
Bericht zu hydraulischen Sicherungs- und Sanierungs- maßnahmen im Naphtha-Schaden

Basell Polyolefine GmbH

27. September 2016

Bearbeitung

Titel Bericht zu hydraulischen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen im Naphtha-Schaden WP6

Auftraggeber Basell Polyolefine GmbH

Projektleiter Doreen Mäurer

Autor(en) Doreen Mäurer, Dr. Hubertus Mertes, Dr. Stefan Wagner, Dr. Stefan Markwort, Dr. Christoph Portner

Projektnummer 2421101

Anzahl der Seiten 37 (ohne Anlagen)

Datum 27. September 2016

Unterschrift



Tauw GmbH
Münsters Gäßchen 14
51375 Leverkusen
Telefon +49 21 43 30 10 70 0
Faxnr. +49 21 43 30 10 71 1

Alle Rechte vorbehalten. Veröffentlichungen und Weitergabe an Dritte sind nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezwecken, nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der Tauw GmbH.

- Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008 (Z1109-0713)
- Sachverständige nach § 18 BBodSchG für die Sachgebiete 1 (Historische Erkundung), 2 (Wirkungspfad Boden-Gewässer), 5 (Sanierung)

Zeichen R001-2421101DOM-V01

Inhaltsverzeichnis

Bearbeitung	3
1 Zusammenfassung	7
2 Durchgeführte Erkundungen	9
2.1 Boden	9
2.2 Naphtha-Phase	10
2.3 Raumluft.....	10
2.4 Bodenluft	12
2.5 Grundwasser	12
3 Ergebnisse	13
3.1 Geologie / Hydrogeologie	13
3.2 Boden	13
3.3 Ausbreitung der Naphtha-Phase	14
3.3.1 Allgemein maximal vermutete Phasenausbreitung	14
3.3.2 Untersuchungen südlich des Tunnels	15
3.4 Raumluft.....	16
3.5 Bodenluft	23
3.6 Gelöste Bestandteile = Grundwasser.....	24
3.6.1 Hydraulik	24
Datenlogger.....	25
3.6.2 Schadstofffahne	26
4 Sanierungskonzept	27
4.1 Phasen-Extraktion	27
4.2 Sanierungskonzept Raumluft	28
4.3 Sanierungskonzept Bodenluft	28
4.4 Hydraulische Sicherung des Grundwasserschadens.....	28
5 Auswertung der bisher durchgeführten Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen	30
5.1 Phasenabschöpfung.....	30
5.2 Raumluft.....	32
5.3 Bodenluftabsaugung	33
5.4 Grundwassersanierung	34

5.4.1	Reinigung über Aktivkohleanlagen (mobile Anlagen).....	34
5.4.2	Grundwasserreinigungsanlage (stationäre Anlage)	35
6	Weitere Maßnahmen	35
7	Literaturangaben	37
8	Abkürzungsverzeichnis	37

Anlagen

- 1 Lageplan Untersuchungsgebiet
- 2 Lageplan Untersuchungsgebiet mit Lage Vertikalprofil (konzeptionelles Modell)
- 3 Lageplan Sanierungsgebiete (Area1-5) / -anlagen
- 4 Sanierungsfortschritt
- 5 Übersicht Bodenuntersuchungen
- 6 Übersicht Phasenuntersuchungen
- 7 Verteilungspläne der Phasen- und Benzol-Ausbreitung und Entwicklung an ausgewählten Kontrollebenen
- 8 Bodenluft vs Raumluft
- 9 Verteilungspläne der Summe der Leichtflüchter in der Bodenluft und der Phasen- und Benzol-Ausbreitung im Grundwasser
- 10 Entwicklung der Phasenstärke und tabellarische Übersicht
- 11 Entwicklung der BTEX-Konzentration
- 12 Grundwassergleichenpläne
- 13 Ganglinien Oberflächengewässer
- 14 Ganglinien Grundwassermessstellen
- 15 Grundwassermanagement 07/2016 – 06/2017
- 16 Anhang Arcadis GmbH (2016): Statusbericht Bodenluft vom 26.09.2016
- 17 Prüfberichte

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Naphtha-Schadens im Bereich des Wendepunktes WP6 wurden seit der vorangegangenen Berichterstellung im Oktober 2015 [3] weitere Detailerkundungs- und Sanierungsmaßnahmen in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden geplant und ausgeführt. Das Untersuchungsgebiet wurde sukzessive entsprechend des Kenntnisstandes bezüglich der Erkundungsergebnisse und des Schadenshergangs in alle Richtungen überprüft. Insgesamt wurden bisher 26 Rammkernsondierungen [3], 13 MIP-Sondierungen [3] abgeteuft und 62 Bodenluftmessstellen, 71 Grundwassermessstellen, 8 Sanierungsbrunnen errichtet sowie die Raumluftqualität in 30 Häusern kontrolliert.

Des Weiteren wurden in den vier Sanierungsgebieten Area 1, 2, 4 und 5 bestehende Sanierungsmaßnahmen fortgeführt, optimiert und durch weitere Maßnahmen, wie die Erweiterung der Phasenabschöpfung, der Bodenluftabsaugung und der hydraulischen Sicherung des Grundwassers ergänzt. In der Konzeptionierung und Planung stellten die überaus intensive industrielle Nutzung des Geländes, die Nähe zur Wohnbebauung und die bestehende Infrastruktur weiterhin eine Herausforderung dar.

Die Bereitstellung der Reinigungskapazitäten wurde bis heute kurzfristig für Bodenluft durch die Installation von 3 mobilen Reinigungsanlagen und für Grundwasser durch 3 mobile Aktivkohleanlagen realisiert. Langfristig ist für den weiteren Sanierungsverlauf die Installation stationärer Anlagen geplant und befindet sich bereits in der Umsetzung.

Bis zum jetzigen Zeitpunkt befinden sich 4 Bereiche mit Phasenabschöpfung aus insgesamt 13 Grundwassermessstellen, 5 Sanierungsbrunnen und 3 Bodenluftabsaugungen mit insgesamt 14 Absaugpegeln in Betrieb. Des Weiteren wird die Grundwassersicherung und Phasenabschöpfung unterstützt mit 2 Betriebsbrunnen 1340 und 1330. Mit Stand vom 09.09.2016 wurden insgesamt ca. 106,1 m³ leichtflüchtige organische Kohlenwasserstoffverbindungen aus dem Untergrund entfernt, der Anteil an reiner Phase beträgt ca. 43,5 m³ (ca. 40 %). Der höchste Anteil wurde über die Bodenluftabsaugung mit ca. 51,0 m³, d.h. ca. 50 % (entsprechend der Naphtha-Dichte von 679,4 kg/m³) ermittelt. Über die Förderung der im Wasser gelösten organischen Kohlenwasserstoffe wurden nur ein geringer Anteil von 11,6 m³ (ca. 10 %) ausgetragen.

Das Konzept zur hydraulischen Sicherung wurde unter Verwendung des Grundwasserströmungsmodells, der aktuellen Grundwassergleichenpläne sowie der Ergebnisse des Monitorings kontinuierlich angepasst und erweitert. Die Entnahmestrategie ist durch die sehr hohe Durchlässigkeit

des Untergrundes, dem großen Wasserdargebot des Rheins und dessen hohen dynamischem Einfluss geprägt. Grundsätzlich sind die vorgesehenen Entnahmemengen von 1.000 m³/h bis 1.200 m³/h an die vorherrschenden hydraulischen Situationen („Hochwasser“, „Mittelwasser“ und „Niedrigwasser“) angepasst. Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Fördermengen und der auf das Kalenderjahr bezogenen Dauer der Förderung, ist im Kalenderjahr eine Gesamtförderung unterhalb von ca. 10 Mio. m³ zu erwarten.

Aufgrund des stark dynamisch beeinflussten Untergrundes im Untersuchungsraum und der damit verbundenen Verfügbarkeit der leicht flüchtigen Naphtha-Phase sieht das Konzept zur Sanierung der Boden-, Bodenluft- und Grundwasserverunreinigung zum einen die Entfernung der Naphtha-Phase in den aktiven Absenkbereichen der Sanierungsbrunnen und zum anderen die Bodenluft-absaugung im Schadenszentrum und in weiteren Bereichen der vermuteten Phasen-Ausbreitung vor.

Die im Grundwasser gelösten Schadstoffe werden langfristig durch einen hydraulischen Sicherungsriegel über 8 Sanierungsbrunnen und zwei Betriebsbrunnen im nördlichen Bereich der Betriebsbrunnengalerie abgefangen. Es steht eine permanente Reinigungskapazität für einen Durchsatz von 1.200 m³/h zur Verfügung. Da die Brunnenkapazität auf 1.600 m³/h ausgelegt ist, ist in Abhängigkeit der Monitoringergebnisse eine Erhöhung der Entnahmemenge bis auf 1.600 m³/h möglich. Die Mehrentnahme von bis zu 400 m³/h wird dann über separate, mobile Anlagen gereinigt.

In Abstimmung mit dem Gesundheitsamt der Stadt Köln wurden innerhalb des Berichtszeitraumes die Raumluftuntersuchungen auf weitere Gebäude im Umfeld der Schadstofffahne ausgeweitet, um einen möglichen Eintrag von Naphtha-Ausdünstungen in die Häuser zu untersuchen. In 83% der untersuchten Gebäude wurden keine auffälligen Konzentrationen an flüchtigen organischen Substanzen in der Raumluft festgestellt. In einem Gebäude wurde im Januar 2016 ein Eintrag von Naphtha aus der Bodenluft nachgewiesen. Die Konzentrationen konnten kurzfristig durch die Installation einer Zwangsbelüftung im Keller deutlich reduziert werden. Die signifikante Senkung der Raumluftkonzentration wurde durch monatliche Messungen belegt. Durch eine Sanierung des Kellers sollen die Anwohner nachhaltig auch ohne Zwangsbelüftung geschützt werden.

Die Belastung der Bodenluft im Umfeld der Gebäude ist innerhalb der letzten Monate deutlich gesunken, deshalb sind derzeit keine flächendeckenden Raumluftuntersuchungen erforderlich.

Bei einer Änderung von Naphtha-Bestandteilen in der Bodenluft, sollten Raumluftuntersuchungen in den möglicherweise gefährdeten Häusern fortgesetzt werden.

Für detaillierte Erläuterungen zu den Untersuchungen und Ergebnissen sowie darauf aufbauende Planungen von Maßnahmen im Bereich der Bodenluftverunreinigung wird auf den Bericht der Arcadis GmbH verwiesen (Anhang).

2 Durchgeführte Erkundungen

Das Untersuchungsgebiet wurde in Abhängigkeit der unterschiedlichen Nutzung und der damit verbundenen Risikobetrachtung in vier Sanierungsgebiete Area 1, 2, 4 und 5 strukturiert (Anlage 1, 3).

Area 1 Eintragsgebiet am Wendepunkt WP6 und Bereich nördlich des Tunnelbauwerkes

Area 2 Wohnbebauung Köln Godorf

Area 4 Werksgelände der Basell Polyolefine GmbH

Area 5 Bereich südlich des Tunnelbauwerkes

Zur Eingrenzung und Überwachung der Ausbreitung der Naphtha-Phase am WP6 und der sich ausgebildeten Schadstofffahne, die in enger Abstimmung mit der Behörde erfolgte, wurden in den vier Sanierungsgebieten die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- Boden
- Phase
- Raumluft
- Bodenluft
- Grundwasser

In den folgenden Abschnitten werden die kurz- und mittelfristig erfolgten Umsetzungen und die langfristig vorbereiteten Maßnahmen beschrieben.

2.1 Boden

Im Rahmen der Errichtung der Messstellen und Sanierungsbrunnen wurden die folgenden Bohrverfahren eingesetzt:

- Hohlbohrschnecke
- Verrohrte Bohrung ohne und mit Kerngewinnung
- Verrohrte Bohrung mittels Ventilbüchse oder Greifer

Bei den Bohrungen ohne Kerngewinnung konnten nur Bodenproben in gestörtem Zustand gewonnen werden. Die im Rahmen der Untersuchung zur Phasen-Ausbreitung durchgeführten Bohrungen mit Kerngewinnung lieferten in einem 1,0 m langem Liner nahezu ungestörte Bodenproben.

Es wurden insgesamt 14 Bohrungen für Grundwassermessstellen und 7 Bohrungen für Sanierungsbrunnen mit Entnahme von 188 Bodenproben durchgeführt (Anlage 5). Davon wurden 48 Bodenproben nahezu ungestört in einem Liner gewonnen.

2.2 Naphtha-Phase

Die Überprüfung der Ausbreitung der Naphtha-Phase erfolgte im Grundwassermanagement regelmäßig durch Messungen mit einem Mehrphasen-Gerät 122 (Anlage 15).

Des Weiteren wurden im August 2016 im Bereich der Wendepunkte WP7, WP6 und WP4 südlich des Tunnelbauwerkes sowie auf dem Werksgelände der LYB (Anlage 3) im Bereich der Kläranlage ein erweitertes Phasen-Monitoring durch Einsatz eines Schichtenhebers und eines Schöpfzylinders durchgeführt. Hierzu wurde an insgesamt 28 Messstellen und einem Sanierungsbrunnen zunächst mittels Schichtenheber eine Wasserprobe an der Grundwasseroberfläche als Sichtprobe entnommen. Anschließend erfolgte ebenfalls an der Grundwasseroberfläche die Probenahme mittels Schöpfzylinder.

2.3 Raumluft

Zur Kontrolle einer möglichen Raumluftbelastung in den Gebäuden des nahgelegenen Wohngebietes durch eventuelle Naphtha-Ausdünstungen wurde von der Tauw GmbH ein stufenweises Monitoring-Konzept entwickelt. Dabei sollten Raumluftmessungen zunächst im Keller bei allen Anwohnern entlang der südlichen Godorfer Hauptstraße, die einer Untersuchung zustimmen, auf sehr flüchtige organische Substanzen (very volatile organic compounds, VVOC) mit Siedepunkten unter 50°C und flüchtige organische Substanzen (volatile organic compounds, VOC) mit Siedepunkten zwischen 50 bis 260°C durchgeführt werden. Bei auffälligen Ergebnissen für Substanzen die aus dem Naphtha stammen könnten, sollten Wiederholungsmessungen im Keller, Wohnraum und Schlafzimmer durchgeführt werden, um eine detailliertere Risikobewertung durchführen zu können. Außenluftmessungen sollten als Referenz parallel zu den Raumluftmessungen durchgeführt werden.

Der Aktionsplan der zu untersuchenden Gebäude wurde mit dem Gesundheits- und Umweltamt der Stadt Köln, der Basell Polyolefine GmbH sowie der Tauw GmbH abgestimmt [8].

Die Raumluftuntersuchungen erfolgten nach standardisierten Verfahren entsprechend DIN EN ISO 16000-1:2006-06, DIN EN ISO 16000-5:2007-05, ISO 16000-6:2011-12 und VDI 2100-

2:2010-11 mittels Gaschromatografie nach Anreicherung mit Tenax auf VOC, sowie mit Aktivkohle als Adsorbens für die VVOC. Darüber hinaus wurden VVOC und VOC aus der Originalluft durch eine Gasbeutelprobenahme mittels Gaschromatografie analysiert. Vor Ort erfolgte zusätzlich die Messung der Summe der VOCs mittels Photoionisationsdetektor (PID). Bei der Begehung wurden gleichzeitig mögliche nutzerbedingte VOC-Quellen und die Gebäudebeschaffenheit protokolliert sowie fotografisch dokumentiert.

Die Bewertung der flüchtigen organischen Verbindungen in den Raumluftproben erfolgte in Abstimmung mit dem Gesundheitsamt der Stadt Köln, unter Berücksichtigung der Vorgaben des Ausschusses für Innenraumrichtwerte des Umweltbundesamtes für die VOC [5] und der Empfehlung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) Nordrhein-Westfalen für die VVOC [9]. Als Zielwert für eine nachweisliche Beeinträchtigung der Raumluft durch Naphtha wurde für die Summe der VOC und für die Summe der VVOC jeweils ein Wert $\leq 0,3 \text{ mg/m}^3$ zugrunde gelegt. Die einzelstoffliche Bewertung erfolgte nach den toxikologisch abgeleiteten Richtwerten des UBA und der Empfehlung des LANUV bzw. entsprechend der Referenzwerte („Hintergrundwerte“, 95. Perzentil) des UBA (UBA 2008 und 2010) [6, 7]. Diese Werte müssen unterschritten sein, um auch bei einer langfristigen Exposition eine gesundheitliche Gefahr ausschließen zu können. Sämtliche Analysenergebnisse wurden zusammen mit den Begehungsprotokollen und Bewertungen an die Basell Polyolefine GmbH und das Gesundheitsamt der Stadt Köln rapportiert. Die Bewertung der Ergebnisse und die Festlegung ggf. erforderlicher Maßnahmen wurden zeitnah mit allen Beteiligten abgestimmt.

Im November 2015 hat die Basell Polyolefine GmbH die Anwohner in Godorf über eine geplante Raumluft-Messkampagne in den Gebäuden informiert. Im Februar 2016 wurden 37 Haushalte entlang der südlichen Godorfer Hauptstraße gebeten Raumluftmessungen in den Gebäuden zu gestatten. Bei etwa 65% der angesprochenen Anwohner sind seitdem Messungen erfolgt, da die Untersuchungen nur nach Zustimmung der Anwohner durchgeführt werden konnten. Acht Anwohner hatten kein Interesse an einer Kontrolle der Raumluft. Insgesamt wurden 30 Haushalte bis August 2016 in Godorf untersucht, da aufgrund einzelner Anwohneranfragen weitere Gebäude auch außerhalb der südlichen Godorfer Hauptstraße beprobt wurden. Eine Übersichtskarte der untersuchten Gebäude ist im Anhang aufgeführt (Anlage 8/1).

Um eine Gefährdung durch eine Gasanreicherung im Abwasserkanal auszuschließen, wurden im Februar 2016 Untersuchungen an zwei Messpunkten an der südlichen Godorfer Hauptstraße durchgeführt.

Die Ergebnisse der Raumluftuntersuchungen wurden dem Gesundheitsamt mitgeteilt und die Bewertung der einzelnen Gebäude abgestimmt. Alle Anwohner wurden anschließend schriftlich dar-

über informiert, ob es Hinweise auf einen Eintrag von Naphtha gibt oder nicht. In wenigen Einzelfällen wurden bei den Raumluftanalysen Hinweise auf andere mögliche Schadstoffquellen in den Häusern ermittelt. Diese Ergebnisse wurden den betroffenen Anwohner mitgeteilt.

2.4 Bodenluft

Zur Durchführung des Monitoring Bodenluft wurden insgesamt 79 Bodenluftmessstellen errichtet (Anlage 4/2). Da der ungesättigte Bereich des Grundwasserleiters im Durchschnitt eine Mächtigkeit von ca. 10 m aufweist, wurde dieser in drei, tiefendifferenziert zu beprobende Horizonte unterteilt. Dies sind der:

- Flache Horizont in 3-4 m Tiefe
- Mittlere Horizont in 6-7 m Tiefe und
- Tiefe Horizont bis 16 m Tiefe, Probenahme in bestehenden Grundwassermessstellen oberhalb der Grundwasseroberfläche

Für detaillierte Erläuterung zu den Untersuchungen und Ergebnissen sowie darauf aufbauende Planungen von Maßnahmen im Bereich der Bodenluftverunreinigung wird auf den Bericht der Arcadis GmbH verwiesen (Anhang).

2.5 Grundwasser

Im Rahmen der Beurteilung der hydraulischen und hydrochemischen Situation im Naphtha-Schaden und der Entwicklungen im Grundwasser wurden seit Feststellen des Naphtha-Schadens im April 2015 insgesamt 71 Grundwassermessstellen errichtet (Anlage 4/2). Die Festlegung der Filterstrecken, im obersten Bereich des Grundwasserleiters zwischen 5-15 m Tiefe bzw. 7-17 m Tiefe wurde so gewählt, dass neben der kontinuierlichen Probenahme des Grundwassers ebenfalls die Probenahme der Bodenluft realisiert werden kann.

Des Weiteren wurden bis Juni 2016 zu hydraulischen Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen der Phasen- und Fahnenausbreitung 8 Sanierungsbrunnen errichtet.

Das Grundwassermanagement wurde seit Feststellen des Naphtha-Schadens im April 2015 in Abstimmung mit den Behörden festgelegt. Zusätzlich zu den ständig neu errichteten Messstellen wurden auch zahlreiche bestehende Grundwassermessstellen und Förderbrunnen beprobt. Die Probenahme der Grundwassermessstellen erfolgte zunächst wöchentlich.

Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Schadstoffverteilung sowie der hydraulischen Rahmenbedingungen und der angestrebten Entnahmestrategie (Abschn. 4.4) wurde der Anpassung eines reduzierten Monitoringumfangs unter dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit im Juli 2016 durch die überwachende Behörde stattgegeben. Die Änderung des Monitorings erfolgte ab Juli

2016 und ist bis Juni 2017 fortzuführen (Anlage 15). Über eine weitere Änderung des Monitoring kann erst im Frühjahr 2017 entschieden werden.

3 Ergebnisse

3.1 Geologie / Hydrogeologie

Der regionale Untergrundaufbau ist für das Untersuchungsgebiet u.a. über die zentrale Vermittlungsstelle von Geodaten durch die Landesverwaltung Nordrhein-Westfalen sehr differenziert dokumentiert [10].

Anhand der vorliegenden Schichtenverzeichnisse aus 39 Sondierungen [3] und 141 Bohrungen (Anlage 4/2) wird das geologische Standortmodell angepasst und erweitert. Des Weiteren wurden die lokalen Untergrundinformationen in den Aufbau eines konzeptionellen Modells eingepasst. Die Erläuterung zum konzeptionellen Modell sind nicht Gegenstand des Berichtes. Exemplarisch wird die Darstellung des Untergrundes und die Entwicklung der Naphtha-Phase als freie Phase, in gasförmigem bzw. gelöstem Zustand für die Zeitraum Oktober 2015 bis Juli 2016 an zwei ausgewählten Vertikalprofilen dargestellt (Anlage 2).

Das Nordost-Südwest verlaufendem Vertikalprofil P5 verdeutlicht die Entwicklungen im Untergrund entlang der Grundwasserströmung parallel zur Achse der gelösten Bestandteile (Anlage 2/1).

Im Nordwest-Südost orientierten Vertikalprofil P2 wird ein Schnitt senkrecht zur Grundwasserströmung – vergleichbar mit der Festlegung von Kontrollebenen (siehe Abschnitt 3.6) – gewählt, um die Ausbreitung der gasförmigen und gelösten Bestandteile des Naphthas im Zusammenhang mit den sich ändernden Rheinwasserständen zu verdeutlichen (Anlage 2/2).

3.2 Boden

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind für die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (C10-C40), BTEX und Siedebereiche durchgeführt (Anlage 5).

Die MKW-Gehalte liegen mit Ausnahme der folgenden Bohrungen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 40 mg/kg:

- In **Area 1** werden die im August 2015 in der Bohrung für den Sanierungsbrunnen SB01 gemessenen hohen Gehalte in 7,0-11,0 m Tiefe mit ca. 190-4.100 mg/kg im April 2016 in der

ca. 2,5 m nördlich gelegenen Bohrung zur Errichtung des neuen Sanierungsbrunnens SB01N wiederholt zwischen 8,0-10,0 m Tiefe mit 96-1.500 mg/kg gemessen.

- In **Area 2** wurden am Ansatzpunkt des Sanierungsbrunnens SB07, der sich ebenfalls wie die GWM15 im Bereich einer ehemaligen Abwassergrube befindet, welche in den 60iger Jahren verfüllt wurde, in ca. 3,0-5,0 m Tiefe erhöhte MKW-Gehalte von 290-3.300 mg/kg gemessen.
- Im Bereich **Area 4** wurden am AP117 in 10,0-11,0 m Tiefe geringe Gehalte von 74-110 mg/kg gemessen. Am Ansatzpunkt des Sanierungsbrunnen SB05 wurden in der gesättigten Zone in 23,0-25,0 m Tiefe erhöhte MKW-Gehalte von 930-1.400 mg/kg festgestellt.
- In **Area 5** wurden in der Bohrung GWM92 in 13,0-14,0 m Tiefe ca. 550 mg/kg gemessen. Geringe MKW-Gehalte sind in der Bohrung GWM94 in 10,0-11,0 m Tiefe mit ca. 55 mg/kg zu beobachten.

Des Weiteren wurde am Ansatzpunkt AP122 zwischen 9,0-9,5m Tiefe zunächst ein leichter Benzingeruch wahrgenommen der ab 9,5-12,0 m Tiefe durch einen stark moderigen Gasölgeruch überlagert wurde. Der AP122 befindet sich am WP7 unmittelbar südlich des Tunnels. In diesem Bereich erfolgte 1995 der Austritt von Gasöl [11]. Der Schaden wurde durch Ölphasenabschöpfung mittels Skimmer saniert und wird im regelmäßigen Grundwassermanagement überwacht [11].

Die während des Bohrvortriebs registrierten organoleptischen Auffälligkeiten wurden durch die Ergebnisse der Bodenanalytik bestätigt. Die höchsten Gehalte sind für BTEX/TMB und Siedebereiche mit Werten zwischen 1-198 mg/kg und zwischen 64-5.650 mg/kg im Bereich des Grundwasserspiegels zwischen 7,0 und 12,0 m u. GOK zu beobachten (Anlage 5). Die Bodenwerte mit den höchsten BTEX-Gehalten weisen auch auf die höchsten Gehalte für den Parameter Siedebereich hin.

Durch die Korrelation der Bodengehalte und Erkenntnisse aus Errichtung der Grundwassermessstellen (Messung der Phasenstärke, Grundwasserprobenahme) ist eine weitere Bestätigung zur Eingrenzung der Phase gegeben. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen verdeutlichen aufgrund der höchsten Werte im Bereich der Grundwasserspiegelschwankungen die Ausbreitung der Naphtha-Phase. Ob diese zusammenhängend (funkular) oder nicht zusammenhängend (residual) vorkommt, ist vom Grundwasserstand abhängig und kann zurzeit nicht abschließend beurteilt werden.

3.3 Ausbreitung der Naphtha-Phase

3.3.1 Allgemein maximal vermutete Phasenausbreitung

Im Rahmen des Grundwassermanagements wird die Ausbreitung der Phase verifiziert (Anlage 7). Die Entwicklung der Phasenstärke und Ausbreitungsrichtung ist durch die Änderungen des Rheinwasserstandes gekennzeichnet und wird durch die Förderung in den Sanierungsbrunnen entsprechend in die Absenkbereiche gelenkt. Die Entwicklung der Phasenstärke und eine tabellarische Übersicht der Ergebnisse ist in Anlage 10 dargestellt.

Anhand der Überwachung des im September 2015 bestehenden Messstellennetzes (40 Grundwassermessstellen) wurde die Fläche der Phasenausbreitung auf ca. 10.000 m² abgeschätzt. Aufgrund der anhaltend sinkenden Wasserstände des Rheins bis 15.11.2015 wird die maximal vermutete Phasenausbreitung nördlich des Tunnels infolge der Freilegung der Phase deutlich. Mit Feststellen der Leckage am 23.04.2015 und ersten Erkundungen Ende April 2015 [3] war die maximale vermutete Ausbreitung nach Osten bis Nordwesten bereits erfolgt.

Im Januar 2016 wird durch die Grundwassermessstellen GWM34, GWM08 und GWM04 (Anzahl Grundwassermessstellen insgesamt: 48) eine deutliche Vergrößerung der Fläche der Phasenausbreitung in Area 1, Area2 und Area 5 auf 21.850 m² registriert.

Im März 2016 wird in **Area 4** mit Errichtung der GWM84 (Anzahl Grundwassermessstellen insgesamt: 64) , die westliche Ausbreitung der Phase auf einer Fläche von ca. 22.200 m² deutlich.

Der Schwerpunkt der Naphtha-Phase hat sich vom WP6 nach Südwesten hin verlagert. Dies wird an den geringen Phasenstärken in **Area 1** im Vergleich zu hohen Phasenstärken in **Area 4** deutlich (Anlage 10).

Tabelle 3.1 Tabellarische Übersicht zur Fläche der Phasen- und Benzol-Fahnenausbreitung

Beobachtungszeitraum	Fläche der Phasen-ausbreitung [m ²]	Fläche der Benzol-Fahnenausbreitung [m ²]
September 2015	10.000	52.000
Januar 2016	21.850	72.650
März 2016	22.200	68.000
Mai 2016	22.200	53.500
Juli 2016	22.200	55.650
August 2016	22.200	60.050

Bis Ende August 2016 liegen zur maximal vermuteten Ausbreitung der Phase keine veränderten Ergebnisse vor. Die Ergebnisse der erweiterten Phasenuntersuchungen (Abschn. 3.3.2) bestätigen die maximal vermutete Ausbreitung der Phase.

3.3.2 Untersuchungen südlich des Tunnels

Ergänzend zur Messung der Naphtha-Phase mittels Mehrphasen-Messgerät 122 (Fa. Solinst) erfolgten zur Verifizierung der Phasenausbreitung im August 2016 Messungen mittels Schichtenheber (Abbildung 3.1) und Schöpfzylinder (Abbildung 3.2). Diese visuell ausgelegte Überprüfung der Phasenpräsenz bestätigte die bisherige Erkenntnis zur Phasenausbreitung. An den beiden

Grundwassermessstellen GWM51 und GWM52 konnte die Phase durch einen dünnen Film an der Wasseroberfläche im Schöpfzylinder nach wenigen Sekunden beobachtet werden.



Abbildung 3.1 Probenahme mittels Schichtenheber in GWM89



Abbildung 3.2 Probenahme mittels Schöpfzylinder mit aufschwimmendem Phasenfilm in GWM52

Die Ergebnisse der mittels Schöpfzylinder entnommenen Wasserproben an 29 ausgewählten Grundwassermessstellen südlich des Tunnels und im Bereich der Kläranlage der LYB an der obersten Grundwasseroberfläche lieferte mit Ausnahme der GWM51 und GWM52 trotz hoher Konzentrationen von Benzol und Siedebereiche zwischen 3-3.900 µg/l und zwischen 2.000-32.300 µg/l keine weiteren Hinweise auf Phase (Anlage 6).

3.4 Raumluft

In 83% der untersuchten Gebäude wurden keine auffälligen Konzentrationen an flüchtigen organischen Substanzen in der Raumluft festgestellt. Bei drei Gebäuden wurden erhöhte Gehalte festgestellt, die allerdings nicht mit dem Naphtha-Schaden in Verbindung stehen. In einem Gebäude wurde im Januar 2016 einmalig eine erhöhte Konzentration an sehr flüchtigen aliphatischen Kohlenwasserstoffen festgestellt die durch einen Eintrag von Naphtha aus der Bodenluft verursacht wurde. Durch die kurzfristige Installation einer technischen Zwangsbelüftung im Keller und den Ausbau der Bodenluftabsaugung seit Anfang 2016 wurden die Konzentrationen deutlich reduziert. Der Naphtha-Eintrag wurde durch die Lage des Gebäudes nahe der Schadstofffahne, die Beschaffenheit des Bodens und die schlechte Bausubstanz im Keller begünstigt.

Die nachfolgende Tabelle 3.2 fasst ausgewählte Raumluftergebnisse einzelner Substanzen und der Summen der flüchtigen und sehr flüchtigen Substanzen im Haus Godorfer Hauptstraße 24 zusammen. Es sind die ermittelten Höchstkonzentrationen von Januar 2016 und die Ergebnisse der Wiederholungsmessung, sowie die Resultate der letzten Messung aufgeführt.

Tabelle 3.2 Übersicht der Messergebnisse ausgewählter Substanzen zu verschiedenen Zeitpunkten im Gebäude Godorfer Hauptstraße 24

Konzentration	Beurteilungs-Substanz	Kellergeschoß			Erdgeschoß			1. Obergeschoß		
		15.01.2016	26.02.2016	07.06.2016	15.01.2016	26.02.2016	07.06.2016	15.01.2016	26.02.2016	07.06.2016
[mg/m³]										
Benzol	< 0,008	0,005	0,004	< 0,0005	n.A.	0,004	0,0009	0,005	0,004	0,001
[mg/m³]										
n-Butan und Iso-mere	< 24	62	0,17	< 0,01	n.A.	0,12	< 0,01	12	0,13	< 0,01
[mg/m³]										
n-Pentan	< 30	63	0,01	< 0,01	n.A.	0,01	< 0,01	16,9	0,01	< 0,01
[mg/m³]										
Isopen-tane	< 30	150	0,02	< 0,01	n.A.	0,08	< 0,01	33,6	0,09	< 0,01
[mg/m³]										
n-Hexan	< 1,8	7,63	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	< 0,01	1,28	< 0,01	< 0,01
[mg/m³]										
Isohexane	< 18	120	0,41	< 0,01	n.A.	0,05	< 0,01	28,9	0,09	< 0,01
[mg/m³]										
n-Heptan	< 21	0,21	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01
[mg/m³]										
Isohep-tane	< 21	24,4	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	< 0,01	3,53	< 0,01	< 0,01
[mg/m³]										
TVOC	< 0,3	5,511	0,323	0,062	n.A.	0,137	0,2649	3,143	0,156	0,352
[mg/m³]										
< 0,3*										
TVVOC	< 0,3	450,31	0,61	< 0,01	n.A.	0,26	< 0,01	99,77	0,32	< 0,01
[mg/m³]										
n.A. nicht analysiert										

Im Gebäude Godorfer Haupstraße 48 wurden auffällige Messwerte für einige Substanzen bei der ersten Messung festgestellt. Die Konzentrationen sind bei den Wiederholmessungen kontinuierlich gesunken. Eine Überschreitung der Beurteilungswerte wurde bei den Einzelsubstanzen nicht festgestellt. Allerdings waren die Summen des TVOC und des TVVOC oberhalb der Zielwerte.

Tabelle 3.3: Übersicht der Messergebnisse ausgewählter Substanzen zu verschiedenen Zeitpunkten im Gebäude Godorfer Hauptstraße 48

Konzentra- tion Sub- stanz	Beurtei- lungswerte	Kellergeschoss			Erdgeschoss			1. Obergeschoss		
		23.02. 2016	14.03. 2016	14.04. 2016	23.02. 2016	14.03. 2016	14.04. 2016	23.02. 2016	14.03. 2016	14.04. 2016
[mg/m³]										
Benzol	< 0,008 [mg/m ³] <u><0,008*</u>	0,001	0,002	0,003	n.A.	0,002	0,003	n.A.	0,002	n.A.
n-Butan und Isomere	< 24 [mg/m ³]	< 0,01	0,84	< 0,01	n.A.	0,31	< 0,01	n.A.	0,19	n.A.
n-Pentan	< 30 [mg/m ³]	6,0	0,94	0,02	n.A.	0,37	< 0,01	n.A.	0,22	n.A.
Isopentane	< 30 [mg/m ³]	20	5,8	0,60	n.A.	2,9	0,02	n.A.	1,82	n.A.
n-Hexan	< 1,8 [mg/m ³]	0,29	0,02	< 0,01	n.A.	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	n.A.
Isohexane	< 18 [mg/m ³]	12	1,19	0,11	n.A.	0,59	< 0,01	n.A.	0,39	n.A.
n-Heptan	< 21 [mg/m ³]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	< 0,01	n.A.	< 0,01	n.A.
Isoheptane	< 21 [mg/m ³]	19	0,66	0,01	n.A.	0,03	< 0,01	n.A.	0,02	n.A.
TVOC	< 0,3 [mg/m ³] <u>< 0,3*</u>	1,3	0,27	0,11	n.A.	0,22	0,16	n.A.	0,244	n.A.
TVVOC	< 0,3 [mg/m ³]	56	9,7	0,83	n.A.	4,3	0,02	n.A.	2,71	n.A.
n.A. nicht analysiert										

Nachfolgend sind die Ergebnisse der charakteristischen Leitparameter für Naphtha in den untersuchten Raumluftproben ausgewählter Gebäude dargestellt. Die nachgewiesenen flüchtigen organischen Substanzen können neben Naphtha auch aus verschiedenen anderen Quellen (z.B. Lagerung und Gebrauch von lösemittel-haltigen Produkten im Haushalt) stammen. Eine klare Abgrenzung der einzelnen Beiträge ist anhand der vorliegenden Messergebnisse nicht möglich. Zum Vergleich der Raumluftergebnisse mit den Konzentrationsverläufen in der Bodenluft befindet

sich im Anhang eine Übersichtskarte, anhand derer der Zusammenhang zwischen den Gebäuden und der Bodenluft ersichtlich wird (Anlage 8/2).

Bei der Untersuchung auf Naphtha-Ausdünstungen aus der Bodenluft um Abwasserkanal entlang der südlichen Godorfer Hauptstraße wurde kein Eintrag in den Kanal festgestellt.

Im Gebäude an der Godorfer Hauptstraße 24 wurden zwischen August und November 2015 dreimal Raumluftmessungen durchgeführt. Es wurden für die analysierten Substanzen in den Raumluftproben keine Hinweise auf einen Eintrag von Naphtha in das Gebäude festgestellt.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Ergebnisse der Untersuchungen im Keller exemplarisch dargestellt. Im Januar 2016 wurden bei der Raumluftuntersuchung erhöhte Konzentrationen von Naphtha-Bestandteilen festgestellt. Durch die Zwangsbelüftung wurden die Konzentrationen der sehr leicht flüchtigen Alkane im Keller deutlich reduziert. Die Konzentration von aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzol lagen bei allen Messungen innerhalb der vom UBA angegebenen Hintergrundwerte für Benzol nach dem Kinder-Umwelt-Survey [3]. Das nachgewiesene Substanzspektrum sowie die ermittelten Konzentrationen in der Bodenluft und in der Raumluft im Januar 2016 bestätigen den Eintrag von gasförmigen Naphtha-Bestandteilen in das Gebäude. Durch die kurzfristig eingeleitete Maßnahme einer Zwangsbelüftung im Keller konnten die Konzentrationen deutlich unterhalb der gesundheitlichen Bewertungsgrenzen gesenkt werden. Bei den weiteren Folgemessungen konnten die niedrigen Werte bestätigt werden.

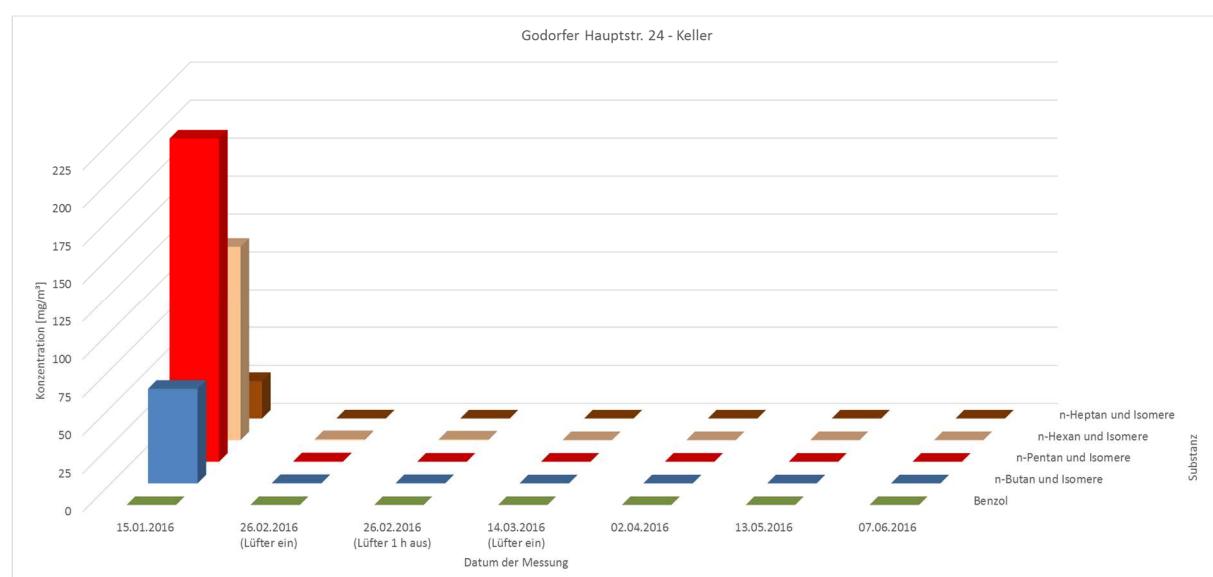


Abbildung 3.3: Übersicht ausgewählter Leitparameter in den Raumluftproben aus dem Keller zu verschiedenen Probenahmezeitpunkten

Im Keller des Gebäudes an der Godorfer Hauptstraße 48 wurden bei der ersten Messung im Februar 2016 erhöhte Werte für aliphatische Kohlenwasserstoffe festgestellt. Bei der Probenahme wurden die folgenden Angaben protokolliert: „Der Kellerraum wird als Partyraum und privates Tätowierstudio genutzt. Am 23.02.2016 wurde ein Geruch nach Reinigungsmitteln festgestellt.“ Die Konzentrationen sind bei den Wiederholmessungen kontinuierlich gesunken. Eine Überschreitung der Beurteilungswerte wurde bei den Einzelsubstanzen nicht festgestellt. Allerdings waren die Summen des TVOC und des TVVOC oberhalb der Zielwerte. Bei den nachgewiesenen Substanzen, die von Naphtha-Ausdünstungen stammen könnten, geben die festgestellten Konzentrationen nach derzeitigem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis keine Hinweise auf gesundheitliche Wirkungen. Anhand der Messwerte in der Bodenluft nahe des Gebäudes kann ein Eintrag von Naphtha nicht ausgeschlossen werden. Der Beitrag durch diffuse Quellen in den Räumen wie z.B. Reinigungsmittel konnte anhand der vorliegenden Messergebnisse nicht ermittelt werden.

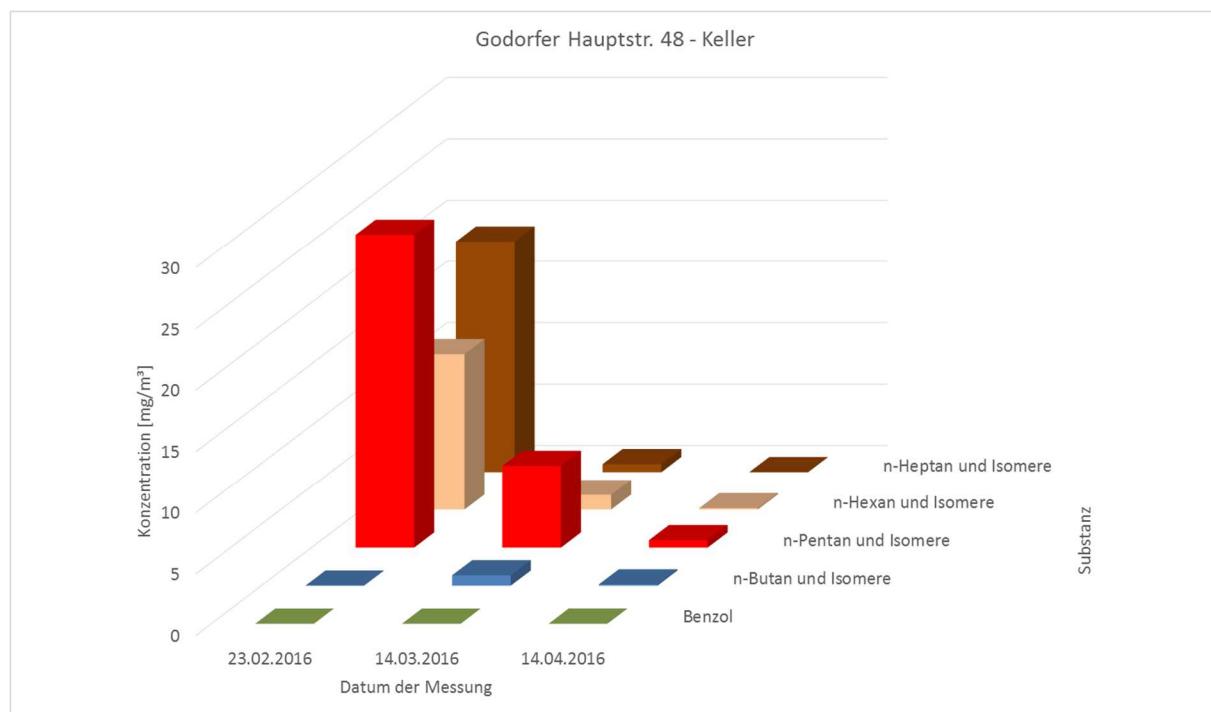


Abbildung 3.4: Übersicht ausgewählter Leitparameter in den Raumluftproben aus dem Keller zu verschiedenen Probenahmezeitpunkten

Bei den Raumluftuntersuchungen auf gasförmige Bestandteile von Naphtha wurden im Keller des Gebäudes Godorfer Hauptstraße 54a erhöhte Werte für aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe festgestellt. Bei der Probenahme wurden die folgenden Angaben protokolliert: „Der Kellerraum ist nur von außen zugänglich und wird als Werkstatt und Lager für verschiedene löse-

mittelhaltige Produkte wie u.a. Benzin, Motoröl, Farben genutzt. Nach Angabe der Bewohner wurden an den Tagen vor der ersten Messung am 16.03.2016 Lackierarbeiten im Kellerraum durchgeführt. Es wurde ein Geruch nach Verdünnungsmittel für Farben und Lacke festgestellt.“ Bei den Wiederholmessungen wurden im Keller geringere Konzentrationen ermittelt. In den Wohnräumen wurden keine Hinweise auf eine Belastung der Raumluft durch Naphtha-Bestandteile festgestellt. Daher besteht auch keine gesundheitliche Wirkung durch diese. Im Keller wurden bei den Raumluftuntersuchungen erhöhte Konzentrationen von Substanzen nachgewiesen, die nicht mit dem Naphtha-Schaden in Verbindung stehen.

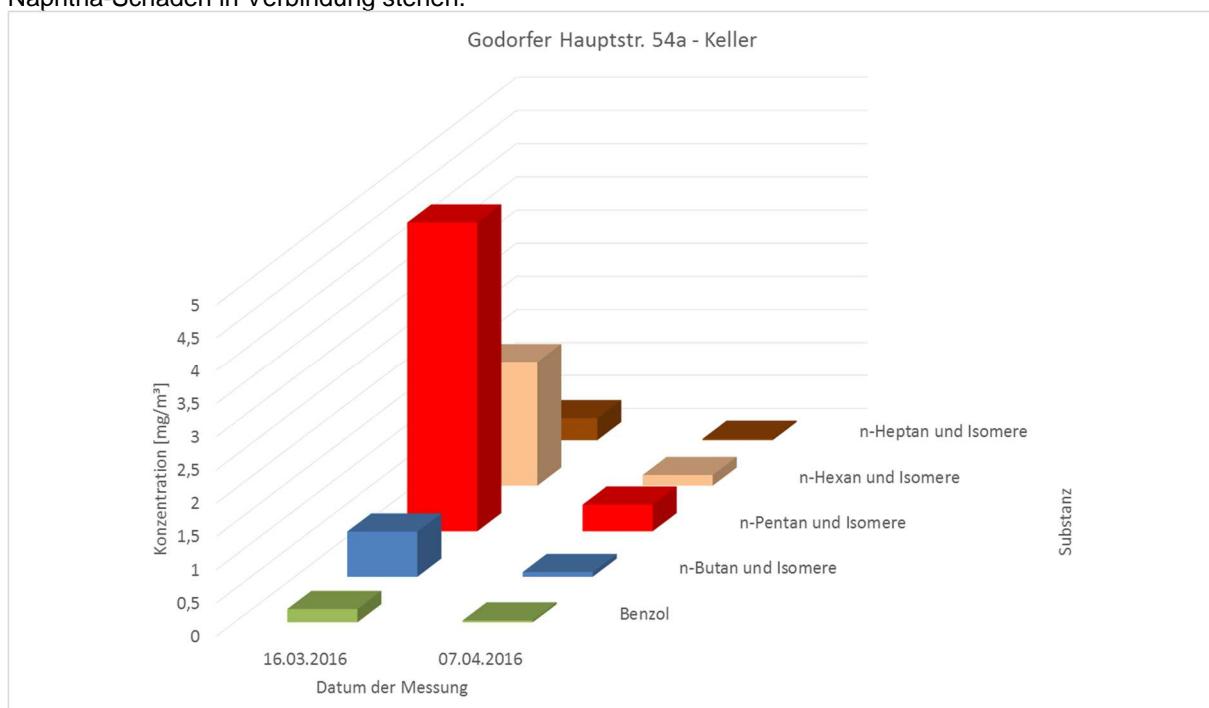


Abbildung 3.5: Übersicht ausgewählter Leitparameter in den Raumluftproben aus dem Keller zu verschiedenen Probenahmezeitpunkten

Bei der Raumluftuntersuchung im Keller des Gebäudes Godorfer Hauptstraße 74a wurden im April 2016 erstmalig erhöhte Werte für aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe nachgewiesen. Bei den durchgeführten Probenahmen wurden die folgenden Angaben protokolliert: „Lösungsmittelartiger Geruch im Keller wahrnehmbar. Lagerung von lösemittelhaltigen Produkten u. a. Farben und benzinhaltiger Kaltreiniger im Keller. Der Kellerraum ist zwischen der ersten und zweiten Probenahme renoviert worden. Am 09.05.2016 wurden Bestandteile von Erdgas in der Raumluft nachgewiesen. Die Anwohner wurden auf Bitten der Tauw GmbH umgehend durch die Basell Polyolefine GmbH informiert. Das Leck in der Erdgasleitung im Keller wurde nach Angabe der Anwohner vom Gasversorger vor der Probenahme am 06.07.2016 beseitigt.“

Es wurden keine Hinweise auf eine Belastung der Raumluft durch Naphtha-Bestandteile festgestellt. Daher besteht auch keine gesundheitliche Wirkung durch diese. Die Konzentrationen in der Bodenluft geben keine Hinweise auf eine signifikante Belastung mit Naphtha. Ursächlich für die Raumluftbelastung sind vermutlich die defekte Erdgasleitung und die Renovierungsarbeiten.

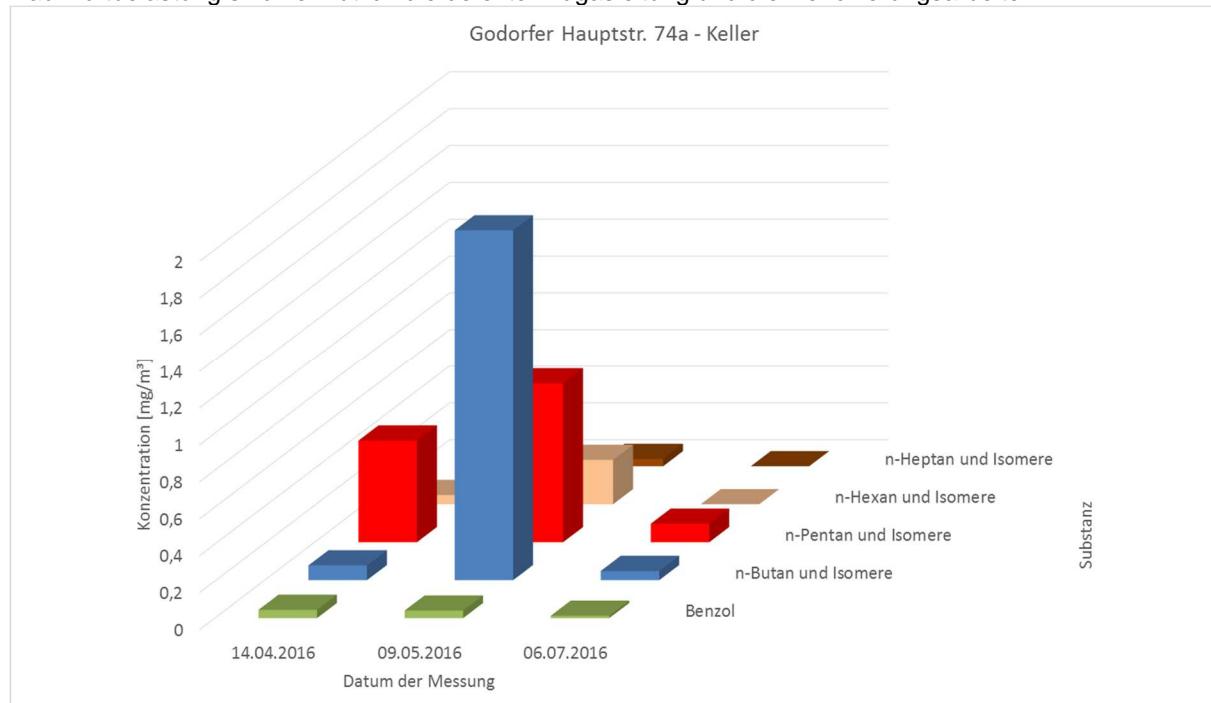


Abbildung 3.6: Übersicht ausgewählter Leitparameter in den Raumluftproben aus dem Keller zu verschiedenen Probenahmepunkten

Bei den Messungen im Keller des Gebäudes Mühlenhof 25 wurde eine erhöhte Konzentration an Butan nachgewiesen. Bei der Nachmessung konnte dieser Befund nicht bestätigt werden. Aufgrund des abweichenden Musters für die charakteristischen Substanzen des ausgetretenen Naphthas ist ein Zusammenhang mit dem einmalig erhöhten Butangehaltes und dem Naphtha-Schaden nicht wahrscheinlich.

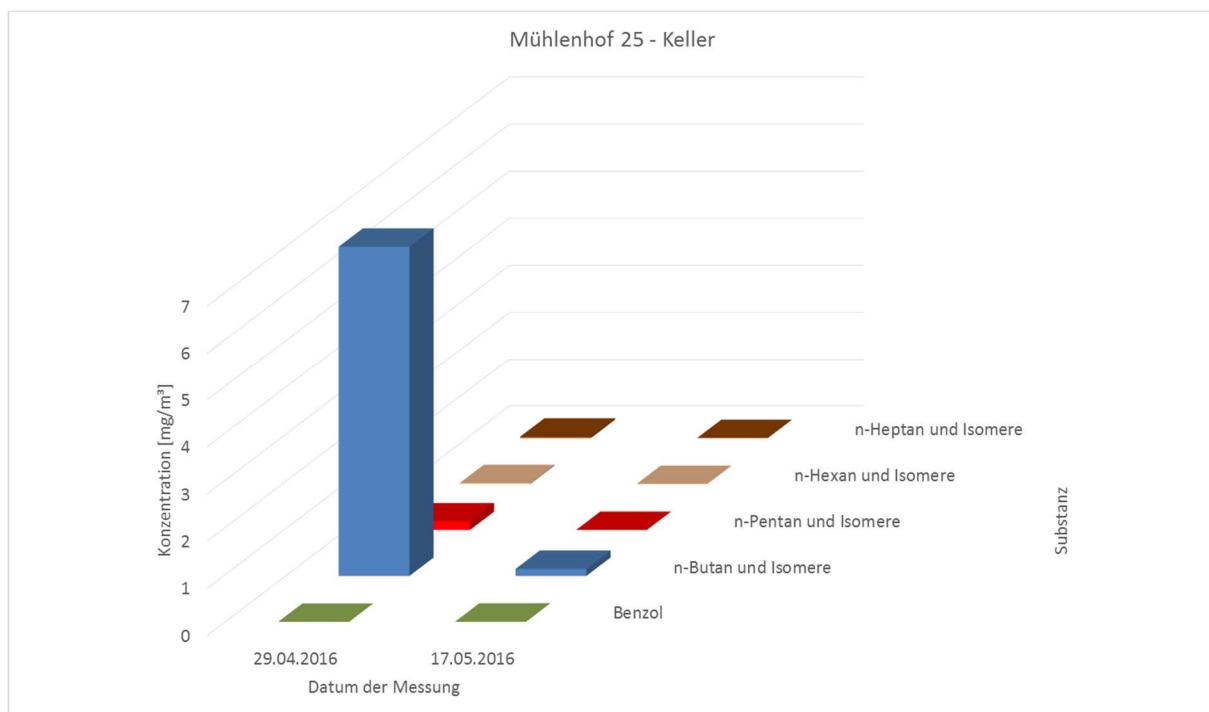


Abbildung 3.7: Übersicht ausgewählter Leitparameter in den Raumluftproben aus dem Keller zu verschiedenen Probenahmezeitpunkten

3.5 Bodenluft

Die Ergebnisse des Bodenluftmonitorings lassen im Bereich der maximal vermuteten Phasenausbreitung und darüber hinaus deutlich hohe Gehalte der sehr flüchtigen und flüchtigen organischen Bestandteile erkennen (Anlage 9). In den Anlagen 9/1 bis 9/5 ist von Januar 2016 bis August 2016 die Entwicklung der Benzol- und Phasenausbreitung in Verbindung mit den Ergebnissen der Bodenluft in drei Tiefen der ungesättigten Bodenzone (flache, mittlere und tiefe Bodenluftpegel) dargestellt.

Insbesondere im südlichen Teil der Godorfer Hauptstraße wurde ab Januar 2016 aufgrund von geruchlichen Auffälligkeiten im Gebäude Godorfer Hauptstraße 24 (Abschn. 3.4, Abb. 3.3) das Monitoring Bodenluft hinsichtlich der Abgrenzung der Bodenluft sowie der Umsetzung der Sicherungsmaßnahmen das Risiko vor Eindringen von Dämpfen in Wohnhäuser zu unterbinden erweitert.

In **Area 1** werden von Januar 2016 bis August 2016 unverändert hohe Bodenluftgehalte gemessen.

Im Mai 2016 erfolgte in **Area 2** Raum Köln Godorf die Eingrenzung der sehr flüchtigen und flüchtigen organischen Bestandteile, die bis August 2016 bestätigt wird. Die Benzol-Gehalte reduzieren sich vom tiefen in den flachen Horizont. Diese Tendenz ist bis August 2016 bestätigt.

In **Area 4** werden seit Mai 2016 bis August im Vergleich zum Eintragsort die höchsten Gehalte in der Bodenluft registriert.

Die seit Juli 2016 in **Area 5** gemessenen Bodenluftgehalte weisen insgesamt geringe Werte auf.

Für detaillierte Erläuterung zu den Untersuchungen und Ergebnissen sowie darauf aufbauende Planungen von Maßnahmen im Bereich der Bodenluftverunreinigung wird auf den Bericht der Arcadis GmbH verwiesen (Anhang).

3.6 Gelöste Bestandteile = Grundwasser

3.6.1 Hydraulik

Im Rahmen des Grundwassermanagements (Anlage 16) wird seit Feststellen des Naphtha-Schadens im April 2015 die lokale Grundwasserströmung durch Auswertung der Stichtagsmessungen konstruiert (Anlage 12). Anhand der seit November 2015 bis Juni 2016 schnell ansteigenden bzw. hohen Wasserstände des Rheins wird die nach West gerichtete Grundwasserströmung deutlich (Anlage 12/2, 3, 4). Dennoch stellt sich bei Mittelwasserständen die Hauptströmungsrichtung nach Südwest, in Richtung der Betriebsbrunnen, ein (Anlage 12/1, 5, 6, 7, 8).

Bei Anlaufen bzw. Durchgang von Hochwasserständen des Rheins ist, wie zu beobachten (Tabelle 3.4), mit höheren hydraulischen Gradienten zwischen 2,5-5,0 % zu rechnen. Bei sinkenden Wasserständen des Rheins dreht die Strömungsrichtung von West nach Südwest, in Richtung der Betriebsbrunnen, und geringere hydraulische Gradienten zwischen 1,4-2,9 % stellen sich ein.

Tabelle 3.4 Förderraten in den nördlichen Betriebsbrunnen und hydraulische Gradienten im Bereich WP6 und WP4

Datum	Förderraten					Hydraulischer Gradient	
	[m ³ /h]					[%]	
	1340	1330	1320	1310	1300	WP6	WP4
23.06.2015 ^[2]	101	7	0	508	138	1,4 - 2,1	43 - 50
14.07.2015 ^[1]	102	1	0	399	278	1,9 - 1,9	20 - 25
06.08.2015 ^[1]	158	7	0	355	273	1,5 - 2,1	9 - 10
19.08.2015 ^[1]	250	200	0	350	270	2,1 - 2,4	15 - 20
02.09.2015 ^[1]	88	1	0	355	275	2,4 - 2,9	5 - 9
17.09.2015 ^[1]	74	11	0	355	125	1,9 - 2,1	5 - 11

Datum	Förderraten					Hydraulischer Gradient	
	[m³/h]					[%]	
	1340	1330	1320	1310	1300	WP6	WP4
30.09.2015 ^[1]	52	97	0	352	249	4,0 – 5,0	5 – 7
13.11.2015 ^[1]	51	98	0	323	85	1,1 – 1,2	5 – 6
26.11.2015 ^[3]	62	97	4	173	211	1,6 – 1,8	4 – 10
17.12.2015 ^[3]	88	49	3	282	274	2,0 – 2,5	5 – 10
14.01.2016 ^[3]	82	50	3	10	282	4,5 – 5,0	5 – 8
21.03.2016 ^[2]	53	66	0	0	163	1,0 – 1,5	3 – 5
11.05.2016 ^[2]	0	153	226	195	77	2,5 – 3,0	6 – 9
14.07.2016 ^[2]	51	51	3	507	282	2,0 – 2,5	7 – 13
18.08.2016 ^[2]	92	91	1	1	3	1,8 – 2,0	12 – 13

^[1] Niedrigwasser, ^[2] Mittelwasser, ^[3] Hochwasser bzw. schnell gestiegene Rheinwasserstände

Datenlogger

Auch während der lang andauernden Hochwassereignisse im Winter 2015 bis Frühjahr 2016 herrschten am Standort permanent influente Verhältnisse vor, die aufgrund der Sanierungs- und Brauchwasserentnahme eine nahezu vollständige hydraulische Sicherung des Naphtha-Schadens bewirkt.

Die influenten Strömungsverhältnisse werden durch Überwachung des Rheinwasserstandes im Hafenbecken I sowie nächstgelegenen Grundwassermessstelle GWM94 kontinuierlich überwacht (Anlage 13/1a). Die gute Korrelation des bisher interpolierten Rheinwasserstandes zwischen dem Pegel Bonn km654,8 und Pegel Köln km688,0 (Pegel WP7 km671,5) und dem seit 09/2016 installierten Datenlogger „WP7 Hafenbecken I“ lassen in Area 1 und Area 5 influente Strömungsverhältnisse erwarten.

Durch Installation von Datenlogger in ausgewählten Grundwassermessstellen und regelmäßigen *Stichtagsmessungen* werden die lokalen Strömungsrichtungen in den vier Sanierungsgebieten Area 1, 2, 4 und Area 5 verifiziert (Anlage 14/2).

In **Area 1+5** erfolgt die Grundwasserströmung (GWM93, GWM94, KBE; GWM25) nach West bis Südwest (Anlage 13/1, 14/1a).

In **Area 2** ist die Grundwasserströmung (GWM46, GWM60, GWM48, GWM12) nach West bis Süd gerichtet (Anlage 14/1b).

In **Area 4** erfolgt die Grundwasserströmung (GWM85, GWM58, GWM88) nach Süd und aufgrund der Entnahme der Betriebsbrunnen (1340-1300) bis nach Südost (Anlage 14/1c).

3.6.2 Schadstofffahne

Der Entwicklung der Naphtha-Fahne (gelöste Schadstoffe) im Zeitraum zwischen September 2015 und August 2016 zeigt (Tabelle 3.1), dass die hydraulischen Sicherungsmaßnahmen greifen. Obgleich im Zeitraum Januar 2016 bis Juni 2016 mehrere Hochwasserwellen das Schadensgebiet durchströmt haben (Anlage 13/1), blieb eine extreme „Westdrift“ der Fahne aus. Trotz zeitweilig steiler Gradienten und relativ hohen Abstandsgeschwindigkeiten zwischen 8 m bis 12 m pro Tag, war die Naphtha-Fahne im gesamten Beobachtungszeitraum durch das Messstellennetz abgrenzbar.

Die im Mai 2016 auskartierte Benzol-Fahne hat sich gegenüber der im März 2016 ermittelten Fahne wieder deutlich verkleinert. Im August 2016 weist die Fahne eine vergleichbare Ausdehnung wie im März 2016 auf, jedoch sind im Verlauf der Schadstofffahne tendenziell sinkende Benzol-Konzentration zu beobachten (siehe Anlage 7a+b: Kontrollebenen).

Die Ausbreitung der **gelösten Bestandteile** erfolgt mit der Grundwasserströmung. Die **Eingrenzung** der Schadstofffahne erfolgte im August 2016 in Richtung (Anlage 7)

- Nordosten (Richtung Rhein) durch die Messstellen GWM90, GWM91 und GWM92 mit Werten für Benzol unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG);
- Norden und Nordwesten durch die Messstellen GWM60-62 und GWM45 mit Werten für Benzol unterhalb der BG;
- Westen in den Messstellen GWM82 und 83 mit Werten für Benzol unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG);
- Süden in den Messstellen 76502624, GWM85 und GWM88 mit Werten für Benzol unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG);
- Südosten in den Messstellen GWM93 und GWM94 mit Werten für Benzol unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG).

Die **Entwicklung** der Schadstofffahne wird über die Benzolkonzentration an definierten Kontrollebenen, die senkrecht zur Grundwasserströmung angelegt sind, erfasst (Anlage 7a+b).

- Kontrollebene I: in GWM93 und GWM94 Konzentrationen unter Bestimmungsgrenze
- Kontrollebene II: in GWM49 und GWM12 unverändert hohe Konzentrationen, in SB01N und GWM04 erhöhter Wert oberhalb von 1 mg/l
- Kontrollebene III. in GWM16 hohe Konzentration
- Kontrollebene IV: in GWM83 geringe Konzentration, in SB04 und SB02 hohe Konzentrationen mit abnehmender Tendenz
- Kontrollebene VI: in GWM85 Konzentrationen unter Bestimmungsgrenze, in GWM86 abnehmende Tendenz, in GWM87 hohe Konzentration,
- Kontrollebene VIII: in GWM88 und GWM89 Konzentrationen unter Bestimmungsgrenze sowie in den Betriebsbrunnen 1280 und 1290.

Die Benzol-Gehalte der Grundwasserproben im engeren und weiteren Untersuchungsgebiet liegen konstant unterhalb der Bestimmungsgrenze für Benzol.

Die Entwicklung der BTEX-Konzentration ist in Anlage 11 dargestellt.

4 Sanierungskonzept

4.1 Phasen-Extraktion

Aktuell erfolgt die Phasen-Extraktion über 10 Messstellen und 5 Sanierungsbrunnen davon ein Betriebsbrunnen, die die Phase in 4 Sammeltanks auffangen (Anlage 3).

Das Konzept für Phasenabschöpfung sieht vor, dass nur in aktiven Sanierungsbrunnen eine Phasenpumpe zum Absaugen der Phase eingesetzt wird. Je Sanierungsbrunnen ist ein 1 m³ - Sammeltank vorgesehen, so dass aufgrund der separaten Phasenmessung eine Abschätzung und Optimierung der Phasenschöpfanlagen erfolgen kann.

Tabelle 4.1 Tabellarische Übericht zum Planungsstand der Phasensammeltanks und Skimmer-Einheiten

Area	Aktueller Stand	Phasenpumpen im Sanierungsbrunnen	Volumen Sammeltanks
1 Eintragsgebiet	SB01N, GWMS1Neu, GWM01, GWM09	SB01N	1 m ³
2 Köln Godorf	GWM17, GWM18	SB06	1 m ³
		SB07 / SB09	1 m ³
4N – WP4 außen	GWM19, GWM20	SB05	1 m ³
4W – Parkplatz Nordost	SB04, SB03	SB04, SB03	1 m ³
Tor 2			
4S – WP4 innen	SB02, 1340, GWM37, GWM38, GWM53, GWM54, GWM55, GWM56, GWM57, GWM58	SB02	1 m ³
		1340	1 m ³
		1330	1 m ³

4.2 Sanierungskonzept Raumluft

Entsprechend dem abgestimmten Aktionsplan wurde bei den Raumluftuntersuchungen zunächst die Qualität im Keller kontrolliert. Bei erhöhten Konzentrationen von Kohlenwasserstoffverbindungen, die von Naphtha stammen könnten wurden nach einer intensiven Lüftung Wiederholmessungen im Keller, Wohn- und Schlafzimmer durchgeführt. Abhängig von den Untersuchungsergebnissen wurden ggf. Maßnahmen zur Reduzierung eingeleitet und der Erfolg durch erneute Raumluftmessungen kontrolliert.

4.3 Sanierungskonzept Bodenluft

Aktuell sind 3 Bodenluftabsauganlagen als Sofortmaßnahmen zur Entfernung der Schadstoffe aus der Bodenluft in Betrieb. Parallel zu den verschiedenen Sofortmaßnahmen zur Risikominde-
rung und zur Schadstoffentfrachtung wird von der Arcadis GmbH eine umfassende Bodenluft-Sa-
nierungsstrategie erarbeitet.

4.4 Hydraulische Sicherung des Grundwasserschadens

Zur Sicherung und Sanierung des Naphtha-Schadens der Basell Polyolefine GmbH in Wessling sieht die von der Tauw GmbH entwickelte Entnahmestrategie für verschiedene hydraulische Situationsen die Auslegung der Reinigungsanlage von 1.200 m³/h vor [4]. Unter Berücksichtigung der hydraulischen Erfordernisse und der örtlichen und technischen Verfügbarkeit der Reinigungska-
pazität vor dem nächsten Hochwasserereignis ist bis zur endgültigen Fertigstellung der geplanten stationären Grundwasserreinigungsanlage das Einbinden bestehender Reinigungskapazitäten einzuplanen.

In der weiteren Umsetzung der Maßnahmen aus der Risikoabschätzung wird daher die Inbetrieb-
nahme der vollständigen Grundwasserreinigungsanlage in zwei Stufen vorgeschlagen:

- Ab 07.10.2016 Inbetriebnahme der ½ Grundwasserreinigungsanlage mit 600 m³/h
- Bis Anfang Dezember 2016 Einbinden der bestehenden Aktivkohleanlagen mit Nennleis-
tung von 700 m³. Hierbei ist zu beachten, dass durch Druckverluste aufgrund der Lei-
tungslängen bis zur Aktivkohle und bei Anschluss mehrerer Brunnen an eine Aktivkohle
eine Verringerung der Reinigungsleistung um ca. 25 % auf ca. 525 m³/h erfolgt. Des
Weiteren reduziert sich der mittlere Volumenstrom auf ca. 500 m³/h.

Die Sicherstellung der geforderten Entnahmemenge von 1.200 m³/h erfolgt bis zur Fertigstellung der vollständigen stationären Grundwasserreinigungsanlage bis Anfang Dezember 2016 über-
gangsweise durch die Behandlungskapazität der zentralen Abwasserbehandlungsanlage, die
über die Brunnen 1340 und 1330 mit mind. 150 m³/h angefahren wird.

Zur Ausnutzung der ab 07.10.2016 verfügbaren maximalen Reinigungskapazität über die ½ stati-
onären Anlage, die Aktivkohleanlagen und die zentrale Abwasserbehandlungsanlage schlagen

wir bis zur endgültigen Fertigstellung der vollständigen Grundwasserreinigungsanlage die in Tabelle 4.1 aufgeführten Optionen zur Brunnenfahrweise vor.

Bei Mittel- und Niedrigwasser sind vier Optionen A-D für die anfängliche Entnahmemenge von 600 m³/h über die vorläufige Grundwasserreinigungsanlage möglich. Bei steigenden bzw. hohen Rheinwasserständen wird nur eine Variante empfohlen. Die geforderte Entnahmemenge ist fokussiert auf:

- Gebiete in denen Phase beobachtet wurde, wie z.B. nördlich von GWM27, und
- die durch hohe Entnahmeraten erzielten Absenkbereiche an SB02, SB04 und 1340.

Tabelle 4.2 Übergangsentnahmestrategie von 600 m³/h Reinigungskapazität (Entnahmerate in m³/h)

Brunnen	Mittel-/Niedrigwasser				Hochwasser-ereignis
	Option A	Option B	Option C	Option D	
SB01N	-	-	-	200	
SB05	200	200	200	150	-
SB06	200	200	200	150	200
SB07	-	(200)	100	-	200
SB09	(200)	-	100	100	200

(200) optional

Option A

Durch SB05 und SB06 kann die höchste Phasenrückgewinnung erzielt werden. Sollte Naphtha in den Grundwassermessstellen im südlichen Köln Godorf gemessen werden, dann ist die Entnahme an SB09 erforderlich, um das Risiko der Phasenverlagerung in Richtung Wohnbebauung zu verhindern.

Option B

Sollte in den Messstellen GWM16, 34, 35 keine Phase, jedoch nördlich von GWM27 bzw. SB07 beobachtet werden, so ist die Entnahmerate an SB05, SB06 und SB07 zur Verhinderung der westlichen Ausbreitung vorzunehmen.

Option C

Sollte in beiden Gebieten Köln-Godorf und nördlich von SB07 Phase beobachtet werden, so ist obgleich bei verringriger Entnahmerate eine geringere Phasenrückgewinnung erzielt wird, die Fördermenge auf SB09 und SB07 aufzuteilen.

Option D

Das Einbinden des SB01N an die Grundwasserreinigungsanlage zur Erhöhung der Fördermenge an SB01N reduziert die Gesamtentnahmemenge der Brunnen SB05, SB06, SB07 und SB09 und lässt die Aktivkohle A443 ungenutzt.

Zur Inbetriebnahme der Grundwasserreinigungsanlage am 07.10.2016 schlagen wir Option A vor. In Abhängigkeit von den Monitoringergebnissen in Messstellen, die sich im Einflussbereich der Sanierungsbrunnen befinden, kann SB09 eingeschaltet werden oder ist zwischen Option B und C zu modifizieren.

Da das Entnahmeregime zwischen den Rheinwasserstände Mittel-/Niedrigwasser (MW/NW) und Hochwasserereignissen (HW) variiert, sind folgende Beobachtungen ausschlaggebend zum Umschalten auf die erforderliche Entnahmemengen an den Sanierungsbrunnen:

- Wechsel des Rheinwasserstandes von MW/NW zu HW. Überwachen des Rheinwasserstands am Pegel Koblenz, um Niederschlagsprognosen als Frühwarninstrument für steigende Rheinwasserstände zu nutzen.
- Sobald der Rheinwasserstand am Pegel Koblenz steigt und an Pegel Köln eine Anstieg von ca. 0,5 m/Tag zu erwarten ist, ist die erforderliche Entnahmemenge auf Hochwasserereignis einzufahren
- Nach Umstellen der Förderkonstellation ist die Grundwasserströmung durch Monitoring in den Grundwassermessstellen, des Rheinwasserstandes und der zu erwartenden Niederschlägen nach Erreichen einer stabilen Strömungssituation auf die erforderlichen Entnahmemengen umzustellen.

5 Auswertung der bisher durchgeführten Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen

5.1 Phasenabschöpfung

Aufgrund der flächigen Ausbreitung der Naphtha-Phase erfolgt die Phasenabschöpfung an mehreren Standorten (Tabelle 5.1). Geplant ist die Phasenabschöpfung auf die Sanierungsbrunnen zu fokussieren (Abschn. 4.1).

In **Area 1** konnte seit Beginn der Phasenabschöpfung im Juni 2015 die Rückgewinnung pro Monat von ca. 0,1 m³ auf ca. 5,2 m³ im Januar 2016 erhöht werden. Mit anhaltend hohen Rheinwasserständen wurde die Verfügbarkeit der freien Phase flächendeckend stark eingeschränkt.

In **Area 2** konnte über das Absaugen an den Grundwassermessstellen GWM17 und GWM18 keine reine Phase zurückgewonnen werden.

In **Area 4N** wurden nordwestlich des Werksgeländes der LYB an den Grundwassermessstellen GWM19 und GWM20 pro Monat 0,1 m³ bis 6,3 m³ zurückgewonnen.

In **Area 4W** wurde über das Absaugen an Sanierungsbrunnen SB04 bis Ende August 2016 keine reine Phase zurückgewonnen.

In **Area 4S** ist in SB02, 1340, GWM37, GWM38 und GWM53-58 pro Monat eine Rückgewinnung zwischen ca. 0,2 m³ bis 6,8 m³ zu beobachten.

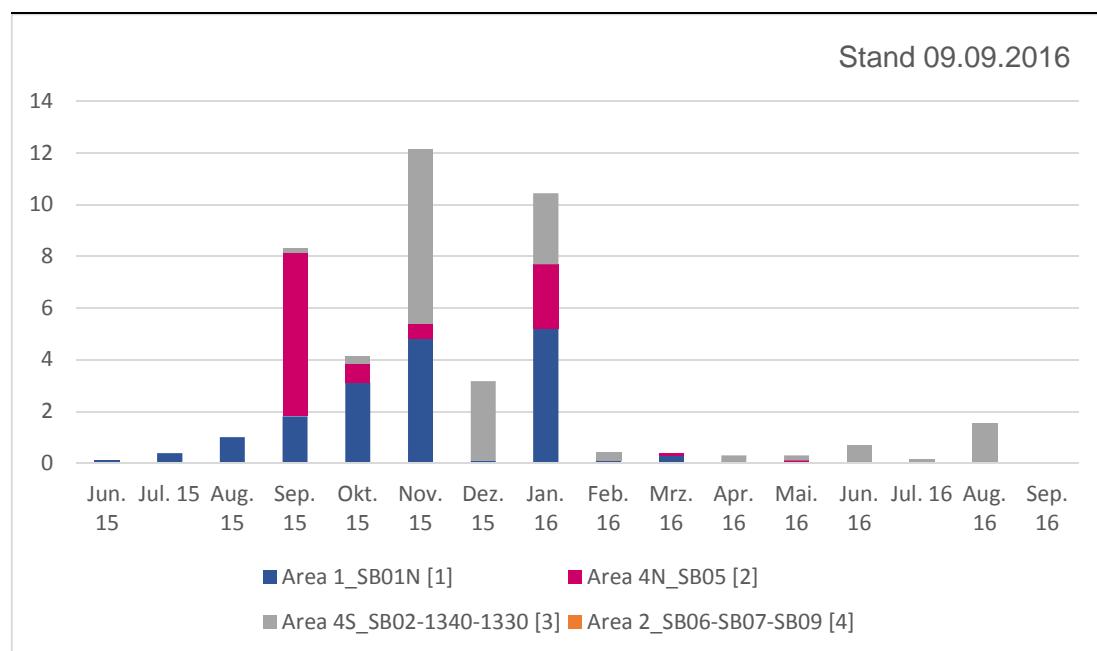


Abbildung 5.1 Sanierungsfortschritt Phasenabschöpfung mit Menge der zurückgewonnenen reinen Naphtha-Phase [m³]

Anhand der monatlich zurückgewonnenen reinen Phase in den Sanierungsgebieten (Abbildung 5.1) und trotzdem der Phasenaustrag in **Area 1** mit 17,0 m³ höher als in **Area 4N** mit 10,3 m³ und **Area 4S** mit 16,2 m³ liegt (Tabelle 5.1) wird erkennbar, dass sich das Maximum der Naphtha-Phase vom WP6 nach Südwesten hin verlagert hat. Dies wird durch gezielte Absenkung in den Sanierungsbrunnen SB02 (seit Dezember 2015) und SB04 (seit März 2016) auch in Zeiten mit

hohen Rheinwasserständen unterstützt. Die Verlagerung der Phase dem hydraulischen Gradien-ten folgend wird ebenfalls an den geringen Phasenstärken in **Area 1** im Vergleich zu hohen Pha- senstärken in **Area 4** deutlich (Abschn. 3.3.1).

Tabelle 5.1 Tabellarische Überischt zum aktuellen Stand der Phasensammeltanks und Skimmer-Einheiten (Stand 09.09.2016)

Area	Aktueller Stand	Sammeltank	Zurückgewonnene
			Menge reine Phase
			[m ³]
1 Eintragsgebiet	SB01N, GWMS1Neu, GWM01, GWM09	20	17,0
2 Köln Godorf	GWM17, GWM18	20	0
4N – WP4 außen	GWM19, GWM20	20	10,3
4W – Parkplatz Nordost	SB04, SB03	1	0
Tor 2			
4S – WP4 innen	SB02, 1340, GWM37, GWM38, GWM53, GWM54, GWM55, GWM56, GWM57, GWM58	20	16,2

5.2 Raumluft

Das Risiko eines Eintrags von Naphtha-Bestandteilen in Gebäude ist neben den äußereren Bedin-gungen, der Boden- und der Gebäudebeschaffenheit entscheidend von der Konzentration in der Bodenluft in der Nähe des Gebäudes abhängig.

Die im August bis November 2015 durchgeföhrten Raumluftmessungen im Gebäude Godorfer Hauptstraße 24 zeigten keine Hinweise auf einen Naphtha-Eintrag. Nach einer längeren Frostper-iode und starken Änderungen im Grundwasserstand im Januar 2016 wurde in dem Gebäude ein Eintrag von Naphtha festgestellt.

Aufgrund der auffällig erhöhten Konzentration für Substanzen aus dem Naphtha (sehr leicht flüch-tige aliphatische Kohlenwasserstoffe) im Keller des Hauses Godorfer Hauptstraße 24 die Mitte Januar 2016 festgestellt wurden, ist neben einer unmittelbaren intensiven natürlichen Lüftung des gesamten Wohnhause als kurzfristige technische Maßnahme eine Zwangsbelüftung mit einer Leistung von ca. 80 m³/h im Keller installiert worden. Seit Anfang Februar 2016 wird an der südli-chen Gebäudeseite des Kellers eine Abluftanlage mit einer Absaugleistung von etwa 200 m³/h betrieben. Die Konzentrationen der leichtflüchtigen Naphtha-Ausdünstungen wurden durch die Belüftung um etwa 99% reduziert, wie anhand der Wiederholmessung im Februar 2016 belegt

werden konnte. Die Konzentrationen lagen damit sehr weit unterhalb der vom LANUV-NRW vorgeschlagenen Bewertungsempfehlung von 1% des Arbeitsplatzgrenzwertes für die einzelnen VVOCs (C4 bis C7 Alkane). Im Wohn- und Schlafzimmer wurden die Beurteilungswerte für die Einzelsubstanzen nach dem Einbau der Zwangsbelüftung eingehalten. Vorsorglich wurde im Erdgeschoss ein zusätzlicher Luftreiniger mit Partikel- und Aktivkohlefilter installiert. Die Raumluftqualität wurde seit Januar 2016 monatlich kontrolliert, dabei wurden die hygienischen Vorgaben an die Raumluft eingehalten.

Zu einer nachhaltigen Minimierung des Risikos eines Eintrags von Naphtha aus der Bodenluft in den Keller wurde die Isolierung der Bodenplatte und der Wände mit einer gasdichten Mehrschichtaluminiumfolie von der Tauw GmbH vorgeschlagen und im Juni 2016 mit den Anwohnern, dem Gesundheitsamt der Stadt Köln und der Basell Polyolefine GmbH abgestimmt. Im Juli 2016 wurde die marode Bodenplatte entfernt und eine neue fachgerecht eingebaut. Die mangelhaftverfügten Ziegelsteinwände wurden neu verputzt. Nach der ausreichenden Trocknung des Betonbodens und der verputzten Wände wurden diese mit einer Mehrschichtaluminiumfolie gegen das Durchdringen von gasförmigen Naphtha-Bestandteilen aus der Bodenluft isoliert. Die Folie wurde im September Estrich bzw. Silikatplatten abgedeckt. Anschließend erfolgt noch der Tausch der dauerhaften Zwangsbelüftung gegen eine bedarfsgerechte hygrometer-gesteuerte Be- und Entlüftung, die Arbeiten sollen voraussichtlich bis Mitte Oktober 2016 abgeschlossen sein.

In anderen der in Godorf untersuchten Gebäude waren aufgrund der Analysenergebnisse keine technischen Sanierungsmaßnahmen innerhalb der Gebäude notwendig. Durch die sukzessive Anpassung der Bodenluftabsaugung und den Maßnahmen zur Grundwassersanierung konnten im Laufe der vergangenen Monate die Konzentrationen von Naphtha im Wohngebiet signifikant reduziert und damit das Risiko eines Eintrags von Naphtha in Wohngebäude erheblich verringert werden.

5.3 Bodenluftabsaugung

Insgesamt wurden über die Bodenluftabsaugung in den vier Sanierungsgebieten **Area 1**, **Area 2**, **Area 4** und **Area 5** bis Ende August 2016 ca. 51,0 m³ zurückgewonnen (Abschn. 4.1).

In **Area 1** werden über die Bodenluftabsaugung seit Juli 2015 bis Ende August 2016 ca. 34,4 m³ abgesaugt.

In **Area 2** werden über die Bodenluftabsaugung seit Dezember 2015 bis Ende August 2016 ca. 13,1 m³ abgesaugt.

In **Area 4** werden über die Bodenluftabsaugung seit Juli 2016 bis Ende August 2016 ca. 3,5 m³ abgesaugt.

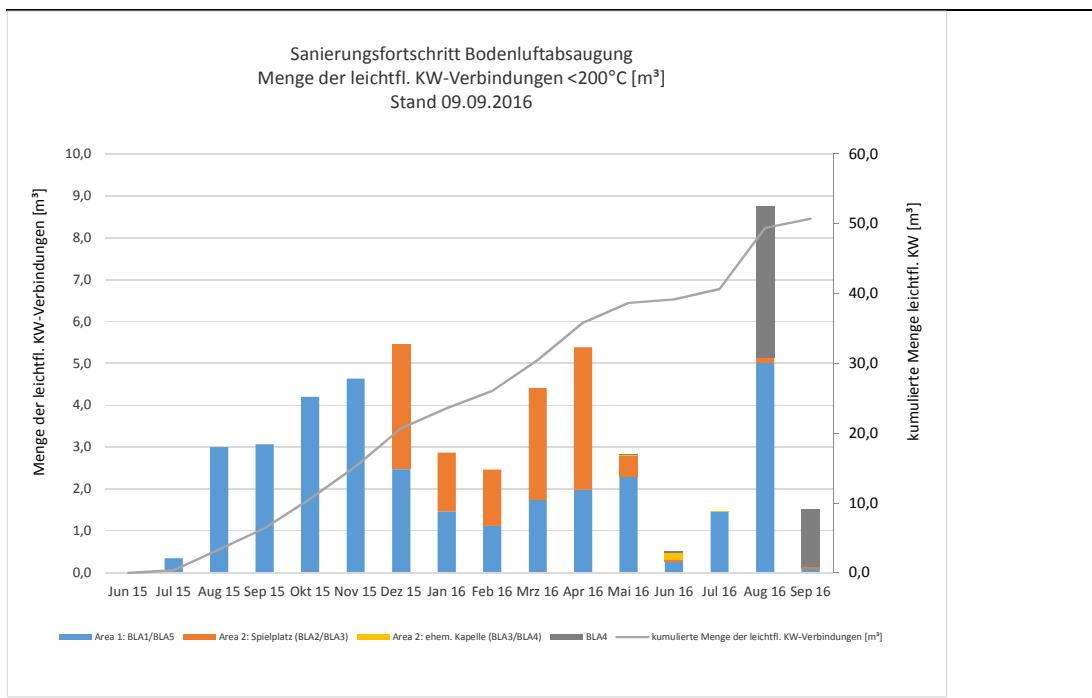


Abbildung 5.2 Sanierungsfortschritt Bodenluftabsaugung mit Menge der leichtflüchtigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen [m³]

Eine Übersicht der in den Sanierungsgebieten aufgestellten Bodenluftabsaugungen ist im Bericht der Arcadis GmbH zusammengestellt (Anhang).

5.4 Grundwassersanierung

5.4.1 Reinigung über Aktivkohleanlagen (mobile Anlagen)

Im Rahmen des Naphtha-Schadens an WP6 sind auf dem Werksgelände der Basell Polyolefine GmbH drei Anlagen zur Grundwasseraufbereitung in folgenden Baufeldern installiert:

- Standort A507 – Sanierungsbrunnen SB02, Reinigungskapazität Nennleistung 300 m³/h
- Standort A443 – Sanierungsbrunnen SB01N, Reinigungskapazität Nennleistung 130 m³/h
- Standort A512 - Sanierungsbrunnen SB04, SB03, SB02, Reinigungskapazität Nennleistung 270 m³/h

Die Gesamt-Reinigungskapazität beträgt 700 m³. Aufgrund der Verschaltung der einzelnen Anlagen untereinander, ist ein hydraulischer Abgleich des Gesamtsystems notwendig. Hierdurch ergibt sich ein maximal verfahrenstechnisch möglicher Volumenstrom von ca. 525 m³/h. Des Weiteren reduziert sich der mittlere Volumenstrom weiter auf ca. 500 m³/h durch Außerbetriebnahme von Anlagen aufgrund von Aktivkohlewechseln und Rückspülen.

5.4.2 Grundwasserreinigungsanlage (stationäre Anlage)

Die Abwasserreinigungsanlage wird auf dem Werksgelände der Basell Polyolefine GmbH im Baufeld A447 errichtet. Die Anlage wird als Freianlage errichtet. Das Abwasser mit einer maximalen Gesamtmenge von 1.200 m³/h wird der Abwasserreinigungsanlage von den einzelnen Sanierungsbrunnen über eine gemeinsame Sammelleitung zugeführt. Der modulare Aufbau von 6 parallelen Behandlungseinheiten mit einer Kapazität von jeweils 200 m³/h ermöglicht eine bessere Anpassung der Anlagenkapazität an die tatsächlich anfallende Abwassermenge.

Der modulare Aufbau ermöglicht eine bessere Anpassung der Anlagenkapazität an die jeweils tatsächlich anfallende Abwassermenge. Einzelne Module werden je nach der zuströmenden Menge an Abwasser zu- bzw. abgeschaltet. Bei kleinen Durchsätzen ist ein Intervallbetrieb möglich.

In den einzelnen Modulen erfolgt eine 2-stufige Desorption der Kohlenwasserstoffe aus dem Abwasser der Luft. Dazu durchströmt das Abwasser zwei Desorptionskolonnen von oben nach unten und läuft nach der zweiten Kolonne im freien Überlauf über die Auslaufleitung in den im Boden liegenden Ablaufschacht, von dort über eine Sammelleitung drucklos zum nbba-System der Werkskanalisation.

Als Desorptionsluft wird Außenluft im Gegenstrom angesaugt, d.h. die Luft durchströmt zunächst die zweite Kolonne jeweils von unten nach oben. Der normale Luftdurchsatz eines Modules beträgt 4.000 m³/h (max. 5.000 m³/h). Mitgerissenes Abwasser wird vor dem Eintritt in das Gebläse abgeschieden.

Die Luftmenge wird manuell eingestellt. Bei einer biologischen Besiedelung erfolgt durch Flutung eine Abreinigung durch Turbulenzen. Das Abwasser wird über das bbA-Kanalsystem zur zentralen Abwasserbehandlung abgegeben.

Die Abluft aller Module wird in einer Sammelleitung zusammengeführt, so dass die Abluftreinigung in einer Einrichtung zur regenerativen thermischen Oxidation (RTO) für eine Dauerlast von 24.000 m³/h (max. 30.000 m³) möglich ist. Das Reingas wird über einen Kamin zur Atmosphäre abgegeben.

6 Weitere Maßnahmen

Im Rahmen der erweiterten Untersuchungen zur Eingrenzung der Phase sind die noch ausstehenden Bodenuntersuchungen südlich des Tunnels an AP121 und AP120 und im Bereich des

Wendehammers der Godorfer Hauptstraße in SB09, SB06, SB07, GWM15 und GWM16 durchzuführen.

Die Umsetzen des Konzepts der Phasenabschöpfung sieht ausschließlich die Ausstattung der aktiven Sanierungsbrunnen mit Phasenpumpe vor und das Aufstellen der 1 m³ - Sammeltanks mit Anschluss der Phasenpumpe, zum Auffangen der abgesaugten Phase.

Auf Grundlage der vorliegenden Messdaten, die derzeit keine Hinweise auf nachweisbare Naphtha-Einträge in Gebäude im südlichen Godorfer Wohngebiet geben, und der niedrigen Konzentrationen von gasförmigen Naphtha-Bestandteilen in der Bodenluft sind keine flächendeckenden Untersuchungen der Raumluft in Godorf erforderlich.

Da die Bodenluftkonzentration von Naphtha-Bestandteilen u.a. durch den Grundwasserstand, die Bodenbeschaffenheit und Druckunterschiede lokal variieren kann, sollten Raumluftuntersuchungen bei Bedarf in den möglicherweise gefährdeten Häusern fortgesetzt werden.

Optimierung der Bodenluftabsauganlagen (Anhang) und Erstellung einer umfassenden Bodenluft-Sanierungsstrategie.

Optimierung der Messungen der Phasenstärken und der Probenahmen der Bodenluft und des Grundwassers.

Auswertung der Untersuchungen zu natürlichen Abbauprozessen im Untergrund (Analytik der Elektronenakzeptoren).

Inbetriebnahme der stationären Grundwasserreinigungsanlage mit 600 m³/h in der 40.KW und Erweiterung auf 1.200 m³/h bis Anfang Dezember 2016.

7 Literaturangaben

- [1] Tauw GmbH (2015): Zwischenbericht vom 06.05.2015
- [2] Tauw GmbH (2015): Zwischenbericht vom 19.06.2015
- [3] Tauw GmbH (2015): Zwischenbericht vom 20.10.2015
- [4] Tauw GmbH (2016): Entnahmestratie Grundwasser vom 23.05.2016
- [5] Umweltbundesamt UBA (2007): Beurteilung von Innenraumluftkontaminationen mittels Referenz- und Richtwerten, Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz, 50:990–1005
- [6] Umweltbundesamt UBA (2008): Bereitstellung einer Datenbank zum Vorkommen von flüchtigen organischen Verbindungen in der Raumluft, WaBoLU 05-08, ISSN 1862-4340
- [7] Umweltbundesamt UBA (2010): Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003-2006, Innenraumluft – Flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft in Haushalten mit Kindern in Deutschland, ISSN 1862-4340
- [8] Tauw GmbH (2016): Festlegung Aktionsplan Raumluftmessungen im Gesprächsprotokoll M001-2421101CPR-V02 vom 12.02.2016
- [9] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen LANUV (2016): Erste Einschätzung der gesundheitlichen Bewertung des Naphtha-Schadens in der Godorfer Hauptstraße in Köln vom 29.04.2016
- [10] www.geoportal.nrw.de
- [11] Dr. Tillmanns & Partner GmbH: Zusammenfassende Darstellung der derzeit bekannten Schadensfälle im Bereich der Rohrtrasse Ost im Hinblick auf die Belastungssituation der Umweltmedien Boden und Grundwasser vom 26.06.2014

8 Abkürzungsverzeichnis

AP	Ansatzpunkt
Bez.	Bezeichnung
BTEX/TMB	monoaromatische Kohlenwasserstoffe mit Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole und Trimethylbenzole
GCMS	Gas-Chromatographie im Massen-Spektrometer
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
RTO	Regenerative Nachverbrennung (regenerative Oxidation)
u. GOK	unter Geländeoberfläche

Anlage

1

Lageplan Untersuchungsgebiet

Anlage

2

Lageplan Untersuchungsgebiet mit Lage Vertikalprofil (konzeptionelles Modell)

- 1\ Vertikalprofil P5 – Nordost – Südwest
- 2\ Vertikalprofil P2 – Nordwest – Südost

Anlage

3

Lageplan Sanierungsgebiete (Area1-5) / -anlagen

Anlage

4

Sanierungsfortschritt

- 1\ Frachtenermittlung zurückgewonnener Naphtha-Phase (Phase / BL / GW)
- 2\ Übersicht Ansatzpunkte und Maßnahmen

Anlage

5

Übersicht Bodenuntersuchungen

Anlage

6

Übersicht Phasenuntersuchungen

Anlage

7

Verteilungspläne der Phasen- und Benzol-Ausbreitung und Entwicklung an ausgewählten Kontrollebenen

- 1\ Januar 2016
- 2\ März 2016
- 3\ Mai 2016
- 4\ Juli 2016
- 5\ August 2016
- 6 \ Entwicklung an ausgewählten Kontrollebenen

Anlage

8

Bodenluft vs Raumluft

Anlage

9

Verteilungspläne der Summe der Leichtflüchter in der Bodenluft und der Phasen- und Benzol-Ausbreitung im Grundwasser

1\ Januar 2016

2\ März 2016

3\ Mai 2016

4\ Juli 2016

5\ August 2016

10

Anlage

Entwicklung der Phasenstärke und tabellarische Übersicht

Anlage

11

Entwicklung der BTEX-Konzentration

Anlage

12

Grundwassergleichenpläne

- 1\ 13. November 2015 – Niedrigwasser
- 2\ 26. November 2015 – Hochwasserereignis
- 3\ 17. Dezember 2015 – Mittelwasser
- 4\ 14. Januar 2016 – Hochwasserereignis
- 5\ 21. März 2016 - Mittelwasser
- 6\ 11. Mai 2016 - Mittelwasser
- 7\ 14. Juli 2016 - Mittelwasser
- 8\ 18. August 2016 - Mittelwasser

Anlage

13

Ganglinien Oberflächengewässer

1\ Rhein Pegel Köln km688 und interpolierter Pegel Hafenbecken WP7 km671,5

Anlage

14

Ganglinien Grundwassermessstellen

1\ in Area 1, 5, 2 und 4

2\ Auswertung Datenlogger

Anlage

15

Grundwassermanagement 07/2016 – 06/2017

Anlage

16

**Anhang Arcadis GmbH (2016): Statusbericht Bodenluft vom
26.09.2016**

Anlage

17

Prüfberichte