

Detailplanung Grundwassersanierung Sprengstoffabrik Carbonit AG/ Waldsiedlung (BAK-Nr. SE2001) Technische Stellungnahme zur Projekt- u. Kostenentwicklung

1. Historie

Zum Auftakt der Detailplanung Grundwassersanierung Waldsiedlung wurde zunächst eine Machbarkeitsstudie (MBS) durchgeführt, in deren Verlauf aus sechs grundsätzlich geeigneten Verfahrenskombinationen eine Kombination aus Horizontalbrunnen, Vakuumförderung (Heberverfahren) und chemischer Oxidation als günstigste Variante ermittelt wurde. Es war vorgesehen diese Kombination in einer Sanierungszone 1 (Z1) im unmittelbaren Abstrom der Haupteintragsbereiche im Verlauf der Haydnstr./ Ottweiler Str. und einer Sanierungszone 2 (Z2) innerhalb der Mülheimer Straße einzusetzen (vgl. Anlage 1.1: Sanierungszonen 1+2 = "Sanierungsteilzonen I + II").

Ziel war für beide Sanierungszonen die vollständige Fassung der kontaminierten Wässer und die vollständige Abreinigung zur Wiedereinleitung in das abstromige Grundwasser.

Beide geplanten Anlagenstandorte (Sanierungsanlagen) befinden sich auf Kölner Stadtgebiet, unmittelbar hinter der südlich entlang der Wohnbebauung verlaufenden Stadtgrenze. Der geplante Anlagenstandort für Z2 befindet sich in einer ehem. Kiesgrube im Naturschutzgebiet (NSG) Hornpottweg. Der Standort für Z1 liegt innerhalb eines bewaldeten Landschaftsschutzgebietes (vgl. Anlage 1.1). Gemäß Vorabstimmung mit der unteren Landschaftsbehörde der Stadt Köln ist für beide Standorte eine landschaftspflegerische Begleitplanung erforderlich.

2. Ergebnis und Wertung der bisherigen Planungen

2.1 Planung Horizontalbrunnen

Auf Basis der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie wurde die Dr. Tillmanns & Partner GmbH Ende 2008 mit der Trassenerkundung und Detailplanung für beide Horizontalbrunnen beauftragt. Diese Arbeiten wurden mit dem 2. Zwischenbericht vom 12.10.2010 und dem zusammenfassenden Bericht zur Genehmigungsplanung vom 06.04.2011 vorläufig abgeschlossen.

Die zur detaillierten Erkundung durchgeführten umfangreichen Sondierarbeiten zeigen für beide vorgesehenen Brunnenrassen trotz eines für den devonischen Untergrund ermittelten Kleinreliefs ein ausreichendes Gefälle in Richtung Süden, wo die vorgesehenen Horizontalbrunnen jeweils in einen Sammelschacht münden sollen.

Die Errichtung der Horizontalbrunnen kann jeweils von Süden mittels einer durchgehenden Horizontalbohrung im HDD-Verfahren (HDD=Horizontal **D**irect **D**rilling= Horizontales direktes [Gestänge-]Bohren) erfolgen. Aufgrund der mittlerweile zur Verfü-

gung stehenden Bohrtechnik sind auf den ca. 500 und ca. 300 m langen Trassen bis auf die Endschächte (Start- und Zielgruben) keine Zwischenschächte mehr erforderlich. Als Brunnenausbau ist für die Grundwasserfassung jeweils ein PEHD-Filterrohr (PEHD= **P**oly**E**thylen **H**igh **D**ensity = Polyethylen hoher Dichte) im Durchmesser DN 100 vorgesehen.

Die Errichtung der Horizontalbrunnen mittels HDD-Technik ist technisch wirtschaftlich möglich. Entsprechend erforderliche Bohrgeräte, –verfahren und –spülungen sind Stand der Technik. Die erkundeten Trassen und die angetroffenen hydraulischen Verhältnisse lassen eine entsprechende Ausführung der Brunnen mittels PEHD-Filterrohr DN100 zu.

Die gegenüber der Machbarkeitsstudie eingetretenen Kostensteigerungen von ca. 50% sind rein investiver Natur und ergeben sich u.a. aus Änderungen in der jeweiligen kontaminationsbedingten Brunnenlänge (=Fahnenbreite). Weitere Kostensteigerungen sind durch die zwischenzeitlichen allgemeinen Preissteigerungen im Bausektor bedingt.

Ausweislich der Untersuchungsergebnisse kann die Achse des jeweiligen Horizontalbrunnens nicht überall die in der Höhe schwankende Aquifersohle (Sohle des Grundwasserleiters) lückenlos erreichen bzw. muss durch kleinere, wasserundurchlässige, devonische Höhenrücken hindurchgeführt werden. Hierdurch kann der Horizontalbrunnen partiell vom anströmenden Grundwasser unter- ("Talschlupf") bzw. überströmt ("Bergschlupf") werden. Der Bergschlupf wird sich im Verlauf des Brunnenbetriebes voraussichtlich weitgehend aufheben, da die "Berglagen" bei sinkendem Grundwasserspiegel "trockenfallen" werden. Es verbleiben letztlich die Fassungsverluste durch "Talschlupflagen", die vom Gutachter – bezogen auf die Schadstofffracht – mit < 5 Gew.% beziffert werden.

Der durch das Kleinrelief bedingte lokale Talschlupf ist in gewissem Umfang nichts Ungewöhnliches sondern normal. Die komplette und verlustfreie Fassung des lokalen Grundwassers ist bei dem relativ geringen Wasserdargebot verbunden mit einem steilen Gradienten ("Gefälle") mittels Brunnen (Horizontal oder Vertikal) üblicherweise nicht zu erreichen. Eine vollständige Fassung des kontaminierten Grundwassers ist nur dann möglich, wenn der ermittelte "Talschlupf" im unmittelbaren Brunnenabstrom durch eine entsprechende Abdichtung der Tal-Lagen blockiert wird. Über den erzielten lokalen Aufstau (< 1 m) kann das Wasser sicher in den Brunnen geleitet werden.

Neben den üblicherweise bei solchen Anforderungen verwendeten Vertikalinjektionen besteht die Möglichkeit – unter weitgehender Umgehung der vorhandenen Infrastruktur – einer Ausführung mittels horizontaler Injektionen über Horizontalbohrungen im HDD-Verfahren. Aufgrund der erforderlichen Tiefen von ca. 7 bzw. 13 m u.GOK und den erforderlichen Abdichtungshöhen von < 1 m sind wiederum entsprechend große Bohrlängen und Mehrfachbohrungen/ Mehrfachinjektionen erforderlich. Aufgrund der erforderlichen Bau-Infrastruktur und der lokalen Infrastruktur (Versorgungsleitungen, Kanäle, Hausanschlüsse) sowie den beengten Platzverhältnissen in den betroffenen Straßen sind diesbezügliche Maßnahmen jedoch sehr aufwändig und schwierig umzusetzen.

Die UBB geht für die erforderlichen Maßnahmen zunächst von **Mehrkosten** (Investition) im **unteren bis mittleren 6-stelligen** Bereich aus.

2.2 Planung Sanierungsanlagen

Auf der Grundlage einer Marktrecherche und anschließendem Wettbewerb mit 6 Bewerbern wurde die Fa. IBL Umwelt- und Biotechnik GmbH aus Heidelberg Ende 2011 mit den Planungsarbeiten für die beiden Grundwassersanierungsanlagen beauftragt.

Eine erste im Rahmen der Planungsarbeiten von IBL in 2012 durchgeführte Laborversuchsreihe zur Abreinigungsmethodik zeigte deutliche, gegenüber den Aussagen der Machbarkeitsstudie abweichende Ergebnisse. Diese wurden im Rahmen eines ersten Fachgesprächs am 29.08.12 mit Vertretern der Ingenieurbüros (IBL u. Dr. Tillmanns & Partner), des Verbandes für Flächenrecycling und Altlastensanierung (AAV) und des Landesamtes für Natur, Umwelt u. Verbraucherschutz NRW (LANUV) diskutiert und einvernehmlich die Durchführung einer zweiten Laborkampagne mit verbesserten und detaillierteren Versuchsreihen im Technikumsmaßstab beschlossen.

Beide Versuchsreihen (Labor + Technikum) konnten belegen, dass das Verfahren der **Ozonierung** für das kontaminierte Waldsiedlungswasser nicht die erwarteten Ergebnisse zeigte. Stattdessen waren – einen entsprechenden Energieeintrag vorausgesetzt – wesentliche Abreinigungserfolge um 90% allein der UV-Bestrahlung zuzuschreiben. Steigerungen dieser Leistung auf über 90-100% konnten unter hohem Energieeintrag mit Zugabe geringer Mengen von Wasserstoffperoxid erzielt werden.

Die nach Oxidation verbleibenden Schadstoffgehalte bestehen im Wesentlichen aus den vorwiegend neugebildeten Substanzen 1,3-Dinitrobenzol und 1,3,5-Trinitrobenzol. Diese Substanzen lassen sich innerhalb der oxidativen Transformation von Dinitrotoluol und Trinitrotoluol über Dinitrobenzoesäure und Trinitrobenzoesäure nicht weiter zerlegen, was bereits im Rahmen des ersten Fachgesprächs neben der Aufgabe der Ozonierung zugunsten einer Wasserstoffperoxid-Zugabe zu einer **Ergänzung** der Verfahrenskomponenten um eine **Adsorptionsstufe** führte.

Die Technikumskampagne (April bis Juli 2013) zeigte bezüglich der erforderlichen Energiemengen zwar deutlich bessere Ergebnisse, konnte aber die vom Gutachter IBL für den späteren Sanierungsbetrieb prognostizierten Betriebswerte nach Meinung der UBB nicht belegen.

Das mit den o.g. Vertretern daraufhin am 12.12.13 durchgeführte zweite Fachgespräch führte im Ergebnis zu der Notwendigkeit einer weiteren Verifizierung der Datenlage auf der Grundlage eines Pilotversuchs mit einer containerbasierten Sanierungsanlage vor Ort, in der auch Testläufe mit verschiedenen Adsorptionsmaterialien stattfinden sollten.

Trotz eines gegenüber den Laborversuchen deutlich verbesserten Wirkungsgrades (Reduktion des Energieverbrauchs von 5 kWh/cbm auf 2 kWh/cbm) wurden die energetischen Vorhersagen/Annahmen der Machbarkeitsstudie auch in diesem in 2014 durchgeführten Pilotversuch immer noch um den Faktor 4 verfehlt. Darüber hinaus ließen sich im Pilotversuch reproduzierbare Oxidations-Abreinigungsleistungen **mit vertretbarem energetischem Aufwand** nur bis ca. 75% erzielen.

Trotz einer vergleichsweise guten Adsorptionsfähigkeit der o.g. Schadstoff-Neubildungen konnte mit < 0,5 Gew.% im Pilotversuch nicht die sonst bei organischen Substanzen erzielbaren Adsorptionsraten von mehreren Prozent erreicht werden, was aber auch auf anderen Rüstungsstandorten beobachtet wurde.

Alle durchgeführten Versuchsmaßnahmen zeigen, dass eine 100%-ige Abreinigung des kontaminierten Waldsiedlungswassers bei entsprechendem energetischem Aufwand mit den aktuell getesteten Technologie-Kombinationen möglich ist. Innerhalb der drei unterschiedlich dimensionierten Versuchskonstellationen (Batch-, Technikums- und Pilotmaßstab) konnten die für eine vollständige Abreinigung der Schadstoffe erforderlichen Energiemengen unter Einsatz einer Adsorberstufe von 20 über 5 auf 2 kWh/ cbm reduziert werden.

Stadium	MBS	Laborversuch	Technikumsversuch	Pilotversuch
Verfahren	UV + Ozon	UV + H ₂ O ₂	UV + H ₂ O ₂ + Adsorber	UV + H ₂ O ₂ + Adsorber
Energiebedarf (kWh/cbm)	0,5	20	5	2
Abreinigung Oxidationsstufe (%)	100	100	100	75

Auf der Grundlage der Pilotversuchsergebnisse sieht der Planer IBL noch weitere Optimierungspotenziale. So **könnte** durch eine verbesserte Kontaktzeit und damit einhergehende Steigerung der Abbau-Effizienz eine Senkung des Energiebedarfs um weitere 50% (von 2 kWh/cbm auf 1 kWh/cbm) erzielt werden, was bei den Betriebskosten eine Gesamteinsparung von ca. 15% bewirkt.

Des Weiteren sieht der Planer Optimierungspotenziale durch Verbesserungen bzw. Anpassungen bei der Strömungs- und Strahlungsgeometrie, Strahlerrezeptur, Peroxidrate und verbessertem Adsorptionsmittel. Diese Verbesserungen sollen mit einer weiteren Kostenoptimierung von ca. 20% einhergehen. Damit ist gegenüber dem Ergebnis des Pilotversuchs aus Sicht von IBL ein Einsparpotential von insgesamt mehr als 30% möglich.

Die vom Gutachter postulierte weitere Absenkung des Energiebedarfs auf ca. 1 kWh/cbm durch weitere Erhöhung der Kontaktzeit wird seitens der UBB kritisch gesehen. Eher erreichbar erscheint eine Steigerung der Abreinigungsleistung der Oxidationsstufe auf ca. 90%, was zu einer Einsparung von Adsorbentmaterial führen würde. Gleichwohl wären weitere Energieeinsparungen u.U. von höherem Wert, da mit jedem eingesparten 0,1 kWh/cbm Einsparungen von jährlich netto 2.000 – 2.400 € (je nach Strompreis) verbunden sind, während jedes eingesparte Prozent Adsorbentleistung Kostenvorteile von netto 900 – 1.700 € (je nach Adsorptionskapazität) bedeutet.

Weitere **Einsparungen** auf die gesamten Betriebskosten in Höhe von 20% durch noch weitere Optimierungen innerhalb der Anlage erscheinen vor dem Hintergrund der bisherigen Ergebnisse **nicht sehr wahrscheinlich**. Darüber hinaus sind solche Optimierungen nur im Rahmen weiterer Prüfverfahren erzielbar, die, wie die letzten Versuchsverfahren eindringlich aufzeigen, vermutlich nur mit entsprechend aufwändigen Testreihen und der dazugehörigen Analytik durchzuführen sind.

Damit ergibt sich für die UBB nachfolgende aktuelle (verkürzte) Kostendarstellung:

Kosten (netto gerundet):			
Parameter	Ansatz IBL	Ansatz UBB	Ansatz MBS
Stromkosten Oxidation:	20.130 €	48.300 €	8.385 €
Aktivkohlekosten*):	21.500 €	17.200 €	–
H ₂ O ₂ -Kosten:	1.520 €	1.520 €	–
Kosten UV Lampen	1.230 €	2.840 €	– ?
Wartung San-Anlagen	18.000 €	18.000 €	18.000 €
Zwischensumme:	62.380 €	87.860 €	26.385 €
Wartung Horibrunnen	7.200 €	7.200 €	7.200 €
Stromkosten Heberanlagen:	1.300 €	1.300 €	In "Stromkosten Oxidation" enthalten
Betriebskosten netto	70.880 €	96.360 €	33.585 €
Betriebskosten brutto (gerundet)	84.350 € (84.000 €)	114.670 € (115.000 €)	39.970 € (40.000 €)
Analyt. Anlagenüberwachung:	9.000 €**)	9.000 €**)	11.000 €
Monitoring Waldsiedlung:	28.000 €**)	28.000 €**)	32.000 €
Jahreskosten brutto (gerundet)	121.000 €	152.000 €	83.000 €
Jahreskosten nach 10 Jahren	121.000 €	152.000 €	58.000 €***)

*) inkl. Entsorgung

**) günstiger aufgrund gesunkener Analytikpreise

***) günstiger wegen Abschaltung Sanierungszone 2

Wie die vorstehende Kostenaufstellung verdeutlicht, sind die prognostizierten **Betriebskosten** durch die erforderlichen Energie- und Adsorberkosten seit der Machbarkeitsstudie um mindestens **das Doppelte** (Schätzung IBL) bzw. **das Dreifache** (Schätzung UBB) gestiegen. Die gemäß Ansatz MBS nach 10 Jahren durch die Stilllegung von Z2 deutlich sinkenden Jahreskosten müssen nach heutigem Sachstand für einen **längeren Zeitraum (+X)** und auf **deutlich höherem Niveau** beibehalten werden.

Da der Planer IBL auf Basis der bisher vorliegenden Daten das o.g. Verbesserungspotential prognostizierte, wurde nach fachbereichsinternen Beratungen am 23.04.15 mit den o.g. Vertretern der Büros und des Landes ein drittes Fachgespräch in Richtung möglicher, verhältnismäßiger Gestaltungsvarianten einer Grundwassersanierung geführt. Unter anderem wurden verschiedene, MNA-basierte Ansätze (MNA= **Monitored Natural Attenuation** = überwachte natürliche Schadstoffminderung) mit ihren spezifischen Erfordernissen diskutiert. Wegen der nicht möglichen Quellsanierung waren MNA-Ansätze im Rahmen der Machbarkeitsstudie in Übereinstimmung mit den Vorgaben damaliger Umweltstandards verworfen worden. Die Diskussionen machten deutlich, dass aus Sicht des Landes NRW unter bestimmten Randbedingungen eine MNA-basierte Sanierungs-(Teil-)Lösung für den Standort auch ohne vorherige Quellsanierung möglich sein könnte, eine technisch aktive Lösung jedoch zunächst Vorrang hat.

2.3 Ergebnisse Anlagenstandorte Kölner Stadtgebiet

Parallel zur Anlagenplanung und den Abreinigungsversuchen wurden für die beiden geplanten Anlagenstandorte in Abstimmung mit der Landschaftsbehörde der Stadt Köln in 2013 die Arbeiten zur landschaftspflegerischen Begleitplanung (LBP) durch das landschaftspflegerische Ingenieurbüro Sven Peuker (BDLA) begonnen. Für die abgeschlossenen artenschutzrechtlichen Kartierungen ist eine Bewertung einschl. Aufstellung und Abstimmung des LBP noch nicht erfolgt, die weitere Bearbeitung wurde zunächst ausgesetzt. Die ermittelten faunistischen und floristischen Befunde zeigen jedoch für die geplanten Anlagenstandorte keine besondere artenschutzrechtliche Relevanz.

Die Grundwasserförderung mittels Heberttechnologie (Vakuumförderung) setzt grundsätzlich ein ausreichendes Potentialgefälle zwischen Fassungsort und Einleitort voraus. Daneben darf der Grundwasserspiegel aus physikalischen Gründen nicht tiefer als 8 m unter dem Hochpunkt der Gesamtanlage liegen. Bei einem lokalen Grundwasserspiegel am Förderpunkt Mülheimer Str. (Z2) von ca. 13 m unter Geländeoberkante (u.GOK), muss die Förderleitung spätestens bei ca. 5 m u.GOK zur Anlage abgehen. Diese Anforderung ist nur am ausgewählten, ausreichend tief liegenden, Anlagenstandort in der ehem. Kiesgrube des Naturschutzgebietes Hornpottweg zu realisieren.

Aufgrund der aktuellen Erfordernis einer Adsorptionsstufe und dem damit einhergehenden zusätzlichen Strömungswiderstand (Druckverlust) entsteht für den Standort Mülheimer Str. eine besonders schwierige Fördersituation, da das dortige Potentialgefälle aufgrund der Nähe zwischen Förder- und Einleitort sehr gering ist. Eine frei wählbare Einleitstelle mit größerem Potentialgefälle innerhalb der Kiesgrube und des NSG wäre hier wünschenswert. Eine Verlegung der Einleitstelle in tiefere Bereiche des NSG dürfte seitens der Kölner Naturschutzgremien aufgrund der baulichen Erfordernisse – wenn überhaupt – nur mit erhöhten Auflagen und zusätzlichen Bedingungen genehmigt werden. Bis zur entsprechenden Genehmigung ist die technische Umsetzung des Heberprinzips in Z2 nicht gesichert.

Der technisch ebenfalls mögliche, zusätzliche Einsatz einer Druckerhöhungs-Pumpe führt zu einer Aussetzung der bisherigen Argumentationskette zur erforderlichen Nutzung des randlichen NSG. Der Einsatz der Heberttechnologie war **zwingende Voraussetzung** für eine Genehmigungsfähigkeit durch die Stadt Köln. (Mit Pumpentechnologie wäre theoretisch jeder Anlagen- und Einleitstandort innerhalb des Leverkusener Stadtgebietes denkbar).

3. Monitored Natural Attenuation als (Teil-)Alternative

Nach Meinung des LANUV kann neben der aktiven Grundwasserreinigung am Standort Waldsiedlung auch der Ansatz von MNA berücksichtigt werden, auch wenn keine vorherige Quellsanierung erfolgt.

Für eine Zulassung als MNA-gestützte Sanierungsmaßnahme sind jedoch wichtige Rahmenbedingungen am Standort nachzuweisen (vgl. Leitfaden der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO); 2009):

1. Die bestehende Kontaminationsfahne muss rückschreitend bzw. mindestens lagestabil (stationär) sein;
2. Die Lagestabilität bzw. rückschreitende Ausdehnung der Fahne muss das Ergebnis einer Frachtreduktion durch aktiven Schadstoffabbau und nicht durch

Verdünnungseffekte oder eine reversible Schadstoffadsorption im Sediment sein.

3. Die Schadstoffminderung muss bilanzierbar sein. Das bedeutet u.a., dass ein Prozess-Ende innerhalb von wirtschaftlich sinnvollen Zeiträumen erkennbar sein muss.

Der Nachweis entsprechender Abbauprozesse vor Ort wäre aufwändig, da sowohl im lokalen Wasser als auch in Sedimentproben entsprechende Untersuchungen zum Schadstoffabbau durchzuführen sind. Daneben sind an verschiedenen repräsentativen Orten die entsprechenden Fracht- und Abbauraten zu ermitteln.

Der Nachweis einer **stationären Fahne** liegt mittlerweile vor, da alle aus den letzten 25 Jahren vorliegenden Grundwasseruntersuchungen belegen, dass die Fahne nicht weiter als bis in Höhe der Eisenbahnstrecke Köln-Düsseldorf reicht. In diesem Bereich stößt darüber hinaus von Norden der Ausläufer einer Nitroaromatenfahne aus dem Werk der Dynamit Nobel (Kalkstraße) hinzu, der an dieser Stelle weitere Betrachtungen zum Fahnenende erübrigt. Ein **Rückschreiten der Fahne** kann aus den hier aus über zwei Jahrzehnten vorhandenen Daten **nicht** abgeleitet werden.

Die ermittelten Metaboliten innerhalb der unpolaren und polaren Nitroaromaten sowie die Verschiebung der Mengenverhältnisse zwischen Abbau- und Ursprungsprodukten innerhalb des Fahnenverlaufs belegen eindeutig, dass Abbauprozesse innerhalb der Fahne quantitativ stattfinden. Durch aufwändige Untersuchungsreihen ist der Nachweis zu führen, dass diese Prozesse einen größeren Anteil an der Frachtreduktion als Verdünnung und Sorption haben.

Gegen eine Nutzung von MNA als Alternative bzw. Teillösung zur aktiven Sanierung spricht vor allem der Umstand, dass die vorhandenen Eintragsquellen über einen sehr großen Zeitraum aktiv bleiben werden:

Berechnungen der UBB zum Auflösungsverhalten von unterschiedlich großen Sprengstoffaggregaten zeigen, dass für Sprengstoffreste innerhalb der **wassergesättigte Zone** diese Zeiträume im Bereich von **Jahrhunderten** liegen. In der **ungesättigten Zone** (dort, wo nur das Niederschlagswasser einen Lösungsbeitrag leisten kann) liegen diese Zeiträume in der Größenordnung von **Jahrtausenden**.

Damit kann die Prognose eines Prozessendes innerhalb **überschaubarer und sinnvoller Zeiträume** – eine wesentliche Voraussetzung für die Zulässigkeit von MNA – **nicht** erfüllt werden.

4. Andere Sanierungsverfahren aus der MBS

An den Vorteilen eines Horizontalbrunnens gegenüber einer Vertikalbrunnenlösung hat sich durch die vorliegenden Daten nichts geändert, da sich auch bei einer vertikalen Lösung ein – weniger relief- als konstruktionsbedingter – Schlupf ergibt, der den aktuell festgestellten Betrag von < 5 Gew. % (bezogen auf die Schadstofffracht) wesentlich übertreffen dürfte. Hinzu kämen für die erforderlichen Sammelleitungen die Querungsprobleme mit der örtlichen Infrastruktur.

In der Frage der Abreinigung liegen die damals ebenfalls diskutierten Adsorbersysteme kosten- und anwendungsmäßig immer noch deutlich hinter den chemisch-

physikalischen Verfahren. Für die **polaren** Nitroaromaten ist auch weiterhin anzunehmen, dass eine Adsorption auf Adsorbentien schlechter verläuft als für die unpolaren NA (vgl. KORA TV 5 Rüstungsaltslasten). Bei der vorhandenen Schadstofffracht im Grundwasser von jährlich 46,4 kg/a und einer Adsorptionskapazität von < 0,5 Gew.% sowie Aktivkohlequalitäten mit Preisen von netto 10 € ergeben sich Adsorptionskosten von netto ca. 93.000 €. Bei ähnlichen Wartungspreisen (18.000 €) ergeben sich Betriebskosten von netto 111.000 Euro. Dem steht die konservative Schätzung der UBB basierend auf den Pilotversuchen mit netto 96.400 € gegenüber (vgl. o. Kostenaufstellung). Hinzu kommt, dass zum Mono-Aktivkohlebetrieb die erforderlichen Filterbehälter mit entsprechend größerem Volumen (ca. 10 Tonnen Jahresbedarf entsprechend ca. 15 cbm) vorzuhalten bzw. bei kleineren Behältern entsprechend häufigere Wechsel der Aktivkohle durchzuführen wären.

5. Analytikprobleme

Die Analyse der Gruppe der Nitroaromaten ist mittlerweile, nicht zuletzt durch die Arbeiten zum KORA-Themenverbund 5 Rüstungsaltslasten, standardisiert und von entsprechend ausgerüsteten Laboren gemäß standardisierten Untersuchungsvorschriften zu leisten. Gleichwohl traten im Rahmen der ersten Laborversuchsreihe unerwartet deutliche Diskrepanzen bei dem zunächst AN-seitig eingeschalteten renommierten Untersuchungslabor auf. Diese Diskrepanzen konnten trotz mehrfachen Nachhakens nicht zufriedenstellend geklärt werden. Die Einigung erfolgte schließlich dergestalt, dass alle weiteren Analytikarbeiten vom Rahmenvertragslabor Eurofins West GmbH in Wesseling im direkten Auftrag der Stadt Leverkusen ausgeführt wurden. Aus Sicht der UBB ist hier für zukünftige Maßnahmen insbesondere für die erforderliche Begleitanalytik von Sanierungsmaßnahmen eine entsprechende Qualitätssicherung vorzusehen. Diese wurde bereits im Rahmen der zweiten Laborversuchsreihe mittels Zweituntersuchungen durch eine entsprechend spezialisierte Untersuchungsstelle mit einbezogen. Die Ergebnisse waren jedoch auch hier nicht unbedingt eindeutig, ließen sich jedoch auf verfahrensbedingte Unterschiede zurückführen und mit einem Korrekturfaktor angleichen. Hier wäre im Vorfeld eines Sanierungsbetriebes über Maßnahmen wie Ringversuche ein geeignetes Erst- und Zweitlabor zu ermitteln.

6. Schlussdiskussion

Im Rahmen der internen Bearbeitung wurden nach dem dritten Fachgespräch neben den aktuellen beiden "extremen" Varianten

- Variante A: Umsetzung von zwei Sanierungszonen (Z1+Z2) + Schlupfbeseitigung
- Variante E: keine aktive Sanierung, nur Aufrechterhaltung von Schutz- u. Beschränkungsmaßnahmen

drei weitere Szenarien entwickelt, die aus technischer Sicht unter dem Gesichtspunkt einer Kostenminimierung realisierbar sind:

- Variante B: Umsetzung Sanierungszone (Z1) + Schlupfbeseitigung
- Variante C: Umsetzung Sanierungszone (Z1) + MNA
- Variante D: keine aktive Sanierung, nur MNA

Aus Sicht UBB sind nach den vorstehenden Ausführungen zu MNA (Kap. 3.) von den ursprünglich diskutierten 5 Sanierungsszenarien nur noch drei wesentliche Varianten eingehender zu betrachten:

- Variante A: Zwei Anlagen + Schlupfbeseitigung
- Variante B: Eine Anlage + Schlupfbeseitigung
- Variante E: keine aktive Sanierung, nur Schutz- u. Beschränkungsmaßnahmen (= bisheriger Status)

Die MNA-basierten Varianten können vernachlässigt werden, da das prognostizierte Prozessende jenseits bilanzierbarer Zeiträume liegt.

6.1 Variante A: Zwei Anlagen + Schlupfbeseitigung

Hierbei handelt es sich um die aktualisierte Schlussvariante aus der Machbarkeitsstudie. Prognostiziert wurde, dass der Abstrom beider Sanierungszonen nach etwa 10 Jahren Sanierungsbetrieb schadstofffrei ist. Für den Bereich potentieller Kleinherde sollte zunächst geprüft werden, ob hieraus überhaupt ein nennenswerter Beitrag zu Grundwasserbelastung geliefert wird. Erst danach sollte über weitere Maßnahmen entschieden werden.

Auf der Basis der o.g. Energie- und Betriebskosten wurde die Maßnahme seinerzeit als verhältnismäßig betrachtet, um die Fahne bis auf ein Restgebiet im Anstrom von Z1 zu sanieren. Damit sollten ca. 80% der Fläche der Schadstofffahne saniert und ca. 90% des Gebietes der Allgemeinverfügung Grundwasser Waldsiedlung (AV-Gebiet) innerhalb des genannten Zeitraums wieder freigegeben werden.

Aktuell haben sich diese Daten dahingehend verändert, dass aufgrund der zwischenzeitlich erfolgten Untersuchungen sowohl die Investkosten (jetzt 1,3 Mio. Euro) als auch die Betriebskosten (115.000 €) deutlich erhöht haben. Hinzu kommen Kosten für die Schlupfbeseitigung sowie die Eingrenzung und Sanierung der Kleinherde vermutlich im höheren 6-stelligen Bereich.

Vorausgesetzt, alle Maßnahmen sind erfolgreich, kann das Ziel der Fahnenreduktion und Freigabe des AV-Gebietes im alten Umfang beibehalten werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Maßnahmen vermutlich mehr als die ursprünglich prognostizierten 10 Jahre in Anspruch nehmen werden. Die eindeutige Eingrenzung und evtl. Sanierung der Kleinherde ist erst möglich, wenn der Bereich von der überlagernden Hauptfahne gereinigt ist. Entsprechend verlängert sich der Zeitraum der erforderlichen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (Allgemeinverfügung) bis das Grundwasser belastungsfrei ist.

Neben der zeitlichen Verlängerung bis zur Aufhebung der großflächigen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen sind bei Umsetzung der Sanierungszone Z2 technische Schwierigkeiten zu erwarten, da unter Berücksichtigung der aktuell erforderlichen Adsorptionsstufe das Potentialgefälle für eine Umsetzung des Heberprinzips u.U. nicht ausreichend ist (vgl. Kap. 2.3).

6.2 Variante B: Nur eine Anlage (Z1) + Schlupfbeseitigung

Vor dem Hintergrund der eingetretenen Kostensteigerungen und der in Sanierungszone Z2 zu erwartenden Probleme wurde seitens der UBB eine Lösung mit nur einer Sanierungszone im Bereich Z1 entwickelt.

Die Investitions- und Betriebskosten werden damit deutlich günstiger, ebenso reduzieren sich die Kosten für die analytische Überwachung der Anlage.

Wie in Variante A verbleibt die Bearbeitung der Schlupfproblematik und die Beseitigung der Kleinherde mit den entsprechenden Kosten, um das Sanierungsziel zu 100% zu erreichen. Aufgrund des Fehlens der Sanierungszone Z2 wird der Bereich westlich der Mülheimer Str. jedoch erst später von Schadstoffen frei sein. Dies wird ebenfalls zu einer Verlängerung der prognostizierten Sanierungszeit bis zur weiträumigen Aufhebung des AV-Gebietes beitragen.

Fazit: Es werden langfristig alle Ziele wie in Variante A erreicht, nur mit einem noch größeren Zeitfaktor (+X Jahre).

6.3 Variante E: Keine aktive Sanierung, nur Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen (bisheriger Status)

Für den Fall, dass die Varianten A oder B nicht als verhältnismäßig eingestuft werden, verbleibt diese Variante aus Sicht der UBB als einzig mögliches Szenario, da die zunächst diskutierte Unterstützung durch MNA – wie oben dargestellt – zu verwerfen ist.

Damit sind die aktuellen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen auf unbestimmte Zeit aufrecht zu erhalten. Durch ein entsprechendes Monitoring ist die Stabilität der Fahne weiterhin zu beobachten.

7. Ausblick

Eine Reduzierung des AV-Gebietes kann auf den aktuell ermittelten und durch mehrere Untersuchungskampagnen der letzten Jahre abgesicherten tatsächlichen Fahnenbereich erfolgen. Hierdurch könnte ein großer Teil des aktuellen AV-Gebietes aus den grundwasserbezogenen Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen entlassen werden. Genauere Eingrenzungen sind durch einen Gutachter vorzunehmen.

Das Grundwasser des Altstandortes Waldsiedlung ist weiterhin in regelmäßigen Intervallen im Rahmen eines angepassten Monitorings zu überwachen und das Gebiet der Allgemeinverfügung bei Bedarf anzupassen. Die Monitoring- und Gutachterkosten liegen – je nach Parameter- und Messstellenumfang – pro Messkampagne bei ca. 15 bis 35 Tausend Euro.

Seitens der UBB werden nachfolgende Untersuchungsintervalle und –umfänge vorgeschlagen:

Alle 10 Jahre großes Monitoring: ca. 2 x 80 Messstellen (Herbst / Frühjahr)

Alle 5 Jahre kleines Monitoring: ca. 2 x 30 Messstellen (Herbst / Frühjahr)

Aus den Ergebnissen der im Sommer 2015 durchgeführten Statusbeprobung (76 Messstellen) ist abzusehen, dass die zum ersten Mal in der Geschichte des Standortes ermittelte flächige Verteilung der polaren Nitroaromaten z.T. deutliche Abweichungen von der bis dahin standardmäßig untersuchten Verteilung der unpolaren NA aufzeigt. Eine gutachterliche Bewertung steht noch aus. Es wird empfohlen, zukünftig standardmäßig beide Gruppierungen zu untersuchen, um etwaige Abweichungen im Verhalten frühzeitig zu erkennen. Dies ist im o. angegebenen Kostenumfang berücksichtigt.