolluntersuchungen

	Messstellen / Brunnen	Kontrollintervall und -parameter	
		4 x pro Jahr	1 x pro Jahr
0 Kontrollebene „Quellbereich“	<ul style="list-style-type: none"> Zulauf der Gates 1-13 Westlicher Bereich: K7, K6, K5, K3, K4, K16 Reinbenzolanlage: K17, K8, P21/16, U18/16 Abstrom Reinbenzolanlage: K18, K9, K20, K19, K12 Nordwestlicher Bereich: K1neu, K36 Abstrom Kohlenwertstoffanlage: K11, K28, Ag10/16 Östlicher Bereich (excl. Kraftwerk): K13, K26, K14, K27, K29, K30 	Pumpprobe PAK-16	<i>Pumpprobe</i> BTEX (+ Schöpfprobe) Arsen Cyanide AOX KW-Index <i>aus 3 Tiefen</i> PAK-16 (ausgewählte Messstellen)
1 Kontrollebene „Abstrom“	<ul style="list-style-type: none"> Ablauf der Gates 1-13 Abstrom Chemiepark: C210, C115, C11, C201, C116, C208, C34, C131, C35, B149-4a, Pegel Widerlager Abstrom Kraftwerk: K32, K35, K33, K34neu 	Pumpprobe PAK-16	-
2 Kontrollebene „Ableitungen“	<ul style="list-style-type: none"> Ableitung Kraftwerk: Brunnen DOKW2, DOKW3, Hechkopf H1, Öllände H2 Ableitung Chemiepark: Brunnen B147a 	PAK-16 BTEX Arsen Cyanide	-

Die Lage der für die Kontrolluntersuchungen verwendeten Messstellen ist in Abb. 17 dargestellt.

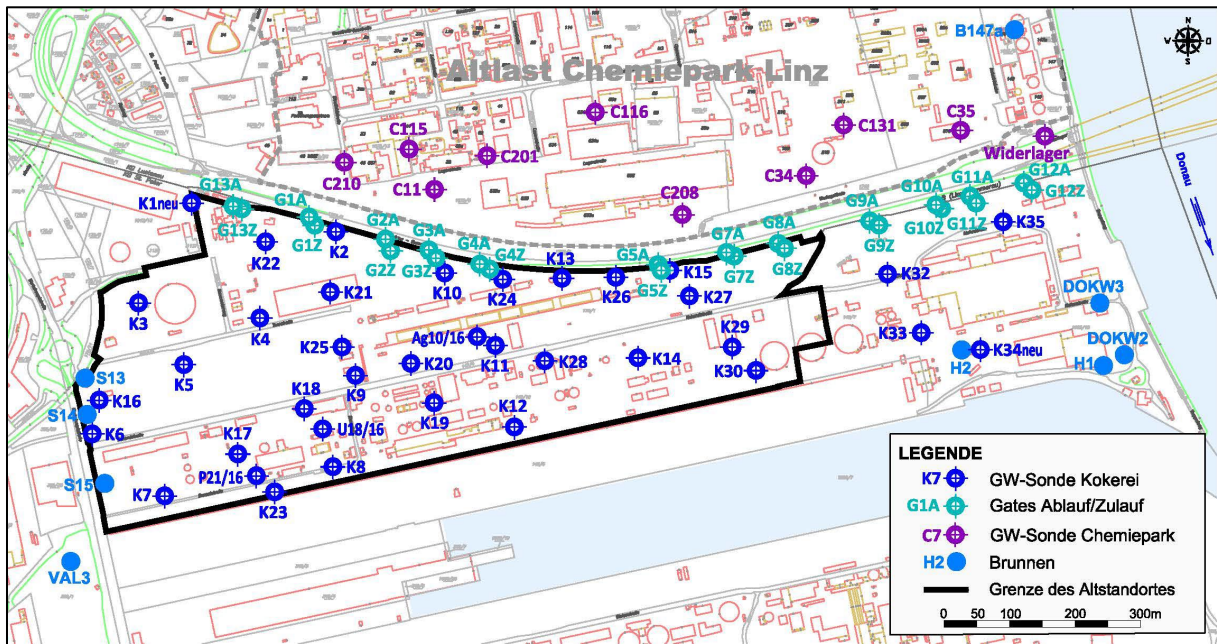


Abb. 17: Lage der Messstellen für die Kontrolluntersuchungen (© Umweltbundesamt)

In der Folge werden die Ergebnisse in den Kontrollebenen für die in Abb. 7 dargestellten Belastungsbereiche hinsichtlich des Leitparameters PAK (Summe aus 16 Einzelsubstanzen gemäß US EPA) im Detail dargestellt. Auf andere Parameter, insbesondere BTEX, wird in den entsprechenden Abschnitten über Zulauf- und Ablauf der Gates kurz eingegangen.

4.4.2 Kontrollebene 0 (“Quellbereich”)

Westlicher Bereich

Die den „westlichen Bereich“ gemäß Abb. 7 repräsentierenden Messstellen weisen ein ähnliches Belastungsniveau wie in den Jahren 2007/2008 auf (siehe Abb. 18). Es sind vergleichsweise niedere PAK-Konzentration von im Allgemeinen < 10 µg/l festzustellen. Auffällig ist nach wie vor die im Anstrom liegende Messstelle K6, in der bereits 2007/2008 hohe PAK-Werte nachzuweisen waren, die zum überwiegenden Teil auf Naphthalin zurückzuführen sind.

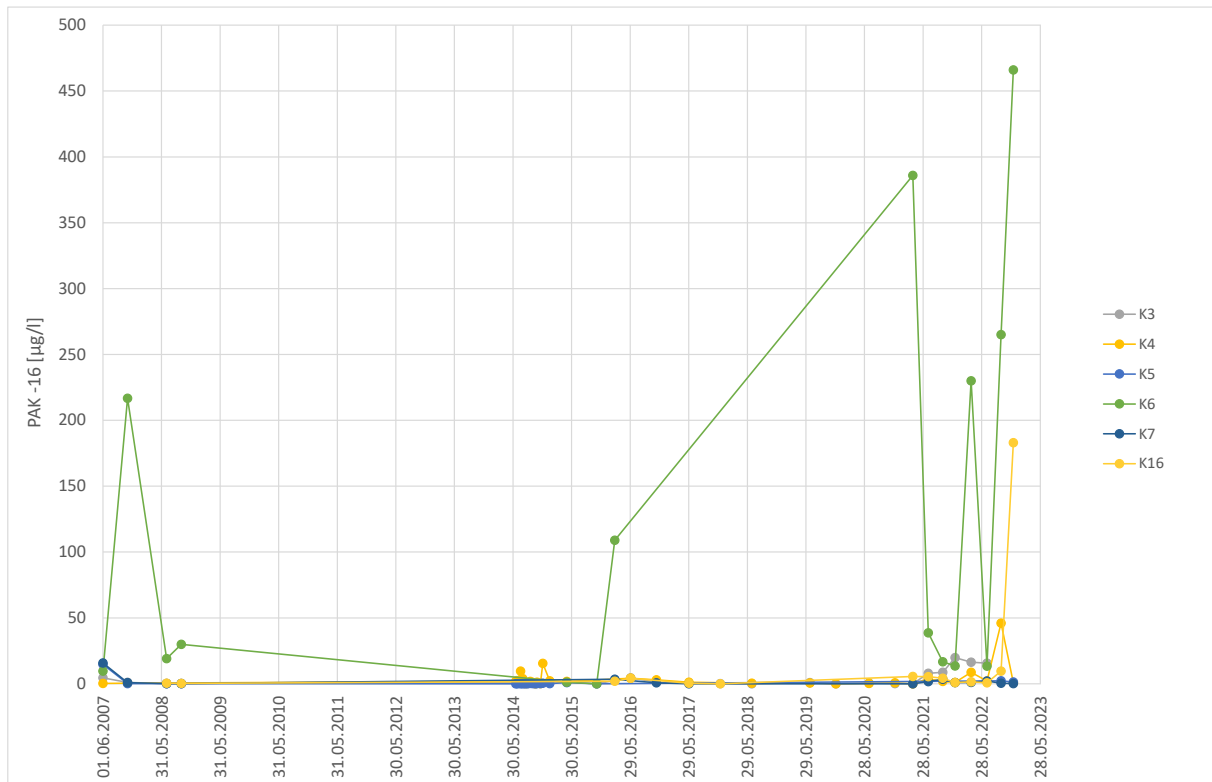


Abb. 18: PAK-Konzentrationen im „westlichen Bereich“ gemäß Abb. 7 (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Reinbenzolanlage und ihr Abstrom

Beim Bereich der Reinbenzolanlage handelt es sich um einen hoch mit Teeröl und aromatischen Kohlenwasserstoffen belasteten Bereich. Die PAK-Konzentrationen liegen in den beobachteten Messstellen in den letzten Jahren mit einzelnen Ausreißern unter 1.000 µg/l und somit in derselben Größenordnung wie 2007/2008 (siehe Abb. 19). Ähnliches gilt für den näheren Abstrom der Reinbenzolanlage mit PAK-Werten größtenteils unter 100 µg/l (siehe Abb. 20).

Altlast O76 „Kokerei Linz“ – Beurteilung der Sicherungsmaßnahmen

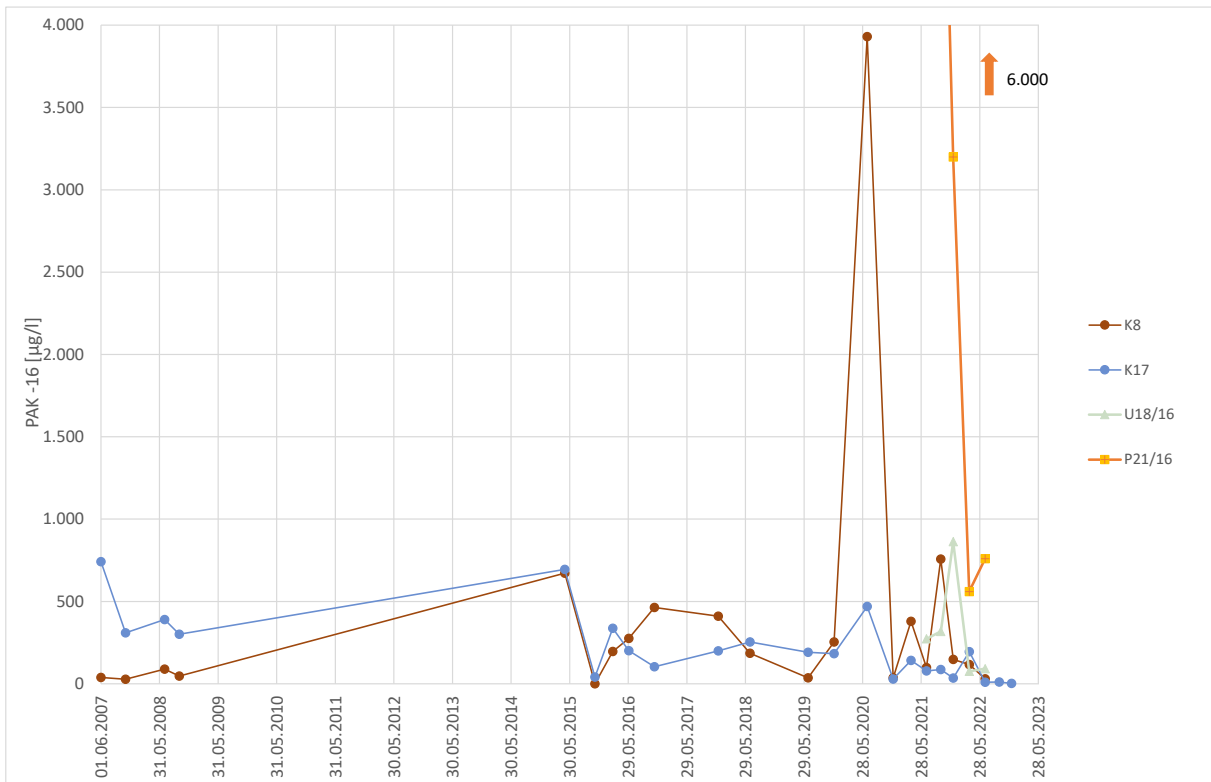


Abb. 19: PAK-Konzentrationen im Bereich der Reinbenzolanlage (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

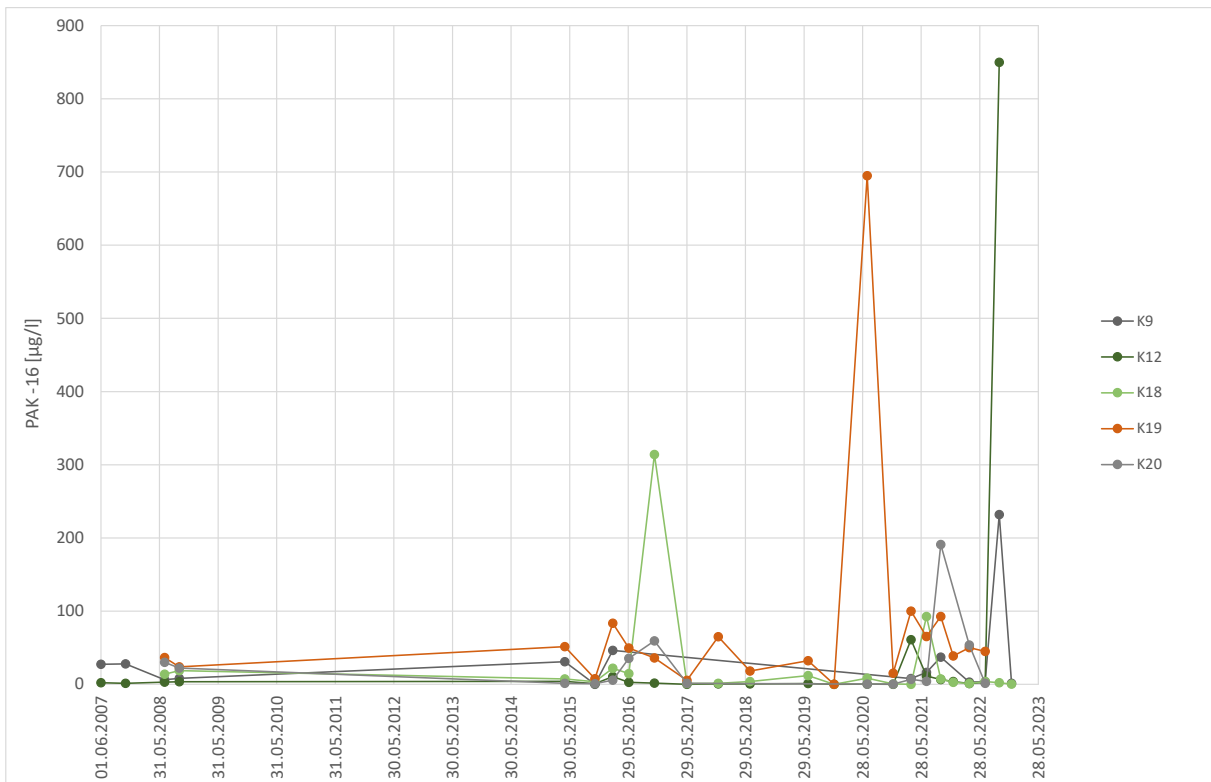


Abb. 20: PAK-Konzentrationen im Abstrom der Reinbenzolanlage (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Nordwestlicher Bereich

Während die kurz vor der Dichtwand situierte Messstelle K1 aktuell ähnlich geringe PAK-Konzentrationen wie 2007/2008 aufweist, zeigt die 2014 neu errichtete Messstelle K36 bis zuletzt starke Schwankungen mit Spitzen über 100 µg/l PAK.

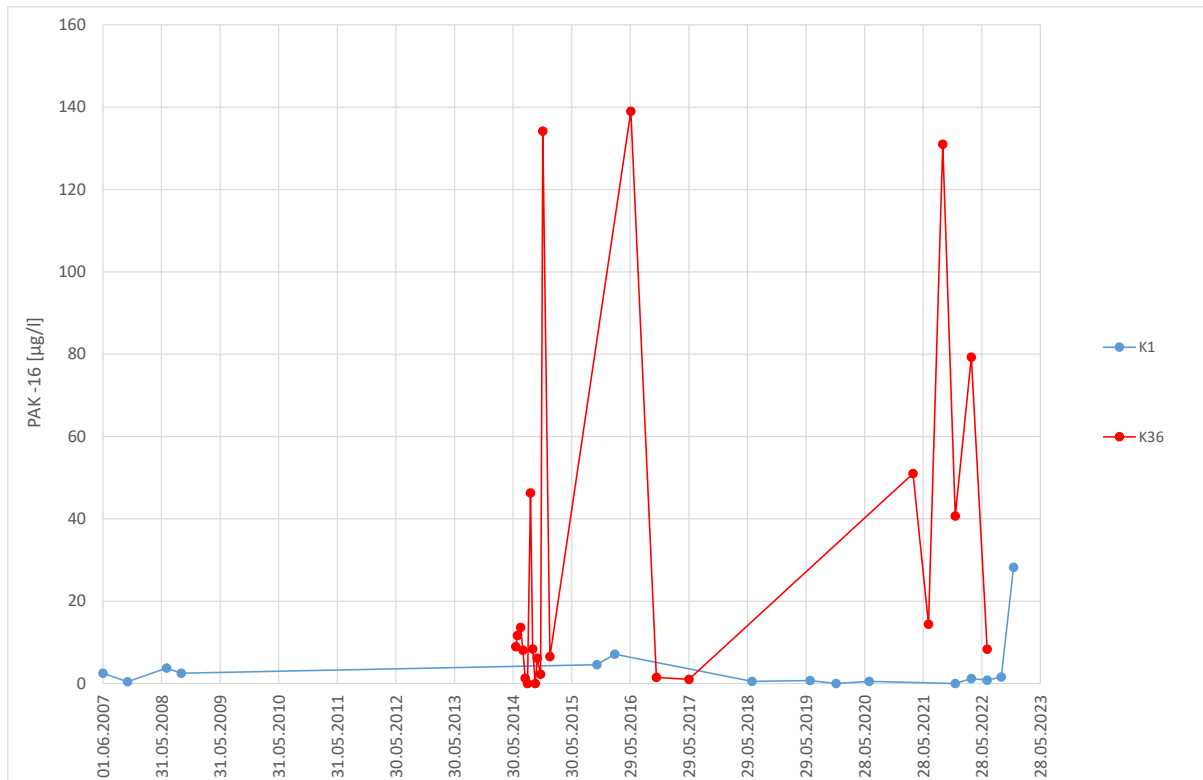


Abb. 21: PAK-Konzentrationen im „nordwestlichen Bereich“ gemäß Abb. 7 (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Abstrom Kohlenwertstoffanlage

Der Untergrund im Bereich der „Kohlenwertstoffanlage“ (sh. Abb. 2 und Abb. 7) ist weiterhin der am höchsten mit Teeröl kontaminierte Teil des Kokereigeländes, so dass im Abstrom PAK-Konzentrationen um und über 2.000 µg/l nachgewiesen wurden. Derartig hohe Werte waren an den Messstellen K11 und K28 etwa bis Anfang 2021 zu beobachten, seitdem sind Konzentrationen unter 1.000 µg/l und zuletzt in der Größenordnung von 200 µg/l nachzuweisen. An der neu errichteten Messstelle Ag10/16 traten noch bis ins Jahr 2022 Werte bis über 2.000 µg/l (Maximum: 18.000 µg/l) auf.

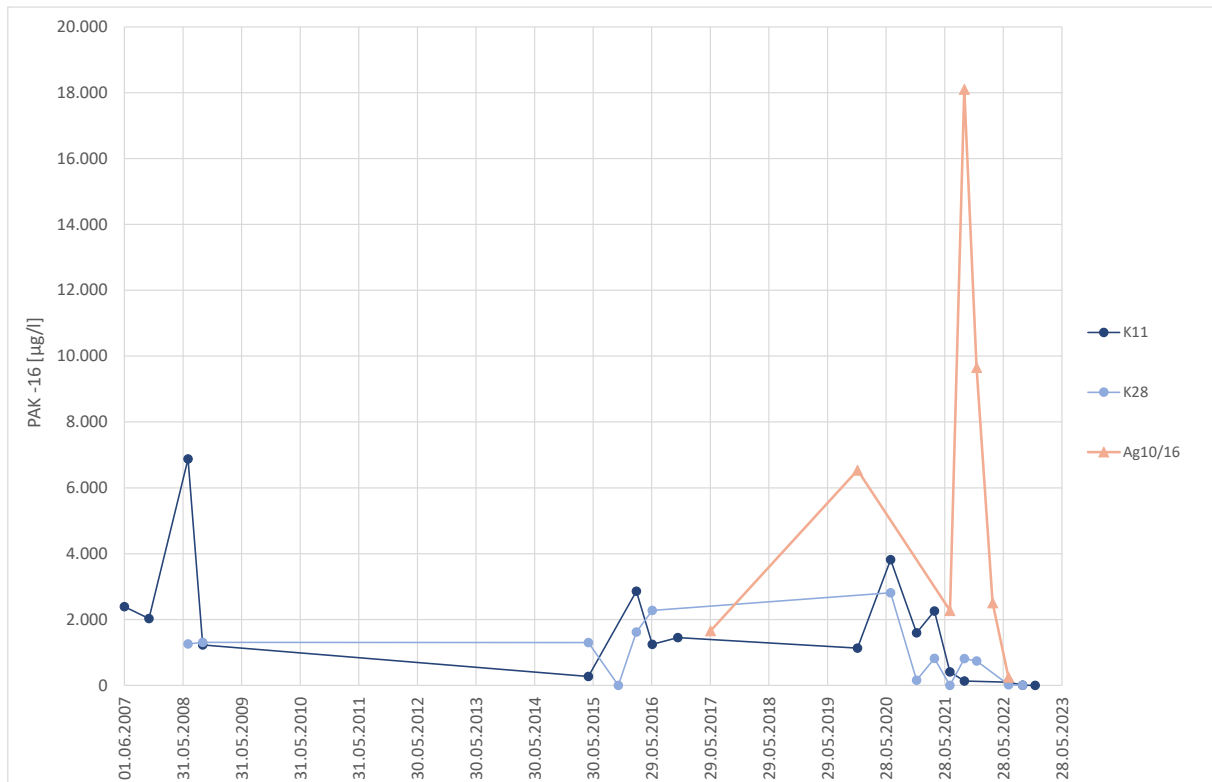


Abb. 22: Abstrom Kohlenwertstoffanlage (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Östlicher Bereich (exkl. Kraftwerk)

Der östliche Teil der Altlast war in den Jahren 2007/2008 durch PAK-Konzentrationen von einigen Hundert µg/l gekennzeichnet. Seit Installation der Reinigungswand zeigen sich sehr stark schwankende PAK-Werte mit Maxima an einigen Messstellen bis weit über 1.000 µg/l (siehe Abb. 23). Unter Berücksichtigung der jüngsten Messtermine sind über den gesamten Beobachtungszeitraum tendenziell gleichbleibende bis sinkende Konzentrationen zu beobachten. Vor allem bei den weiter östlich liegenden Messstellen ist dies auch darauf zurückzuführen, dass die ursprünglich nach Osten gerichtete Grundwasserströmung in diesem Bereich seit Inbetriebnahme der Wasserhaltungsbrunnen im Anstrom der Altlast nach Nord bzw. Nordosten umgelenkt wird.

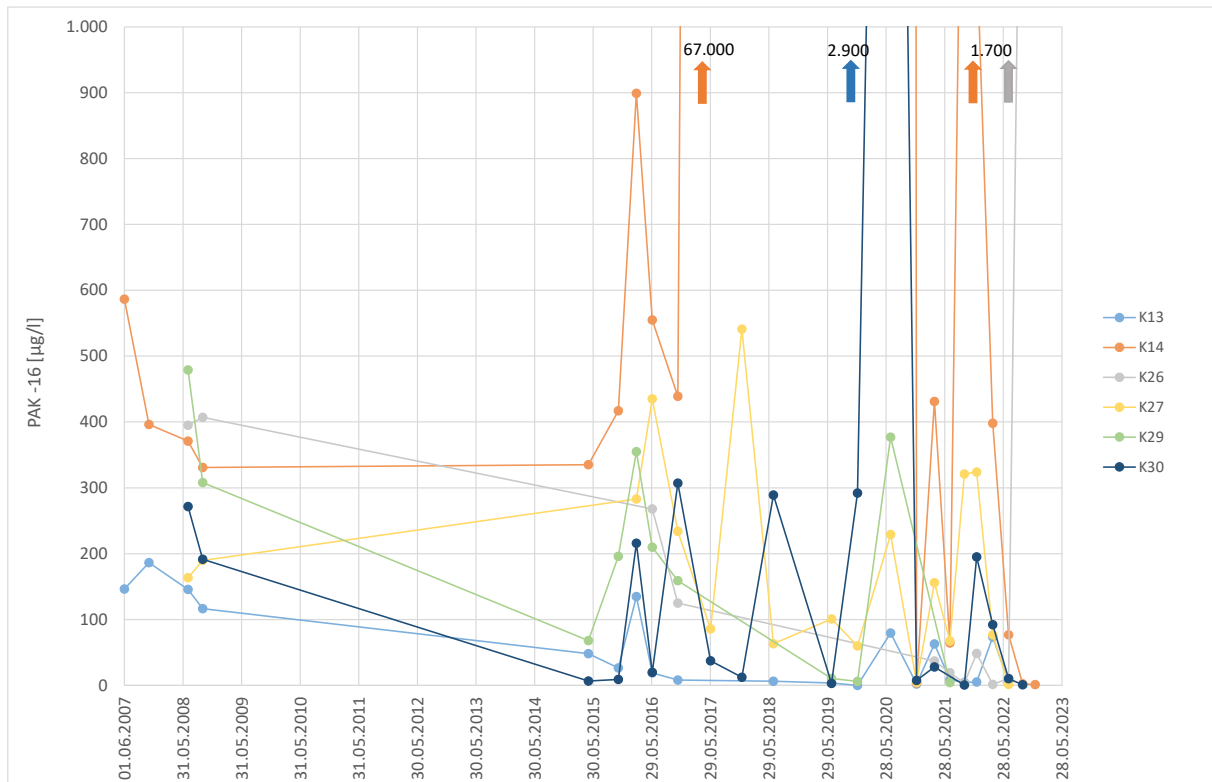


Abb. 23: Östlicher Bereich (exkl. Kraftwerk) (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Zustrom zu den Gates

In Abb. 24 sind die PAK-Konzentrationen im Zustrom zu den mit Aktivkohle gefüllten Gates über den gesamten Betriebszeitraum des Funnel & Gate-Systems zusammengestellt. Ersichtlich sind die starken Schwankungen, die bei einzelnen Messstellen über 1-2 Zehnerpotenzen reichen. Die höchsten Konzentrationen treten im Zustrom der östlichen Gates 8, 9 und 10 auf. Insbesondere im Zustrom von Gate 9 waren in Zusammenhang mit der Dekontamination der Sanierungsteilflächen 6a und 6b in den Jahren 2021 und 2022 stark schwankende und regelmäßig signifikant hohe PAK-Konzentrationen über 1.000 µg/l zu beobachten.

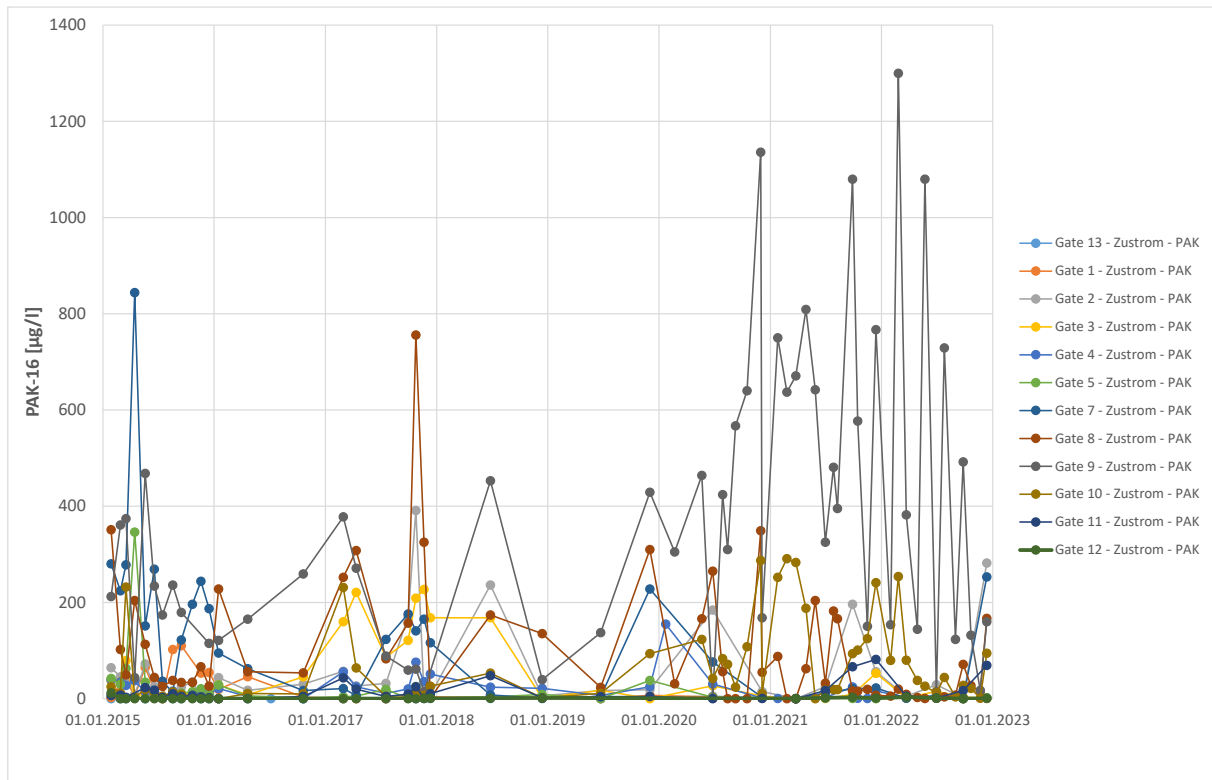


Abb. 24: PAK-Konzentrationen im Zulauf der Gates (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Die Ausbreitung aromatischer Kohlenwasserstoffe (BTEX) war 2007/2008 nur auf den näheren Abstrom (< 100 m) hoch belasteter Bereiche beschränkt. Dementsprechend liegen auch seit Errichtung der Reinigungswand die Zustromkonzentrationen zu den Gates meist im nicht nachweisbaren Bereich. Sehr unregelmäßig traten an einzelnen Gates Werte unter 10 µg/l auf.

Auch die übrigen analysierten Parameter Arsen, Cyanide, KW-Index und AOX lagen im Zustrom zu den Gates auf durchwegs sehr niederem Niveau.

4.4.3 Kontrollebene 1 (“Abstrom”)

Ablauf der Gates

Der Ablauf der Gates spiegelt die Reinigungswirkung der Filterelemente wider. Dementsprechend sind die PAK-Konzentrationen in den Kammern im Ablauf seit Aufnahme des Regelbetriebes der Sicherung seit dem Jahr 2015 generell gering (siehe Abb. 25).

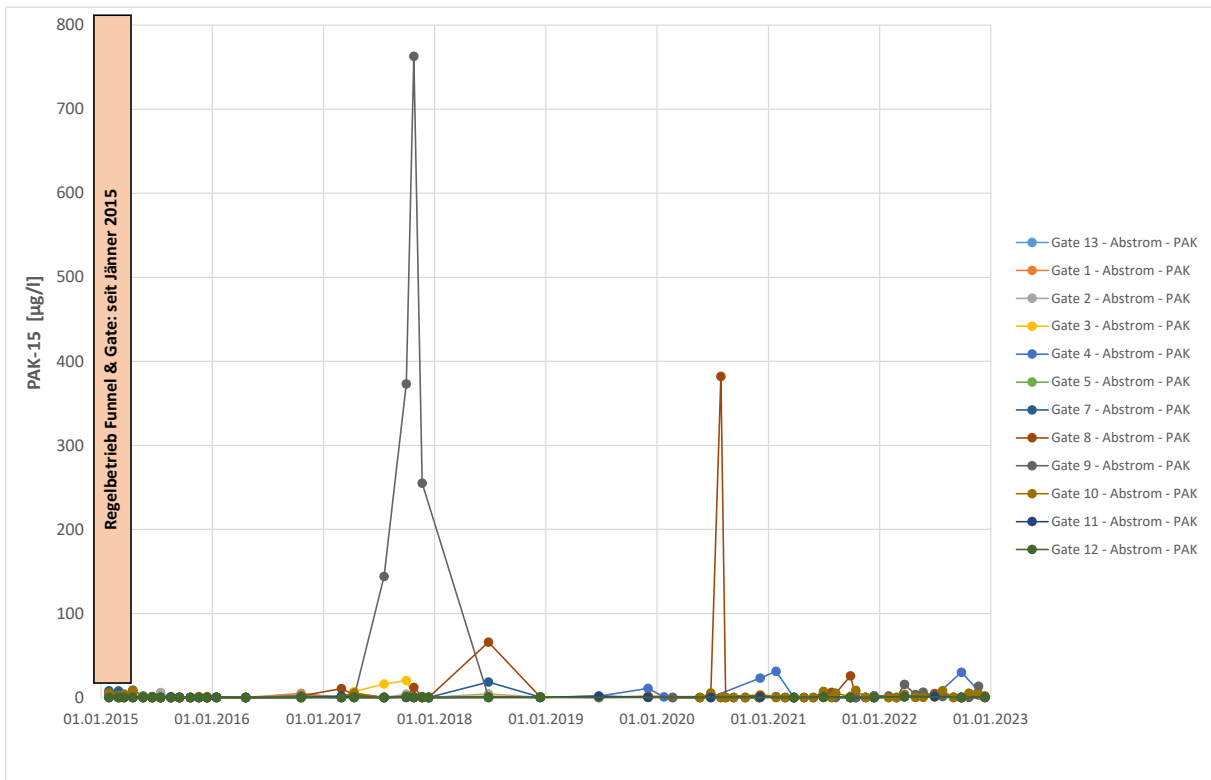


Abb. 25: PAK-Konzentrationen im Ablauf der Gates (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

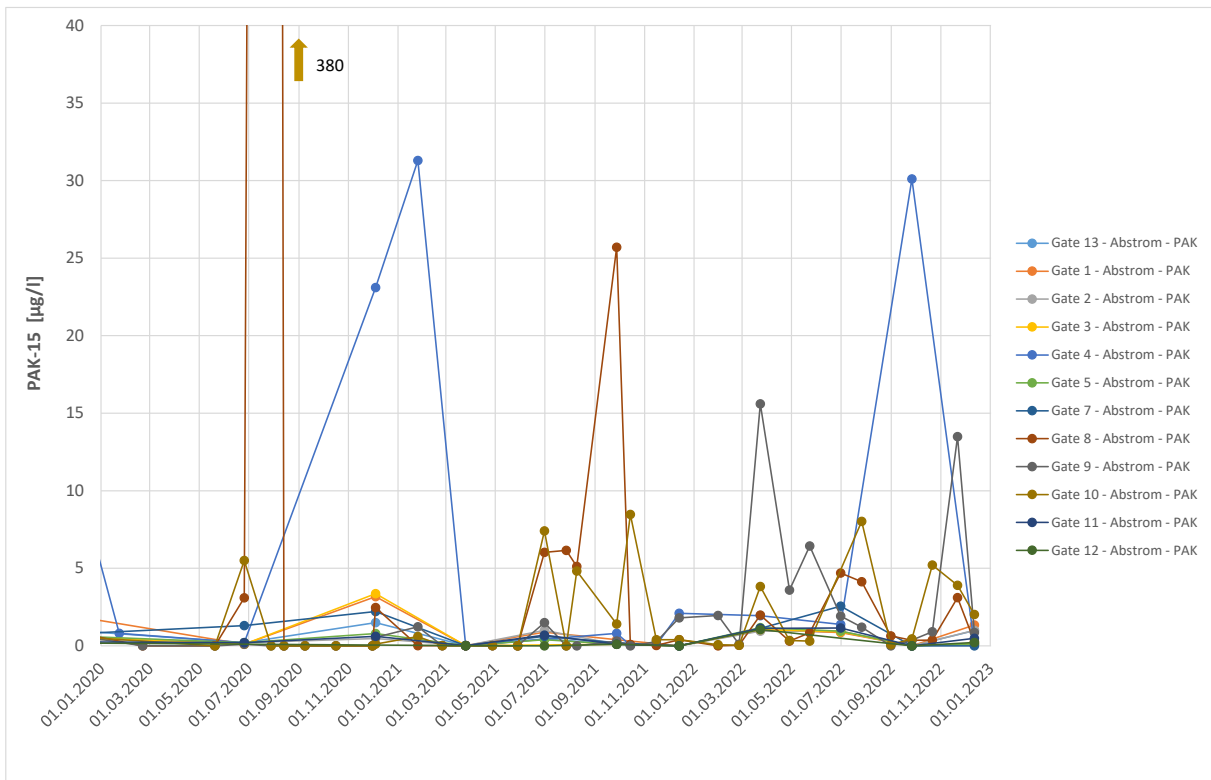


Abb. 26: PAK-Konzentrationen im Ablauf der Gates; Detailausschnitt 2020-2022 (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

In Abb. 26 ist der Verlauf der PAK-Konzentrationen im Ablauf der Gates seit 2020 im Detail dargestellt. Vereinzelt waren stark erhöhte Werte festzustellen, die sich jedoch mit einer Ausnahme bei zeitnah durchgeführten mehrmaligen Wiederholungsmessungen nicht bestätigten (z. B. Gate 8 im Juli 2020: 308 µg/l und im September 2021: 26 µg/l). Im Dezember 2020 trat bei Gate 4 ein erhöhter Messwert von 23 µg/l, der sich bei Folgemessungen im Jänner 2021 wiederholte (bis zu 31 µg/l) und schließlich zu Wartungsmaßnahmen an diesem Gate führte (siehe 4.5.2). Die PAK-Konzentrationen im Ablauf von Gate 4 lagen seitdem bei maximal 2 µg/l. Im Verlauf der Betriebsjahre 2021 und 2022 waren an den Gates 9 und 10 weitere geringfügig erhöhte Konzentrationen zu beobachten.

Da hinsichtlich BTEX bereits die Zustromkonzentrationen zu den Gates meist im nicht nachweisbaren Bereich lagen, blieben auch im Ablauf Positivbefunde auf wenige Einzelfälle (< 2 µg/l) beschränkt. Dasselbe trifft auf den Parameter KW-Index zu. Arsen, Cyanide und AOX werden nur im Zustrom gemessen und liegen dort durchwegs auf sehr niederem Niveau.

Nördlicher Abstrom (Richtung Chemiepark)

In Abb. 27 ist der langjährige Verlauf der PAK-Konzentrationen in der Messstelle C11 dargestellt. Dabei handelt es sich um diejenige Messstelle, die vor Errichtung der Reinigungswand 2015 die höchsten PAK-Konzentrationen im nördlichen Abstrom des Altstandortes aufwies (ca. 130 µg/l). In den letzten Jahren lagen die PAK-Konzentrationen bei maximal 10 µg/l, im Regelfall bei 2-3 µg/l.

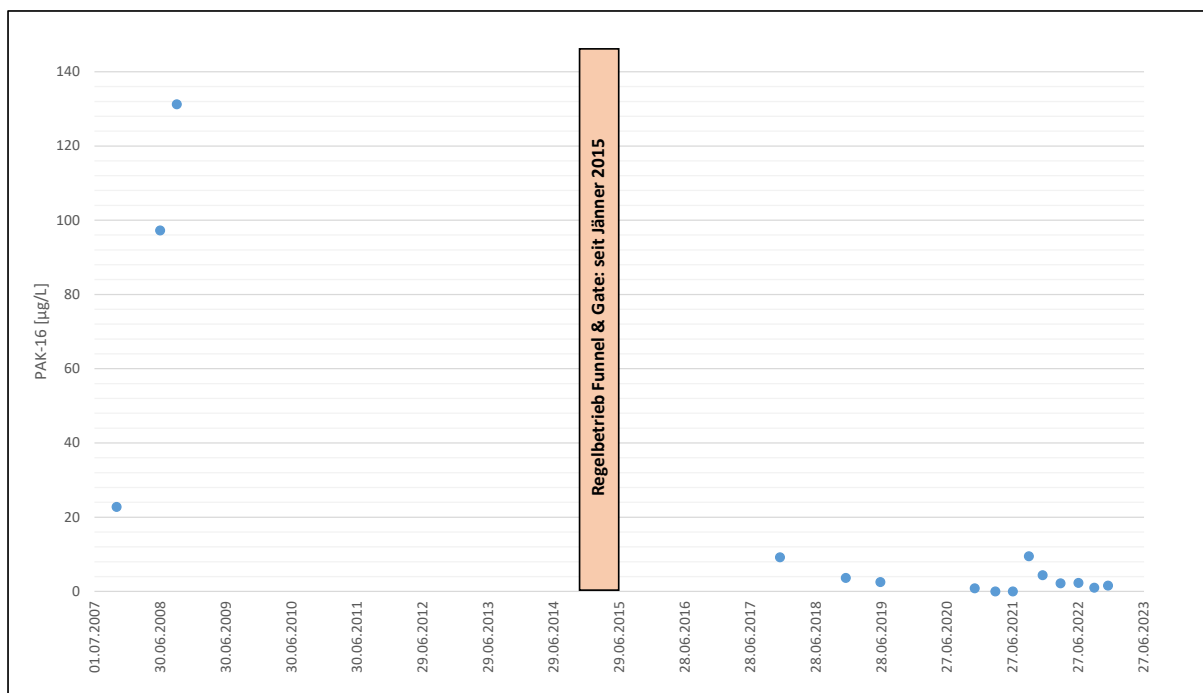


Abb. 27: PAK-Konzentrationen in der Messstelle C11 vor und nach Errichtung der Reinigungswand (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

In den übrigen, den nördlichen Abstrom der Altlast repräsentierenden Messstellen lagen die PAK-Konzentrationen mit Ausnahme des Messtermins im September 2021 und der Messstelle „Pegel Widerlager“ durchwegs unter 10 µg/l (siehe Abb. 28). Für die generell einmalig erhöhten Messwerte im September 2021 lässt sich auf Basis der vorliegenden Informationen keine plausible Erklärung finden. In der ganz im Osten an der Donau liegenden Messstelle „Pegel Widerlager“ sind

hingegen dauerhaft Konzentrationen über 20 µg/l PAK nachzuweisen. In dieser Messstelle ist vermutlich aufgrund des Messstellenausbaues nur eine sehr eingeschränkte Kommunikation mit dem Grundwasserstrom gegeben, sodass die Messergebnisse als nicht repräsentativ zu beurteilen sind.

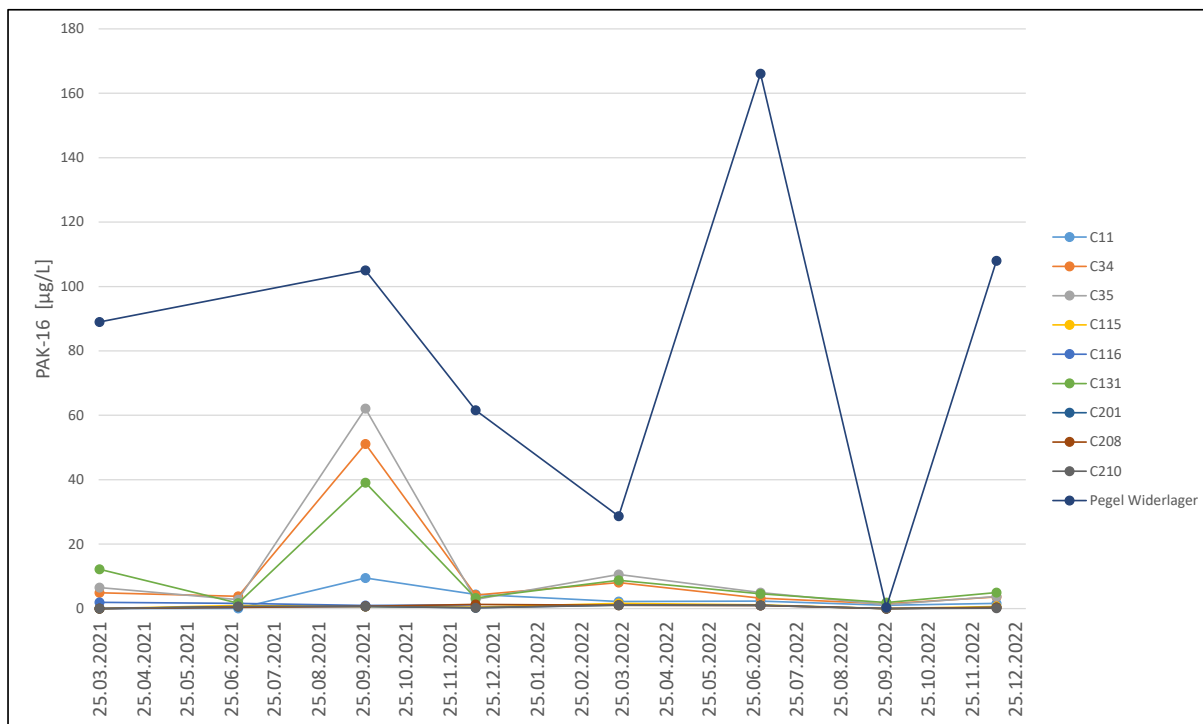


Abb. 28: PAK-Konzentrationen im nördlichen Abstrom (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

(Ehemals) Östlicher Abstrom (Richtung Kraftwerk)

In den Jahren 2007/2008 waren in den Messstellen im östlichen Kraftwerksbereich PAK-Konzentrationen von fast durchwegs über 100 µg/l nachzuweisen. Nach Errichtung des Funnel und Gate-Systems sanken die PAK-Konzentrationen in den Messstellen K32, K34 und K35 dauerhaft auf eine Größenordnung von maximal 5 µg/l (siehe Abb. 28). Dieser Effekt ist auf die Änderung der Grundwasserfließrichtung durch die in 4.3 beschriebenen hydraulischen Maßnahmen zurückzuführen. Das ehemals Richtung Osten strömende Grundwasser wird durch diese Maßnahmen nunmehr Richtung Norden bzw. Nordosten (durch die Gates) geleitet. Die nach wie vor hohen und stark schwankenden PAK-Konzentrationen in Messstelle K33 sind vermutlich auf die dort nachgewiesenen lokalen Teerölverunreinigungen im Untergrund zurückzuführen (siehe auch Abb. 8).

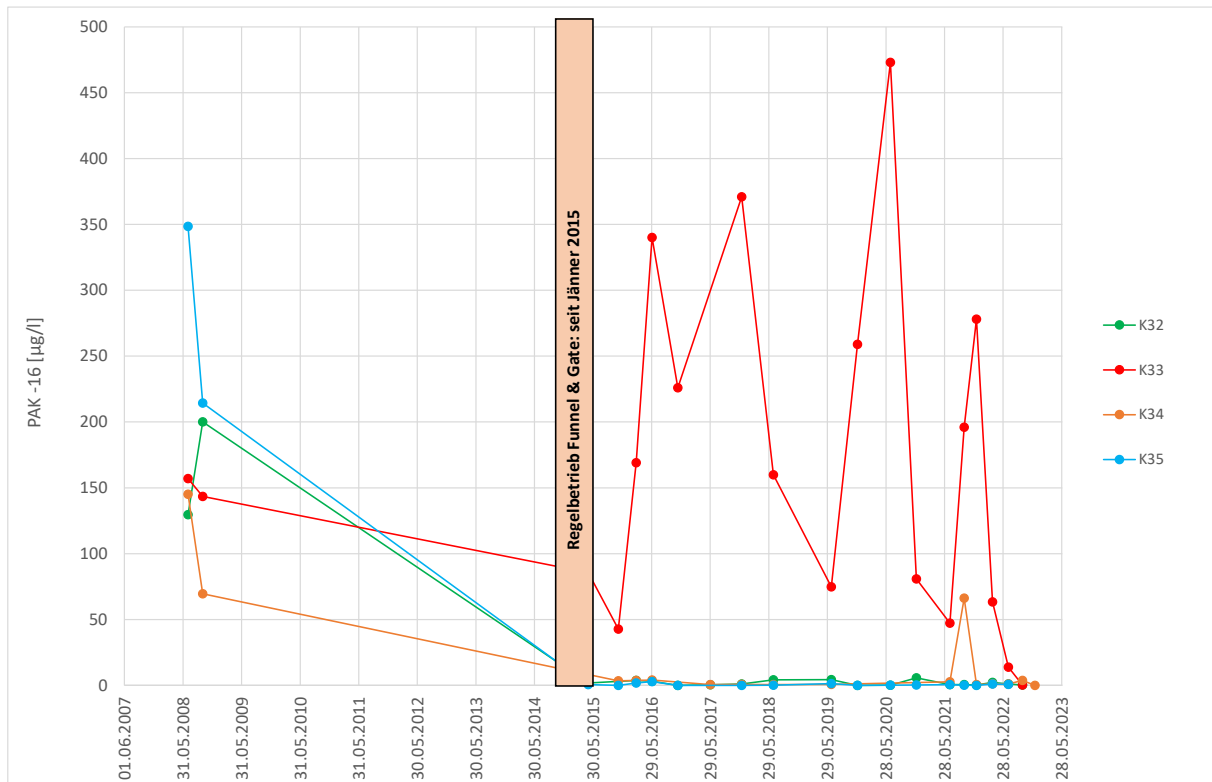


Abb. 29: PAK-Konzentrationen im Abstrom Richtung Kraftwerk (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

4.4.4 Kontrollebene 2 (“Ableitungen in die Donau”)

Aus Abb. 30 ist ersichtlich, dass in den letzten Jahren die PAK-Konzentrationen in den Wasserhaltungsbrunnen im Kraftwerksbereich (DOKW 2, DOKW 3, H1 und H2) weiterhin eine große Schwankungsbreite zeigten und dabei die maximalen Konzentrationen ähnlich hoch waren wie vor Beginn der Dekontaminations- und Sicherungsmaßnahmen.

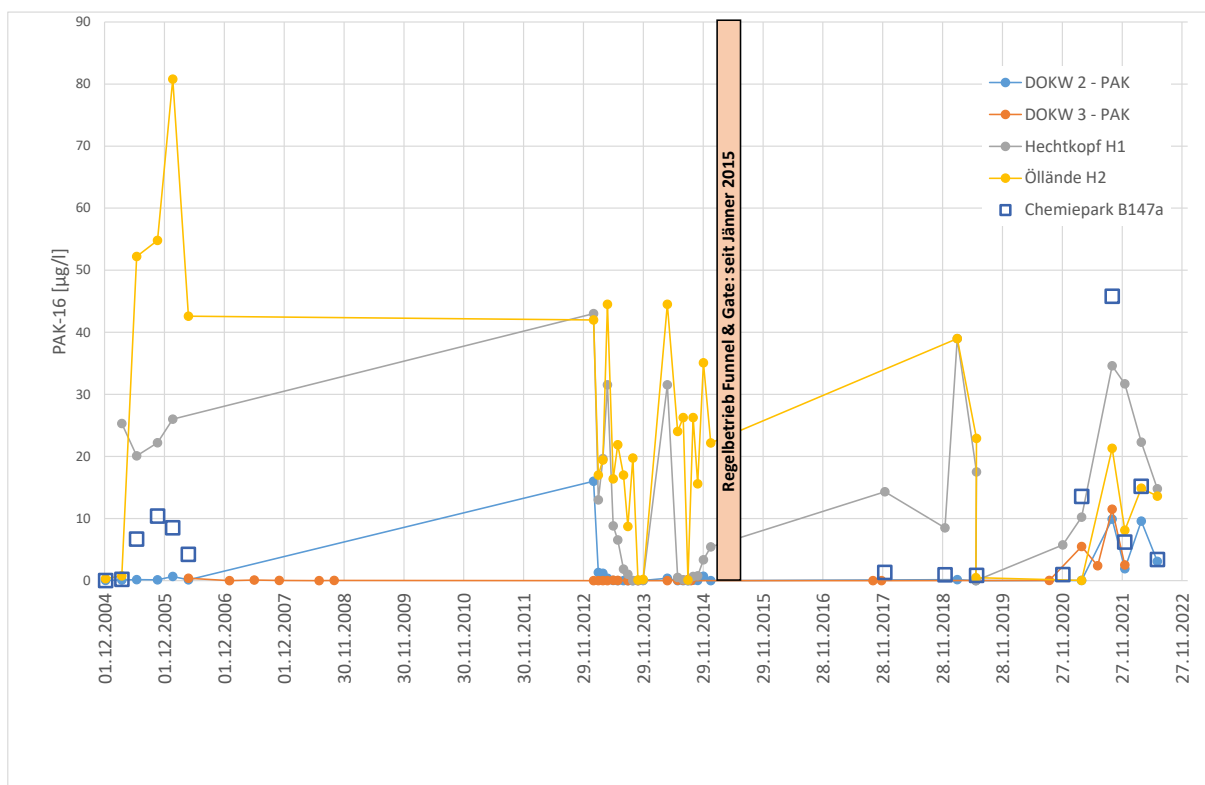


Abb. 30: PAK-Konzentrationen in den Wasserhaltungsbrunnen an der Donau (Daten: voestalpine Stahl GmbH; © Umweltbundesamt)

Analog der Frachtab-schätzung aus der Gefährdungsabschätzung (siehe 3) ergibt eine grobe Abschätzung auf Basis der maximalen Fördermengen der vier Brunnen sowie den maximalen PAK-Konzentrationen in den Brunnen in den Jahren 2017-2022 eine maximale PAK-Fracht von in Summe rund 90 g pro Tag (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Abschätzung der maximal in die Donau abgeleiteten Schadstofffrachten (Maximalwerte 2017-2022)

	max. Förderrate	max. PAK-Konz.	max. Fracht
	[m³/d]	[µg/l]	[g/d]
DOKW2	778	10	7,8
DOKW3	121	12	1,4
Hechtkopf H1	596	35	21
Öllände H2	1538	39	60
Summe	3033	-	90

Zum Vergleich betrug die maximale PAK-Fracht, die aus den entsprechenden Werten 2001-2008 abgeschätzt wurde, rund 200 g pro Tag.

4.5 Beurteilung der Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen

4.5.1 Zielwerte Grundwasser im Abstrom

Dem Sanierungsziel (siehe 4.1) entsprechend wurde für Kontrollebene 1 („Abstrom“) folgender Zielwert festgelegt:

- PAK-16: 2 µg/l

4.5.2 Sicherungsbetrieb

Zur Kontrolle der einwandfreien Funktion der Reinigungswand wird der Grundwasserspiegel im Zu- und Abstrom der Gates kontinuierlich von Drucksonden aufgezeichnet sowie im Zuge der regelmäßigen zweimonatigen Wartung mittels Lichtlot gemessen. Grundsätzlich sollte zwischen An- und Abstrom ein hydraulischer Gradient Richtung Norden vorhanden sein. Ein solcher war in den letzten Betriebsjahren dauerhaft gegeben. Dies ist exemplarisch aus Abb. 31 ersichtlich, in der die Grundwasserspiegellagen im An- und Abstrom von Gate 3 im Betriebsjahr 2020 dargestellt sind.

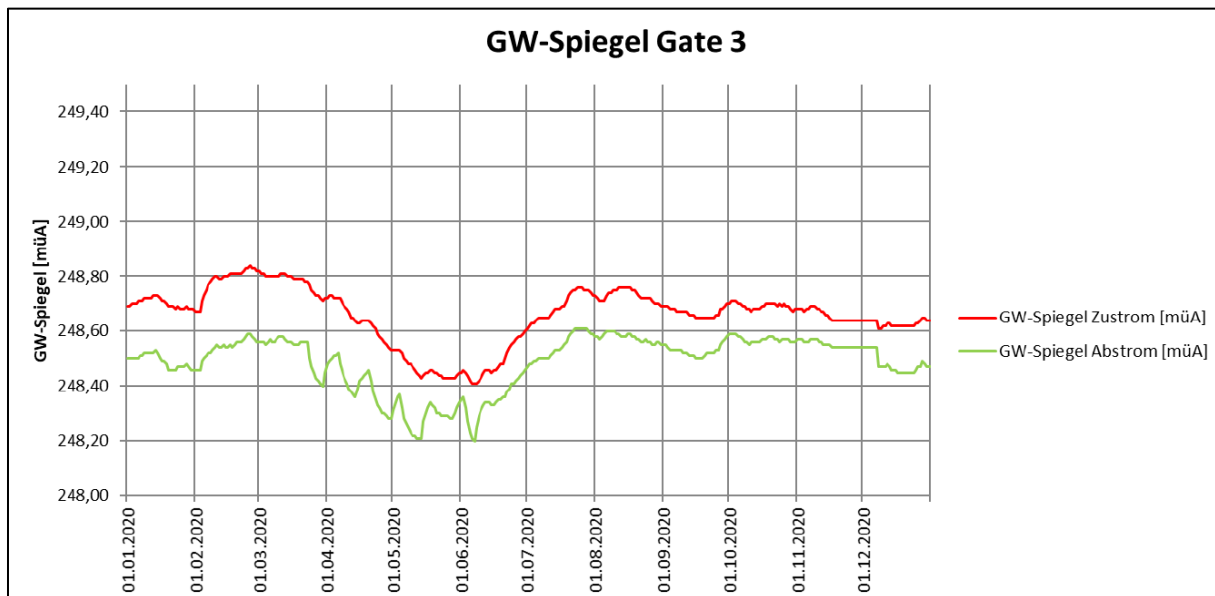


Abb. 31: Grundwasserspiegel im Zu- und Abstrom von Gate 3 im Betriebsjahr 2020 (© ARGE Planung und Projektmanagement O76)

Auch auf Basis der regelmäßigen Grundwasserstandsmessungen im gesamten Projektgebiet ist ersichtlich, dass der Grundwasserstrom Richtung Norden bzw. Nordosten durch die Gates verläuft (siehe exemplarisch die Grundwassersituation im Juli 2020 in Abb. 32)

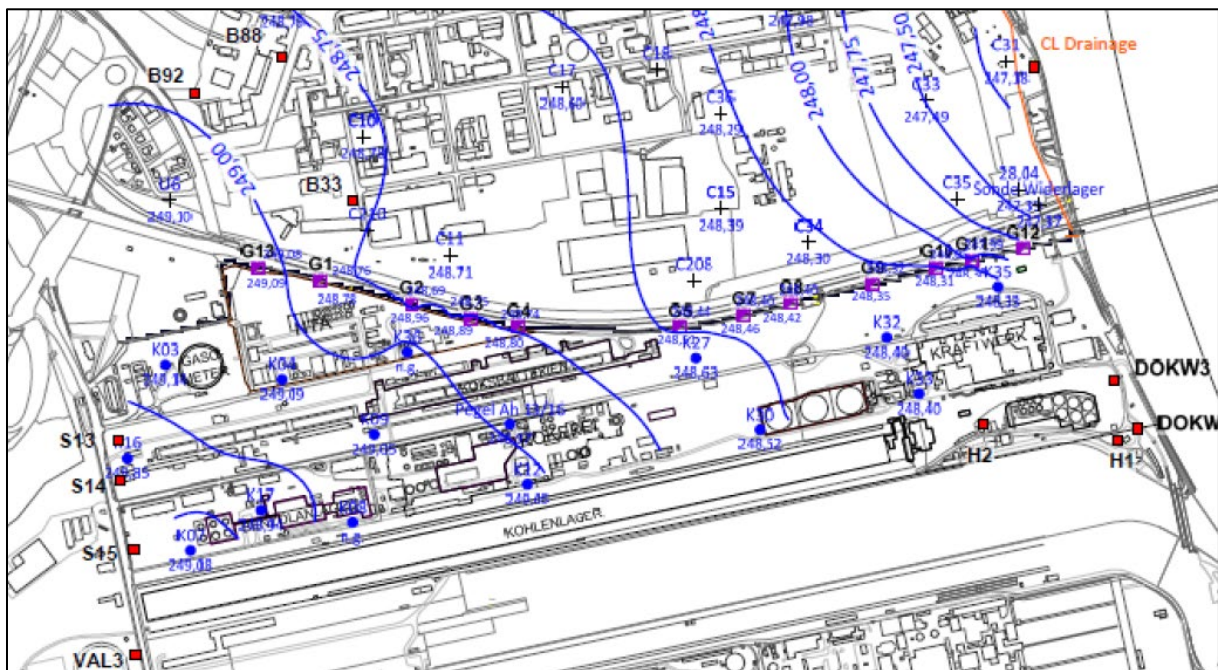


Abb. 32: Grundwasser-Isohypsen (Juli 2020; © ARGE Planung und Projektmanagement O76)

Aufgrund der Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen im Abstrom („Kontrollebene 1“; siehe 4.4.1) wurde bei Gate 4 im Jahr 2021 ein Schadstoffdurchbruch festgestellt. Da erst rund 10 % der theoretischen Beladepazität der Aktivkohle verbraucht waren, war anzunehmen, dass die Schadstoffadsorption an der Aktivkohle sehr heterogen erfolgt ist. In weiterer Folge wurde die Aktivkohle abgesaugt, durchgemischt und wieder eingebaut. Während des Aus- und Wiedereinbaues wurde das Grundwasser im Gate hydraulisch gesichert. Die weiteren Kontrolluntersuchungen bestätigten die wiederhergestellte Funktionalität von Gate 4 (siehe Abb. 26).

4.5.3 Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen

Auf Basis der Kontrolluntersuchungen, insbesondere jener im unmittelbaren Abstrom der Gates, kann die Wirksamkeit der Sicherungsmaßnahmen in Hinblick auf den Schadstoffrückhalt an der Aktivkohle beurteilt werden.

Aus Abb. 26 ist erkennbar, dass in den letzten Betriebsjahren die PAK-Konzentrationen im Abstrom der Gates generell auf einem niedrigerem Niveau liegen. Vereinzelt sind zwar stark erhöhte PAK-Werte festzustellen, die sich jedoch (mit einer Ausnahme) bei zeitnah durchgeführten mehrmaligen Wiederholungsmessungen nicht bestätigten. Im Dezember 2020 trat bei Gate 4 ein erhöhter Messwert von 23 µg/l, der sich bei Folgemessungen im Jänner 2021 wiederholte (bis zu 31 µg/l) und schließlich zu Wartungsmaßnahmen an diesem Gate führte (siehe 4.5.2). Die PAK-Konzentrationen im Ablauf von Gate 4 lagen seitdem bei maximal 2 µg/l. Im Verlauf der Betriebsjahre 2021 und 2022 waren an den Gates 9 und 10 weitere vergleichsweise gering erhöhte Konzentrationen zu beobachten.

Abb. 26 gibt einen Überblick zur Verteilung der über die Aktivkohle aus dem Grundwasser entfernten PAK-Mengen im Vergleich aller Filterfenster („Gates“) für das Jahr 2021. Dem dargestellten Austrag an PAK-16 entsprechend ergibt sich, dass die Verunreinigungen des Grundwassers im westlichen Teil (Gates 13 und 1 bis 6) inzwischen anhaltend vermindert und generell relativ gering sind, während in Abhängigkeit der Schwankungen der Strömungsrichtung des Grundwassers insbesondere im östlichen Grundwasserabstrom (Gates 8 bis 11) weiterhin hohe und zum Teil sehr hohe PAK-Belastungen (Gate 9) des Grundwassers der Reinigungswand zuströmen.

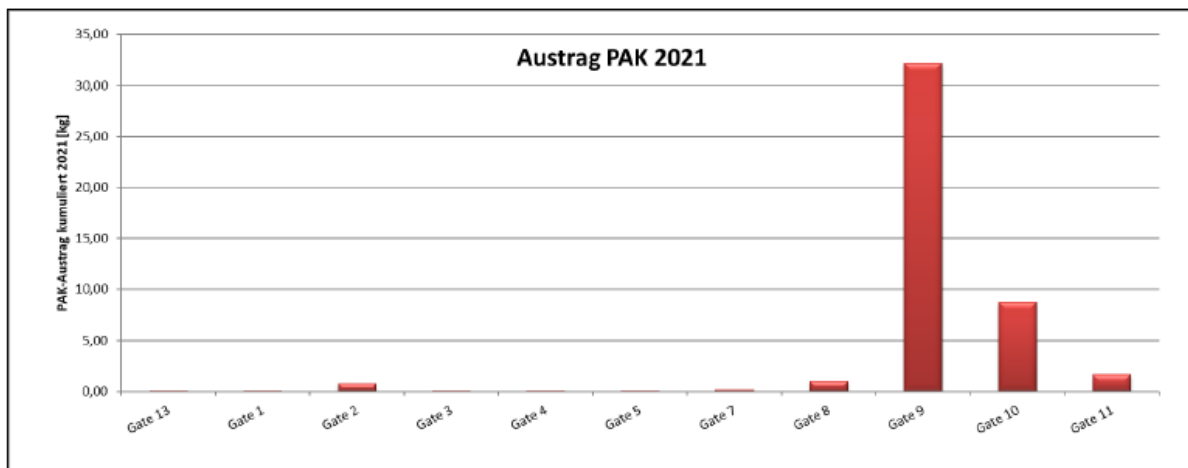


Abb. 33: Verteilung der Grundwasserverunreinigung entlang der durchströmten Reinigungswand („Funnel&Gate“-System) - Schadstoffaustrag PAK-16 im Vergleich der einzelnen Filterfenster („Gates“ – Darstellung von West nach Ost) im Jahr 2021 (März 2022; © ARGE Planung und Projektmanagement O76)

Im weiteren Grundwasserabstrom lässt sich ebenfalls eine deutliche Reduktion der PAK-Belastung seit Errichtung der Reinigungswand im Jahr 2015 erkennen (siehe Abb. 27 und Abb. 28). Die PAK-Konzentrationen liegen in diesem Bereich in den letzten Jahren, abgesehen von einzelnen Ausreißern, durchwegs unter 10 µg/l.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass

- dauerhaft eine Steuerung der Strömungsverhältnisse gewährleistet ist und
- die nördlich des Altstandortes errichtete durchströmte Reinigungswand („Funnel & Gate“-System) die Ausbreitung der PAK-Verunreinigungen des Grundwassers in den Abstrom signifikant reduziert.

Die Filterfenster (insgesamt 12 „Gates“ mit 41 Kammern) der Reinigungswand zeigen auch bei hohen PAK-Belastungen (> 200 µg/l) einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von mehr als 99 %. Im Betriebszeitraum von 2015 bis 2021 wurden bezogen auf den Leitparameter PAK-16 insgesamt 565 kg (Betriebsjahr 2021: 43 kg PAK-16) aus dem Grundwasser entfernt. Die Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen im abstromigen Teil der Kammern der Filterfenster bestätigen, dass der für das Grundwasser definierte PAK-Zielwert anhaltend (d.h. zumindest bei 4 von 5 Messergebnissen) unterschritten wird und damit die Wirksamkeit der Sicherung als ausreichend beurteilt werden kann.

5 HINWEISE ZUR NUTZUNG DES ALTSTANDORTES

Bei der Nutzung des Standortes und baulichen Veränderungen sind zumindest folgende Punkte zu beachten:

- Bei einer Änderung der Nutzung (z. B. Entfernung bestehender Oberflächenbefestigung) können sich zusätzliche Gefahrenmomente ergeben.
- In den Bereichen, in denen Untergrundkontaminationen mit leichtflüchtigen Schadstoffen bestehen, müssen bei Tiefbauarbeiten Maßnahmen geprüft und gesetzt werden, um mögliche

Gefahren durch die Bildung zündfähiger oder gesundheitsschädlicher Gas-Luft-Gemische auszuschließen sowie die Exposition von Menschen gegen die Inhalation gesundheitsschädlicher Bodenluftkomponenten (insbesondere Benzol) gering zu halten

- Eine Koordination von Baumaßnahmen mit möglichen Sanierungsmaßnahmen wäre zweckmäßig.
- Bei zusätzlichen Grundwasserentnahmen oder Grundwasserversickerungen sind die Auswirkungen auf die Strömungsverhältnisse im Grundwasser zu prüfen.
- Aushubmaterial im Bereich des Altstandortes kann erheblich kontaminiert sein.
- Im Bereich des Altstandortes ist weiterhin mit Verunreinigungen des Grundwassers zu rechnen.

DI Dietmar Müller e.h.

Dr. Gernot Döberl e.h.

Anhang

Verwendete Unterlagen und Bewertungsgrundlagen

- „Grundwasserbewirtschaftung Linz – Hydrologische und thermische Ist-Situation“. Linz, April 2004
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 und § 14 ALSAG 1989 an der Altlast O44 „Chemiepark Linz“ und der Verdachtsfläche „Kokerei Linz“. Erkundungsphase I. 2 Zwischenberichte Linz und Wien, Jänner 2004 und August 2007.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 und § 14 ALSAG 1989 an der Altlast O44 „Chemiepark Linz“ und der Verdachtsfläche „Kokerei Linz“. Erkundungsphase I. Endbericht. Linz und Wien, Februar 2008.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 ALSAG 1989 an der Verdachtsfläche „Kokerei Linz“. Erkundungsphase Ib. Endbericht. Linz und Wien, März 2009.
- Ergänzende Untersuchungen gemäß § 13 ALSAG 1989 an der Verdachtsfläche „Kokerei Linz“. Immissionspumpversuche. Endbericht. Wien, März 2009.
- Bodenaufschlüsse zur Sanierungsplanung im Bereich der Verdachtsfläche Kokerei-Kraftwerk. Linz, Dezember 2008.
- Sanierungsvariantenstudie zur Erlangung von Förderungsmitteln nach UFG für die Altlast „Kokerei Linz“. Linz, September 2009.
- Bericht zur Feststellung der Wirksamkeit der Teilmaßnahme „Funnel & Gate System“ im Rahmen der Sanierung der Altlast O 76 „Kokerei Linz“; Linz, März 2015.
- Schlussbericht Errichtung Bodenluftabsaugung: Bericht zur Feststellung der Wirksamkeit der Teilmaßnahme „Bodenluftabsaugung“ im Rahmen der Sanierung der Altlast O 76 „Kokerei Linz“; Linz, März 2015.
- Altlast O 76 – Kokerei Linz: Betriebsphase Funnel & Gate-System. Jahresberichte für die Jahre 2015 - 2021. Linz, März 2016 bis März 2022
- Altlast O 76 – Kokerei Linz: Betriebsphase Bodenluftabsaugung, Jahresbericht 2019 und Zusammenfassung Betriebszeitraum 2015 bis 2019; Linz, März 2020.
- Altlast O 76 – Kokerei Linz: Phasenschöpfung – Bericht über das 5. Betriebsjahr inkl. Kurzübersicht des Betriebszeitraums 2017 bis 2022; Linz, November 2022
- ÖNORM S 2088-1: Altlasten – Gefährdungsabschätzung für das Schutzgut Grundwasser. September 2004.
- Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG). BGBl. II Nr. 96/2006 i. d. g. F.

Die ergänzenden Untersuchungen wurden im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanierungsgesetzes vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft veranlasst und finanziert.

Die Ergebnisse der zur Sanierungsplanung von der Grundstückseigentümerin beauftragten Untersuchungen wurden dem Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt.