

## **Standort ehemalige Zinkhütte in Dormagen-Nievenheim**

### **Bewertung des Sanierungsvorschlags von Prof. Dr. Altenbockum im Vergleich zu der vom Büro Prof. Dr. Düllmann präferierten Sanierungsvariante „Oberflächenabdichtung“**

**Auftraggeber:** Rhein-Kreis Neuss

**Auftragnehmer:** UMF – Umwelt- und Geotechnik  
Mainfranken GmbH

**Datum:** 19.02.2024

**UMF-Projektnr.:** 23035

**Bearbeiter-/in:** Dipl. Geol. Thomas Greubel  
Heidi Schuhmann, M. Sc

**UMF - Umwelt- und Geotechnik Mainfranken GmbH**

Hecke 3 / 97253 Gaukönigshofen / Tel: 09337/989798-0 / Fax: 09337/989798-9 / Email: mail@Umwelttechnik-UMF.de  
Sitz: Gaukönigshofen - OT Acholshausen / Amtsgericht Würzburg / HRB 16355

Geschäftsführung:  
Dipl.-Geol. Thomas Greubel;  
Sachverständiger nach §18 BBodSchG SG 2, SG 5  
Heidi Schuhmann, M. Sc. (Physische Geographie)

Bankverbindung:  
Raiffeisenbank Bütthard-Gaukönigshofen  
IBAN: DE09 7906 9031 0004 1037 00  
BIC: GENODEF1BHD

## Inhaltsverzeichnis

1.	Vorgang und Aufgabenstellung .....	3
2.	Vorliegende Unterlagen.....	4
3.	Standortdaten .....	5
3.1	Geländesituation und Untersuchungsbereich .....	5
3.2	Nutzungshistorie .....	6
3.3	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse .....	6
3.3.1	Geologie .....	6
3.3.2	Hydrogeologie .....	7
4.	Zusammenfassung Gefährdungsabschätzung und Sanierungsvorschlag Düllmann ...	7
4.1	Schadensbereiche und Schadstoffinventar .....	7
4.2	Grundwasserbelastung.....	8
4.3	Sanierungsvorschlag gemäß Rahmensanierungsplan.....	9
5.	Fachliche Bewertung Sanierungsalternativen Altenbockum .....	10
5.1	Teilquellensanierung mittels Aushub.....	11
5.1.1	Darstellung und Bewertung Teilaushub ehemalige Sickerbecken.....	11
5.1.2	Darstellung und Bewertung Teilaushub ehem. Produktionsstätten ...	15
5.1.3	Unklarheiten bei der Entsorgung.....	16
5.2	Sicherung des Aushubmaterials in einer Deponie .....	18
5.2.1	Ablauf Errichtung einer Deponie auf dem Gelände.....	18
5.2.2	Bewertung Teilszenario Errichtung einer Deponie.....	18
5.3	Bewertung der Schadstoffkonzentrationen in Silbersee und Rhein .....	18
5.3.1	Bewertung Schadstoffkonzentration Silbersee .....	18
5.3.2	Bewertung Schadstoffkonzentration Rhein .....	19
6.	Zusammenfassung und abschließende Bewertung .....	21

## 1. Vorgang und Aufgabenstellung

Die Stadt Dormagen plant im Rahmen des Bauleitplanverfahrens (B-Plan Nr. 528 „Entwicklungsbereich Silbersee“ die Um- bzw. Neunutzung des seit Anfang der 1970er Jahren brachliegenden Geländes der ehemaligen Zinkhütte in Dormagen-Nievenheim. Das Areal befindet sich im Eigentum der RWE Power AG. Diese hat in den vergangenen Jahren mehrere Untersuchungskampagnen in Auftrag gegeben. Hierzu zählen unter anderem eine Gefährdungsabschätzung nach §9 BBodSchG (2017, [1]), eine Sanierungsuntersuchung (2019, [2]) sowie auf letztere aufbauend, ein Rahmen-Sanierungsplan nach §13 BBodSchG (2019; [3]). In die Gefährdungsbeurteilung wurde der bereits vorhandene Kenntnisstand zur Belastungssituation aufgrund früherer durchgeführter Untersuchungen und Erkundungen miteinbezogen.

In der Sanierungsuntersuchung wurden vom Geotechnischen Büro Düllmann verschiedene Sanierungsvarianten vorgestellt sowie auf Verhältnismäßigkeit und Wirkung überprüft. Aufgrund der bereichsweise sehr hohen Schadstoffbelastungen, die dazu führen, dass Teile des Areals als nicht sanierbar betrachtet werden müssen, wurde unter dem Kosten-/Nutzen-Aspekt das partielle Aufbringen einer Oberflächenabdeckung als sinnvollste Variante eingestuft und im zugehörigen Sanierungsplan vom 11.11.2019 konkretisiert und den zuständigen Behörden vorgelegt.

Das Büro Altenbockum & Partner Geologen wurde daraufhin von der Stadt Dormagen beauftragt, die durchgeführten Vorerkundungen sowie die im Sanierungsplan konkretisierte Sanierungsmaßnahme auf Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit fachlich zu bewerten sowie die Verhältnismäßigkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen zu überprüfen und ggf. weitere Sanierungsverfahren zu benennen.

In der Sitzung des Umweltausschusses der Stadt Dormagen vom 25.08.2023 [6] wurde durch das Büro Altenbockum als alternatives Verfahren eine Quellensanierung und Oberflächenabdichtung des Umlagerungsbereiches vorgeschlagen. Das Szenario umfasst den Aushub von Bodenmaterial in Belastungsschwerpunkten, eine Umlagerung dieses Materials in einen gesicherten bzw. versiegelten Einbaubereich (z.B. in Form einer gesicherten Deponie) und damit einhergehend, eine Vermeidung von Bodeneingriffen im hierdurch gesicherten Bereich. Ziel der genannten Maßnahmen sei somit eine Reduzierung des Schadstoffeintrags in Grundwasser und Rhein, ein gut zu überwachender Umlagerungsbereich sowie eine Sicherstellung eines gefahrlosen Wohnens und Arbeitens im an die ehemalige Zinkhütte angrenzenden Umfeld.

In selbiger Sitzung wurde beschlossen, dass der Vorschlag des Büros Altenbockum & Partner Geologen fachlich zu prüfen sei. Diese Prüfung soll den vorgebrachten Vorschlag insbesondere im Vergleich zur im Rahmen-Sanierungsplan des Geotechnischen Büros Düllmann vorgebrachten Sanierungsvariante Oberflächenabdichtung gegenüberstellen und bewerten.

Als zuständige Fachbehörde wurde die Untere Bodenschutzbehörde des Rhein-Kreises Neuss durch die Stadt Dormagen aufgefordert, eine entsprechende fachliche Beurteilung des durch das Büro Altenbockum & Partner Geologen vorgebrachten Szenarios in Auftrag zu geben.

Die UMF – Umwelt- und Geotechnik Mainfranken GmbH wurde als nach §18 BBodSchG, SG 2 und SG 5 zugelassenes Ingenieurbüro mit der Schaffung einer fachlichen Grundlage zur Prüfung des Beschlusses der Stadt Dormagen vom 25.08.2023 mit Auftragschreiben durch den Rhein-Kreis-Neuss beauftragt.

## 2. Vorliegende Unterlagen

### Gesetzliche und untergesetzliche Regelwerke

- GESETZ ZUM SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN BODENVERÄNDERUNGEN UND ZUR SANIERUNG VON ALTLASTEN (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, zuletzt geändert durch Art. 7 G v. 25.02.2021
- BUNDES-BODENSCHUTZ- UND ALTLASTENVERORDNUNG (BBODSCHV) vom 16.07.2021 (in Kraft getreten am 01.08.2023)
- VERORDNUNG ÜBER ANFORDERUNGEN AN DEN EINBAU VON MINERALISCHEN ER-SATZBAUSTOFFEN IN TECHNISCHE BAUWERKE (ERSATZBAUSTOFFV) vom 09.07.2021 (in Kraft getreten am 01.08.2023)
- VERORDNUNG ÜBER DEPONIE- UND LANGZEITLAGER (DEPV) vom 27.04.2009, die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 09.07.2021 geändert worden ist

### Öffentlich-rechtliche Verträge

- ÖFFENTLICH-RECHTLICHER VERTRAG VOM 15.06.1998; betreffend das Gelände der ehemaligen Zinkhütte zwischen der RWE Energie Aktiengesellschaft und dem Kreis Neuss mit Ergänzungsschreiben vom 14.05.2007

### Untersuchungsberichte und Gutachten zum Standort

- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H- DÜLLMANN GMBH [1]  
Standort ehemalige Zinkhütte in Dormagen-Nievenheim. Gefährdungsabschätzung und orientierende Baugrunduntersuchung. Gutachten vom 06.06.2017
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H- DÜLLMANN GMBH [2]  
Standort ehemalige Zinkhütte in Dormagen-Nievenheim. Sanierungsuntersuchung. Gutachten vom 01.08.2018

- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H- DÜLLMANN GMBH [3]  
Standort ehemalige Zinkhütte in Dormagen-Nievenheim. Rahmen-Sanierungsplan vom 11.11.2019
- ALTENBOCKUM & PARTNER, GEOLOGEN [4]  
Validierung einer Altlastenuntersuchung, Dormagen-Delrath, Gutachten vom 19.08.2021
- GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H- DÜLLMANN GMBH [5]  
Erwiderung auf die Validierung einer Altlastenuntersuchung, Dormagen-Delrath, Büro Altenbockum & Partner Geologen

### Sitzungsprotokolle

- STADT DORMAGEN; AUSZUG AUS DER NIEDERSCHRIFT VOM 05.09.2023 [6]  
Auszug aus der 10. Sitzung des Umweltausschusses vom 25.08.2023; Öffentlicher Teil; TOP 5: Vortrag des Gutachter Altenbockum & Partner zum Silbersee, Antrag der Fraktion Zentrum, Vorlage 10/1528 Stadt mit Anlage Präsentation Büro Altenbockum

## 3. Standortdaten

### 3.1 Geländesituation und Untersuchungsbereich

Das Gelände der ehemaligen Zinkhütte in Dormagen - Nievenheim liegt ca. 3 km nordöstlich der Ortschaft Nievenheim zwischen Rhein im Osten und der BAB A57 im Südwesten. Es umfasst eine Fläche von ca. 100 ha, ist größtenteils eben und fällt leicht in nordöstliche Richtung ab.

Im nördlichen Geländebereich liegt der Silbersee, welcher eine ca. 10 m tiefe, ehemalige Kiesgrube darstellt und nach Norden hin mit dem Rhein verbunden ist. Das ehemals bebaute Areal d.h. die Produktionsanlagen der ehemaligen Zinkhütte befindet sich südlich des Sees.

Der Großteil des Geländes liegt aktuell brach oder ist mit Sträuchern und Bäumen bewachsen. Des Weiteren befinden sich ein Modellflugplatz, diverse Vereine sowie ein Lagerplatz auf der Fläche.

Nach Düllmann [1] kann das Untersuchungsgebiet in drei Flächen eingeteilt werden:

- Fläche 1: Ehemalige Wohnbau- und Freiflächen; südlich bzw. südwestlich des Silbersees
- Fläche 2: Ehemalige Produktionsstätten; südlich des Silbersees
- Fläche 3: Ehemalig Freiflächen, östlich des Silbersees an Rhein angrenzend

Innerhalb der nach Düllmann ausgewiesenen Fläche 3 befinden sich die ehemaligen Sickergruben, welche aufgrund der nachgewiesenen Belastungen jedoch dem Produktionsbereich zuzuordnen ist.

## 3.2 Nutzungshistorie

Die ehemalige Zinkhütte wurde in der Zeit zwischen 1913 und 1971 betrieben. Betreiber war zunächst die Rheinisch-Nassauische Bergbau- und Hütten AG, später die Stolberger Zink AG. Bis zum Betriebsende wurden die Betriebsanlagen kontinuierlich erweitert und ausgebaut.

Die Produktion konzentrierte sich zunächst ausschließlich auf die Herstellung von metallischem Zink wobei als Nebenprodukte Schwefel- und Salzsäure anfielen. Später wurde zusätzlich Schwefelkies, Bleierzkonzentrat sowie bleihaltiger Sinter produziert.

Die gesamte Abwasserentsorgung erfolgte über die südöstlich des Silbersees gelegenen Sickerbecken. Hinweise, dass Abwasser auch außerhalb dieser Sickerbecken versickert worden ist, liegen nicht vor. Die Fläche, in der sich die Sickerbecken befanden, umfasst eine Gesamtgröße von ca. 10.000 m<sup>2</sup>.

Der Abbruch der Betriebsanlagen erfolgte ab 1972. Hierbei erfolgte eine Unterscheidung zwischen Abbruchmaterialien, welche mit gesundheitsschädlichen oder wassergefährdenden Stoffen belastet waren und den übrigen Abbruchmaterialien. Erstere wurden entsorgt, das als unbelastet eingestufte Material wurde, außer im Bereich der Sickerbecken, der Grundwasserbeobachtungsbrunnen und der Betriebsanlagen 22 bis 40 einplaniert. Beim Rückbau wurden lediglich die oberirdischen Gebäudeteile entfernt. Es liegen keine detaillierten Informationen zur genauen Lage von Fundamentresten oder verfüllten Kellerräumen vor. Insgesamt umfasste die ehemals bebaute Fläche 28.911 m<sup>2</sup> [1].

Aktuelle Grundstückseigentümerin ist die RWE Power AG.

## 3.3 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

### 3.3.1 Geologie

Im Bereich der ehemaligen Betriebsgebäude stehen Auffüllungen bis zu 5,6 m Tiefe an. Es handelt sich hierbei überwiegend um Fundamentreste der ehemaligen Produktionsanlagen sowie das Abbruchmaterial der ehemaligen Gebäude. Im nordöstlichen Bereich zwischen Silbersee und dem Rhein sind Auffüllungen nur untergeordnet vorhanden.

Die oberste natürliche Schicht bilden Auensedimente des Rheins, die sich aus braunen, feinsandigen und tonigen Schluffen bzw. schluffigen Feinsanden zusammensetzen. Die Auelehmschicht ist nicht durchgehend auf dem Areal ausgebildet. Zur Tiefe folgen Terrassensedimente des Rheins, die überwiegend aus Sanden und Kiesen bestehen. Die Mächtigkeit dieser Terrassenablagerungen wird mit 18 bis 27 m angegeben.

Darunter folgen tertiäre Sande, die im Untersuchungsgebiet in Tiefen von über 20 m einsetzen.

### 3.3.2 Hydrogeologie

Grundwasserführend sind die Terrassensedimente des Rheins, die den Hauptgrundwasserleiter darstellen und eine hohe Durchlässigkeit aufweisen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte werden mit  $2$  bis  $6 \times 10^{-3}$  angegeben [1]. Im Untersuchungsgebiet liegt der Grundwasserflurabstand zwischen 5 und 10 m, wird jedoch stark durch den Wasserstand des unmittelbar angrenzenden Rheins beeinflusst. Nach dem vorliegenden Grundwassergleichenplan liegt eine generelle Grundwasserfließrichtung nach Nordosten auf den Rhein als Vorfluter vor.

## 4. Zusammenfassung Gefährdungsabschätzung und Sanierungsvorschlag Düllmann

### 4.1 Schadensbereiche und Schadstoffinventar

Aus dem Produktionsprozess ergaben sich umweltrelevante Belastungen, insbesondere durch die Schadstoffe Arsen, Blei, Cadmium und Zink. Diese gelangten als Stäube, Schlacken, Schlämme und Abwasser in den Boden und das Grundwasser. Hierbei konzentrieren sich die Schadensbereiche hauptsächlich auf die nach Düllmann ausgewiesene Fläche 2 (ehemalige Produktionsanlagen). Im Bereich der Flächen 1 und 3 wurden keine bzw. nur geringe Schadstoffgehalte nachgewiesen. Eine Ausnahme bilden die ehemaligen Sickergruben, die ca. 1 ha umfassen und auf Teilfläche 3 liegen.

Zusammenfassend ergeben sich zwei Hauptschadensbereiche:

- Ehemalige Produktionsstätten:  
Flächenumgriff: 175.000 m<sup>2</sup>; Sanierungszone: 1A / 2A
- Ehemalige Sickerbecken:  
Flächenumgriff: 135.000 m<sup>2</sup>; Sanierungszone 1B / 2B

Im Rahmen der Untersuchungen mittels Rammkernsondierungen wurden hauptsächlich im Bereich der ehemaligen Produktionsanlagen hohe Arsen- und Schwer-

metallgehalte festgestellt. Die höchsten Konzentrationen wurden hierbei im südlichen Abschnitt und zum Teil im nordwestlichen Bereich nachgewiesen. Bezogen auf die relevanten Metalle wurden hier Belastungswerte für Zink bis 83.400 mg/kg, für Cadmium bis 275 mg/kg, für Blei bis 31.400 mg/kg sowie für Arsen bis 3.300 mg/kg gemessen.

Nach den Ergebnissen der Gefährdungsabschätzung konzentrieren sich die Arsen- und Schwermetallbelastungen auf die obersten, etwa 1,5 m der Auffüllungen. Es wird dargelegt, dass die Konzentrationen mit der Tiefe rasch abnehmen und ab einer Tiefe von 4 bis 6 m die Vorsorgewerte nach BBodSchV einhalten. Da der Grundwasserflurabstand in diesem Bereich ca. 10 m beträgt, wird gefolgert, dass die Schadstoffquelle überwiegend in der ungesättigten Bodenzone liegt.

Den zweiten Schadensherd stellt der Bereich der früheren Sickerbecken dar. In diesem Bereich wurden bei früheren Untersuchungen bis in etwa 1 m Tiefe innerhalb des Auffüllungshorizontes erhöhte Gehalte an Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Zink nachgewiesen. Die Belastung erfolgte durch die Versickerung von Arsen- und schwermetallhaltigen Abwässern aus der Produktion, in deren Folge der Boden unmittelbar unterhalb der Gruben bis deutlich in die gesättigte Zone kontaminiert wurde. Nachdem das belastete Bodenmaterial ausgekoffert wurde, wurden die Gruben später zusätzlich mit schadstoffhaltigem Abrissmaterial verfüllt. Um Stoffeinträge aus den belasteten Bodenbereichen möglichst zu minimieren, wurde 2008 eine Oberflächenabdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen aufgebracht. Dies erfolgte nach Vorgaben des öffentlich-rechtlichen Vertrages mit der RWE Power AG. Der Schadstoffeintrag in diesem Bereich kann seitdem nur noch aus der gesättigten Bodenzone über Kontaktgrundwasser erfolgen.

## 4.2 Grundwasserbelastung

Aus den beiden oben benannten Hauptschadensbereichen ergeben sich ebenfalls zwei Grundwasserschadensbereiche, die jedoch auf unterschiedliche Eintragungsprozesse zurückzuführen sind.

### **Ehemalige Produktionsstätten:**

Im Bereich der ehemaligen Produktionsstätten findet der Stoffeintrag vorwiegend über Sickerwasser aus Niederschlägen statt, da sich die Schadensbereiche in der ungesättigten Bodenzone befinden. Grundwasseruntersuchungen in diesem Bereich belegen einen relevanten Stoffeintrag für Cadmium, Nickel und Zink. Grundwasser-sondierungen erlauben zudem eine Bewertung unmittelbar am Ort der Beurteilung. Es liegen Überschreitungen sowohl der Prüfwerte gemäß BBodSchV als auch der Geringfügigkeitsschwellenwerte der Parameter Cadmium und Zink vor.

Die Schadstofffahne reicht über den ehemals bebauten Bereich bis zum Silbersee hin.

### **Ehemalige Sickerbecken:**

Im Bereich der ehemaligen Sickerbecken erfolgt der Stoffeintrag in den Aquifer aufgrund der Lage der Belastungen in der gesättigten Bodenzone über direkten Grundwasserkontakt. Eine im Jahr 2008 im Auftrag der RWE Power AG eingebrachte Oberflächenabdichtung aus Kunststoffbahnen verhindert eine zusätzliche Infiltration aus der ungesättigten, belasteten Bodenzone und somit die Bildung von schadstoffbelasteten Sickerwässern. Bei den nachgewiesenen Schadstoffen handelt es sich insbesondere um Arsen sowie um die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink. Überschreitungen der Prüfwerte nach BBodSchV sowie der Geringfügigkeitsschwellen wurden für Arsen, Cadmium und Zink festgestellt.

Eine zusätzliche Schwierigkeit ergibt sich durch eine Mitte der 1970er Jahre durchgeführte Sanierungsmaßnahme nach Stilllegung der Produktionsstätten. Über 17 Injektionsbrunnen wurden insgesamt 29 Tonnen Kaliumpermanganat in den Grundwasserleiter eingegeben um das im abströmenden Grundwasser gelöste Arsen zu fixieren. Dies hatte jedoch zur Folge, dass die im Grundwasser gelösten Arsenverbindungen in Form von schwerlöslichen Arsenaten an der Bodenmatrix des Aquifers fixiert wurden. Die hierbei entstandenen Schadstoffnester stellen heute weitgehend diffus verteilte Sekundärquellen dar, deren genaues Ausmaß und Lage nicht bekannt sind.

Der belastete Grundwasserbereich erstreckt sich auf die Halbinsel zwischen Silbersee und Rhein.

## **4.3 Sanierungsvorschlag gemäß Rahmensanierungsplan**

Im Bericht des Büros Düllmann zur Sanierungsuntersuchung wurden verschiedene Sanierungsmethoden u.a. auf die Wirksamkeit bzw. Qualität der Maßnahme, potentielle Auswirkungen auf das Umfeld des Sanierungsbereiches sowie die erwartete Grundstücksqualität durchgeführt. Des Weiteren wurden die potentiellen Sanierungsvarianten gemäß Anhang 3 BBodSchV einer Nutzen-Kosten-Untersuchung bzw. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen.

Als mögliche Sanierungsvarianten wurden drei Szenarien [2] vorgestellt und entsprechend betrachtet:

- Variante 1: Quellsanierung durch Bodenaustausch
- Variante 2: Quellsanierung durch Oberflächenversiegelung
- Variante 3: Grundwassersanierung durch Pump-and-Treat

Nach Düllmann [2] wäre bei einer vollständigen Quellensanierung durch Bodenaustausch allein für die Sanierungszone 1A (ungesättigte Zone im ehem. Produktionsbereich) mit einem Aushubvolumen von ca. 875.000 m<sup>3</sup> zu rechnen. Für die Sanierungszone 1B (ungesättigte und gesättigte Bodenzone im Bereich der ehemaligen Sickerbecken und deren Abstrom) wäre überschlägig von einem auszuhebenden Bodenvolumen von 2,3 Mio. m<sup>3</sup> auszugehen, wenn sämtliche Schadstoffquellen einschließlich der Sekundärquellen hierdurch entfernt werden sollten. Zudem wären die technischen Herausforderungen bei der Umsetzung einer solchen Maßnahme mit Aushubtiefen von bis zu 15 m in einem hochdurchlässigen Aquifer immens und mit Risiken behaftet.

Aufgrund der hohen und nicht sicher zu kalkulierenden Gesamtkosten, die bei einer Quellensanierung durch Bodenaustausch entstehen würden, erweist sich die Umsetzung von Variante 1 als unverhältnismäßig und kostenmäßig nicht abschließend quantifizierbar.

Durch eine Pump-and-Treat Maßnahme (Variante 3) kann nur der Abstrom von schadstoffbelastetem Grundwasser verhindert werden. Wesentlicher Nachteil ist, dass der Pumpbetrieb dauerhaft aufrechterhalten werden muss, da sich die im Aquifer bzw. im Grundwasser vorhandene Schadstoffmenge über die Betriebszeit hinweg nicht bzw. nur unwesentlich verringern würde und somit dauerhaft Schadstoffe nachliefern würde. Aus fachlichen und wirtschaftlichen Erwägungen scheidet die Pump-and-Treat Maßnahme daher als mögliche Sanierungsvariante aus.

Letztendlich wird aus fachlicher Sicht und unter dem Kosten-Nutzen-Aspekt eine Oberflächenabdichtung als sinnvollste Variante eingestuft. Diese wird jedoch nur im Bereich der ehemaligen Produktionsflächen (Sanierungszone 1A) zum Einsatz kommen. Da geplant ist, die Fläche möglichst zeitnah einer gewerblichen Nutzung zuzuführen, kann die Oberflächenabdichtung auch durch eine Überbauung in diesem Bereich erreicht werden. Sanierungszone 1B ist mit verhältnismäßigen Mitteln nicht sanierbar.

## **5. Fachliche Bewertung Sanierungsalternativen Altenbockum**

In der vorliegenden Validierung des Büros Altenbockum & Partner Geologen werden keine konkreten Sanierungsalternativen genannt. Jedoch wurden in der Sitzung des Umweltausschusses der Stadt Dormagen am 25.08.2023 verschiedene alternative Lösungsansätze diskutiert. Die Niederschrift vom 06.09.2023 [6] zur benannten Sitzung liegt den Unterzeichnenden vor. Weitere bzw. detaillierte Ausführungen oder Angaben zu den zu bewertenden Alternativlösungen liegen nicht vor.

## 5.1 Teilquellensanierung mittels Aushub

### 5.1.1 Darstellung und Bewertung Teilaushub ehemalige Sickerbecken

**Szenario:** *Teilauskoffering im Bereich der ehemaligen Sickerbecken*

Als mögliches Alternativsanierungsverfahren wurde eine Teilauskoffering (= teilweise Quellensanierung) des belasteten Bodenmaterials im Umfeld der RKS 28 (Darstellung und Bewertung unter 5.1.2) und im Bereich der ehemaligen Sickerbecken benannt. Ziel ist eine gezielte Entnahme von potenziellen Belastungsschwerpunkten. Der ausgehobene schadstoffbelastete Boden soll in einen gesicherten bzw. versiegelten Einbaubereich im Bereich der ehemaligen Produktionsstätten verbracht werden. Durch die Umlagerung des belasteten Bodenmaterials sowie einer Vermeidung von Bodeneingriffen im gesicherten Bereich verspricht sich das Büro Altenbockum eine Reduzierung des Schadstoffaustrags in den Rhein sowie das Grundwasser. Dies solle in Kombination mit einer Oberflächenabdichtung im ehemaligen Produktionsbereich erfolgen.

Weitere bzw. detaillierte Angaben zu der vom Büro Altenbockum vorgebrachten Alternative liegen den Unterzeichnenden nicht vor.

Ein möglicher Aushub des kontaminierten Bodenaushubs wurde für den gesamten Schadensbereich als Variante 1 in der Sanierungsuntersuchung des Büros Düllmann betrachtet und bewertet. Die in der Bewertung der Sanierungsvariante 1 angebrachten Probleme ergeben sich auch bei einer kleinräumigen Auskoffering und soll im Folgenden näher erläutert werden.

#### **Hoher Untersuchungsbedarf wegen heterogener Schadstoffverteilung**

Für das vorgeschlagene Szenario müssten in einem ersten Schritt weitere, ergänzende Beprobungen und chemische Analysen durchgeführt werden. Diese dienen zur Eingrenzung des auszuhebenden Bereichs, aber auch, um Belastungsschwerpunkte zu detektieren.

Die bisher durchgeführten umfangreichen Erkundungsmaßnahmen belegen eine heterogene Schadstoffverteilung, was insbesondere auf den Bereich des ehemaligen Sickerbeckens zutrifft. Wie in Kapitel 4.2 bereits erläutert, führte eine Mitte der 1970er durchgeführte Sanierungsmaßnahme mittels Eingabe von Kaliumpermanganat zur Bildung von schwer löslichen Arsenaten im Boden. Hierbei erfolgte die Infiltration des Kaliumpermanganats über insgesamt 17 Brunnen über die Gesamttiefe des Aquifers. Die Problematik wurde bereits in der Sanierungsuntersuchung des Büros Düllmann thematisiert. Hier wurde erläutert, dass bei einem angenommenen Radius von 10 m um die jeweiligen Brunnen, in der die Bildung von Sekundärkontaminationen theoretisch stattgefunden haben könnte, rechnerisch eine belastete

Fläche von 5.100 m<sup>2</sup> ergibt. Dies entspricht einer Kubatur von 86.700 m<sup>3</sup> bzw. ca. 155.000 t. Hinzu kommen noch die Bereiche, in denen die Primärkontaminationen auftreten.

Im Vorfeld eines Aushubes müssten daher konkrete Informationen zu Verteilung und Ausmaß der Arsennester gewonnen werden, wobei aufgrund der anzunehmenden diffusen Verteilung eine vollständige Erfassung selbst beim Einsatz eines extrem engmaschigen und somit sehr kostenintensiven Untersuchungsrasters nicht zu realisieren wäre. Es kann daher angezweifelt werden, dass eine genaue Abgrenzung und Quantifizierung der Aushubbereiche und Aushubmassen im Vorfeld möglich ist, so dass keine gesicherte Prognose durchgeführt werden kann, in welchem Umfang sich die Grundwasserbelastung nach einem Aushub verbessern würde.

**Fazit:** Im Vorfeld einer Teilauskoffierung müssten ergänzende und sehr kostenintensive Untersuchungen durchgeführt werden. Diese wären in einem möglichst engen Raster anzulegen, um belastbare Aussagen zu Lage und Ausmaß von Primär- sowie im Bereich der ehemaligen Sickergruben zusätzlich - Sekundärquellen treffen zu können. Ein Restrisiko durch unerkannte Schadstoffnester lässt sich nicht ausschließen.

### **Schwierigkeiten bei der Definition von Sanierungszielwerten**

Ferner ist es für eine partielle Quellsanierung mittels Teilaushub notwendig, im Vorfeld festzulegen, ab welchem Belastungsgrad das Bodenmaterial ausgehoben werden soll. Hierfür existieren keine genauen rechtlichen Vorgaben. In Nordrhein-Westfalen gelten für Halb- und Schwermetalle in belasteten Böden Richtwerte, die in der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung Nordrhein-Westfalen (BodSchV NRW) festgelegt sind. Allerdings dienen diese Werte eher als Orientierungswerte für die Bewertung einer bestehenden Bodenbelastung und die Planung einer Sanierungsmaßnahme. Als Sanierungszielwerte werden strengere Werte festgelegt, die darauf abzielen, das Schadstoffniveau eines Bodens soweit zu minimieren, dass für Mensch und Umwelt keine Gefährdung ausgeht. Diese sind in der Regel von den zuständigen Behörden festzulegen.

Vielmehr ist eine gutachterliche Abwägung in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden notwendig, um zu entscheiden, ab welchen Schadstoffgehalten ausgehoben werden muss.

**Fazit:** Es existieren keine rechtlichen Vorgaben zur Definition von Sanierungszielwerten. Diese müssten im Rahmen umfangreicher Untersuchungen gutachterlich und in enger Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden festgelegt werden.

## Technische Besonderheiten beim Ausbau von Bodenmaterial aus der gesättigten Zone

**Ausgangssituation:** *Im Bereich der ehemaligen Sickerbecken befinden sich Primär- und Sekundärquellen innerhalb der gesättigten Bodenzone*

Während ein Bodenaushub im Umfeld der ehemaligen Produktionsstätten und somit in der ungesättigten Bodenzone neben speziellen Anforderungen an den Arbeitsschutz keine weiteren Herausforderungen mit sich bringt, ist ein Aushub von Material aus der gesättigten Zone als technisch sehr anspruchsvoll zu werten. Hierbei muss unterschieden werden, dass ein Bodenaustausch innerhalb der gesättigten Zone prinzipiell entweder als Trockenaushub mit Wasserhaltung oder als Nassaus-hub erfolgen kann. Beide Verfahren wurden bereits im Bericht zur Sanierungsunter-suchung des Büros Düllmann genannt. Im Folgenden soll auf beide Methoden näher eingegangen werden, um diese abschließend zu bewerten und zu prüfen.

### Großflächiger Bodenaustausch:

Zu beachten ist weiterhin, dass es für den Austausch der Bodenzone notwendig werden würde, den bereits gesicherten Bereich ebenfalls auszuheben. Die Sicherung basiert, wie bereits in Kap. 4.1 dargestellt, auf einer ca. 10.000 m<sup>2</sup> großen Oberflächenabdichtung, die gemäß dem öffentlich-rechtlichen Vertrag zwischen dem Rhein-Kreis Neuss sowie der RWE Power AG im Jahr 2008 ausgeführt wurde.

Der Grundwasserspiegel im Bereich der ehemaligen Sickerbecken liegt größtenteils bei 5 m unter GOK, aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Vorfluter sowie der hohen Durchlässigkeit des Aquifers ist mit einem enormen Wasserzustrom zu rechnen. Nach Angaben des Büros Düllmann [2] ist im Bereich der Sickerbecken von einem generellen Grundwasserzustrom von 125 m<sup>3</sup> / h zu rechnen.

Aufgrund des großen Wasserandrangs wäre eine extrem aufwendige Wasserhaltung erforderlich (z.B. geschlossene Wasserhaltung über Brunnen, Abreinigung des Förderwassers vor Einleitung in den Vorfluter) bzw. Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserandrangs (z. B. wasserdichte Spundwände, Vereisung o. ä.).

Die Ableitung des Wassers könnte entweder in die Kanalisation oder aber in den Rhein erfolgen. Für ersteren Fall müsse das gereinigte Wasser die Grenzwerte der Abwassersatzung der Städte Dormagen und Neuss für die Einleitung in den Schmutzwasserkanal einhalten. Soll eine Direkteinleitung in den Vorfluter erfolgen, müsste das Wasser die Grenzwerte für eine Direkteinleitung einhalten. Da hierfür weitaus strengere Genehmigungsaufgaben zu erfüllen sind, würde ein deutlich höherer Aufwand bei der Reinigung erforderlich.

### **Partieller Bodenaustausch:**

Alternativ zu einem großflächigen Aushub könnte ein Bodenaustausch auch als partieller Aushub in Form von Austauschbohrungen im direkten Umfeld der ehemaligen Injektionsbrunnen erfolgen. Im Falle der Austauschbohrungen erübrigt sich eine Wasserhaltung im klassischen Sinne, da im Rahmen der Bohrarbeiten sowieso eine Sperrverrohrung gesetzt werden muss. Dennoch ist ein solches Verfahren technisch anspruchsvoll und aufwändig. Zunächst müssen die Kontaminationsschwerpunkte möglichst eindeutig identifiziert und die Bohrungen entsprechend geplant werden, um eine effektive Entfernung der Schadstoffherde zu gewährleisten. Da nicht bekannt ist, wie sich insbesondere die Sekundärquellen innerhalb des Sanierungsgebietes verteilen, sind ergänzende Untersuchungen besonders engmaschig durchzuführen. Dennoch bestünde ein nicht zu vernachlässigendes Restrisiko, einzelne Hotspots zu übersehen, aus denen dann weiterhin ein Schadstoffaustrag in das Grundwasser erfolgen würde. Die für die vollständige Entfernung der Kontaminationen notwendige Überschneidung der Austauschbohrungen führt zudem zu einer erheblichen Mehrung bei den Entsorgungsmassen.

In beiden Fällen würde das anfallende Aushubmaterial zwecks abfallrechtlicher Deklaration beprobt, chemisch analysiert und einer geeigneten Entsorgungsstelle zugeführt werden müssen. Im Falle einer großräumigen Quellsanierung im Bereich der ehemaligen Sickerbecken war nach Angaben des Büros Düllmann bereits im Jahr 2018 von Sanierungskosten von über 80 Mio. Euro auszugehen. Die Kosten dürften angesichts der zuletzt stark gestiegenen Kosten für Bauleistungen als auch für Entsorgung deutlich höher ausfallen.

### **Gefahr einer Mobilisierung von Schadstoffen bei Eingriffen in den Boden**

Bei der Entnahme von schadstoffhaltigem Boden aus der gesättigten Zone, insbesondere bei Halb- und Schwermetallen wie Arsen, Blei, Cadmium und Zink, besteht die potenzielle Gefahr einer Schadstoffmobilisierung. Diese Metalle können mobilisiert werden, wenn sie in gelöster Form in das Grundwasser gelangen oder wenn die Bodenmatrix durch den Entnahmeprozess gestört wird.

Während des Entnahmeprozesses können verschiedene Faktoren zur Mobilisierung der Schadstoffe beitragen. Diese Mobilisierung kann durch verschiedene Faktoren ausgelöst werden, darunter mechanische Störungen, Veränderungen im Redoxpotenzial und Änderungen im pH-Wert des Bodens oder Grundwassers.

Mechanische Störungen während der Entnahme können dazu führen, dass die Bindungsstellen der Schwermetalle im Boden gestört werden, was zu ihrer Freisetzung und anschließenden Auswaschung ins Grundwasser führen kann.

Veränderungen im Redoxpotenzial können dazu führen, dass bestimmte Schwermetalle ihre Oxidationsstufen ändern und dadurch mobil werden.

**Fazit:** Eine vollständige Quellensanierung im Bereich der ehemaligen Sickerbecken ist nicht umsetzbar. Ein partieller Bodenaustausch könnte jedoch z.B. in Form von sich überschneidenden Großbohrungen durchgeführt werden. Schwierigkeiten ergeben sich aus der Lage des Schadensherds in der gesättigten Zone. Es besteht das Risiko, Hot Spots zu übersehen oder während der Durchführung der Bohrungen Schadstoffe zu mobilisieren. Die Ausführung der Bohrungen erfolgt mit hohem technischem Aufwand und ist daher als sehr kostenintensiv anzusehen.

## 5.1.2 Darstellung und Bewertung Teilaushub ehem. Produktionsstätten

### Unklarheit Schadensdimension Bereich der Grundwassersondierung RKS 28

**Ausgangssituation:** *Vorgeschlagen wurde ein Teilaushub im Bereich der RKS 28. Genaue Angaben zum geplanten Ausmaß eines Aushubs liegen nicht vor.*

Der Vorschlag des Büros Altenbockum beinhaltet auch, einen Teil des belasteten Bodenmaterials im Umfeld der RKS 28 auszuheben. Es wird vermutet, dass sich in diesem Bereich ein Belastungsschwerpunkt befindet, über den Eintrag von Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink in das Grundwasser erfolgt. Der Eintrag selbst geschieht in diesem Bereich durch infiltrierendes Niederschlagswasser und die Bildung von schadstoffhaltigem Sickerwasser in der ungesättigten Bodenzone. Die mittels Direct Push Verfahren gewonnenen Proben aus dem Grundwasser deuten darauf hin, dass sich das Zentrum der Schadstofffahne in diesem Bereich befinden müsse.

Letztendlich müssten im Falle eines Teilaushubs dennoch zunächst ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden, um den potentiellen Aushubbereich sinnvoll festzulegen. Die mittels Direct-Push-Verfahren gewonnenen Grundwasserproben bieten zwar einen ersten Einblick in die Grundwassersituation, jedoch sind sie aufgrund ihrer Einmaligkeit und anderer potenzieller Einschränkungen nicht gleichwertig mit Proben aus regulären und mehrfach beprobten Grundwassermessstellen zu bewerten, die eine kontinuierliche Überwachung des Grundwassers über einen längeren Zeitraum erlauben. Zudem belegen die chemischen Analysen an den benachbarten Sondierungen RKS 26, RKS 27 sowie RKS 29 ebenfalls deutlich erhöhte Feststoffgehalte, die teilweise höher liegen als die Proben aus RKS28. Dies war für die Gefährdungsabschätzung auch ausreichend, jedoch kann auf Grundlage des Untersuchungsumfanges kein eindeutiger Aushubbereich festgelegt werden. Da für die sich im Umfeld befindlichen RKS 26, RKS 27 und RKS 29 jedoch keine Analytik zum Grundwasser vorliegt, müssten hier noch ergänzende Untersuchungen durchgeführt werden, um den Schaden entsprechend einzugrenzen. Ergänzend hierzu müsste eindeutig festgelegt werden, bis zu welchem Belastungsgrad ein Aushub erfol-

gen soll. Die Problematik wurde bereits bei der Betrachtung eines möglichen Aushubs im Bereich der ehemaligen Sickerbecken genauer erläutert.

Eine weitere Erschwernis ergibt sich aus den sich im Boden der ehemaligen Produktionsbereichen befindlichen Fundamentresten. So liegen keine gesicherten Daten zur genauen Position sowie zum Ausmaß der übrig gebliebenen Fundamentreste vor. Die Positionierung der Fundamentreste könnte z.B. mittels Georadar im Vorfeld detektiert werden.

Gemäß der Ersatzbaustoffverordnung wäre es außerdem notwendig, die Fundamentreste entsprechend zu untersuchen, abfallrechtlich einzustufen und dann zu entscheiden, ob eine Verwertung in Frage kommen könnte oder aber das Material entsorgt werden müsste. In jedem Fall entstehen so weitere Kosten, die sich nur schwer quantifizieren lassen.

**Fazit:** Ein genauer Aushubbereich im Umfeld der RKS 28 kann nicht festgelegt werden. Hierfür wären in jedem Fall ergänzende Untersuchungen erforderlich. Weitere Risiken entstehen durch die Fundamentreste, die sich noch im Boden befinden und deren Lage und Ausmaß nicht eindeutig bekannt sind. Die im Vergleich hierzu vom Büro Düllmann vorgeschlagene Oberflächenabdichtung würde ein Eindringen von Niederschlägen und somit die Bildung von schadstoffhaltigem Sickerwasser vermeiden. Eine Verbesserung der Grundwassersituation in diesem Bereich ist durch die im Rahmensanierungsplan beschriebene Oberflächenabdichtung bzw. Versiegelung auch ohne Eingriffe in den Boden möglich. Vor dem Hintergrund, dass der überwiegende Teil der Schadstoffquelle(n) in der ungesättigten Zone liegt und durch eine Oberflächenabdichtung/Oberflächenversiegelung wirksam gesichert werden kann, werden zusätzliche Aushubmaßnahmen von Hotspots als nicht erforderlich betrachtet.

### 5.1.3 Unklarheiten bei der Entsorgung

Die Schadstoffbelastung des im Rahmen eines Teilaushubs anfallenden Bodenmaterials lässt sich im Vorfeld lediglich abschätzen. Erschwert wird diese Abschätzung durch die heterogene Schadstoffverteilung.

Die tatsächliche Belastung des Bodens kann erst im Zuge abfallrechtlicher Deklarationsuntersuchungen am ausgehobenen Material erfolgen. Auch wenn das hoch belastete Material in eine eigens zu errichtende Deponie verbracht werden soll, stellt sich die Frage nach dem Umgang mit weniger belastetem Bodenaushub. Hier ist im Vorfeld der eigentlichen Maßnahme zu klären, wie mit Material innerhalb der unterschiedlichen Belastungsgrade umzugehen ist.

### Umgang mit unbelastetem bzw. gering belastetem Aushubmaterial

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, unbelastetes Material, soweit es die Vorsorgewerte gemäß Anlage 1 BBodSchV einhält, am Standort wiederzuverwenden. Eine Wiederverwendung von unbelastetem Aushub könnte z.B. zur Profilierung des Geländes stattfinden. Hierzu müsste das Material jedoch die genannten Vorsorgewerte einhalten.

### Umgang mit belastetem Bodenmaterial nach EBV

Beim Umgang mit belastetem, jedoch nicht hoch belastetem Bodenmaterial, ist die am 01.08.2023 eingeführte Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzBV) zu beachten. Hier gilt, dass Bodenmaterial bzw. Baustoffe, sofern der nachgewiesene Schadstoffgehalt eine solche Verwendung nicht ausschließt, aufbereitet bzw. verwertet werden müssen. Eine Deponierung erfolgt nur, wenn eine anderweitige Verwertung sicher ausgeschlossen werden kann.

Die Ersatzbaustoffverordnung bildet eine wesentliche rechtliche Grundlage zur Regulierung der Verwertung (mineralischer) Abfälle, mit dem Ziel, diese als Ersatzbaustoffe im Baubereich einzusetzen. Der Fokus liegt dabei auf einer nachhaltigen Ressourcennutzung sowie der Reduzierung von Deponieablagerungen. Diese Herangehensweise steht im Einklang mit dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft, bei dem Abfälle als wertvolle Rohstoffe betrachtet werden, und leistet somit einen nachhaltigen Beitrag zur Entwicklung.

Das Prinzip der Verwertung vor Entsorgung betont die vorrangige Nutzung von Abfällen als Ersatzbaustoffe, bevor eine endgültige Entsorgung in Betracht gezogen wird. Dieses Prinzip unterstreicht die Bedeutung der ökologischen und ökonomischen Wertschöpfung durch die Umwandlung von Abfällen in wertvolle Rohstoffe für Bauprojekte. Neben dem Schadstoffgehalt erfolgt eine Bewertung des Materials auch aufgrund mechanischer Eigenschaften sowie hinsichtlich der Umweltverträglichkeit. Es müsste daher im Vorfeld des Aushubs geklärt werden, was mit Aushub geschieht, der zwar durch Schadstoffe belastet ist, jedoch in einem Maße, dass alternative Verwertungs- bzw. Verwendungsmöglichkeiten in Betracht gezogen werden müssen. Hierzu zählen unter anderem die Nutzung des Materials in technischen Bauwerken oder aber eine Aufbereitung und somit ein Recycling des Bodenmaterials.

**Fazit:** Für unbelasteten Bodenaushub besteht prinzipiell die Möglichkeit einer Wiederverwendung, z.B. in Form einer Profilierung. Dies ist jedoch im Vorfeld mit den Behörden abzustimmen und aufgrund der Größe der Baumaßnahme zu genehmigen. Ggf. werden weitere Prüfungen erforderlich.

Bei gering belastetem Material ist gemäß Ersatzbaustoffverordnung zu prüfen, ob eine Verwertung bzw. ein Recycling des Aushubs in Betracht gezogen werden kann.

Neben hoch belastetem Material wird auch nicht bzw. nur gering belasteter Bodenaushub anfallen, welcher nicht für eine Deponierung auf dem Gelände geeignet ist. Es ist kaum möglich, die anfallenden Massen so abzuschätzen, dass die anfallenden Kosten beziffert werden können. Dennoch sind alternative Verwertungswerte zu benennen. Das ausgehobene Material ist entsprechend zu analysieren und zu bewerten.

## 5.2 Sicherung des Aushubmaterials in einer Deponie

*Szenario: Umlagerung des belasteten Bodens in einen gesicherten bzw. versiegelten Einbaubereich*

### 5.2.1 Ablauf Errichtung einer Deponie auf dem Gelände

Für den Bau und Betrieb einer oberirdischen Deponie in Nordrhein-Westfalen sind verschiedene Schritte und Überlegungen erforderlich, um die Genehmigung zu erhalten. Zunächst muss ein umfassender Genehmigungsantrag bei der zuständigen Behörde, in der Regel dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) in NRW, eingereicht werden.

### 5.2.2 Bewertung Teilszenario Errichtung einer Deponie

#### Unklarheit bei der Kalkulation der Kosten für den Deponiebau

Aufgrund der im Kapitel 5.1 bereits ausführlich dargestellten Unklarheiten bzgl. der Menge des anfallenden Materials kann das benötigte Deponievolumen ebenfalls nicht planungssicher quantifiziert werden. Dies resultiert vorwiegend daraus, dass die Mengen an anfallendem Material kaum abgeschätzt werden können. Es ist unklar, wie viel Aushub dann tatsächlich in der Deponie abgelagert werden soll oder ob, aufgrund niedrigerer Belastungen, ein anderer Entsorgungsweg vorrangig zu behandeln wäre. Aufgrund der Planungsunsicherheit, die sich bereits im Vorfeld einer Teilquellensanierung ergibt, wird von diesem Vorschlag eher abgeraten.

## 5.3 Bewertung der Schadstoffkonzentrationen in Silbersee und Rhein

### 5.3.1 Bewertung Schadstoffkonzentration Silbersee

Nach Angaben des Büro Düllmann [1] wurden in bereits früher durchgeführten Beprobungen des Seewassers keine Schwermetallbelastungen nachgewiesen. Ergänzende Untersuchungen an den im See lebenden Fischen zeigten ebenfalls keine

negative Beeinflussung durch die Altlast. Lediglich in Probenmaterial aus den Ufersedimenten konnten Schwermetallgehalte ermittelt werden. Da der Eintrag der Schadstoffe im Bereich der ehemaligen Produktionsstätten ausschließlich über Sickerwasser stattfindet, ist davon auszugehen, dass ein weiterer Schadstoffeintrag in den See respektive in die Ufersedimente des Sees durch Realisierung der Oberflächenabdichtung in der Sanierungszone 2A vollständig unterbunden werden würde.

### **5.3.2 Bewertung Schadstoffkonzentration Rhein**

Für den Bereich der ehemaligen Sickerbecken (Sanierungszone 2B) gilt, dass der Grundwasserschaden bzw. eine Ausbreitung der Schadstofffahne in Grundwasserfließrichtung nach Nordosten durch den Rhein räumlich begrenzt wird. Hier ist vor allem die Kontamination durch Arsen ausschlaggebend, welches, wie bereits erläutert, sowohl aus der Primärquelle selbst, als auch aus Sekundärquellen in das Grundwasser und somit in den Rhein gelangt. Da die Sanierungszone 1B / 2B aufgrund der bereits in Kapitel 5.1 ausführlich dargelegten Rahmenbedingungen nicht bzw. nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten und dem Risiko, dass ein Teilaushub dennoch keine signifikante Verbesserung der Grundwassersanierung bewirken würde, teilsaniert werden könnte, sollte in die Verhältnismäßigkeitsbewertung auch der Einfluss der Altlast auf das Rheinwasser selbst einbezogen werden.

#### **Betrachtung der Daten zu As- und Cd-Konzentrationen im Rheinwasser aus ELWAS Web**

Da hierzu nur wenige Daten vorhanden sind, erfolgt die Bewertung allgemein und dient zu einer ersten Orientierung, wie der Einfluss durch die ehemalige Zinkhütte in diesem Kontext einzuordnen ist.

Zur Schadstoffbelastung des Rheins liegen verschiedene Datensätze vor, die in der Web-Anwendung ELWAS Web des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW eingesehen werden können. Die Messreihen liegen für relativ lange Zeiträume von > 20 Jahren vor, es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die jährliche Anzahl an durchgeführten Beprobungen stark schwankt.

Aus den Messstationen Stürzelberg (Rhein km 725,896) und Düsseldorf Flehe (Rhein km 732,331) können aus der ELWAS Web Datenbank chemische Analysen unmittelbar oberstromig sowie ca. 7 km abstromig des ehemaligen Zinkhüttenareals bezogen werden.

Tabelle 1: Rahmendaten Messstationen sowie As- und Cd-Messungen

	<b>Stürzelberg</b>	<b>Düsseldorf Flehe</b>
Lage der Messstation:	Oberstromig	Abstromig
Messzeitraum:	2008 - 2023	2008 - 2023
Anzahl As-Messungen:	197	320
Arithm. Mittel As [ $\mu\text{g/l}$ ]	1,2	1,1
Anzahl Cd-Messungen:	185	315
Arithm. Mittel Cd [ $\mu\text{g/l}$ ]	0,026	0,029

Für eine einfache und orientierende Abschätzung, ob ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den an den beiden Messstellen gemessenen Schadstoffgehalten besteht, kann als statistisches Verfahren ein unabhängiger, zweiseitiger T-Test durchgeführt werden. Im Rahmen des T-Tests wird geprüft, ob genügend statistische Evidenz vorliegt, um die Nullhypothese zugunsten der Alternativhypothese abzulehnen. Vereinfacht gesagt lautet die Nullhypothese demnach, dass kein statistischer Unterschied zwischen den Analysenwerten der beiden Messstationen abgeleitet werden kann. Die Alternativhypothese besagt, dass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Werten vorliegt.

Bei dem T-Test wird aus dem Quotienten der Differenz aus den Mittelwerten der beiden Stichproben sowie aus der Differenz deren Standardabweichungen ein sogenannter p-Wert berechnet.

Zudem wird ein Signifikanzniveau festgelegt, um zu entscheiden, ob ein Ergebnis als statistisch signifikant betrachtet werden kann. Ein häufig verwendetes Signifikanzniveau ist 0,05, was bedeutet, dass man eine 5%-ige Wahrscheinlichkeit akzeptiert, einen Unterschied zu finden, wenn keiner besteht. Einfach ausgedrückt handelt es sich hierbei um die akzeptierte Irrtumswahrscheinlichkeit für die fälschliche Annahme der Alternativhypothese.

- Der berechnete T-Test ergibt für Arsen einen p-Wert von 0,35.
- Der berechnete T-Test ergibt für Cadmium einen p-Wert von 0,13.

Bei einem p-Wert  $> 0,05$  gilt, dass es nicht genügend statistische Evidenz gibt, um die Nullhypothese abzulehnen.

D.h. die Auswertung kann so interpretiert werden, dass die statistische Betrachtung keinen Hinweis darauf gibt, dass sich die Messwerte hinsichtlich der Arsen- und Cadmium-Belastung vor und nach Einströmen des Grundwassers aus der ehemaligen Zinkhütte unterscheiden.

## Betrachtung der As- und Cd-Fracht

Nach der in der Gefährdungsabschätzung des Büro Düllmann durchgeführten Frachtbetrachtung liegt die mit dem Grundwasser aus dem Bereich der ehemaligen Sickerbecken abströmenden Arsenfracht bei ca. 716 kg pro Jahr. Wird davon ausgegangen, dass diese Fracht vollständig in den Rhein gelangt, bedeutet dies, dass in erster Näherung im Mittel pro Sekunde ca. 23 mg Arsen mit dem Grundwasser in den Rhein gelangen. Für Cadmium wurde eine jährliche Fracht von 15,36 kg berechnet. Hieraus errechnet sich ein Cadmium-Eintrag von ca. 0,5 mg pro Sekunde.

Bei einer grob angesetzten abströmenden Wassermenge im Rhein von ca. 2.500 m<sup>3</sup>/s würde dies theoretisch zu einem As-Konzentrationsanstieg von etwa 9 Nanogramm/Liter führen, für Cadmium zu einem Anstieg von etwa 0,2 Nanogramm/Liter. Dies liegt unterhalb der Nachweisgrenze der gängigen chemischen Analyseverfahren.

Eine messbare Verunreinigung des Rheinwassers durch den Zutritt des belasteten Grundwassers ist daher aufgrund der großen Verdünnung auszuschließen.

## Zusammenfassende Einschätzung

Die beiden oben beschriebenen theoretischen Ansätze können ergänzend in der Verhältnismäßigkeitsabschätzung einer Sanierungsvariante einbezogen werden. Aufgrund der Tatsache, dass die ehemalige Zinkhütte in unmittelbarer Nähe zum Rhein liegt, entsteht kein großräumiger Grundwasserschaden im eigentlichen Sinne, sondern die Schadstoffe werden in den Rhein eingetragen und stark verdünnt. Dies bedeutet nicht, dass die Menge an Schadstoffen zu vernachlässigen ist, jedoch ist der Aspekt im Hinblick auf die immensen Kosten und die bereits ausführlich dargelegten Risiken und Unsicherheiten bei einer Teilquellensanierung einzubeziehen.

## 6. Zusammenfassung und abschließende Bewertung

Die im Sanierungsplan des Büro Düllmann dargestellte Sanierungsvariante Oberflächenabdichtung bzw. Versiegelung im Bereich der ehemaligen Produktionsanlagen stellt in Anbetracht der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse und der Schadstoffsituation ein geeignetes Verfahren dar, um in einem großen Bereich des ehemaligen Zinkhüttengeländes den weiteren Schadstoffaustrag in das Grundwasser deutlich zu reduzieren bzw. zu unterbinden.

Für diesen Bereich kann nach der in Gefährdungsabschätzung durchgeführten Frachtbetrachtung zum aktuellen Zustand von einer jährlichen Zinkfracht von über 10 t und einer jährlichen Cadmiumfracht von etwa 382 kg ausgegangen werden, die

über belastetes Sickerwasser in das Grundwasser gelangt und abströmt. Da die Schadstofffrachten in diesem Bereich überwiegend in der ungesättigten Bodenzone enthalten sind, kann davon ausgegangen werden, dass durch eine großflächige Oberflächenabdichtung bzw. Versiegelung die Grundwasserbelastungssituation deutlich verbessert wird.

Ein zusätzlicher Bodenaushub im Bereich von möglichen Hotspots, wie etwa im Bereich der RKS 28 wäre mit einem erheblichen zusätzlichen Aufwand verbunden, ohne dass die Gewähr besteht, dass durch die zusätzliche Maßnahme die Grundwasserbelastungssituation signifikant verbessert würde.

Ein Bodenaushub im Bereich der ehemaligen Sickerbecken und deren Abstrom wird als sehr kritisch angesehen. Zunächst wäre eine sehr umfangreiche und aufwändige Erkundung mittels engmaschigem Bohrraster und chemischen Bodenanalysen erforderlich, um die genaue Lage und Ausdehnung der Bodenkontaminationen und insbesondere der Sekundärkontaminationen zu erfassen. Ferner wäre auch der Aushub dieser Schadstoffpools bzw. Hotspots bautechnisch sehr aufwändig gestaltet. Aufgrund der Tiefenlage der Hotspots in der wassergesättigten Zone eines stark durchlässigen Grundwasserleiters in unmittelbarer Rheinnähe wäre ein konventioneller Bodenaushub infolge sich ergebender Wasserhaltungsproblematik nicht möglich. Ein Aushub wäre technisch allenfalls mit Austausch- bzw. Großbohrungen zu bewerkstelligen. Der finanzielle Aufwand hierfür wäre jedoch immens. Nach der vom Büro Düllmann vorgelegten Grobkostenschätzung für den Fall, dass nur im direkten Umfeld der 17 ehemaligen Injektionsbrunnen Bodenaustauschmaßnahmen durch Austauschbohrungen erforderlich wären, wäre mit Kosten von mehr als 80 Mio. Euro zu rechnen. Sollten zusätzlich weitere Hotspots festgestellt werden bzw. sogar der gesamte Bereich der Sickerbecken quellensaniert werden, sind die anfallenden Kosten noch deutlich höher zu erwarten. Die erforderlichen Erkundungs- und Aushubmaßnahmen würden zudem einen sehr langen Zeitraum erfordern.

Die Errichtung einer Deponie zur Einlagerung des anfallenden schadstoffbelasteten Bodenaushubmaterials erscheint prinzipiell möglich. Der erforderliche Planungs- und Genehmigungsaufwand kann derzeit nicht beurteilt werden und ist mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

Inwieweit bei einer derartigen Maßnahme, die zusätzlich zur Oberflächenabdichtung durchgeführt würde, der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit noch gewahrt ist, muss angezweifelt werden. Prinzipiell kann zwar davon ausgegangen werden, dass nach einem Aushub der Hotspots die Belastung im Grundwasser langfristig abnimmt, jedoch bleibt unklar, in welchem Ausmaß dies stattfinden würde, da auch bei aufwändigen Erkundungsmaßnahmen aufgrund der extrem heterogenen Verteilung der Schadstoffpools Kontaminationsbereiche verbleiben könnten. Eine vollständige Sanierung der Grundwasserverunreinigung wird mit diesem Verfahren sicherlich nicht zu erreichen sein.

Zudem muss davon ausgegangen werden, dass durch die Ausführung von Bodenaustauschmaßnahmen in der gesättigten Zone eine zusätzliche Mobilisierung von zuvor an den Bodenpartikeln gebundenen Schadstoffen erfolgen wird, was zunächst zu einem Anstieg der Belastungswerte im Grundwasser führen kann. Wie lange dieser Effekt andauern wird, ist ungewiss.

Die im Abstrom der Sickerbecken vorhandene Grundwasserverunreinigung ist durch die vorhandene Oberflächenabdichtung der Becken bereits teilgesichert. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Belastungswerte im Grundwasser langfristig abnehmen werden. Wie bereits ausgeführt, kann die durch eine sehr aufwändige Auskoffnung von Hotspots zu erzielende Verbesserung der Grundwasserbelastung im Vorfeld nicht quantifiziert werden. Das Risiko, dass trotz aufwändiger Aushubmaßnahmen die Grundwasserbelastung langfristig nur wenig abnimmt, bleibt bestehen.

Das belastete Grundwasser tritt aufgrund der Nähe zum Rhein unmittelbar in den Vorfluter über. Eine Vergrößerung der Schadstofffahne im Grundwasser wird somit nicht stattfinden.

Abschließend kann folgendes Fazit getroffen werden:

Die vom Geotechnischen Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH im Rahmensanierungsplan vorgesehene Oberflächenabdichtung/Versiegelung wird als geeignetes Verfahren angesehen, um im zentralen Bereich des Geländes (ehemaliger Produktionsbereich) eine nachhaltige Verbesserung der Grundwasserbelastungssituation zu bewirken. Zusätzliche Bodenaushubmaßnahmen (Entfernung von Hotspots) wären mit einem sehr hohen technischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden, ohne dass die Sicherheit besteht, dass sich die Grundwasserbelastungssituation dadurch in entscheidendem Maße weiter oder schneller verbessern würde.

Im Bereich der ehemaligen Sickerbecken besteht bereits eine Oberflächenabdichtung. Die Grundwasserbelastung ist durch sehr tief liegende und diffus verteilte Kontaminationsherde in der gesättigten Zone bedingt. Deren Entfernung (Aushub der Hotspots) wäre nur durch einen unverhältnismäßig hohen und derzeit nicht realistisch abzuschätzenden Aufwand möglich. Eine vollständige Sanierung der Grundwasserbelastung wäre auch hierdurch nicht zu erreichen.



**Dipl.-Geol. Thomas Greubel**  
Sachverständiger §18 BBodSchG,  
SG2 + SG5



**Heidi Schuhmann, M. Sc. (Geogr.)**