

Hydraulischer Bereich HB 16 Rath/Derendorf
Am Gatherhof 41 CKW-Schaden
- Variantenscan Sanierung -

Auftraggeber: Stadt Düsseldorf, Umweltamt, Brinckmannstraße 7, 40225 Düsseldorf

Auftragnehmer: BFM Umwelt GmbH, Germaniastraße 21, 40223 Düsseldorf

Projekt-Nr.: P160802

Bericht-Nr.: B160802-02-16-1B_barrierefrei

Seitenzahl: 36 Seiten

Anlagenzahl: 2 Anlagen

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Jörg Weindl, Dr. Thomas Jung, Dr. Mareike Wolf

Düsseldorf, den 24.04.2018 (überarbeitet am 01.07.2019)

J. Weindl

i.A. Dr. T. Jung

Sachverständiger nach §18 BBodSchG

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Literatur und verwendete Unterlagen	4
3	Rahmenbedingungen am Untersuchungsstandort	6
3.1	Hydrogeologische Bedingungen	6
3.2	Hydraulische Bedingungen	6
3.3	Hydrochemische Bedingungen	8
3.3.1	Quartärer Grundwasserleiter	8
3.3.2	Tertiärer Grundwasserleiter	9
3.4	Schadstoffspektrum und -verteilung	11
3.5	Schadstoffinventar	14
3.6	Bisherige und zukünftige Nutzung	14
4	Bisherige Maßnahmen	16
4.1	Durchgeführte Untersuchungskampagnen	16
4.2	Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen	16
5	Variantenbetrachtung	18
5.1	Hydraulische Sanierung	18
5.1.1	Variante H1: Aktuell laufende hydraulische Sicherung	18
5.1.2	Variante H2: Optimierung der hydraulischen Sanierung	20
5.1.3	Variante H3: Zirkulationsbrunnen	22
5.2	Dekontaminationsmaßnahmen	25
5.2.1	Variante D1: Bodenaushub	25
5.2.2	Varianten D2: Thermische Verfahren	27
5.2.3	Variante D3: Air Sparging	29
5.2.4	Variante D4: Biologische Verfahren	29
5.2.5	Variante D5: Chemische Verfahren	31
6	Zusammenfassende Beurteilung der Varianten	33
7	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen	35
8	Anlagen	36

1 Aufgabenstellung

Im Hydraulischen Bereich 16 (HB 16) liegen im Nordteil des Grundstücks Am Gatherhof 41 im Grundwasser teils erhebliche Belastungen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) vor. Als Hauptkomponenten wird dabei vor allem Tetrachlorethen (PER), untergeordnet auch Trichlorethen (TRI) festgestellt. Der Schadensbereich wird derzeit mittels Abwehrbrunnen (Pump-and-Treat-Maßnahme) gesichert.

Die BFM Umwelt GmbH Beratung-Forschung-Management (BFM) wurde am 11.08.2017 vom Umweltamt der Stadt Düsseldorf (UAD) mit der Erarbeitung eines Sanierungsvariantenscans für den CKW-Schaden im Bereich des Eintragsgrundstücks Gatherhof 41 beauftragt (A160802-NA01B). Dabei sollen die über die derzeit laufende Pump-and-Treat-Maßnahme hinausgehenden technischen Möglichkeiten einer Sanierung des CKW-Schadens untersucht, dargestellt und bewertet werden.

Im vorliegenden Bericht werden zunächst die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum Schadensfall hinsichtlich der Hydrogeologie, Hydraulik und Hydrochemie aufbereitet und ausgewertet. Unter Berücksichtigung der ausgewerteten Ergebnisse wird in diesem Bericht eine Zusammenstellung und Bewertung von möglichen Sanierungsvarianten sowie eine Abschätzung der Kosten vorgenommen.

2 Literatur und verwendete Unterlagen

- /1/ Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen: Geologische Karte Nordrhein-Westfalen 1:100.000, C4706 Düsseldorf Essen. Krefeld, 1980
- /2/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): „Empfehlung für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden.“ 1994
- /3/ Hydraulischer Bereich HB 16: „Projektdatenbank.“
- /4/ Füllung Beratende Geologen GmbH: „4. Bericht: Stand Februar/März: Sanierung der Boden- u. Grundwasserverunreinigungen“. 09.04.1992
- /5/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „Eingrenzende Boden-, Bodenluft-, Grundwasseruntersuchungen“. Düsseldorf, 16.10.2002
- /6/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „Grundwasserpumpversuche am ABX und GWMY2-3 auf Gelände PAGUAG“. Düsseldorf, 20.08.2004
- /7/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „B-Plan 5781/038 Nördlich Westfalenstraße. Industriegeschichte Nutzungsrecherche“. Düsseldorf, 23.03.2011
- /8/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „B-Plan 5781/038 Nördlich Westfalenstraße“. Ergänzende Detailuntersuchung Gesamtfläche. Düsseldorf, 18.10.2016
- /9/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „B-Plan 5781/038 Nördlich Westfalenstraße“. Ergänzende Detailuntersuchung LCKW-Schaden Gebäude E“. Düsseldorf, 06.09.2016
- /10/ Reducta GmbH, Beratende Ingenieure: „B-Plan 5781/038 Nördlich Westfalenstraße - Nachuntersuchungen LCKW-Schaden Gebäude E“. Düsseldorf, 29.01.2018
- /11/ HPC AG Prüfgutachten zum Sanierungskonzept REDUCTA GmbH (2016) sowie Neubewertung von Analysendaten im Zusammenhang mit dem B-Plangebiet (B5781/38) „Nördlich Westfalenstraße“ Nordteil C.F. GOMMA-Gelände Stadtgebiet Düsseldorf-Rath, Duisburg, 16.03.2017

- /12/ HPC AG: „Fachgutachterliche Bearbeitung von schädlichen Bodenveränderungen und davon ausgehenden Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet Düsseldorf. LOS 2, HB16, Düsseldorf-Rath / Derendorf; Teilbereich Grundstück Am Gatherhof 41; Jahresbericht 2016 – Gutachten und Anlagen (insg. 2 Ordner)“. 27.04.2017
- /13/ HPC AG: „Fachgutachterliche Bearbeitung von schädlichen Bodenveränderungen und davon ausgehenden Grundwasserverunreinigungen im Stadtgebiet Düsseldorf. LOS 2, HB16, Düsseldorf-Rath / Derendorf; Jahresbericht 2016 – Gutachten und Anlagen (insg. 4 Ordner)“. 21.06.2017
- /14/ Terra-, Aqua- und Sanierungskompetenzzentrums – TASK: Leitfaden Thermische in situ-Sanierungsverfahren (TISS) zur Entfernung von Schadensherden aus Boden und Grundwasser, Leipzig, 2012.
- /15/ BFM Umwelt GmbH: „Hydraulischer Bereich 55 Eller / Bilk; Erlebnisbericht zum Pumpversuch an der tertiären Grundwassermessstelle 14563T am Rangierbahnhof Eller.“ Bericht Nr. B0001-02-11-4A; Düsseldorf; 19.07.2017.
- /16/ Ingenieurstechnischer Verband Altlastenmanagement und Flächenrecycling e.V: Innovative In-situ-Sanierungsverfahren, Arbeitshilfe H1-13, Berlin, 2010.
- /17/ Österreichischer Verein für Altlastenmanagement: Technologiequickscan In-Situ-Sanierungstechnologien, Wien, 2010.
- /18/ Amtsblatt der Europäischen Union: VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Brüssel, 2008.

3 Rahmenbedingungen am Untersuchungsstandort

3.1 Hydrogeologische Bedingungen

Gemäß vorliegender geologischer Kartenwerke /1/ befindet sich der Untersuchungsstandort im Bereich der holozänen Niederterrasse des Rheins. An der Oberfläche finden sich hier quartäre sandig-tonige Hochflutlehme, die von sandig-kiesigen Lockersedimenten unterlagert werden. Darunter folgende die feinsandigen Ablagerungen des Tertiärs (Grafenberger Schichten).

Der geologische Aufbau im Bereich des CKW-Schadens kann im Detail wie folgt skizziert werden: Unter einem Auffüllungshorizont mit Einlagerungen von Ziegelbruch, Aschen und Schlacken bis in eine maximale Tiefe von 3,3 m u. GOK folgen bis zu einer Tiefe von 18 – 23,3 m u. GOK vor allem Mittel- und Grobsande der quartären Terrassenablagerungen. Zwischen ca. 10–18 m u. GOK sind in den Mittel- und Grobsanden kiesige, z.T. steinige Schichten eingelagert. Unter den quartären Terrassenablagerungen folgen bis zu einer Tiefe von mindestens 30 m u. GOK (max. Bohrendteufe) die feinsandigen Sedimente des Tertiärs, die bisher am Standort nicht durchteuft wurden.

Einige typische Schichtenprofile im Bereich des CKW-Schadens sind aus Anlage 2 zu entnehmen.

Der Grundwasserflurabstand im Projektgebiet beträgt im langjährigen Mittel ca. 5 m u. GOK /3/.

3.2 Hydraulische Bedingungen

Im Zuge von langjährigen Stichtagsmessungen lässt sich für den Untersuchungsstandort eine großräumig eine natürliche Grundwasserfließrichtung nach West-Südwest ableiten (siehe Abbildung 3-1). Abstromig zum Gatherhof wird eine westliche bis westnordwestliche Fließrichtung beobachtet.

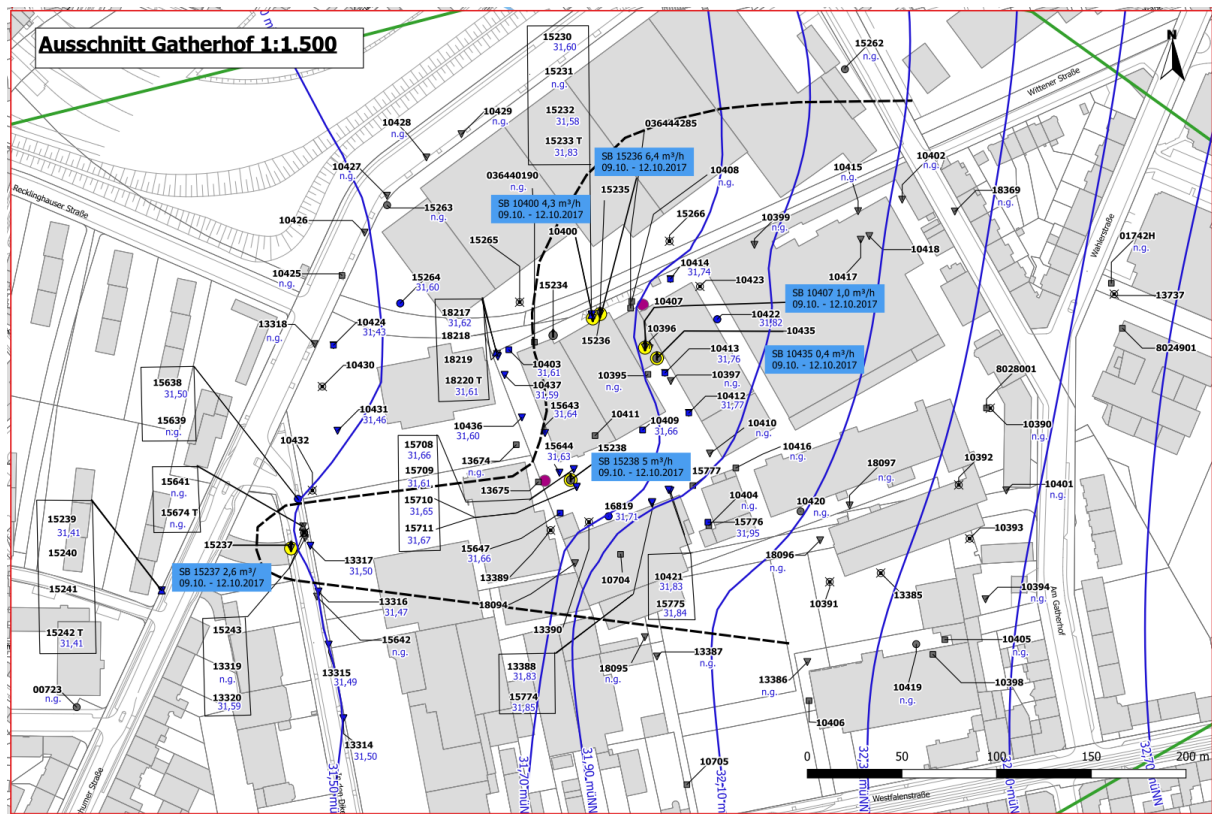


Abbildung 3-1: Grundwassergleichenplan Stichtagsmessung Oktober 2017

Auf dem Gelände Gatherhof 41 wird die gegebene Grundwasserfließrichtung durch die Grundwasserentnahmen der in Betrieb befindlichen Sanierungsbrunnen (SB) SB 10400, SB 10407, SB 10435, SB 15236 und SB 15238 hydraulisch beeinflusst (siehe Abbildung 3-1). Im Bereich des CKW-Schadens werden aktuell zwei Entnahmekbrunnen (SB 10400: Sollförderrate 5 m³/h; SB 15236: Sollförderrate 6 m³/h) betrieben.

Im Jahr 2017 betrug das hydraulische Gefälle über das Grundstück Gatherhof 41 ca. 0,0028 m/m. Eine lokale Versteilung des natürlich anzutreffenden Gefälles tritt nur kleinräumig im Umfeld der Entnahmekbrunnen auf, mit entsprechend ausgebildeten Entnahmetrichtern.

Die durchschnittliche Abstandsgeschwindigkeit im HB 16 kann im Quartär mit 0,3 m/d angegeben werden /13/.

Aus Korngrößenanalysen im Bereich des CKW-Schadens wurde an der Basis des Quartärs, an der Oberkante des Tertiärs sowie im tieferen Tertiär kf-Werte abgeleitet. Die Ergebnisse können der Tabelle 3-1 entnommen werden. Aus durchgeführten Pumpversuchen an Grundwassermessstellen (GWM) im Bereich des CKW-Schadens /4/ konnten die in Tabelle 3-2 aufgeführten kf-Werte abgeleitet werden.

Tabelle 3-1: Übersicht der kf-Werte aus Korngrößenanalysen

	Basis Quartär	Oberkante Tertiär	tieferes Tertiär
kf-Werte [m/s]	$3,0 - 3,5 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-5} - 6,9 \times 10^{-6}$	$6,3 \times 10^{-6}$

Tabelle 3-2: Übersicht der kf-Werte aus Pumpversuchen /4/

Pumpversuchsmessstelle	kf-Werte	kf-Wert gemittelt
10400 (AB7)	1×10^{-3}	$8,8 \times 10^{-4}$
10396 (AB3)	$6,5 \times 10^{-4}$	$8,8 \times 10^{-4}$
10423 (F5)	1×10^{-3}	$8,8 \times 10^{-4}$

3.3 Hydrochemische Bedingungen

Nachfolgend soll auf den allgemeinen Grundwasserchemismus am Untersuchungsstandort eingegangen werden, wobei auf Parameter abgestellt wird, die im Falle von technischen und oder mikrobiellen Sanierungsmaßnahmen u. E. wichtig erscheinen. Auf das Schadstoffspektrum wird weiter unten in Kapitel 3.4 eingegangen.

3.3.1 Quartärer Grundwasserleiter

Die nachfolgende Tabelle 3-3 zeigt ausgewählte hydrochemische Parameter aus den Sanierungsbrunnen SB 10400 und SB 15236.

Tabelle 3-3: Hydrochemische Daten SB 10400 und SB 15236 (Quelle: Projektdatenbank HB 16 /3/)

Parameter	Brunnen 10400 Min./Max.- Messwerte	Brunnen 10400 Median	Brunnen 15236 Min./Max.- Messwerte	Brunnen 15236 Median
pH-Wert	5,2 bis 8,9	7,2	6,8 bis 7,8	7,2
Sauerstoff (mg/l)	<BG bis 10,0	2,5	0,5 bis 10,0	3,3
Redoxspannung (mV)	-101 bis 430	90	-150 bis 222	89
Eisen (mg/l)	<0,1 bis 2,8	0,09	0,016 bis 0,71	0,21
Mangan (mg/l)	< 0,005 bis 0,72	0,03	0,002 bis 0,07	0,01
Sulfat (mg/l)	8,3 bis 56,0	52	9,3 bis 62,0	54
Nitrat (mg/l)	1,5 bis 55,0	7	6,0 bis 59,0	9
Ammonium (mg/l)	<0,03 bis 0,25	0,02	<0,05	<0,05
Phosphat (mg/l)	<0,01 bis 0,01	0,008	<0,01 bis 0,09	0,005
Magnesium (mg/l)	8,63 bis 12,0	9,6	8,3-12,0	9,9
Calcium (mg/l)	78,0 bis 90,0	86	70,0-87,0	84
Kalium (mg/l)	2,5 bis 3,7	3,2	3,0-5,1	4,1
Natrium (mg/l)	14,0 bis 15,0	14,5	14,0-18,0	17

Im Hinblick auf Störstoffe im Rahmen eines Sanierungsanlagenbetriebs treten im Raum Düsseldorf aufgrund hoher Eisenkonzentrationen lokal begrenzt Probleme mit Verockerung auf. Im Bereich des CKW-Schadens ergeben sich aus den Analysen im Grundwasser des quartären Aquifers keine erhöhten Eisen- und Mangan-Konzentrationen, die eine Verockerungsproblematik erwarten lassen.

Im Sanierungsverlauf am derzeitigen Entnahmebrunnen SB 15236 zeigte sich allerdings dennoch in jüngster Vergangenheit, dass hier die Brunnenpumpe verockert. Eine Ursache konnte bisher nicht identifiziert werden. Im Zuge der Auswahl und Planungen von hydraulischen Sanierungsvarianten ist u. E. nach dieser Sachverhalt mit zu berücksichtigen.

3.3.2 Tertiärer Grundwasserleiter

Im Umgriff des CKW-Schadens kann in Bezug auf den Grundwasserchemismus des tertiären Grundwassers auf Ergebnisse aus den Tertiärmessstellen (T) 15233T (nahe Belastungszentrum CKW-Schaden) und 18220T (Abstrom CKW-Schaden)

zurückgegriffen werden (siehe Tabelle 3-4). Die Eisengehalte liegen über den im Quartär festgestellten, sind jedoch noch in einem Wertebereich, der hinsichtlich einer Wasseraufbereitung grundsätzlich als nicht problematisch einzustufen ist. Als erhöht sind zumindest in GWM 18220 T die Mangankonzentrationen einzustufen, eine Ablagerung von Mangandioxid (Braunstein) in Anlagenkomponenten, insbesondere der Strippeinheit, kann nicht ausgeschlossen werden. Sollte dieser Effekt auftreten, kann erfahrungsgemäß in der Folge auch bei geringen Gehalten Eisen ausfallen. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass bei einer Aufbereitung von Grundwasser aus den tertiären Sedimenten erhöhte Aufwendungen beim Betrieb der Anlage resultieren.

Tabelle 3-4: Hydrochemische Daten der Tertiärmessstellen 15233 T und 18220 T (minimale und maximale Messwerte sowie Median; Quelle: Projektdatenbank HB 16, /3/)

Parameter	GWM 15233 T	Median 15233 T	GWM 18220 T	Median 18220 T
pH-Wert	6,7 – 7,6	7,2	7,0 – 8,0	7,25
Sauerstoff (mg/l)	0,1 – 4,0	0,6	0,1 – 3,1	0,6
Redoxspannung (mV)	0 - 250	217	-68 - 257	151
Eisen (mg/l)	0,05 – 3,5	1,77	1,3 – 1,6	1,45
Mangan (mg/l)	0,01 – 0,33	0,17	0,58 – 2,2	1,39
Sulfat (mg/l)	nicht analysiert		14 ^{*)}	
Nitrat (mg/l)	nicht analysiert		< 1 ^{*)}	
Ammonium (mg/l)	nicht analysiert		< 0,05 ^{*)}	
Phosphat (mg/l)	nicht analysiert		0,02 ^{*)}	
Magnesium (mg/l)	nicht analysiert		13 ^{*)}	
Calcium (mg/l)	nicht analysiert		94 ^{*)}	
Kalium (mg/l)	nicht analysiert		3,9 ^{*)}	
Natrium (mg/l)	nicht analysiert		5,5 ^{*)}	

^{*)} einmalige Analyse im Oktober 2015

3.4 Schadstoffspektrum und -verteilung

Obgleich sich aufgrund oben dargestellter Sanierungsmaßnahmen das Schadensbild seit 1991 verändert hat, wird der historische Verlauf der Schadstoffverteilung hier nicht betrachtet. Es soll lediglich auf die aktuelle und relevante Situation eingegangen werden.

Die Schadstofffahne des CKW-Schadens erstreckte sich zur Fahnenaufnahme 2017 auf einer Länge von ca. 16 m und einer maximalen Breite von ca. 7 m (Isokonze $> 10 \mu\text{g/l}$). Die Fläche der Verunreinigungsfahne $> 10 \mu\text{g/l}$ beträgt in etwa 90 m^2 (Abbildung 3-2).

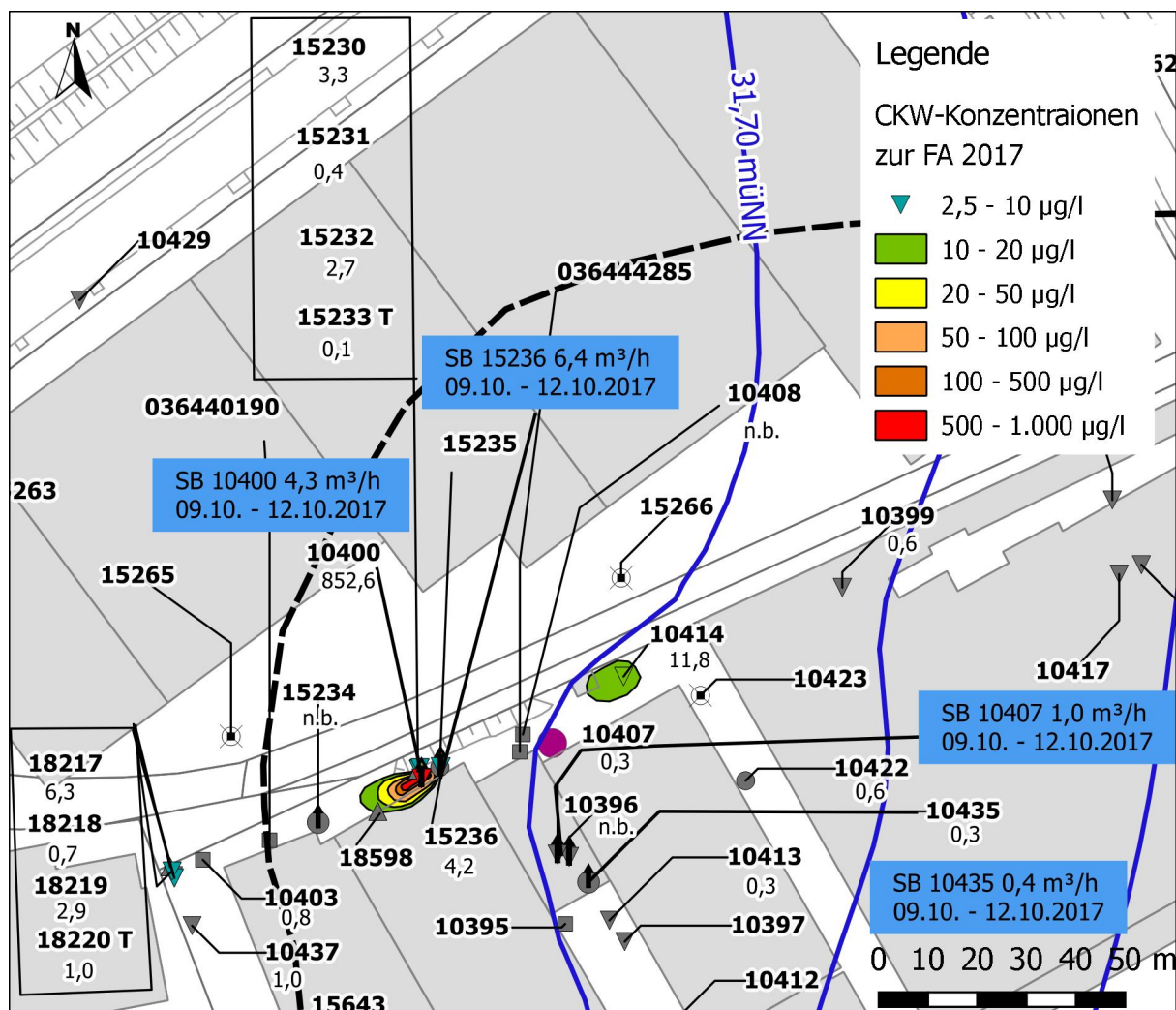


Abbildung 3-2: Ausbreitung der CKW-Fahne zur Fahnenaufnahme 2017.

Im Bereich des CKW-Schadens werden regelmäßig Grundwasserbeprobungen durchgeführt.

Zur vertikalen und horizontalen Abgrenzung des CKW-Schadens wurden durch die REDUCTA GmbH aus Düsseldorf (Reducta) im Jahr 2016 (/8/, /9/) insgesamt 14 MIP-Sondierungen (max. Endteufe: 23 m u. GOK) niedergebracht. Darüber hinaus wurden in 2016 10 Kleinrammbohrungen niedergebracht, die zu temporären Bodenluftmessstellen ausgebaut wurden (/8/, /9/). Ergänzend wurden durch die Reducta im Jahr 2017 noch fünf weitere Inlinerbohrungen zur Eingrenzung des CKW-Schadens abgeteuft (/10/, max. Endteufe 30 m u. GOK). Aus den Bohrungen erfolgten Analysen auf CKW an entnommenen Bodenproben. Eine dieser Bohrungen wurde zu einer Tertiärmessstelle ausgebaut (GWM 18598 T).

Schadstoffsituation in der gesättigten Bodenzone

Die Beschreibung der Schadstoffsituation in der gesättigten Bodenzone erfolgt auf Basis von Ergebnissen aus MIP-Sondierungen /8/, /9/, aus Eluatuntersuchungen aus den Linerbohrungen /10/ sowie aus regelmäßig stattfindenden Grundwasseruntersuchungen /3/. Eine schematische Darstellung der Schadstoffverteilung in der gesättigten Zone bzw. im Eluat ist der Anlage 1 zu entnehmen.

Aus den MIP-Sondierungen im Bereich des CKW-Schadens ist lediglich eine semi-quantitative Abschätzung der CKW-Gehalte möglich. Die Ergebnisse zeigten, dass die höchsten Ausschläge mit über 1.000 mV im MIP 16.1 in einer Tiefe von 19 – 20,45 m u. GOK ermittelt wurden. Damit liegt die höchste detektierte CKW-Belastung im Tertiär. Dies kann auch aus anderen MIP-Sondierungen bestätigt werden. Auch in den MIP 16.2, 16.3, 16.5, 16.11 wurden ausschließlich im Tertiär CKW-Belastungen detektiert. An MIP 16.2 wurden noch Signale bis 1.000 mV detektiert, in den anderen genannten MIP-Sondierungen lagen die Werte unter 100 mV. Bei einer MIP-Sondierung (MIP 16.4) wurden im Quartär geringe Signale bis 100 mV ermittelt (Tiefe: 16,6 – 16,9 m u. GOK). Auf Basis der MIP-Sondierungen kann geschlossen werden, dass das größte Schadstoffpotential im tertiären Aquifer vorhanden ist, wobei noch keine Abgrenzung zur Tiefe erfolgen konnte /8/, /9/.

Aus den in 2017 abgeteuften Inlinerbohrungen wurden meterweise bzw. bei organoleptischen Auffälligkeiten Proben entnommen und sowohl im Feststoff, als auch im Eluat untersucht /10/. Die Ergebnisse zeigten im Bereich der gesättigten Bodenzone (ab ca. 5 m u. GOK) max. 3,8 mg/kg CKW im Feststoff (ILB 17.10, Tiefe 10 – 11 m u. GOK) sowie max. 1.210 µg/l CKW im Eluat in derselben Probe. Damit läge die Höchstbelastung im mittleren Quartär. In der Inlinerbohrung ILB 17.11, die in unmittelbarer Nähe zur hochbelasteten MIP 16.1 niedergebracht wurde, wurden in einer Tiefe von 18 – 19,1 m u. GOK 0,48 mg/kg CKW im Feststoff analysiert. Im Eluat wurde in der gleichen Tiefe ein CKW-Gehalt von 21 µg/l ermittelt. In allen anderen Proben der ILB 17.11 konnten keine CKW-Gehalte festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Inlinerbohrungen aus 2017 korrelieren somit nicht mit den Ergebnissen der MIP-Sondierungen aus 2016. Während in den MIP-Sondierungen das höchste Schadstoffpotential im oberen Tertiär detektiert werden konnte (MIP 16.1, 19 – 20,45 m u. GOK), wurden in den Inlinerbohrungen die höchsten Belastungen in einer Tiefe von 10 – 11 m u. GOK (ILB 17.10) ermittelt.

Aus den regelmäßig stattfindenden Grundwasserbeprobungen kann festgestellt werden, dass der Sanierungsbrunnen SB 10400 in 2017 CKW-Gehalte zwischen 620 – 2.600 µg/l aufwies. Der Sanierungsbrunnen ist in einer Tiefe von 12 – 19,5 m u. GOK verfiltert und reicht somit ca. 0,5 m in das Tertiär. In der ca. 2 m weiter nördlich des SB 10400 gelegenen Mehrfachmessstelle 15230 – 15233 T wurden im Jahr 2017 maximal 10,9 µg/l CKW ermittelt (15231, Verfilterung von 10 – 12 m u. GOK). Auch in dem ca. 5 m nordöstlich des SB 10400 gelegenen SB 15236 (Verfilterung von 1,6 – 16,6 m u. GOK) wurden in 2017 mit maximal 9,6 µg/l nur geringe CKW-Gehalte detektiert. Des Weiteren zeigten Grundwasseranalysen in der in ILB 17.11 neu errichteten Grundwassermessstelle 18598 T (Verfilterung im Tertiär von 21,1 – 25,1 m u. GOK, Lage ca. 10 m südwestlich des SB 10400) im Jahr 2018 nur geringe CKW-Gehalte von 0,2 bzw. 0,4 µg/l (Abbildung 3-2).

Auf Basis der o.g. Ergebnisse ist somit zu vermuten, dass das Schadenszentrum im direkten Umfeld des Sanierungsbrunnens 10400 liegt. Über eine exakte Tiefenlage des Schadens kann derzeit keine Angabe gemacht werden. Ein schematischer

Profilschnitt über die Schadstoffverteilung im Grundwasser bzw. im Eluat ist der Anlage 1 zu entnehmen.

Schadstoffsituation in der ungesättigten Bodenzone

Zur Beurteilung der Schadstoffsituation in der ungesättigten Bodenzone wurden im Jahr 2016 durch die Reducta neun Rammkernsondierungen bis zu einer maximalen Endteufe von 3 m u. GOK niedergebracht /8/, /9/. Aus den RKS wurden meterweise Bodenproben entnommen, eine Analytik erfolgte nur in zwei Bodenproben (RKS 16.70 gem. /8/). Die RKS wurden zu temporären Bodenluftpegeln ausgebaut. Auch aus den Inlinerbohrungen aus 2017 wurden aus der ungesättigten Bodenzone Bodenproben entnommen /10/.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen aus 2016 zeigten CKW-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze /8/, /9/. In den Bodenproben der Inlinerbohrungen aus 2017 wurden einmalig in einer Tiefe von 2,1 – 3,0 m u. GOK CKW mit 7,5 mg/kg nachgewiesen (ILB 17.10; /10/).

Die CKW-Gehalte in der Bodenluft lagen zwischen 1,5 - 8,4 mg/m³ und damit nur geringfügig über den Prüfwerten der LAWA von 5 – 10 mg/m³ /2/, /9/.

Im Allgemeinen zeigen die Ergebnisse somit, dass das Schadstoffpotential deutlich in der gesättigten Bodenzone liegt.

3.5 Schadstoffinventar

Eine Quantifizierung des Schadstoffpotentials an CKW kann auf Basis der vorliegenden Ergebnisse nicht durchzuführen werden. Die trotz einer jährlichen Schadstoffentfrachtung von etwa 30 kg/a in den letzten 18 Jahren im Sanierungsbrunnen GWM 10400 nahezu konstanten Schadstoffkonzentrationen deuten jedoch darauf hin, dass noch ein erhebliches Schadstoffpotential in den Aquifer eingelagert ist.

3.6 Bisherige und zukünftige Nutzung

Der Nordteil des Geländes Am Gatherhof 41 wurde im Zeitraum von 1896 – 2007 intensiv industriell genutzt. Die Fläche diente vor allem als Betriebsgelände für die

Firmen ANONYM (Vulkanisation/Automobilzulieferer) und ANONYM (Schaumstoffherstellung), wobei im engeren Umfeld des CKW-Schadens die Entfettungsbecken der ehemaligen Produktion lokalisiert waren. Die Gebäude sind derzeit ungenutzt. Seitens der Reducta wurde im Jahr 2011 eine industriehistorische Nutzungsrecherche durchgeführt /7/. Für eine detaillierte Beschreibung der Nutzung sei an dieser Stelle auf den Bericht der Reducta /7/ verwiesen.

Zukünftig ist für das Gelände eine Wohnbebauung mit mehrgeschossigen Gebäuden sowie Reihen- und Doppelhäusern geplant (B-Plangebiet „Nördliche Westfalenstraße“; B5781/38).

4 Bisherige Maßnahmen

4.1 Durchgeführte Untersuchungskampagnen

Die Historie der Schadenserkundung und -bewertung kann aus vorliegenden Unterlagen wie folgt zusammengefasst werden:

Tabelle 4-1: Vorliegende Erkundungs- und Bewertungshistorie CKW-Schaden Gatherhof 41

Referenz	Maßnahmen
Füllung 1992 (4. Bericht) /4/	Untersuchung der Grundwasserverunreinigungen mittels Durchführung eines Pumpversuchs an AB 7 (heute SB 10400)
Reducta 2002 /5/	Eingrenzende Boden-, Bodenluft- und Grundwasseruntersuchungen mittels Rammkernbohrungen und Grundwasserprobenahme im Umfeld Entfettungsbecken und Sanierungsbrunnen AB7 (heute SB 10400)
Reducta 2004 /6/	Grundwasserpumpversuche an ABX (heute SB 15234) und GWMY2-3 (heute GWM 15231-15232) zur vertikalen und horizontalen Schadstoffverteilung im Umfeld des Entfettungsbeckens
Reducta 2011 /7/	Historische Nutzungsrecherche Gesamtfläche
Reducta 2016 /8/	Untersuchungen des Bodens und der Bodenluft mittels Rammkernbohrungen
Reducta 2016 /9/	Detailuntersuchung zur vertikalen / horizontale Abgrenzung CKW-Schaden mittels Bodenluftuntersuchungen und MIP-Sondierungen
HPC 2017 /11/	Prüfgutachterliche Neubewertung der Ergebnisse aus /9/
REDUCTA / UAD 2017 /10/	Horizontale und vertikale Eingrenzung mittels Inlinerbohrungen aktuelles Schadenszentrum; Ausbau Grundwassermessstelle im Tertiär im Schadenszentrum und Grundwasseranalytik aus dem tertiären Aquifer

4.2 Durchgeführte Sanierungsmaßnahmen

Aus /11/ geht hervor, dass im Zeitraum 1991 – 2009 eine Bodenluftsanierungsmaßnahme über fünf Bodenluftabsaugpegel bzw. in 2004 – 2011 eine Air-Sparging-Maßnahme über vier Air-Sparging-Lanzen unmittelbar nördlich

angrenzend zum Gebäude E, in dem das ehem. Entfettungsbecken liegt, betrieben wurden.

Eine Grundwassersicherungsmaßnahme mit zwei Sanierungsbrunnen, ebenfalls unmittelbar nördlich angrenzend zum Gebäude E, wurde in 1991 in Betrieb genommen. Diese dauert auf Grund der derzeit immer noch hohen CKW-Gehalte zwischen 500 bis 1.000 µg/l am Sanierungsbrunnen 10400 weiterhin an /11/.

Mittels der betriebenen Sanierungs-/Sicherungsmaßnahmen in diesem Bereich konnten bis Ende 2017 insgesamt ca. 2,72 t CKW ausgetragen werden.

5 Variantenbetrachtung

Im Folgenden werden die grundsätzlich für geeignet gehaltenen Sanierungsvarianten dargestellt und hinsichtlich ihrer möglichen Wirksamkeit, technischen Umsetzbarkeit und zu erwartenden Kosten bewertet. Alle diskutierten Sanierungsmaßnahmen sollten sowohl im quartären als auch im tertiären Aquifer eine Schadstoffentfrachtung bewirken.

Im Sinne eines vollständigen Variantenscans und damit einer umfassenden Begründung einer Vorzugsvariante werden nachfolgend auch Sanierungsvarianten betrachtet, die möglicherweise schon dem Anschein nach nicht geeignet oder extrem teuer sind.

Soweit für die Umsetzung von Varianten Kosten angegeben sind, handelt es sich um Schätzkosten. Diese verstehen sich jeweils zzgl. der Gutachter- und Planungshonorare, der Aufwendungen für das hydraulische Monitoring sowie der MwSt.

5.1 Hydraulische Sanierung

5.1.1 Variante H1: Aktuell laufende hydraulische Sicherung

Beschreibung

Aktuell wird der CKW-Schaden über die Grundwassersanierungsanlage „Am Gatherhof – CKW“ durch zwei Sanierungsbrunnen mittels Pump-and-Treat hydraulisch saniert. Der Sanierungsbrunnen SB 10400 (Sollförderate: 5 m³/h) liegt im aktuellen Schadenszentrum, der Sanierungsbrunnen SB 15236 (Sollförderate: 6 m³/h) liegt nordöstlich im Zustrom zum SB 10400.

Das geförderte Grundwasser wird einer Desorptionsstufe zugeführt, welche aus zwei in Reihe geschalteten Strippkolonnen besteht. Das gereinigte Grundwasser wird zusammen mit dem der Sanierungsanlage „Am Gatherhof - PAK“ in einem Vorlagebecken gesammelt und über eine Austragspumpe in die Betriebskanalisation abgeschlagen. Gleichzeitig erfolgt eine Absaugung der mit CKW beaufschlagten Prozessluft aus der Strippkolonne mit anschließender zweistufigen

Luftaktivkohleadsorption. Die gereinigte Prozessluft wird in die Umgebung abgeschlagen.

Eignung und Machbarkeit

Die laufende hydraulische Sicherung ist nachweislich geeignet, ein Abströmen von Schadstoffen vom gegenständlichen Grundstück zu unterbinden. Die Grundwasserbelastung ist während des Betriebs der Abstromsicherung weitgehend auf das Grundstück begrenzt.

Sanierungsdauer

Aktuell werden durch die laufende hydraulische Sicherung ca. 30 kg CKW pro Jahr geborgen. Es ist davon auszugehen, dass sich die Entfrachtungsrate mit der Zeit verringert. Die Abschätzung der noch erforderlichen Sanierungsdauer beläuft sich derzeit auf mehrere Jahrzehnte.

Kosten

Die Kosten für den laufenden Betrieb der Sanierungsanlage nach dem PaT-Verfahren sind in nachfolgender Tabelle 5-1 dargestellt. Für den Fall einer langfristigen Kostenprognose sind ggf. Ersatzinvestitionen für die Neuanschaffung einer Anlage bzw. für den Austausch von Anlagenkomponenten zu berücksichtigen.

Tabelle 5-1: Kostenabschätzung Pump-and-Treat

Kostenstelle	Bedarf pro Jahr	Kosten € pro Monat
Betrieb, Wartung und Instandsetzung	-	1.200 €
Luftaktivkohle	500 kg	170 €
Strom	50.000 kWh	800 €
Wassereinleitung	97.000 m³	2.100 €
Reparaturen über 250,-- € (geschätzt)		250,-- €
Summe:		ca. 4.500 €

5.1.2 Variante H2: Optimierung der hydraulischen Sanierung

Beschreibung

Es bestehen signifikante Hinweise, dass der überwiegende Teil der Schadstoffe im Tertiär eingelagert ist. Eine Optimierung der hydraulischen Sanierung bestünde in der Installation und dem Betrieb von Sanierungsbrunnen im Tertiär. Diese sind zur hydraulischen Sicherung zwar nicht erforderlich, dienen aber einer Intensivierung der Schadstoffentfrachtung. Die oben angeführte Sicherungsmaßnahme würde damit zu einer Dekontaminationsmaßnahme erweitert.

Zunächst sollte u.E. ein Tertiärbrunnen unmittelbar neben dem bestehenden Sanierungsbrunnen SB 10400 gebaut werden, da mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass dort Schadstoffe aus dem tertiären Grundwasserleiter über die laufende Sanierung im Quartär geborgen werden. Eine Installation unmittelbar neben dem Quartärbrunnen SB 10400 hat zudem den Vorteil, dass der neue Tertiärbrunnen mit geringem Aufwand an die Leitung zur bestehenden Grundwasseraufbereitungsanlage angeschlossen werden kann.

Beim Leitungsbau für den Anschluss der Sanierungsbrunnen an die vorgesehene neue Aufbereitungsanlage sollten u.E. jedoch getrennte Leitungen für Quartär- und Tertiärwasser vorgesehen werden, da die hierfür erforderlich Mehrkosten als gering eingestuft werden.

Eignung und Machbarkeit

In der Vergangenheit wurden im Stadtgebiet Düsseldorf Versuche zur Sanierung eines in das Tertiär eingelagerten CKW-Schadens durch eine Grundwasserentnahme im Tertiär durchgeführt /15/. Aufgrund der niedrigen Durchlässigkeit im Bereich des Aquifers konnten erwartungsgemäß nur sehr geringe Entnahmeraten in einer Größenordnung von etwa 0,08 – 0,14 l/s realisiert werden, weil der Brunnen andernfalls trocken fiel. Aufgrund der hohen Schadstoffkonzentrationen im Tertiär konnten jedoch relativ hohe Entfrachtungsraten realisiert werden.

Die Situation halten wir im gegenständlichen Vorhaben für vergleichbar. Wir gehen daher davon aus, dass auch hier in signifikantem Umfang Schadstoffe durch die

Entnahme von Grundwasser aus dem Tertiär entfernt werden können. Eine Quantifizierung ist nicht möglich, da im Schadensbereich bisher kein Tertiärbrunnen zur Entnahme vorhanden ist.

Die vorhandene Grundwasserreinigungsanlage (GWRA) ist zur Abreinigung des anfallenden Grundwassers ausreichend dimensioniert.

Inwieweit die zusätzlich Beaufschlagung der Anlage mit Tertiärwasser zu Problemen bei der Wasseraufbereitung führt, kann nicht abschließend prognostiziert werden. U.E. sollten die Strippeinheiten der vorgesehenen neuen Wasseraufbereitungsanlage als Kompaktstripper ausgeführt werden, da aus diesen Ablagerungen leichter als aus Stripptürmen entfernt werden können. Als zusätzlichen Vorteil sehen wir, dass sich Kompaktstripper besser in die umgebende Wohnbebauung einfügen.

Sanierungsdauer

Auch hier ist die Sanierungsdauer nur sehr schwer abzuschätzen. Wir gehen jedoch davon aus, dass mit der aus dem Tertiär realisierbaren Schadstoffentfrachtungsrate insgesamt eine Erhöhung der jährlich geborgenen Schadstofffracht möglich sein dürfte. Die erforderliche Sanierungsdauer verkürzt sich entsprechend.

Kosten

Zur Optimierung der hydraulischen Sanierung mittels Entnahme von Grundwasser aus dem Tertiär sollte u.E. zunächst unmittelbar neben dem bestehenden Sanierungsbrunnen SB 10400 ein Tertiärbrunnen mit Brunnenpumpe vorgesehen werden. Die Verrohrung zur Wasseraufbereitungsanlage sollte auf die bestehende Leitung vom Brunnen SB 10400 aufgelegt werden. Eine Erweiterung der Anlage wird aufgrund der geringen im Tertiär realisierbaren Entnahmeraten für nicht erforderlich erachtet.

Die Investitionskosten für die vorstehend angeführten Maßnahmen werden auf ca. 20.000,-- € geschätzt. Die Betriebskosten für Strom und Aktivkohle sollten aufgrund der höheren Schadstoffkonzentrationen im geförderten Wasser günstiger als bei der reinen Förderung im Quartär sein. Zudem ist eine Reduktion der erforderlichen Sanierungsdauer zu erwarten.

5.1.3 Variante H3: Zirkulationsbrunnen

Prinzip

Beim Zirkulationsbrunnen handelt es sich um ein hydraulisches In-situ-Sanierungsverfahren zur Reinigung der gesättigten bzw. teil- gesättigten Bodenzone. Das im Wirkungsbereich des Zirkulationsbrunnens vorhandene Grundwasser wird als Prozesswasser im Kreislauf geführt und transportiert die gelösten bzw. mobilen Schadstoffe zum Brunnen. In den Wasserkreislauf können alle Arten von Reinigungsverfahren integriert werden (Strippkolonnen, Aktivkohle, Biofilter, Ionenaustauscher usw.). Das Kreislaufwasser kann auch als Trägermedium für den Transport von Nährstoffen, kolloidaler Aktivkohle und Sauerstoff zur Optimierung der biologischen Aktivität verwendet werden, ebenso für den Transport von oxidativen oder reduktiven Chemikalien.

Wirkungsweise

In den zu bearbeitenden Grundwasserleiter werden ein oder mehrere vertikale Brunnen mit min. 2 Filterstrecken niedergebracht. Ein oder ggf. mehrere Packer teilen die Brunnen in einen oberen und einen unteren Abschnitt. Mit Hilfe einer Pumpe, die z.B. unter dem Packer installiert ist, wird das kontaminierte Grundwasser zur Grundwasseraufbereitungsanlage gefördert und dort gereinigt sowie ggf. mit Reagenzien angereichert und wieder rückgeführt. Infolge der dadurch erzeugten Potentialunterschiede wird um den Brunnen eine horizontale und vertikale Außenzirkulationsströmung vom Zugabe- zum Entnahmefilter induziert. Im Bereich dieser Zirkulationsströmung werden alle Schichten des Aquifers, auch mit unterschiedlichen Durchlässigkeiten, intensiv horizontal und vertikal durchspült und gereinigt. Die Drehrichtung der Zirkulationsströmung kann durch die Anordnung der Pumpe unter bzw. über dem Packer festgelegt bzw. umgekehrt werden. Die Reichweite der Zirkulationsströmung und die Umlaufzeiten können auf der Basis von Standortparametern berechnet werden.

Die aktuelle hydraulische Sanierung kann durch den Einsatz eines Zirkulationsbrunnens beschleunigt werden, indem dem zu reinfiltrierenden Wasser Reagenzien zugegeben werden, die eine reduktive Dehalogenierung oder eine

Oxidation der Schadstoffe bewirken. Alternativ kann durch Zugabe von Nährstoffen und die gezielte Einstellung eines geeigneten Redoxmilieus die mikrobiologische, reduktive Halogenierung von CKW stimuliert werden.

Für die Errichtung eines Grundwasserzirkulationsbrunnens mit mehreren Filterstrecken wird eine Bohrung mit einem Durchmesser von 800 mm benötigt. Eine Freisetzung von CKW aus dem Bohrgut ist dabei nahezu unvermeidbar.

In diese Bohrung wird dann eine Verrohrung mit Packersystemen und Pumpen eingebaut. Pro Filterstrecke sind zwei Leitungen (eine Vor- und eine Rücklaufleitung) zur Aufbereitungsanlage erforderlich. Nachdem die Wasseraufbereitungsanlage überwiegend Grundwasser aus der hydraulischen Abwehrmaßnahme im Quartär aufbereitet, muss ein Teilstrom des gereinigten Wasser in den Zirkulationsbrunnen rückgeführt werden. Hierfür ist eine Regeleinrichtung im Ablauf der Wasseraufbereitungsanlage erforderlich.

Eignung und Machbarkeit

Grundsätzlich wird der Einsatz von Grundwasserzirkulationsbrunnen zu Beschleunigung der Sanierungsmaßnahme für geeignet erachtet. Die vorhandene Grundwasserreinigungsanlage ist zur Abreinigung des anfallenden Grundwassers ausreichend dimensioniert. Nachdem bisher keine Pumpversuche an einer tertiären Grundwassermessstelle (GWM 15233 T) auf dem Areal durchgeführt wurden, können keine Aussagen zur Tertiärhydraulik getroffen werden. Diese Daten müssen im Vorlauf zu einer solchen Maßnahme erhoben werden.

Hinsichtlich möglicher anlagentechnischer Anforderungen bei der Aufbereitung des aus dem Tertiär geförderten Wassers sei auf die Ausführungen in Abschnitt 5.1.1 verwiesen.

Gegenüber der reinen Grundwasserentnahme aus dem Tertiär bietet die Technologie den Vorteil, dass auch Reagenzien zugegeben werden können, die zu einer Beschleunigung der Sanierung führen und dass größere Reichweiten realisiert werden können. Schadstoffe werden bei Zugabe von Reagenzien in situ abgebaut, ein Transport zum Brunnen ist nicht erforderlich. Ein Abströmen der Reagenzien ist

aufgrund der Kreislaufführung im Brunnen nicht zu erwarten. Zudem ist die Fahne aktuell durch zwei Entnahmebrunnen (SB 10400, SB 15236) gesichert. Vor einem Einsatz von Reagenzien muss geprüft werden, ob diese ggf. zu einer Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit der Aufbereitungsanlage führen können.

Eine exakte Lokalisierung des Belastungsschwerpunkts konnte bis dato nicht erreicht werden. Eine genaue Lokalisierung des Schadenszentrums ist im Vorfeld notwendig, um Lage und Anzahl der Filterstrecken festlegen zu können.

Sanierungsdauer

Da derzeit keine hydraulischen Kennzahlen des tertiären Aquifers aus Untersuchungen im vermuteten Schadensherd vorliegen, ist die Berechnung der Reichweite der Fassung im Tertiär derzeit nicht möglich. Darüber hinaus kann eine Aussage, ob ggf. Schadstoffe noch in Phase vorliegen nicht getroffen werden. Zudem ist davon auszugehen, dass aufgrund der hohen Schadstoffbelastungen ein mehrfacher Austausch des Grundwassers in den Schadensbereichen erforderlich ist. Auch bei Einsatz eines Zirkulationsbrunnens ist daher mit einer Sanierungsdauer von Jahren zu rechnen, allerdings beschleunigt gegenüber der reinen hydraulischen Abwehr im Quartär.

Eine Verkürzung der Sanierungsdauer ist durch die Zugabe von Reagenzien und die Erhöhung der Anzahl der installierten Zirkulationsbrunnen möglich.

Kosten

Die Kosten für die Einrichtung und den Betrieb eines Grundwasserzirkulationsbrunnens lassen sich grob wie folgt abschätzen:

- Bohrung DN 800 incl. Baustelleinrichtung: 20.000,-- €
- Vorschacht / Ausbau / Verrohrung: 25.000,-- €
- Pumpen / Packersysteme: 25.000,-- €
- Leitungsanbindung an die GWRA: 10.000,-- €
- Umbauarbeiten an der GWRA: 10.000,-- €
- Elektrische Messung, Steuerung u. Regelung: 15.000,-- €

- ggf. Schaltcontainer: 5.000,-- €

Insgesamt ist mit Installationskosten von über 100.000,-- € zu rechnen. Bei einer geplanten Verlegung des Anlagenstandorts ist die Verrohrung entsprechend nachzuziehen.

5.2 Dekontaminationsmaßnahmen

5.2.1 Variante D1: Bodenaushub

Beschreibung

Eine Entfernung des Schadenszentrums mittels Bodenaustausch ist entweder mittels überschnittener Austauschbohrungen oder als konventioneller Aushub in einer verbauten Grube unter Absenkung des Grundwassers möglich. Beide Verfahren sind aufgrund der erforderlichen Aushubtiefe als äußerst aufwendig einzustufen.

Eignung und Machbarkeit

Im Hinblick auf die Erreichung akzeptabler Grundwasserverhältnisse ist die Sanierung des Schadens mittels Bodenaustausch grundsätzlich geeignet. Auch die tiefbautechnischen Herausforderungen sind lösbar, wenn auch mit sehr hohem Aufwand. Allerdings muss betont werden, dass eine Eingrenzung des Schadenszentrums bisher nicht gelungen ist, so dass eine belastbare Planung einer Dekontaminationsmaßnahme nicht möglich ist.

Probleme sind hinsichtlich der Emission von CKW während der Sanierungsmaßnahme zu erwarten. Im Sanierungsbrunnen SB 10400 wird nahezu vollständig Tetrachlorethen (PER) nachgewiesen /13/. Tetrachlorethen kann mit einem Siedepunkt von 121°C als flüchtige organische Verbindung eingestuft werden. Ein Handling des Materials (Aushub und Transport) ohne Abdampfen eines erhöhten Anteils der Schadstoffe in die Atmosphäre ist bei Ergreifen geeigneter Emissions- und Arbeitsschutzmaßnahmen (z.B. Absaugvorrichtungen, gedeckelte dichte Container, messtechnische Überwachung) möglich führt aber zu deutlichen Mehrkosten.

Als Verbau für einen konventionellen Aushub müsste u.E. eine Bohrpfahlwand gewählt werden. Diese müsste deutlich unter das Aushubniveau von 25 m geführt werden, da sonst die erforderliche Auflast im Sohlbereich nicht vorhanden ist. Zudem müsste die Baugrube über 4-5 rückverankerte oder ausgesteifte Gurtlagen gesichert werden. Über die Baugrubensohle ist mit einem erheblichen Grundwasserandrang zu rechnen. Somit ist zusätzlich eine Abdichtung der Baugrubensohle mittels Injektionssohle erforderlich. Aufgrund der flächigen Öffnung des kontaminierten Bereichs ist gegenüber Austauschbohrungen von einer erhöhten Problematik an Schadstoffemissionen in die Luft zu rechnen. Aus diesen Gründen wird ein konventioneller Aushub gegenüber Austauschbohrungen als technisch und finanziell ungünstiger eingeschätzt und nicht weiter betrachtet.

Eine Deponierung des Materials ist nicht möglich, da dies zu einer vollständigen Freisetzung der CKW in die Atmosphäre führt. Möglich wäre eine Lagerung und Umwälzung in Bodenaufbereitungshallen mit kontrollierter Entlüftung über Filteranlagen.

Sanierungsdauer

Eine Sanierung des Schadens mittels Bodenaustausch sollte in einem Zeitrahmen von etwa 6 Monaten realisierbar sein.

Kosten

Der exakte Umgriff des Schadens ist uns nicht bekannt, insofern haben wir den Preis zunächst je m² Schadensfläche angegeben. Realistisch sind u. E. mindestens 150-200 m² Grundfläche der Schadstoffquelle.

Die Kosten für die Entsorgung CKW-belasteter Böden können auf etwa 80 €/t abgeschätzt werden. Schwierig bleiben der Transport und das Handling.

Den kontaminierten Bereich haben wir in einer Tiefe von 10-25 m unter GOK angenommen. Die Bohrtiefe ist auf etwa 25 m limitiert, da ansonsten die Kosten erheblich ansteigen.

Die erforderlichen Kosten für einen Bodenaustausch mittels überschnittenen Großbohrungen lassen sich wie folgt abschätzen:

Tabelle 5-2: Kostenabschätzung für einen Bodenaustausch

	Menge/Betrag	Einheit
Bohrtiefe	25,00	m
Überschnitt	30,00	%
Preis Austauschbohrung gem. Reducta	130,00	€
Zuschlag Bohrtiefe bis 25 m	40,00	%
Bohrvolumen	32,50	m ³ /m ²
Kosten Austauschbohrung:	5.915,00	€/m²
Anteil kontaminiert (20-25 m)	20,00	%
Zu entsorgen	6,5	m ³ /m ²
Kosten Materialhandling (BK2-Mulde)	10,00	€/m ³
Kosten Materialhandling:	65,00	€/m³
Kosten Wasseraustausch Bohrloch:	100,00	€/m²
Planung, Bauleitung, Gutachter, Analytik	15,00	%
Kosten Planung, Bauleitung, Gutachter, Analytik	912,00	€/m²
Sanierungskosten ohne Entsorgung:	6.992,00	€/m²
Entsorgungskosten:	80,00	€/t
Entsorgungskosten:	1.040,00	€/m²
Gesamtkosten:	8.032,00	€/m²

Je m² Schadensfläche lassen sich die Sanierungskosten somit auf eine Größenordnung von 8.000,-- €/m² abschätzen. Unter Annahme eines Kontaminationsbereichs mit einer Mächtigkeit von etwa 5 m bedeutet dies Sanierungskosten von mehr als 1.000,-- € je m³ belasteten Bodens.

5.2.2 Varianten D2: Thermische Verfahren

Beschreibung

Thermische Verfahren beruhen darauf, Schadstoffe durch Erwärmung in die Gasphase zu überführen und anschließend über eine Bodenluftabsaugung zu

entfernen. Im Ausnahmefall können die Schadstoffe in das Grundwasser überführt und dort hydraulisch geborgen werden.

Hinsichtlich der Beheizung wird zwischen festen Heizelementen und der Injektion von Dampf-Luftgemischen unterschieden.

Eignung und Machbarkeit

Günstig ist sicherlich, dass die Methode bei leicht- bis mittelflüchtigen organischen Verbindungen wie Tetrachlorethen mit Siedetemperaturen bis 180°C noch wirkungsvoll eingesetzt werden kann (Siedepunkt Tetrachlorethen: 121°C). Die bei durchgeführten Erkundungen am CKW-Schaden ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (siehe Abschnitt 3.2) sind hinsichtlich einer Dampf-Luft-Injektion grenzwertig niedrig. Zumindest ergäben sich sehr lange Aufheizzeiten. Alternativ hierzu ist eine Erwärmung des kontaminierten Bereichs mittels fester Heizelemente möglich. Nachteilig hierbei sind die hohen Energiekosten, da die Heizelemente i.d.R. elektrisch betrieben werden.

Grundsätzlich ist beim Einsatz thermischer Verfahren eine ausreichende Grundwasserabsenkung vorteilhaft. Diese ist im Bereich des Tertiärs aufgrund des überlagernden und hydraulisch nicht abgetrennten Quartärs nicht möglich.

Eine Aufheizung des Bodens ist zwar auch im gesättigten Zustand denkbar, erfordert jedoch einen deutlich höheren Energieeinsatz. Mobilisierte Schadstoffe werden in diesem Fall in das Grundwasser überführt und müssen hydraulisch entfernt werden. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit des Aquifers in den tertiären Sedimenten kann dies nicht sicher gewährleistet werden.

Insgesamt wird, aufgrund der schlechten hydraulischen Parameter sowie eines daraus resultierenden erheblichen zusätzlichen Energieeinsatzes, der Einsatz eines thermischen Verfahrens nicht empfohlen.

Sanierungsdauer

Entfällt, da nicht umsetzbar

Kosten

Entfällt, da nicht umsetzbar

5.2.3 Variante D3: Air Sparging

Beschreibung

Air Sparging ist eine Technologie, die insbesondere bei Kontaminationen mit leichtflüchtigen Schadstoffen angewandt werden kann. Durch Injektion von Luft in den Grundwasserleiter unterhalb des kontaminierten Bereichs entsteht eine aufwärts gerichtete Strömung von Luftblasen, welche bei der Passage des belasteten Bereichs Schadstoffe aufnehmen und in die ungesättigte Bodenzone überführen. Dort wird die mit Schadstoffen angereicherte Bodenluft abgezogen und einer Reinigung zugeführt.

Eignung und Machbarkeit

Aufgrund der Leichtflüchtigkeit von Tetrachlorethen, ist Air Sparging zur Sanierung von CKW-Schäden grundsätzlich als geeignet einzustufen. Im gegenständlichen Vorhaben ist die Anwendung aufgrund der geringen Durchlässigkeiten im Tertiär nicht möglich.

Sanierungsdauer

Entfällt, da nicht umsetzbar.

Kosten

Entfällt, da nicht umsetzbar.

5.2.4 Variante D4: Biologische Verfahren

Beschreibung

Biologische Verfahren wirken über die Stimulierung des Schadstoffabbaus durch Mikroorganismen. Der Literatur ist zu entnehmen, dass hochchloriertes Tetrachlorethen nur unter anaeroben Bedingungen von Bakterien dechloriert wird. Das dabei entstehende Trichlorethen wird ebenfalls bevorzugt unter anaeroben Bedingungen weiter dechloriert zu cis-1,2-Dichlorethen. Die weitere Dechlorierung zu

Vinylchlorid (VC) kann anaerob oder aerob ablaufen. Die Umsetzung von Vinylchlorid zu Ethen ist i.d.R. unter aeroben Bedingungen möglich.

Bei Verfahren zum anaeroben Abbau von halogenierten Kohlenwasserstoffen werden geeignete Cosubstrate zugegeben. Von praktischer Bedeutung sind organische Säuren, Alkohole, Melasse und HRC® /16/ und /17/. Dabei kommt es i.d.R. zur Akkumulation von cis-1,2-Dichlorethen (CIS) und Vinylchlorid (VC), da diese geringchlorierten Verbindungen bevorzugt bzw. nur aerob abgebaut werden. Versuche zeigen, dass die Zugabe von Melasse bei Abwesenheit eines bestimmten Bakterienstamms (D. ethenogenes) zur massiven Erhöhung des Schadstoffpotentials durch eine verstärkte Akkumulation von CIS und VC führen kann. VC wird gemäß der CLP-Verordnung /18/ als kanzerogener Stoff der Kategorie 1A eingestuft. Darüber hinaus wird VC als entzündbares Gas eingestuft. Beim Abbau von Cosubstraten werden zudem durch reduktive Abbauprozesse u.U. Methan und Wasserstoff gebildet. In Abhängigkeit der Standortbedingungen z.B. bei überbauten Bereichen ist die Bildung von Methan zu überwachen.

Bei Durchführung biologischer In-situ-Maßnahmen sind weiterführende detaillierte Feld- und Laborversuche notwendig, die eine Kostensteigerung beinhalten.

Festzuhalten ist somit, dass beim Abbau von Tetrachlorethen Abbauprodukte mit erheblicher toxikologischer Relevanz (VC) entstehen sowie explosionsgefährliche Gase (Methan, ggf. VC), die auch im Zusammenhang mit der nahen Wohnbebauung als kritisch zu betrachten sind. Bei dieser Datenlage halten wir In-situ-Sanierungsmaßnahmen, die auf eine reduktive Dehalogenierung abzielen für nicht vertretbar.

Eignung und Machbarkeit

Grundsätzlich sind biologische Verfahren zur reduktiven Dechlorierung von Tetrachlorethen geeignet. Im gegenständlichen Vorhaben ist zum einen die Anwendung aufgrund der geringen Durchlässigkeiten im Tertiär ungeeignet. Zum anderen wird die Nähe der geplanten Wohnbebauung in Hinsicht auf die Bildung toxikologisch relevanter Substanzen und explosionsfähiger Gase als sehr kritisch eingestuft.

Sanierungsdauer

Entfällt, da nicht zu empfehlen.

Kosten

Entfällt, da nicht zu empfehlen.

5.2.5 Variante D5: Chemische Verfahren

Beschreibung

Das Prinzip der chemischen Verfahren beruht auf der Zerstörung organischer Schadstoffe durch Oxidationsmittel in umweltneutrale Stoffe, wie Kohlenstoff, Wasser und Chlorid bei chlorierten Verbindungen. Praxiserprobte Oxidationsmittel sind hierbei Kalium- und Natriumpermanganat, Fentons Reagenz, Ozon und Persulfat /16/.

Die Oxidations-Reaktion selbst erfolgt im Aquifer sehr schnell, sobald ein wirksamer Kontakt zwischen dem Oxidationsmittel und den organischen Schadstoffen hergestellt ist. Hierbei hängt die Geschwindigkeit und Effektivität der Oxidation im Grundwasserleiter insbesondere vom Transport des Oxidationsmittels zum Schadstoff und der möglichen Kontaktfläche zwischen Oxidationsmittel und Schadstoff ab. Verlangsamend auf die Reaktion wirken das Vorkommen von Phasen und geringdurchlässige Porenräume. Im ersteren Fall findet die Reaktion nur an der Phasenoberfläche statt. Im zweiten Fall kann das Oxidationsmittel nur sehr langsam eindiffundieren.

Wir gehen auf Basis vorliegender Grundwasseranalysen davon aus, dass Phasen im Bereich des CKW-Schadens nicht vorliegen. Dagegen sehen wir eine optimale Verteilung des Oxidationsmittels aufgrund der sehr geringen Durchlässigkeit des tertiären Aquifers als schwierig bis unmöglich an. Hier können z.B. Zirkulationsbrunnen zwar unterstützend wirken, dennoch bleibt fraglich, ob sich die Oxidationsmittel über längere Zeiträume stabil im Boden verteilen lassen. Daher sehen wir den Einsatz von ISCO im vorliegenden Fall als ungeeignet an.

Sanierungsdauer

Entfällt, da nicht zu empfehlen.

Kosten

Entfällt, da nicht zu empfehlen.

6 Zusammenfassende Beurteilung der Varianten

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass von den in Abschnitt 5.2 angeführten Verfahren zur Dekontamination der CKW-Verunreinigung allenfalls ein Austausch des Bodens ein technisch geeignetes Verfahren darstellt. Aus folgenden Gründen wird eine Umsetzung nicht empfohlen:

- Während des Ausbohrens der belasteten Bodenbereiche verdunstet ein Teil der Schadstoffe und wird dabei in die Atmosphäre freigesetzt. Aus ökologischen Gesichtspunkten sollte ein Ausgasen von Schadstoffen in die Atmosphäre und die Umgebung des Grundstücks vermieden werden. Eine Ausgasung kann durch Emissionsschutzmaßnahmen minimiert werden, was aber zu einer deutlichen Kostensteigerung führen würde.
- Ein Bodenaustausch wird von uns als sehr teuer eingestuft, so dass u.E. eine Angemessenheit der Maßnahme nicht gegeben ist. Auch mittelfristig ergeben sich keine Vorteile gegenüber der derzeit laufenden hydraulischen Abwehrmaßnahme.

Die in Abschnitt 5.1 beschriebenen hydraulischen Sanierungsmaßnahmen bewerten wir wie folgt:

- Variante H2: Die Unterstützung der laufenden hydraulischen Sanierungsmaßnahme durch die Entnahme von Grundwasser aus dem tertiären Grundwasserleiter im Bereich des Schadenszentrums halten wir für geeignet, die Sanierung des CKW-Schadens deutlich zu beschleunigen. Die Kosten halten wir für überschaubar. Insbesondere ist zu erwarten, dass die spezifischen Sanierungskosten im Tertiär deutlich niedriger als im Quartär sind.
- Variante H3: Der Einsatz von Grundwasserzirkulationsbrunnen kann die Schadstoffentfrachtung gegenüber der derzeit laufenden PaT-Maßnahme erhöht werden. Zudem bietet sich grundsätzlich die Möglichkeit, Reagenzien zum Schadstoffabbau im Aquifer zu verteilen. Allerdings halten wir mit jetzigem Kenntnisstand weder mikrobiologische noch chemische Verfahren zum In-situ-Abbau der Schadstoffe geeignet (siehe Varianten D4 und D5). Darüber hinaus müssten die hydraulischen Kennwerte des tertiären Aquifers im Vorfeld der Planung und Errichtung eines Zirkulationsbrunnens erkundet werden, da bisher keine Daten hierzu erhoben wurden. Zur exakten

Positionierung der Maßnahme ist es notwendig, die Lage des Belastungsschwerpunkts genau zu lokalisieren. Bisher liegen keine Erkenntnisse über die Lage des Belastungsschwerpunkts vor.

Aufgrund der großen Bohrdurchmesser fällt bei Grundwasserzirkulationsbrunnen gegenüber konventionellen Brunnen etwa die 7-fache Menge an Bohrgut an.

Nachteilig an Grundwasserzirkulationsbrunnen sind zudem die hohen Investitionskosten.

Insgesamt wird daher zum jetzigen Zeitpunkt der Einsatz von Zirkulationsbrunnen nicht empfohlen.

7 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Grundsätzlich erachten wir lediglich eine Intensivierung der hydraulischen Sanierung durch zusätzliche Tertiärbrunnen für zielführend.

Im Bereich des CKW-Schadens gibt es bisher nur geringe Kenntnisse hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse sowie der Schadstoffsituation. Auch die Auswirkungen einer Einmischung von Wasser aus dem tertiären Grundwasserleiter auf die Grundwasseraufbereitungsanlage kann derzeit nicht abschließend abgeschätzt werden.

Wir empfehlen daher, im ersten Schritt im direkten Umfeld des Entnahmebrunnens SB 10400 eine Grundwassermessstelle im Tertiär auszubauen. Um eine Verlagerung von Schadstoffen zur Tiefe zu vermeiden, sollte die Filterstrecke nur das obere Tertiär erfassen, da bisher keine Daten über die Tiefenlage einer möglichen Schadstoffquelle vorliegen. Diese Grundwassermessstelle sollte anschließend in Form eines Pumpversuchs abgepumpt werden. Auf Basis der dabei gewonnenen Ergebnisse kann dann über das weitere Vorgehen (Bau weiterer Tertiärbrunnen) entschieden werden.

8 Anlagen

Anlage 1: Schematischer Profilschnitt der Schadstoffverteilung

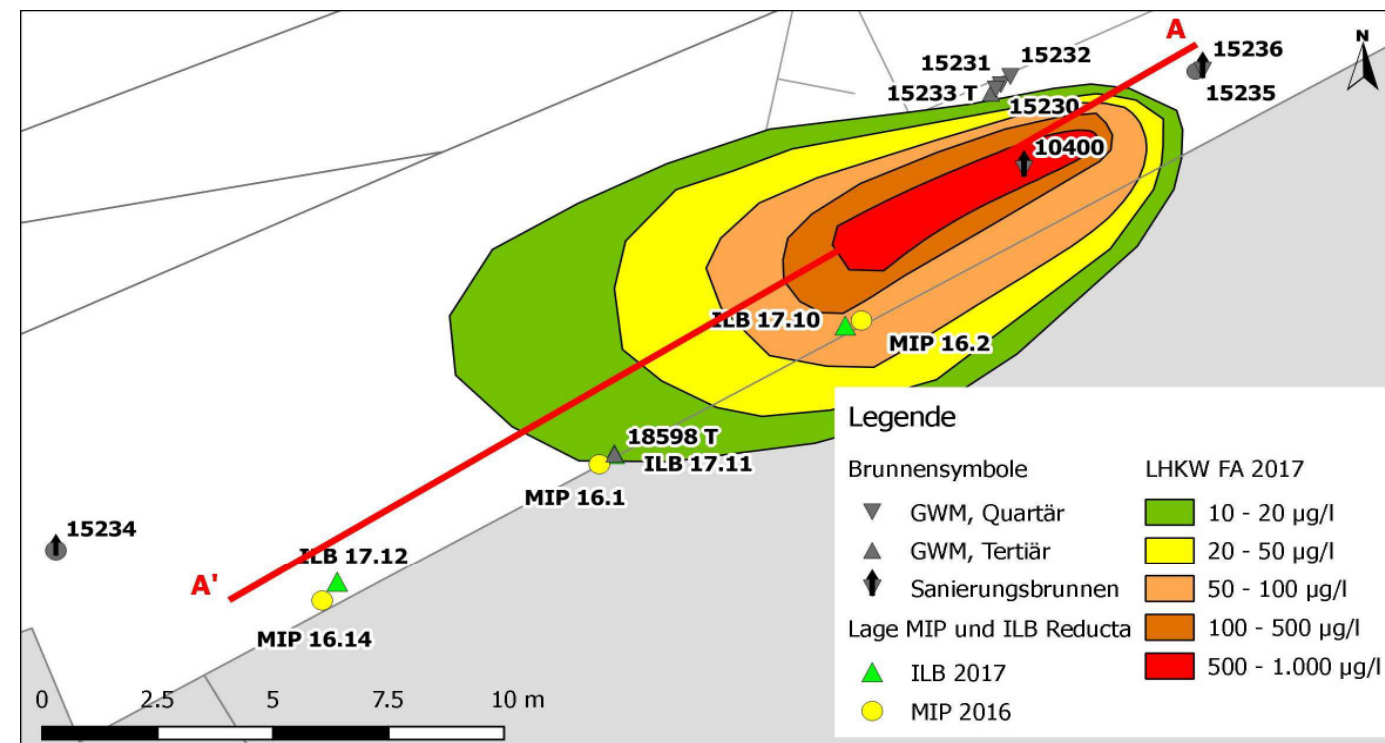
Anlage 2: Schichtenverzeichnisse Umgriff CKW-Schaden

Anlage 1: Schematischer Profilschnitt der Schadstoffverteilung

Schematische Darstellung der Schadstoffverteilung im Grundwasser/Eluatuntersuchungen

A'		Grundwasserfließrichtung																								A	
MIP 16.14		ILB 17.12		GWM 18598		MIP 16.1		ILB 17.11		MIP 16.2		ILB 17.10		SB 10400		GWM 15230		GWM 15231		GWM 15232		GWM 15233		SB 15236			
0-1m	niedrig belastet	0-1m	< BG	0-1m		0-1m		0-1m	5,5 µg/l	0-1m		0-1m	12,4 µg/l	0-1m		0-1m		0-1m		0-1m		0-1m		0-1m			
1-2m		1-2m	< BG	1-2m		1-2m		1-2m	< BG	1-2m		1-2m	< BG	1-2m		1-2m		1-2m		1-2m		1-2m		1-2m			
2-3m		2-3m	< BG	2-3m		2-3m		2-3m	< BG	2-3m		2-3m	43 µg/l	2-3m		2-3m		2-3m		2-3m		2-3m		2-3m			
3-4m		3-4m	< BG	3-4m		3-4m		3-4m	< BG	3-4m		3-4m	10 µg/l	3-4m		3-4m	2017: 1,9 - 8,7 µg/l	3-4m		3-4m		3-4m		3-4m			
4-5m		4-5m	< BG	4-5m		4-5m		4-5m	< BG	4-5m		4-5m	54 µg/l	4-5m		4-5m		4-5m		4-5m		4-5m		4-5m		4-5m	
5-6m		5-6m	< BG	5-6m		5-6m		5-6m	< BG	5-6m		5-6m	63 µg/l	5-6m		5-6m		5-6m		5-6m		5-6m		5-6m			
6-7m		6-7m	< BG	6-7m		6-7m		6-7m	< BG	6-7m		6-7m	< BG	6-7m		6-7m		6-7m		6-7m		6-7m		6-7m			
7-8m		7-8m	< BG	7-8m		7-8m		7-8m	< BG	7-8m		7-8m	5,2 µg/l	7-8m		7-8m		7-8m		7-8m		7-8m		7-8m			
8-9m		8-9m	< BG	8-9m		8-9m		8-9m	< BG	8-9m		8-9m	< BG	8-9m		8-9m		8-9m		8-9m		8-9m		8-9m			
9-10m		9-10m	< BG	9-10m		9-10m		9-10m	< BG	9-10m		9-10m	< BG	9-10m		9-10m		9-10m		9-10m		9-10m		9-10m			
10-11m		10-11m	< BG	10-11m		10-11m		10-11m	< BG	10-11m		10-11m	1.210 µg/l	10-11m		10-11m		10-11m	2017: 0,2 - 10,9 µg/l	10-11m		10-11m		10-11m			
11-12m		11-12m	< BG	11-12m		11-12m		11-12m	< BG	11-12m		11-12m	470 µg/l	11-12m	2017: 623 - 2610 µg/l	11-12m		11-12m		11-12m		11-12m		11-12m			
12-13m		12-13m	< BG	12-13m		12-13m		12-13m	< BG	12-13m		12-13m	8,7 µg/l	12-13m		12-13m		12-13m		12-13m		12-13m		12-13m			
13-14m		13-14m	< BG	13-14m		13-14m		13-14m	< BG	13-14m		13-14m	< BG	13-14m		13-14m		13-14m		13-14m		13-14m		13-14m			
14-15m		14-15m	< BG	14-15m		14-15m		14-15m	10 µg/l	14-15m		14-15m	< BG	14-15m		14-15m		14-15m		14-15m		14-15m		14-15m			
15-16m		15-16m	< BG	15-16m		15-16m		15-16m	< BG	15-16m		15-16m	< BG	15-16m		15-16m		15-16m		15-16m		15-16m		15-16m			
16-17m		16-17m	< BG	16-17m		16-17m		16-17m	7,3 µg/l	16-17m		16-17m	< BG	16-17m		16-17m		16-17m		16-17m		16-17m		16-17m			
17-18m		17-18m	< BG	17-18m		17-18m		17-18m	16 µg/l	17-18m		17-18m	19 µg/l	17-18m		17-18m		17-18m		17-18m	2017: 1,1 - 9,1 µg/l	17-18m					
		18-19m	< BG	18-19m		18-19m		18-19m	21 µg/l	18-19m		18-19m	< BG	18-19m		18-19m		18-19m		18-19m		18-19m		18-19m			
		19-20m	6,7 µg/l	19-20m		19-20m	hoch belastet	19-20m	< BG	19-20m		19-20m	< BG	19-20m		19-20m		19-20m		19-20m		19-20m		19-20m			
		20-21m	10 - 20 µg/l	20-21m		20-21m		20-21m	< BG	20-21m	mäßig belastet	20-21m	< BG			20-21m		20-21m		20-21m		20-21m		20-21m			
		21-22m	< BG	21-22m	2018: 0,2 - 0,4 µg/l	21-22m		21-22m	< BG	21-22m		21-22m	< BG			21-22m		21-22m		21-22m		21-22m		21-22m	2017: <BG - 3,3 µg/l		
		22-23m	< BG	22-23m			22-23m	< BG		22-23m	< BG		22-23m	< BG			22-23m		22-23m		22-23m		22-23m				
		23-24m	< BG	23-24m			23-24m	< BG		23-24m	< BG		23-24m	< BG			23-24m		23-24m		23-24m		23-24m				
		24-25m	< BG	24-25m			24-25m	< BG		24-25m	< BG		24-25m	< BG			24-25m		24-25m		24-25m		24-25m				
		25-26m	< BG				25-26m	< BG		25-26m	< BG		25-26m	< BG			25-26m		25-26m		25-26m		25-26m				
		26-27m	< BG			26-27m	< BG		26-27m	< BG		26-27m	< BG			26-27m		26-27m		26-27m		26-27m					
		27-28m	< BG			27-28m	< BG		27-28m	< BG		27-28m	< BG			27-28m		27-28m		27-28m		27-28m					
		28-29m	< BG			28-29m	< BG		28-29m	< BG		28-29m	< BG			28-29m		28-29m		28-29m		28-29m					
		29-30m	< BG			29-30m	< BG		29-30m	< BG		29-30m	< BG			29-30m		29-30m		29-30m		29-30m					

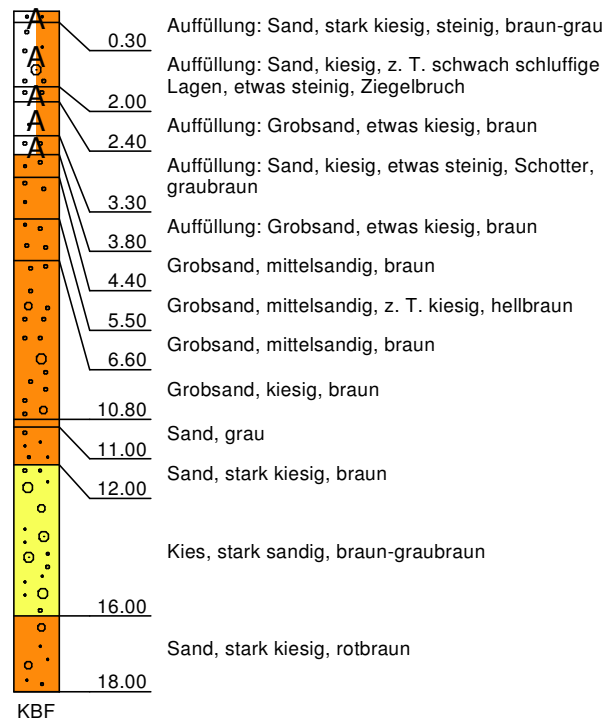
µg/l
 < 20
 20-100
 > 100
 Quartär
 Tertiär



Anlage 2: Schichtenverzeichnisse Umgriff CKW-Schaden

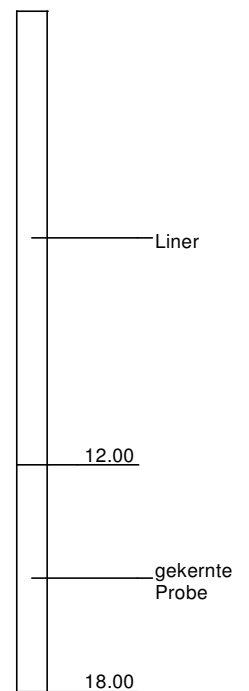
ILB 17.9

37,30 m NN



ILB 17.9

37,30 m NN



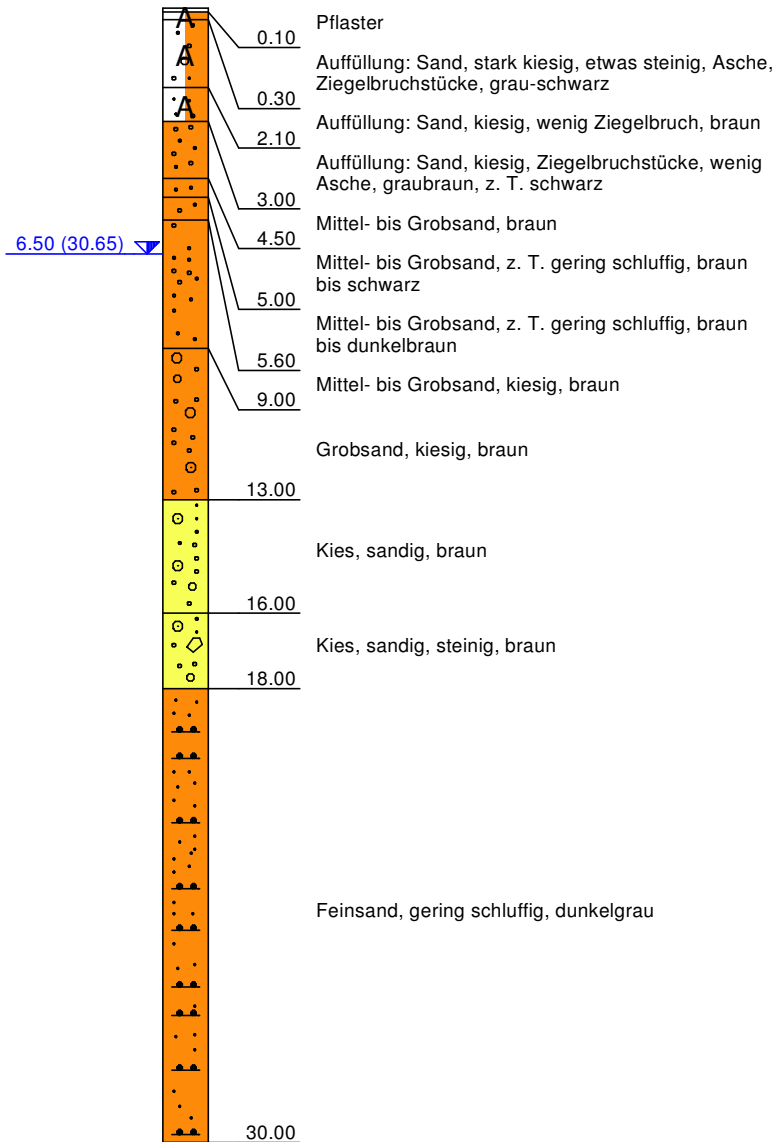
Abbruch des Bohrvorgangs:

Nach mehreren Spülversuchen weiterhin Sand im Bohrloch

Auftraggeber: TEN BRINKE PROJEKTENTWICKLUNG GmbH Dinxperloer Str. 18-20 46399 Bocholt				
Bauvorhaben: Nördlich Westfalenstraße - Nordteil Detailuntersuchung				
Benennung: Inliner-Bohrung ILB 17.9 Untersuchung LCKW-Schaden				Anlage Nr.:
HERGESTELLT UND DOKUMENTIERT IN : BOPO VERSION 7.16				
Maßstab: Höhe 1 : 100	Bearb.-Nr.: 2937-So267434	Datum: 02. - 03.11.2017	bearbeitet: ack	gezeichnet: ack
Planer: Reducta GmbH Schinkelstr. 29 40211 Düsseldorf tel 0211 68 77 07 - 0 fax 0211 68 77 07 - 24				

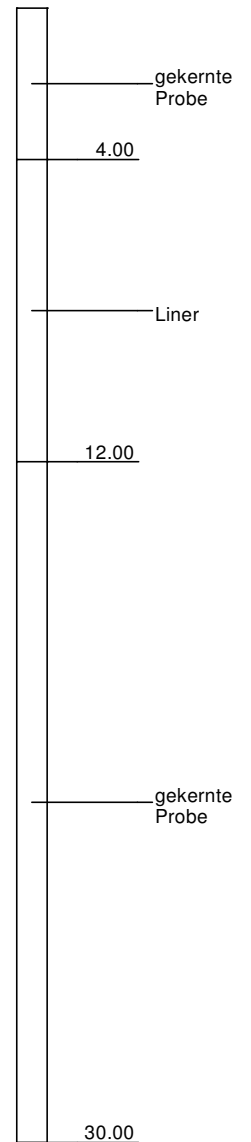
ILB 17.10

37,15 m NN



ILB 17.10

37,15 m NN



Auftraggeber: **TEN BRINKE PROJEKTENTWICKLUNG GmbH**
 Dinxperloer Str. 18-20
 46399 Bocholt

Bauvorhaben: **Nördlich Westfalenstraße - Nordteil**
 Detailuntersuchung

Benennung: Inliner-Bohrung ILB 17.10 Untersuchung LCKW-Schaden				Anlage Nr.:
HERGESTELLT UND DOKUMENTIERT IN : BOPO VERSION 7.16				
Maßstab: Höhe 1 : 100	Bearb.-Nr.: 2937-So267046	Datum: 24./25. Oktober 2017	bearbeitet: ack	gezeichnet: ack

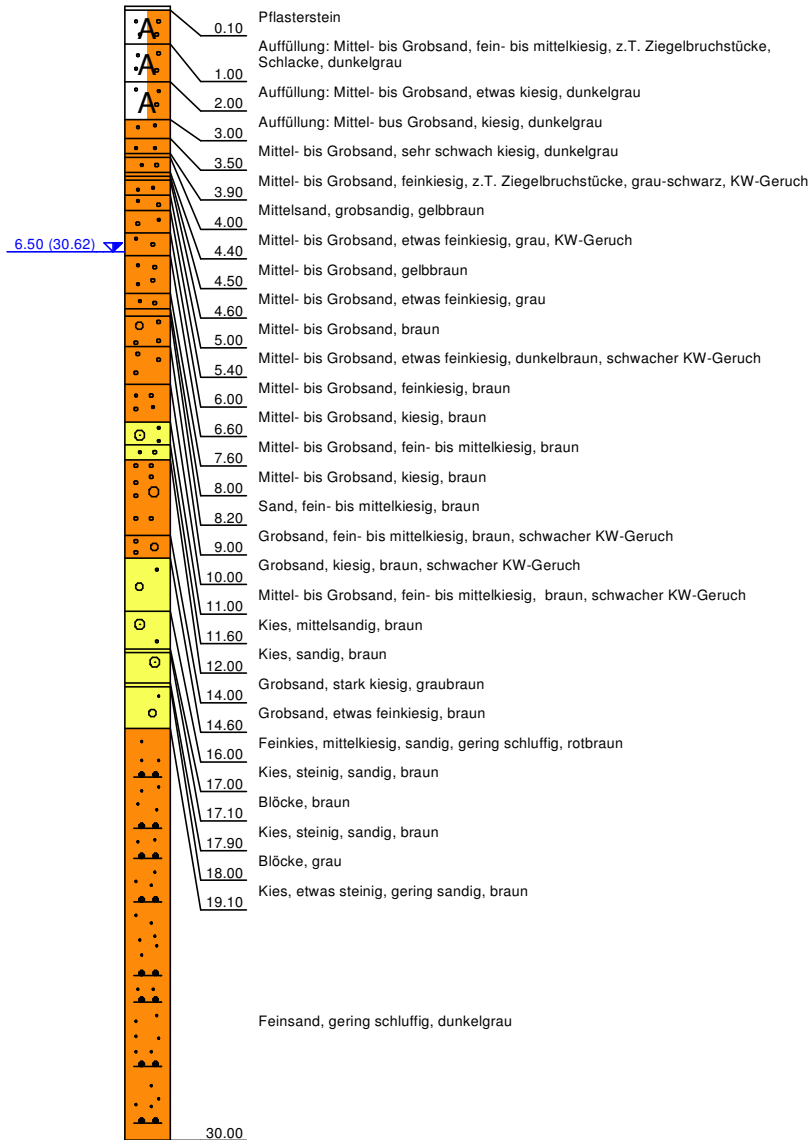
Planer:

Reducta GmbH
 Schinkelstr. 29
 40211 Düsseldorf
 tel 0211 68 77 07 - 0
 fax 0211 68 77 07 - 24



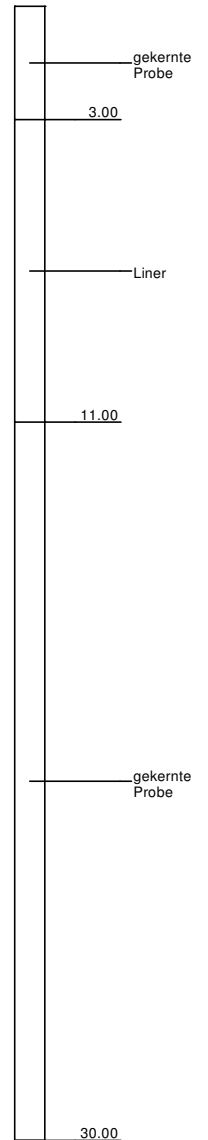
ILB 17.11

37,12 m NN



ILB 17.11

37,12 m NN



Auftraggeber: **TEN BRINKE PROJEKTENTWICKLUNG GmbH**
Dinxperloer Str. 18-20
46399 Bocholt

Bauvorhaben: **Nördlich Westfalenstraße - Nordteil**
Detailuntersuchung

Benennung: **Inliner-Bohrung ILB 17.11**
Untersuchung LCKW-Schaden

Anlage Nr.:

HERGESTELLT UND DOKUMENTIERT IN : BOPO VERSION 7.16

Maßstab: Höhe 1 : 100	Bearb.-Nr.: 2937-So266658	Datum: 18.-19. Oktober 2017	bearbeitet: ack	gezeichnet: ack
--------------------------	------------------------------	--------------------------------	--------------------	--------------------

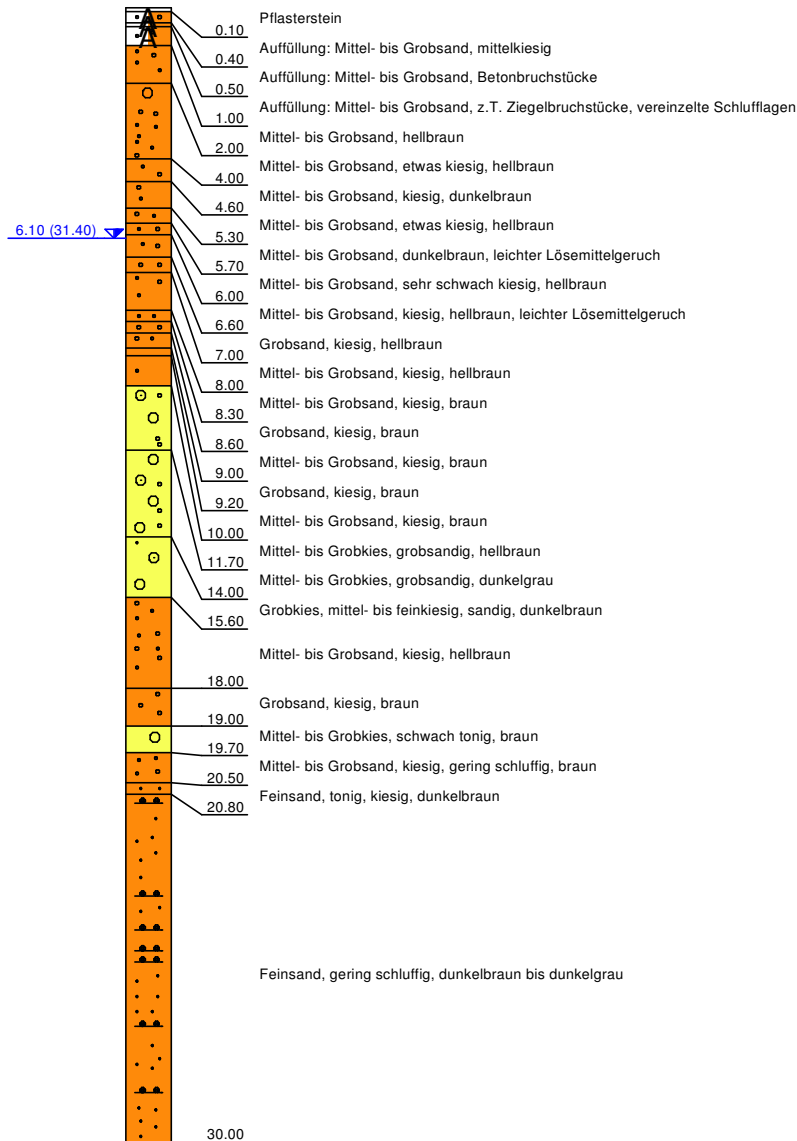
Planer:

Reducta GmbH
Schinkelstr. 29
40211 Düsseldorf
tel 0211 68 77 07 - 0
fax 0211 68 77 07 - 24



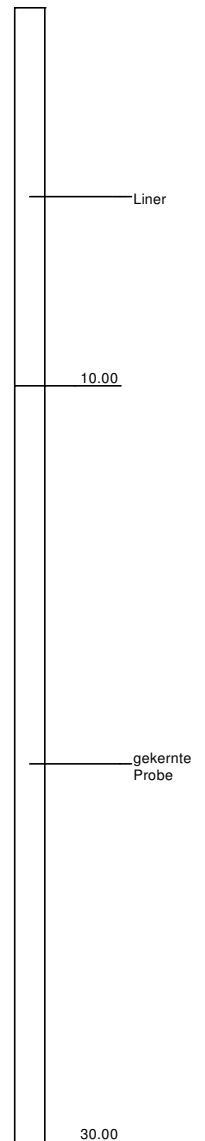
ILB 17.12

37,50 m NN



ILB 17.12

37,50 m NN



Auftraggeber: **TEN BRINKE PROJEKTENTWICKLUNG GmbH**
Dinxperloer Str. 18-20
46399 Bocholt

Bauvorhaben: **Nördlich Westfalenstraße - Nordteil**
Detailuntersuchung

Benennung: Inliner-Bohrung ILB 17.12 Untersuchung LCKW-Schaden				Anlage Nr.:
HERGESTELLT UND DOKUMENTIERT IN : BOPO VERSION 7.16				
Maßstab: Höhe 1 : 100	Bearb.-Nr.: 2937-So266666	Datum: 17.-18. Oktober 2017	bearbeitet: ack	gezeichnet: ack

Planer:

Reducta GmbH
Schinkelstr. 29
40211 Düsseldorf
tel 0211 68 77 07 - 0
fax 0211 68 77 07 - 24

Reducta
BERATENDE INGENIEURE

ILB 17.13

36,90 m NN

ILB 17.13

36,90 m NN



Auftraggeber: **TEN BRINKE PROJEKTENTWICKLUNG GmbH**
Dinxperloer Str. 18-20
46399 Bocholt

Bauvorhaben: **Nördlich Westfalenstraße - Nordteil**
Detailuntersuchung

Benennung: Inliner-Bohrung ILB 17.13 Untersuchung LCKW-Schaden				Anlage Nr.:
HERGESTELLT UND DOKUMENTIERT IN : BOPO VERSION 7.16				
Maßstab: Höhe 1 : 100	Bearb.-Nr.: 2937-So265264	Datum: 13.-17. Oktober 2017	bearbeitet: ack	gezeichnet: ack

Planer:

Reducta GmbH
Schinkelstr. 29
40211 Düsseldorf
tel 0211 68 77 07 - 0
fax 0211 68 77 07 - 24

