

GUTACHTEN ZUR PRÜFUNG MÖGLICHER UMWELTAUSWIRKUNGEN DES EINSATZES VON ABFALL- UND RESTSTOFFEN ZUR BRUCH-HOHLRAUMVERFÜLLUNG IN STEINKOHLENBERGWERKEN IN NORDRHEIN-WESTFALEN, TEIL 1

Endbericht

Zusammenfassung

Abgabe April 2017

Auftraggeber:

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz  
des Landes  
Nordrhein-Westfalen

Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen

Auftragnehmer:

ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Aachen

in Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. van Berk (TU Clausthal, Abtlg. Hydrogeologie)

delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten (Prof. Dr. König)

LEK Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle,  
RWTH Aachen University (Prof. Dr. Schwarzbauer)

LFH Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie, RWTH Aachen University (Prof. Dr. Rüde)

IFM Lehrstuhl und Institut für Markscheidewesen, Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau,  
RWTH Aachen University (Prof. Dr. Preuß)

Auftragsdatum: 16.07.2015

## 1 EINLEITUNG

Zwischen der Mitte der 1980er Jahre und dem Jahr 2006 wurden 1,6 Mio. t industrielle Massenreststoffe und Filterstäube in 11 Steinkohlenbergwerken (BW) des Ruhrgebietes als Versatz eingesetzt. Hiervon waren ca. 578.000 t besonders überwachungsbedürftige Abfälle gemäß Abfallgesetz (AbfG 1986), die gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschusses in den drei Bergwerken BW Walsum (355.064 t), BW Consolidation (147.307 t) und BW Haus Aden/Monopol (75.600 t) im Ruhrgebiet zur untertägigen Bruchhohlraumverfüllung (BHV) genutzt wurden.

Ab Mitte 2013 wurden von einem privaten Flächenbesitzer Befürchtungen geäußert, dass die frühere BHV auf dem BW Haus Aden/Monopol Ursache für Belastungen seiner Grundstücksfläche westlich von Bergkamen sei. Im Auftrag dieses privaten Eigentümers waren verschiedene Gutachter (Prof. Carls, Dr. Friedrich, Krutz) tätig (Kap. 11).

Die Baufelder, in denen die BHV im BW Haus Aden/Monopol erfolgte, und der Bereich, in dem die genannten Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche festgestellt wurden, sind in der Abbildung 1 dargestellt.

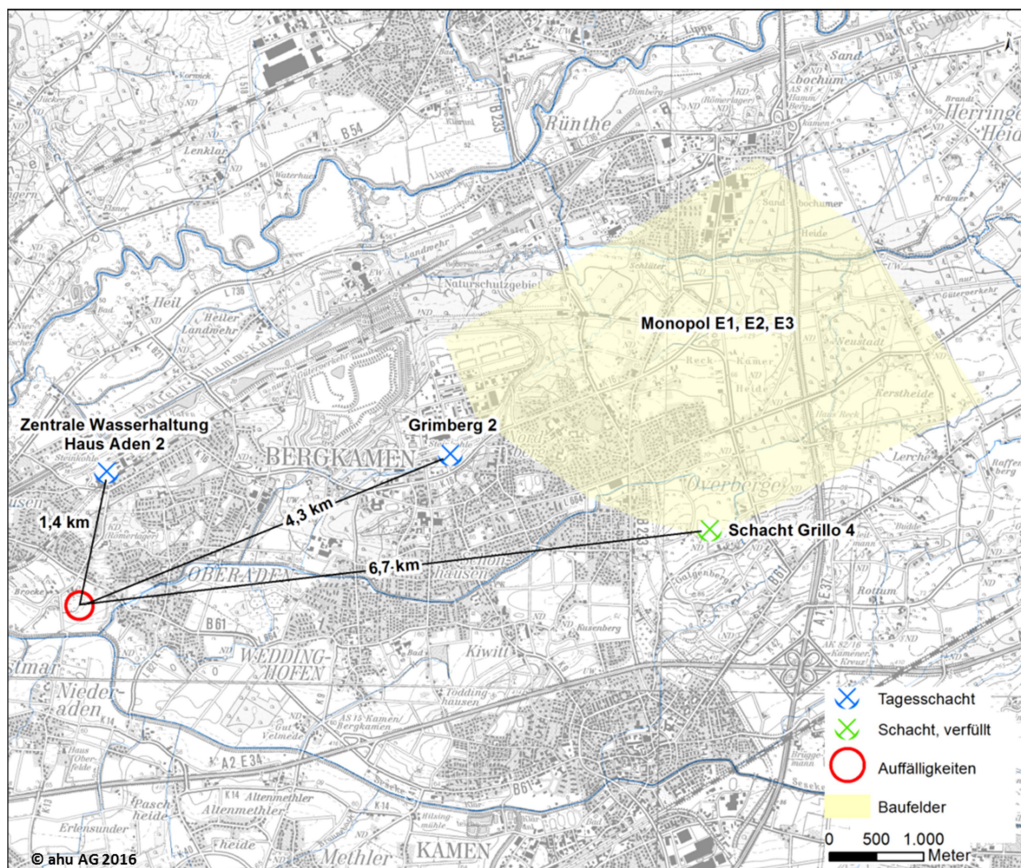


Abb. 1: Überblick über den Untersuchungsraum

Zudem wurden Befürchtungen geäußert, dass es auch durch den früheren Einsatz PCB-haltiger Betriebsstoffe und entsprechender Substitute im Steinkohlenbergbau im Zusammenhang mit dem Zutagefördern und Einleiten von Grubenwässern in Oberflächengewässer zu einer Gefährdung von Mensch und Umwelt komme.

Das MKULNV und das MWEIMH haben im Juli 2015 ein zweiteiliges Gutachten in Auftrag gegeben, um zu prüfen, ob vom früheren Einsatz von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung (BHV, auch Bergversatz genannt) im Steinkohlenbergbau und von den früher eingesetzten PCB-haltigen Betriebsstoffen und entsprechender Substitute eine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgeht.

Das Gutachten beantwortet zum Thema BHV folgende Kernfragen:

1. Wie sind die Grundannahmen, die Basis der damaligen Entscheidungen gewesen sind, heute fachlich zu bewerten?
2. Sind aktuell und künftig Gefährdungen insbesondere des Grund- und Oberflächenwassers im Einzugsbereich der Steinkohlenbergwerke zu befürchten? Welche Maßnahmen müssten ggf. ergriffen werden, um diesen zu begegnen?
3. Wie muss das Monitoring erweitert werden, um ggf. auftretende Gefährdungen frühzeitig zu erkennen?
4. Prüfung der durch die im Auftrag Dritter tätigen Gutachter festgestellten „Auffälligkeiten“ an der Tagesoberfläche auf dem Privatgrundstück in Bergkamen.

Zum Thema PCB konzentriert sich das Gutachten auf folgende Kernfragen:

5. Betrachtung und Einschätzung der Mobilisierbarkeit von PCB im Grubengebäude sowie der vorliegenden Ergebnisse von Messprogrammen zur PCB-Belastung in Gewässern und in Grubenwässern in Bezug zu Grubenwasserhaltungsmaßnahmen in den jeweiligen Bereichen,
6. Prüfung, ob und ggf. wie das bestehende Monitoring verändert werden muss, um neben der Erfassung des Parameters PCB in Bezug auf eingebrachte Abfall- und Reststoffe auch etwaige PCB-Austräge aus dem früheren Einsatz PCB-haltiger Betriebsmittel erfassen zu können.

Das Gutachten ist in zwei Teile gegliedert: Im Teil 1 wird das Bergwerk (BW) Haus Aden/Monopol bearbeitet. Zudem wird die Frage nach dem Risiko aufgrund des PCB-Einsatzes weitestgehend beantwortet.

Im Teil 2 wird geprüft, inwieweit die Ergebnisse der für das BW Haus Aden/Monopol durchgeführten Risikoanalysen auf das BW Hugo/Consolidation und das BW Walsum übertragen werden können. In diesen drei BW wurden Reststoffe nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses eingesetzt. Weiterhin werden im Teil 2 acht weitere BW untersucht, auf denen Reststoffe nach dem Prinzip der „Immissionsneutralität“ eingesetzt wurden. Mitte 2018 sollen die Ergebnisse für Teil 2 vorliegen.

## 2 VORGEHENSWEISE ZUR BEARBEITUNG DES GUTACHTEN-AUFTRAGS

Das Gutachterkonsortium hat zur Bearbeitung des Gutachtenauftrags ein dreiteiliges Vorgehen gewählt. In Teil A erfolgt die Beschreibung der Grundlagen. In Teil B erfolgt eine integrierte System- und Risikoanalyse und in Teil C die Bewertung der Grundannahmen und die Beantwortung der Kernfragen des Gutachtenauftrags. Im Folgenden werden die wesentlichen Ergebnisse des Teils 1 des Gutachtens – bezogen auf die auftragsgemäß zu bearbeitenden Kernfragen – dargestellt. Hierbei wird auch die Vorgehensweise kurz dargestellt.

## 3 BEWERTUNG DER GRUNDANNAHMEN

### *Kernfrage 1:*

***Wie sind die Grundannahmen, die Basis der damaligen Entscheidungen gewesen sind, heute fachlich zu bewerten?***

Die Entwicklung des Verfahrens der Bruchhohlraumverfüllung (BHV) für Rückstände aus Steinkohlenfeuerungsanlagen erfolgte mit Beginn der frühen 1980er Jahre. Es wurde kontinuierlich weiterentwickelt und mündete 1991 in die sog. Machbarkeitsstudie, die die einzuhaltenden Randbedingungen auch für eine BHV gefährlicher Reststoffe aus der Hausmüllverbrennung definierte (Kap. 18).

Die damals aufgestellten Anforderungen wurden für die einzelnen Bauhöhen in Einzelgutachten geprüft. Diese Einzelgutachten kamen zu dem Ergebnis, dass diese Anforderungen der Machbarkeitsstudie erfüllt wurden. Diese damalige Bewertung wird durch die Gutachter – bis auf eine Ausnahme – bestätigt. Diese betrifft den Punkt „keine Rückkehr der Schadstoffe zur Biosphäre“.

Bei dem damaligen Verwertungskonzept wurde davon ausgegangen, dass das Grubenwasser bis weit in das Deckgebirge ansteigen würde und sich dann in den Grubengebäuden eine stabile teufenabhängige Schichtung im Grubenwasser bildet. Das tiefe und geogen bedingt hoch mineralisierte und daher wegen vergleichsweise höherer Dichte schwerere Grubenwasser würde dann kaum noch am oberflächennahen Wasserkreislauf teilnehmen. Zudem würde die Barrierewirkung des geringdurchlässigen Emscher Mergel für das Fernhalten des Grubenwassers vom oberflächennahen Grundwasserfließsystem relevant. Langfristig freigesetzte Stoffe aus der BHV wären dann durch die geforderte „möglichst vollständige Abschirmung“ und die verschiedenen Barrieren im Tiefengrundwasser verblieben.

Durch die geplante Wasserhaltung mit einem Zielwasserstand von ca. -600 mNHN in den Grubengebäuden und einer prognostizierten Förderung von ca. 25 m<sup>3</sup>/min Grubenwasser und einer Einleitung in die Lippe wird die damalige Anforderung „keine Rückkehr zur Biosphäre“ **langfristig** nur bedingt erfüllt. Auf die Barrierewirkung des Emscher Mergel kommt es bei tiefem Grubenwasserstand nicht an und sie ist auch nicht erforderlich, da kein Einstau

oberflächennaher Schichten erfolgt. Die Barrierewirkung einer Schichtung des Grubenwassers dürfte bei tieferem Grubenwasserstand weniger relevant sein, da – wie schon dargestellt – aufgrund der dauerhaften Wasserhaltung in tieferen Niveaus ein deutlicher Abstand des langfristigen Grubenwasserspiegels von den oberflächennahen Schichten sichergestellt ist.

Zwischen der ersten Vorstellung des Versatzkonzeptes für das BW Haus Aden/Monopol über die Erstellung und Abstimmung des Betriebsplans bis hin zu dessen Zulassung und dem anschließenden Beginn der betrieblichen Durchführung lagen rund zwei Jahre. Die Planungen bauten auf den zuvor gewonnenen umfangreichen Erfahrungen auf. Die Arbeiten der den seinerzeitigen Prozess begleitenden Arbeitskreise führten zu Änderungen und Ergänzungen der damals zunächst vorgelegten Betriebspläne.

Die damalige Entscheidungsfindung erging aus heutiger Sicht in Ermangelung eines heute verfügbaren systematischen hydraulisch-hydrogeochemischen Prozessverständnisses sukzessive auf der Grundlage einer Vielzahl von Einzelergebnissen, die über mindestens ein Jahrzehnt innerhalb zahlreicher Gutachten, Forschungsvorhaben und Studien gesammelt wurden. Ein quantitatives, auf Stoffgesetzmäßigkeiten beruhendes und vom Labor auf realitätsnahe Bedingungen widerspruchsfrei übertragbares Verständnis der hydrogeochemischen Prozesse konnte mit den seinerzeit zur Verfügung stehenden Modellwerkzeugen nicht erarbeitet und somit auch nicht bewertet werden.

Dies wurde auf Basis des heute zur Verfügung stehenden Prozessverständnisses und der heutigen Modellierungsmöglichkeiten nachgeholt und kommt zu vergleichbaren Ergebnissen hinsichtlich der Freisetzung und Ausbreitung der Reststoffe.

Zu den Kriterien, die bei den damaligen Entscheidungen gemäß den zahlreichen Gutachten, Forschungsvorhaben und Studien als in erheblichem Maße risikobegrenzend bewertet wurden, ist aus heutiger Sicht Folgendes festzustellen.

Risikobegrenzende Faktoren	Bewertung aus heutiger Sicht
hohe pH-Werte und damit eine hydrogeochemische Barriere (Laborversuche)	Eine hydrogeochemische Barriere wurde mit zeitlich begrenzter Wirksamkeit (für unterschiedlich lange Zeiträume) durch die chemisch-thermodynamischen Modellierungen bestätigt.
abgeleitete Zementierung aufgrund der Laborergebnisse, der Praxiserfahrung beim Versatz und der Kontrolle eines Versatzbereichs in den BW Walsum und BW Consolidation	Die anfängliche Zementierung des versetzten Mineralgemisches wird bestätigt; unter Langzeitsicherheitsaspekten kann eine Zunahme der Durchlässigkeit der BHV-Bereiche durch die Lösung von Reststoffbürtigen Mineralphasen nicht ausgeschlossen werden; die Auswirkungen auf das Ausbreitungspotential sind jedoch gering.

Risikobegrenzende Faktoren	Bewertung aus heutiger Sicht
hydraulische Barriere des umgebenden Grundgebirges	Das umgebende Grundgebirge ist aufgrund der geringen Durchlässigkeiten eine hydraulische Barriere, die jedoch in geringem Maße durchströmt wird.
hydraulische Barriere des Emscher Mergel	Der Emscher Mergel ist aufgrund der geringen Durchlässigkeiten eine hydraulische Barriere. Eine zusätzliche Barriere sind die hohen Grundwasserstände im Turon, die derzeit eine abwärts gerichtete Strömung bedeuten. Durch die beabsichtigte dauerhafte Wasserhaltung wird der Grubenwasserstand jedoch deutlich unterhalb des Emscher Mergels gehalten.
geringe Durchströmung der BHV gemäß den Modellergebnissen	Der Wasseranteil, der die BHV durchströmt, ist – gemäß den aktuellen Modellergebnissen – sehr gering im Vergleich zur Gesamtströmung.

Die hydrogeochemische Barriere und eine auch in diesem Gutachten bislang nicht berücksichtigte Sorption verzögert letztlich nur über Jahrhunderte bis Jahrtausende die endgültige Freisetzung der gesamten eingebrachten Schwermetalle in einer fernen Zukunft. Die langsame Ausbreitung im Grundwasserfließsystem wird über die Barrieren (umgebendes Gebirge, Emscher Mergel, Grundwasserstände im Turon) begrenzt und verzögert. Die Konzentrationszunahme der Schwermetalle im nach über Tage geförderten Grubenwasser wird – nach heutigen Methoden – mit ca. 0,4 µg/ L Zink (in ca. 1.000 Jahren) und ca. 0,25 µg/ L Blei (in ca. 3.800 Jahren) zu gering sein, um sie einer Freisetzung von Schwermetallen aus der BHV zuordnen zu können (Abb. 3).

#### Zusammenfassend stellen die Gutachter fest:

- Bezogen auf das damalige Versatzkonzept wurden die Anforderungen der Machbarkeitsstudie eingehalten.
- Ein tiefer Grubenwasserstand erfordert eine dauerhafte Grubenwasserhaltung und würde hierdurch letztlich auch die Voraussetzungen für eine Rückkehr der Schadstoffe – in einer fernen Zukunft und in sehr geringen Konzentrationen – in die Biosphäre schaffen.
- Auch auf der heutigen Basis der weiterentwickelten Modelle zur Risikoabschätzungen wurden die damaligen Einschätzungen zur Freisetzung und Ausbreitung der Schadstoffe bestätigt.

#### 4 RISIKO DER BRUCHHOHLRAUMVERFÜLLUNG FÜR DAS GRUND- UND OBERFLÄCHENWASSER

**Kernfrage 2:**

**Sind aktuell und künftig Gefährdungen insbesondere des Grund- und Oberflächenwassers im Einzugsbereich der Steinkohlenbergwerke zu befürchten? Welche Maßnahmen müssten ggf. ergriffen werden, um diesen zu begegnen?**

Die in das BW Haus Aden/Monopol eingebrachten Reststoffe wurden zwischen 1993 und 1998 übertägig am Schacht Grillo 4 mit Wasser und Rückständen aus der Rauchgasreinigung (RAA-Schlämme) zu einer pastösen Masse gemischt und dann über Leitungen direkt in den Bruchhohlraum (Alter Mann) verpresst. Die Reststoffe sind aufgrund ihrer stofflichen Eigenschaften zementartig ausgehärtet (Abb. 2).

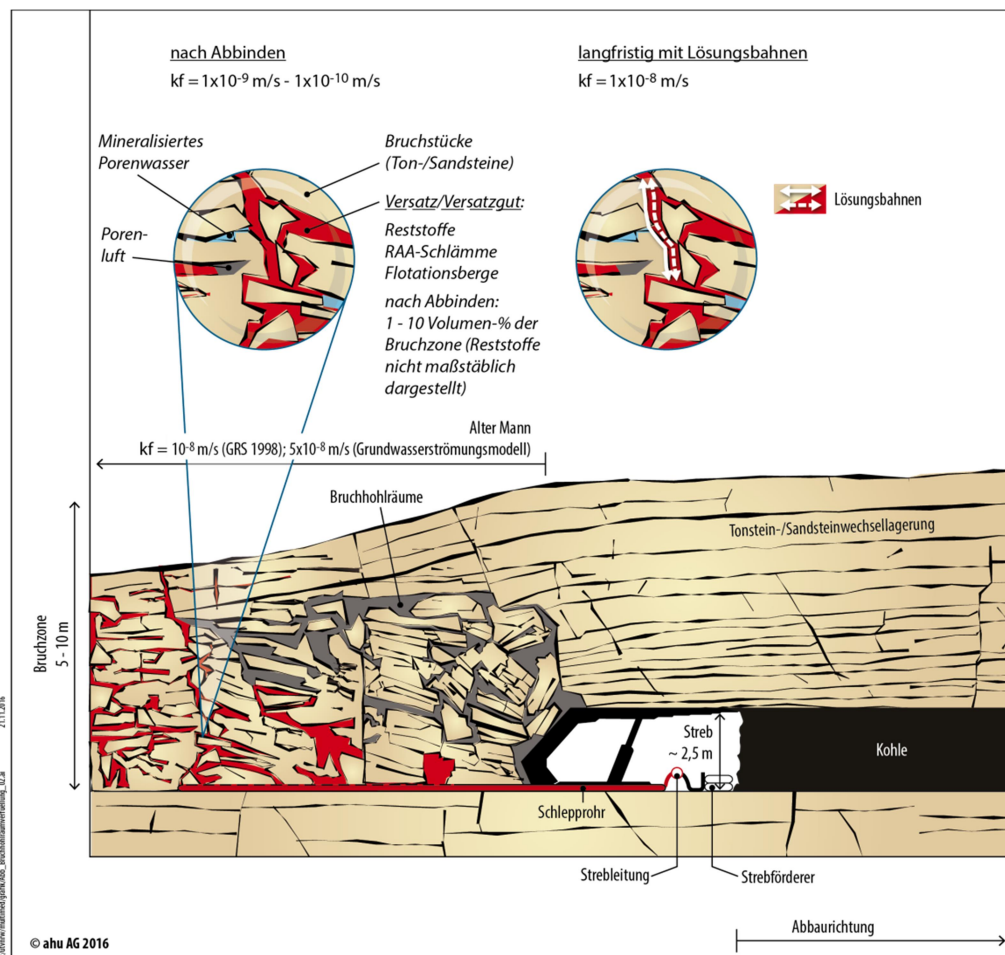


Abb. 2: Schematischer Aufbau der Bruchhohlraumverfüllung im Alten Mann



Das Risikopotential der auf dem BW Haus Aden/Monopol eingebrachten Reststoffe, über den Wasserpfad im Bereich der Tagesoberfläche in das Grundwasser oder in Oberflächengewässer zu gelangen, wird anhand von drei Fragenkomplexen mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden ermittelt und unter der Annahme verschiedener ungünstigster Randbedingungen bewertet (Kap. 9):

#### **A: Gefährdungspotential:**

Welche gefährlichen Stoffe gelangten mit der BHV nach untertage?

- Die Massen der in den Reststoffen enthaltenen anorganischen Schadstoffe (Schwermetalle) und organischen Schadstoffe (PCDD/F („Dioxine“ und „Furane“)) wurden ermittelt und bilanziert (Abschn. 4.1).

**B: Freisetzungspotential:** Ab wann und in welchen Konzentrationen werden die Schadstoffe im Tiefengrundwasser freigesetzt?

- Die Schwermetalle können unter bestimmten Bedingungen in Lösung gehen. Die PCDD/F sind weitestgehend nicht wasserlöslich.
- Die Abschätzung erfolgte über hydrochemische Modellierungen des Stoffverhaltens der Reststoffe im Lösungskontakt mit dem sehr salzhaltigen (mineralisierten) Tiefengrundwasser (Kap. 5).

#### **C: Ausbreitungspotential:**

Wann und in welchen Konzentrationen und Frachten kommen die Stoffe über das geförderte Grubenwasser wieder an die Tagesoberfläche?

- Die Abschätzung erfolgte mithilfe von Grundwasserströmungsmodellierungen auf der Grundlage des zuvor ermittelten Freisetzungspotentials.
- Es wurden Grundwasserströmungsmodellierungen auf der Grundlage des ermittelten Freisetzungspotentials zur Abschätzung der zukünftigen Frachten und Konzentrationen des in die Lippe einzuleitenden Grubenwassers und unter Berücksichtigung des geplanten Grubenwasserstandes von ca. -600 mNHN in den Grubengebäuden durchgeführt (Kap. 7).

### **Ergebnisse der Risikoanalyse zur BHV:**

#### **Zu A Gefährdungspotential:**

Das **anorganische Gefährdungspotential** der BHV beruht v. a. auf den in den Reststoffen enthaltenen Schwermetallen. Im BW Haus Aden/Monopol sind dies v. a. 1.321 t Zink, 403 t Blei und 19 t Cadmium.

Das **organische Gefährdungspotential** beruht auf 7,2 kg Dioxinen und Furanen (entspricht ca. 110 g „Seveso-Dioxin“, der toxischsten Einzelverbindung der Dioxine).

Es gibt keine Hinweise auf relevante Massen an sonstigen anorganischen und organischen Schadstoffen.

### Zu B Freisetzungspotential:

Das **Freisetzungspotential** der Schwermetalle in das Tiefengrundwasser hängt davon ab, mit welchen Massenanteilen die Reststoffe in der BHV mit dem Tiefengrundwasser reagieren. Zunächst erfolgt im Zuge des Einstaus des Grubenwassers bis in das o. g. Niveau der ZWH Haus Aden die Wassersättigung der BHV innerhalb eines Zeitraums von ca. 26 Jahren.

Die Verfestigung der zementartigen Reststoffe (Abbinden) führte zu einer Anhebung des pH-Wertes (von pH 7 auf pH 10 bis 11). Dieser hohe pH-Wert wirkt wie eine hydrochemische Barriere, weil die Schwermetalle bei diesen hohen pH-Werten kaum im Tiefengrundwasser gelöst werden können.

Aus den hydrochemischen Modellierungen ist Folgendes zu resümieren:

Je mehr Reststoffe nach der Wassersättigung mit dem Tiefengrundwasser in Kontakt treten, desto stabiler ist die hydrochemische Barriere und umso länger dauert es, bis es zu einer Lösung der Schwermetalle im Tiefengrundwasser kommt. Allerdings werden dann langfristig auch mehr Schwermetalle freigesetzt.

Bereits unter der konservativen Annahme, dass nur 10 % der eingebrachten Reststoffe in Lösung gehen, ist die hydrochemische Barriere mehrere Jahrhunderte bis Jahrtausende stabil und verhindert eine relevante Freisetzung der Schwermetalle im Tiefengrundwasser. Die Abbildungen 3 und 4 beruhen auf dieser Annahme. Wenn 50 % und mehr der Reststoffe in Lösung gehen, liegt der Beginn der Freisetzung der Schwermetalle außerhalb der im Gutachten betrachteten Zeiträume von 10.000 Jahren.

### Zu C Ausbreitungspotential:

Das **Ausbreitungspotential** im Tiefengrundwasser – nach der Freisetzung aus der BHV – ist zunächst abhängig von dem Grundwasserfließsystem in den offenen Strecken der ehemaligen Grubengebäude (sog. Röhrensystem). Nur ein kleiner Teilstrom (ca. 10 % bis 20 %) der mit gelösten Schwermetallen belasteten Tiefengrundwässer fließt in einigen Jahrhunderten im Gebirge in Richtung Röhrensystem. Der größte Teil (ca. 80 % bis 90 %) verteilt sich hingegen diffus im Tiefengrundwasser. Nach Erreichen des Röhrensystems erfolgt eine Vermischung mit dem Grubenwasser, das zur ZWH strömt. Dies hat zunächst eine erhebliche Konzentrationsverminderung zur Folge. Die dennoch erwarteten **Konzentrationserhöhungen** im geförderten Grubenwasser in der ZWH an Zink (stellvertretend für leicht lösliche Schwermetalle wie Cadmium) und Blei (stellvertretend für schwer lösliche Schwermetalle) zeigt die Abb. 3.

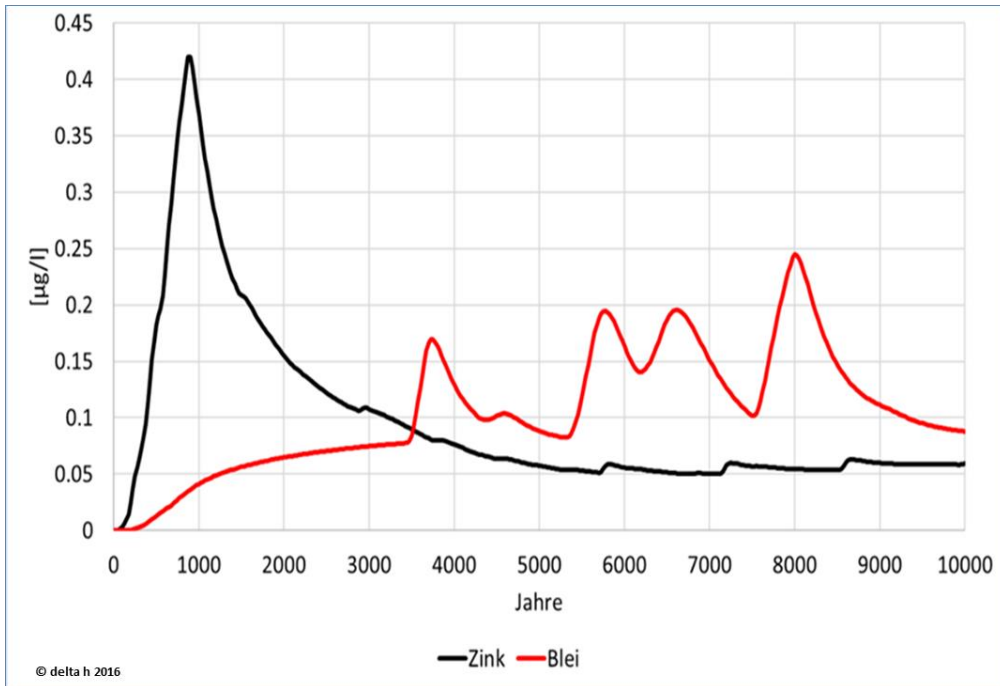


Abb. 3: Erhöhungen der Zink- und Bleikonzentrationen in der Zentralen Wasserhaltung durch freigesetzte Schwermetalle aus der BHV. Annahme: 10 % der Reststoffe reagieren mit dem Tiefengrundwasser.

Bei den derzeitigen Grubenwasserkonzentrationen an Zink und Blei in ihren Schwankungsbreiten wären selbst die Konzentrationspeaks (Zink nach ca. 1.000 Jahren; erster Bleipeak nach ca. 3.800 Jahren) mit den heutigen Analyseverfahren nicht der BHV zuzuordnen, da die Konzentrationserhöhungen zu gering sind (Abb. 4).

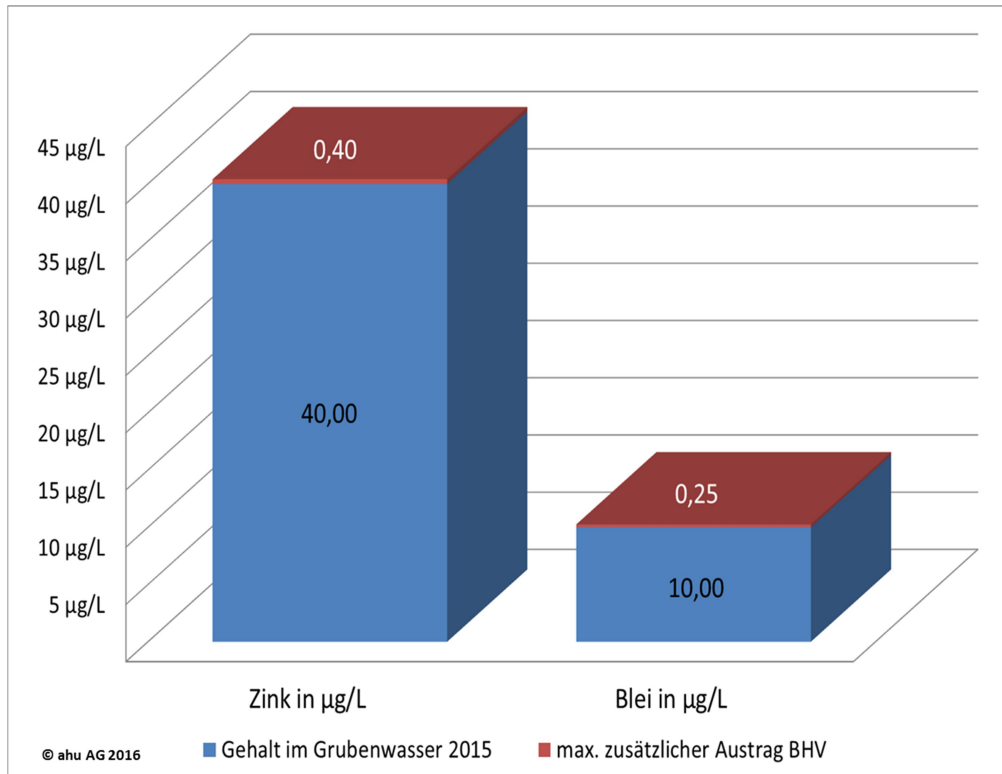


Abb. 4: Verhältnis der aktuellen Zink- und Bleikonzentrationen im Grubenwasser und die zusätzlichen Konzentrationen an Zink und Blei aus der BHV in 1.000 (Zink) bzw. 3.800 Jahren (Blei). Annahme: 10 % der Reststoffe reagieren mit dem Tiefengrundwasser.

Die **organischen Schadstoffe** in der BHV (v. a. Dioxine und Furane) werden aufgrund der hohen Adsorptionseigenschaften der überall im Bergwerk fein verteilt vorliegenden Kohle adsorbiert (kein Freisetzungspotential). Die Fließgeschwindigkeiten in der BHV und im Gebirge auf dem Fließweg zur nächsten Röhre sind zudem deutlich zu niedrig für einen partikelgebundenen Transport dieser Kohlepartikel (kein Ausbreitungspotential).

#### Zusammenfassend stellen die Gutachter fest:

- Zukünftig, ab ca. in 26 Jahren, beginnt zwar eine Freisetzung der Stoffe aus der BHV. Die höchsten Frachten an Zink, die voraussichtlich aber nicht der BHV zugeordnet werden können, treten in ca. 1.000 Jahren in der Zentralen Wasserhaltung (ZWH) auf. Erste erhöhte Bleifrachten in der ZWH werden in ca. 3.800 Jahren auftreten (unter der Voraussetzung, dass es dann noch eine ZWH geben wird). Aufgrund der dargestellten Potentiale der Gefährdung, der Freisetzung und der Ausbreitung ist ein Risiko für die Oberflächengewässer und das Grundwasser – bezogen auf heutige Bewertungsmaßstäbe – nicht erkennbar.

- Durch die organischen Stoffe Dioxine und PAK bestehen keine Risiken, da diese Stoffe überwiegend partikelgebunden transportiert werden. Ein partikelgebundener Transport ist aufgrund der geringen Durchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten aus der BHV fast vollständig ausgeschlossen und in der Risikobewertung vernachlässigbar.
- Ein sofortiger Handlungsbedarf zur Vermeidung oder Verringerung von Risiken durch eine Stofffreisetzung und Ausbreitung von Stoffen aus der BHV (Schwermetalle, Dioxine/Furane und PAK) lässt sich aus den dargestellten Ergebnissen nicht ableiten.

## **5 MONITORING – EMPFEHLUNGEN ZUM THEMA BHV**

### ***Kernfrage 3:***

#### ***Wie muss das Monitoring erweitert werden, um ggf. auftretende Gefährdungen frühzeitig zu erkennen?***

Das Monitoring des Grubenwassers wird als ausreichend angesehen, um ggf. auftretende Gefährdungen frühzeitig zu erkennen, und kann in dem bisherigen Umfang fortgesetzt werden. Es wird empfohlen, das Monitoring des revierweiten Grubenwasseranstiegs transparenter zu gestalten (Kap. 19.)

## 6 AUFFÄLLIGKEITENAUF EINER GRUNDSTÜCKSFLÄCHE WESTLICH VON BERGKAMEN

### **Kernfrage 4:**

#### **Prüfung der durch die im Auftrag Dritter tätigen Gutachter festgestellten „Auffälligkeiten“ an der Tagesoberfläche auf dem Privatgrundstück in Bergkamen.**

In der gutachtlichen Stellungnahme wurde u. a. die Vermutung geäußert, dass es bei einem Grubenwasseranstieg zu Schadstoffausträgen aus den östlich des Privatgrundstückes gelegenen Bergwerksbereichen (Baufelder Monopol) des BW Haus Aden/Monopol kommen könne oder bereits gekommen sei (Kap. 11).

Die Gutachter kommen dazu zu folgender Einschätzung.

Es sind nach jetzigem Kenntnisstand keine Wirkungszusammenhänge bekannt oder denkbar, nach denen die Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche ursächlich über den Grundwasserpfad mit der BHV zum jetzigen Zeitpunkt oder bei Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes in Verbindung gebracht werden könnten.

- Der räumliche Zusammenhang zwischen BHV und den Auffälligkeiten bei Bergkamen besteht nicht (mind. 5 km Entfernung).
- Der stoffliche Zusammenhang zwischen BHV und den Auffälligkeiten bei Bergkamen besteht nicht (Fluorid auf Ackerflächen).
- Die Wirkungspfade über das Grundwasser bestehen nicht (weder beim derzeitigen Grubenwasserstand von ca. -1.260 mNHN) noch beim zukünftigen Grubenwasserstand von ca. -600 mNHN).
- Das „Entstehen“ neuer Wirkungspfade (wie von Prof. Carls in einer Stellungnahme postuliert) über das Grundwasser (*30 m Bergsenkungen – blitzartiges Entstehen von neuen Fließwegen – Auspressen von belastetem Überschusswasser aus der BHV und Fließen gegen die Schwerkraft über 5 km Strecke an die Tagesoberfläche*) ist fachlich nicht begründbar.

## 7 RISIKO DURCH PCB

### **Kernfrage 5:**

***Betrachtung und Einschätzung der Mobilisierbarkeit von PCB im Grubengebäude sowie der vorliegenden Ergebnisse von Messprogrammen zur PCB-Belastung in Gewässern und in Grubenwässern in Bezug zu Grubenwasserhaltungsmaßnahmen in den jeweiligen Bereichen (Kap. 13).***

PCB-haltige Betriebsmittel (i. W. Hydraulikflüssigkeiten) wurden aus Brandschutzgründen im untertägigen Steinkohlenbergbau ab 1964 eingesetzt. Vor 1984 wurden PCB-haltige Öle nicht gesondert, sondern zusammen mit den wesentlich größeren Altölmengen in den Altölmarkt abgegeben. Die Substitution PCB-haltiger Öle untertage begann 1984 und war 1986 weitestgehend abgeschlossen. Über das (unbeabsichtigte) Ausbringen der PCB über die geförderte Kohle, das Bergematerial, Grubenwasser und Stäube gibt es keine repräsentativen und belastbaren Daten.

Auch über die noch verbliebenen PCB-Belastungen in den Abbaubereichen der Kohlen (Alter Mann) und in den Strecken gibt es keine repräsentativen Daten. Die meisten PCB-haltigen Betriebsmittel wurden gemäß den ausgewerteten Unterlagen in den Maschinen bei der Kohlenförderung eingesetzt. Die Maschinen wiesen betriebs- und anlagenbedingt hohe Verluste an PCB-haltigen Betriebsmitteln auf (ca. 400 bis 670 t/a). Weitere PCB-Belastungsschwerpunkte sind möglicherweise die großen untertägigen Werkstätten und Absatzstrecken der Grubenwässer, die aber heute überwiegend nicht mehr zugänglich sind. Eine Recherche zu Anzahl und Lage dieser Schwerpunkte ist in 2017 geplant.

Im Rahmen des Gutachtens wurden 5 Bodenproben aus dem BW Haus Aden/Monopol aus offenen Strecken genommen, die alle eine PCB-Belastung im Sediment zeigen. Weitere Sedimentproben sind zur Plausibilisierung der jetzigen Thesen in den noch zugänglichen Bergwerken Ibbenbüren, Prosper Haniel, Auguste Victoria, Zollverein und Haus Aden in 2017 geplant. Aber auch dadurch können keine repräsentativen Daten erlangt werden, da die heute noch zugänglichen Grubenbereiche nur ein Bruchteil der Abbaubereiche aus der „PCB-Zeit“ sind.

Die Gutachter gehen deshalb in einer ungünstigen Annahme (Worst-Case-Betrachtung) davon aus, dass der größte Teil der eingesetzten PCB noch untertage vorhanden ist. Der bei weitem überwiegende Teil wird in zu Bruch gegangenen und heute nicht mehr zugänglichen ehemaligen Abbaubereichen (Alter Mann) vermutet, da das meiste PCB in Maschinen in den Abbaubereichen eingesetzt und dort freigesetzt wurde. Der Alte Mann macht ca. 95 % des heute vorhandenen untertägigen Grubengebäudes aus. Es wurden bei der umfangreichen Recherche der Gutachter keine Hinweise auf „PCB gefüllte Fässer“ gefunden. Zwei staatsanwaltliche Ermittlungsverfahren Ende der 1980er Jahre kamen damals zu dem gleichen Ergebnis. Beide Verfahren wurden trotz intensiver Recherchen mangels Beweisen eingestellt (z. B. Staatsanwaltschaft Bochum AZ 41 Js 144/88). Da allerdings der Verbleib der PCB-

belasteten Altöle nicht geklärt ist, erfolgt eine weitere Recherche der Entsorgungswege im Jahr 2017.

PCB wird über das Grubenwasser auf zweierlei Arten aus den Bergwerken ausgetragen.

1. Der wichtigste Pfad ist das an **Feinmaterial (Schweb)** partikelgebundene PCB. In den stillgelegten Bergwerken wie Haus Aden liegt der Gehalt an Schweb im Grubenwasser zwischen 1 und 11 mg/L. Über den Schweb werden nach jetziger Auffassung ca. 90 % der jährlichen PCB-Fracht aus dem BW Haus Aden/Monopol ausgetragen.
2. Darüber hinaus ist PCB auch in geringem Maße **im Grubenwasser löslich** (ca. 1,6 ng/L). Per Definition ist hier auch der Schweb < 45 µm enthalten. Dieser Gleichgewichtszustand stellt sich aufgrund der großen Konzentrationsunterschiede zwischen den PCB-Gehalten im Sediment und im Grubenwasser ein. Über den gelösten Anteil werden nach jetziger Auffassung ca. 10 % der jährlichen PCB-Fracht aus dem BW Haus Aden/Monopol ausgetragen.

Der **gelöste Anteil an PCB** im Grubenwasser kann untertage nicht maßgeblich beeinflusst werden. Auch bei einer „Reinigung“ der wenigen noch zugänglichen Bereiche beim Rückzug ist auf Jahrhunderte noch ausreichend PCB in den Grubenbauen zur Lösung im Grubenwasser vorhanden. Lediglich beim Einstau größerer Flächen an Grubenbauen außerhalb der „PCB-Zeit“ und ohne oder mit geringer PCB-Belastung ergäbe sich wahrscheinlich wieder eine RückSORPTION der gelösten PCB aus dem Wasser in das Sediment, da es dann einen Konzentrationsunterschied zwischen dem gelöstem PCB im Grubenwasser, dem PCB-belastetem Schweb und dem PCB-freiem Sediment gibt, der wieder ausgeglichen wird.

Der Anteil an **partikelgebundenem PCB** (Schweb) hängt vor allem von der Strömungsgeschwindigkeit des Grubenwassers in den noch offenen Strecken ab. Vor allem durch das schnelle Fließen des Grubenwassers in nicht eingestauten Grubenbereichen werden PCB-belastete Partikel erodiert. Untergeordnet kann es auch in bereits wassergefüllten Strecken bei ungünstigen Verhältnissen (große Fließmengen, kleine Querschnitte) zu höheren Geschwindigkeiten und zur Erosion von Partikeln kommen. Die kleinsten Partikel werden auch **nicht** in den kilometerlangen, wassergefüllten Beruhigungsstrecken untertage sedimentiert, wie die (wenn auch geringen) Schwebgehalte im BW Haus Aden/Monopol zeigen. Demgegenüber sind im Alten Mann – mit den größten Massen an PCB – die Durchlässigkeit und damit die Strömungsgeschwindigkeit für eine Erosion von Partikeln viel zu gering.

Bei einem Anstieg des Grubenwassers wird sich das gesamte untertägige Grubenwasservolumen, das PCB in gelöster und partikulärer Form enthält, erhöhen. Die zutage geförderte Menge an Grubenwasser wird sich dadurch jedoch nicht ändern, da nach dem Anstieg i. W. nur die Grundwasserneubildung gefördert wird, um den Grubenwasserstand auf dem vereinbarten Niveau zu halten. Eine Maßnahme untertage die partikuläre und auch die gelöste PCB-Fracht in der ZWH zu senken, ist ein Anstieg des Grubenwassers.



Die Begründung ergibt sich anhand folgender Wirkungszusammenhänge:

- 1. Verringerung der Erosion und der Entstehung von Schweb (partikuläre Fracht).** Durch einen Grubenwasseranstieg werden Flächen aus der PCB-Zeit der direkten Erosion durch schnell fließendes Grubenwasser entzogen (Abb. 5 und Abb. 6). Dadurch vermindert sich die **Menge** an belastetem Schweb im Grubenwasser. Dies gilt vor allem für das Einzugsgebiet Ost, wo bislang nur ca. 11,4 % der Flächen aus der PCB-Zeit eingestaut sind (7,5 km<sup>2</sup>). Bei einem Anstieg des Grubenwassers bis ca. -600 mNHN in den Grubengebäuden würden ca. 94 % der Flächen aus der PCB-Zeit eingestaut (61,7 km<sup>2</sup>) und der Erosion entzogen werden.  
Im Einzugsgebiet Viktoriadamm reduziert der geplante Grubenwasseranstieg den Schwebanfall nicht so wirkungsvoll, da weiterhin ca. 24 km<sup>2</sup> (das entspricht 37 % der Flächen aus der PCB-Zeit) in erhöhtem Maße der Erosion ausgesetzt sind, weil hier der Bergbau früh begann und viele Abbaue aus der PCB-Zeit oberflächennäher sind als im Einzugsgebiet Ost. Da im Einzugsgebiet Viktoriadamm zudem fast 90 % des später zu hebenden Grubenwassers anfallen werden, bleibt ein großes Freisetzungspotential für PCB – über den erodierten PCB-belasteten Schweb – bestehen.
- 2. Flächen außerhalb der PCB-Zeit wirken als Flächenfilter (gelöste Fracht).** Bei einem Grubenwasseranstieg steigt überproportional der Anteil an Flächen außerhalb der PCB-Zeit (Abb. 6). Diese Zahlen sind, neben den PCB-Belastungsmessungen im Grubenwasser, belastbare und mit einer großen Sicherheit ermittelte Werte. In diesen Flächen mit einem hohen Anteil an fein verteilten Kohlen erfolgt eine (Rück-)Festlegung der gelösten PCB aus dem Grubenwasser im kohlenhaltigen Sediment, da zwischen den beiden Medien ein Konzentrationsgefälle besteht, das sich ausgleichen wird. Damit wirken diese Flächen ähnlich wie ein „Flächenfilter“. Der Gehalt an gelöstem PCB wird durch diesen Effekt tendenziell sinken. Derzeit beträgt das Verhältnis der Flächen aus der PCB-Zeit zu den Flächen außerhalb der PCB-Zeit in der Wasserprovinz Haus Aden 1 : 1,5 (42,5 km<sup>2</sup> : 62,8 km<sup>2</sup>). Nach einem Anstieg bis auf ca. -600 mNHN in den Grubengebäuden steigt das Verhältnis auf 1 : 2 (104,4 km<sup>2</sup> : 211,5 km<sup>2</sup>). Bei einem Grubenwasseranstieg im gesamten Grubengebäude würde das Verhältnis den Wert 1 : 3,4 (132,3 km<sup>2</sup> : 448,80 km<sup>2</sup>) erreichen (Abb. 6). Im Einzugsgebiet Viktoriadamm mit großen Anteilen an PCB-Flächen oberhalb von -600 mNHN in den Grubengebäuden wäre der Effekt noch stärker (Abb. 6).
- 3. Verringerung der Grubenwassermenge (partikuläre und gelöste Fracht).** Der Grubenwasseranstieg reduziert die großen Gefälleunterschiede der Grubenwasserstände im Einzugsgebiet Viktoriadamm. Hier erfolgte in den 1930er und 1940er Jahren der Kohlenabbau relativ nahe unterhalb des Deckgebirges, so dass bis heute große Mengen an Grundwasser aus dem Deckgebirge über noch nicht eingestaute BW der ZWH zulaufen. Nach dem Grubenwasseranstieg werden ca. 90 % des zu fördernden Grubenwassers aus dem EZG Viktoriadamm stammen. Der erwartete positive Effekt: Je geringer der Gefälleunterschied ist, **desto niedriger ist tendenziell die zuströmende Grubenwassermenge aus dem Deckgebirge**. Allerdings ist zu vermuten, dass

dieser Effekt vor allem erst dann zum Tragen kommt, wenn das Grubenwasser bis in das Deckgebirge ansteigt.

Die zukünftigen Austräge aus der BHV (Schwermetalle, PAK und Dioxine) werden nicht messbar bzw. nicht der BHV zuzuordnen sein und werden in den nächsten Jahrhunderten keine Maßnahmen erfordern. Hingegen ist die PCB-Belastung bereits heute messbar und reduzierbar – auch wenn sie sich bei einem Grubenwasseranstieg nach jetziger Einschätzung nicht weiter erhöhen würde. Die Reduzierung kann durch übertägige wie untertägige Maßnahmen erfolgen.

Die übertägigen Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung der Schwebstoffphase wie der wässrigen Phase werden in einem anderen Gutachten betrachtet (IWW/Spiekermann (2016): Gutachterlichen Untersuchung/Recherche zu den technischen Möglichkeiten einer PCB-Elimination von Grubenwässern).

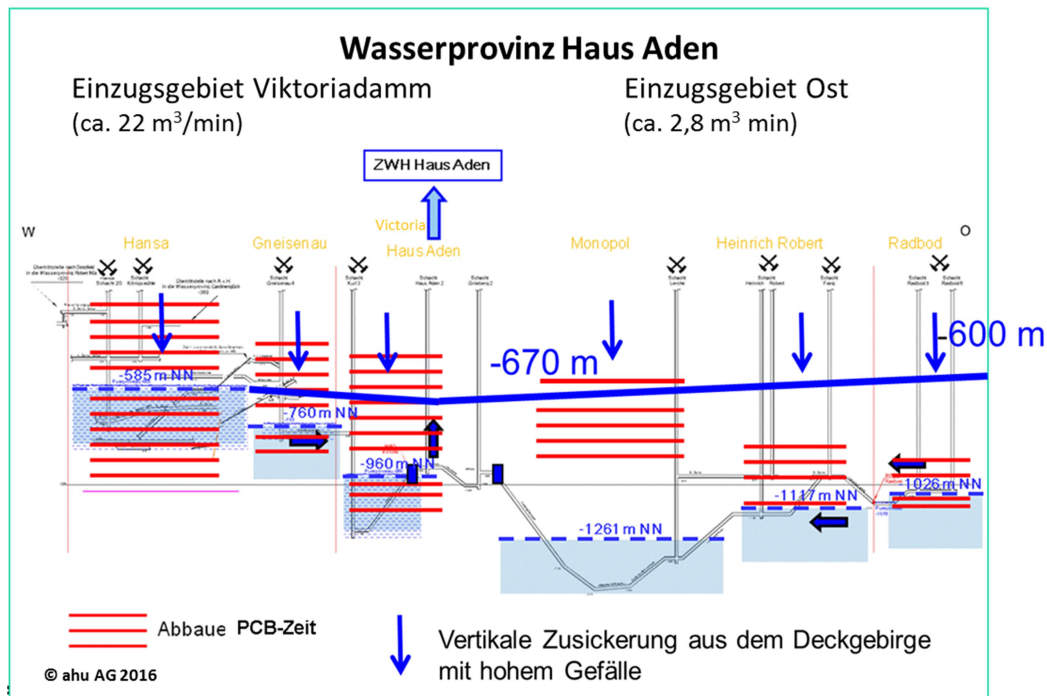


Abb. 5: Schematische Darstellung der derzeitigen Gefälle zwischen den Grubenwasserständen zwischen den Teilprovinzen (blaue Flächen und Wasserstände) und bei einem Grubenwasserstand von ca. -600 mNHN in den Grubengebäuden und ca. -670 m NHN in der ZWH (blaue Linie) und Abbaue aus der PCB-Zeit

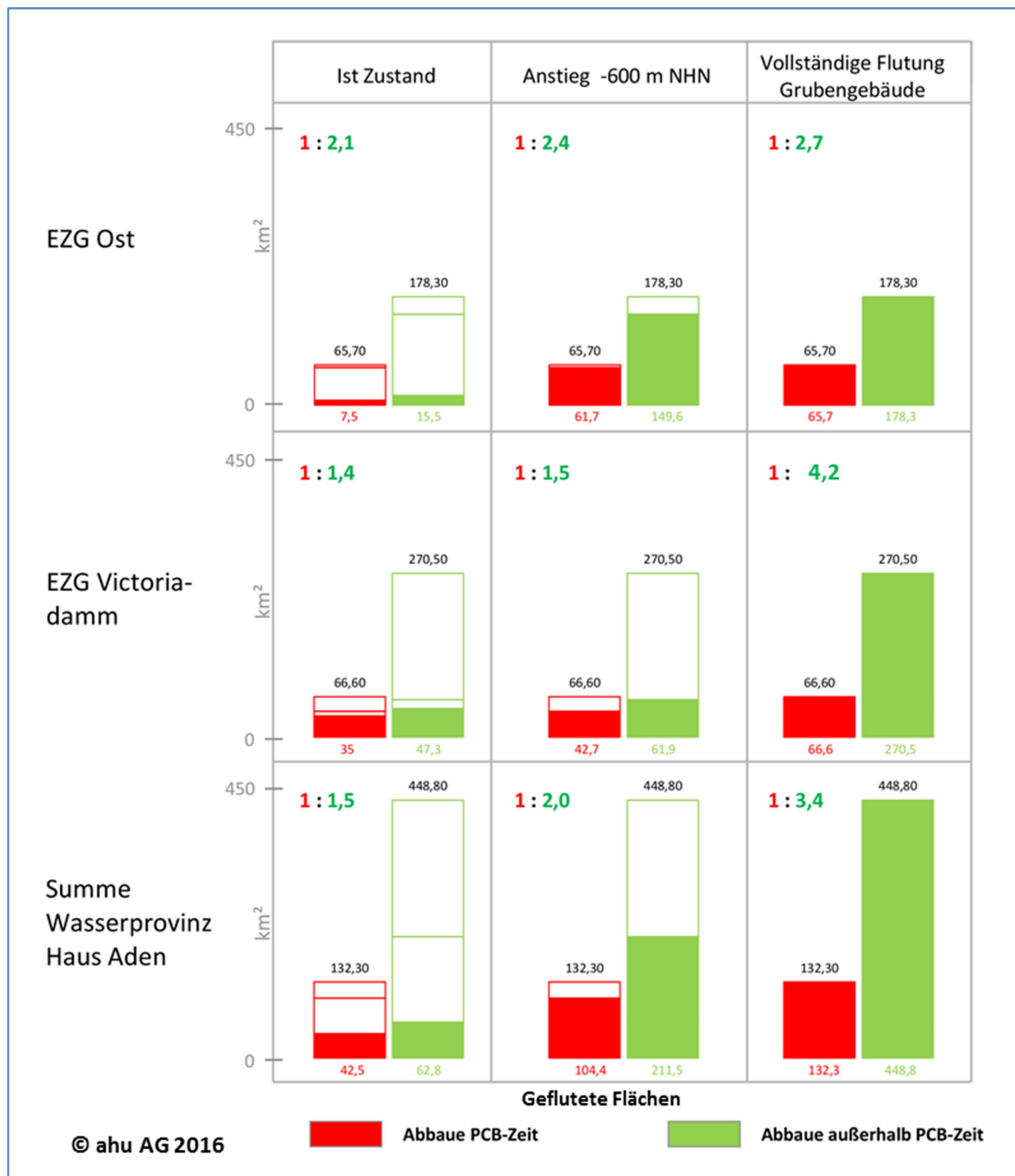


Abb. 6: Zusammenfassende Darstellung eingestauter und nicht eingestauter Abbaubereiche aus der PCB-Zeit (rot) und außerhalb der PCB-Zeit (grün) bei verschiedenen Grubenwasserständen

Bei dem geplanten Grubenwasseranstieg bis ca. -600 m NHN in den Grubengebäuden verbleiben nach wie vor im Einzugsgebiet Victoriadamm große Bereiche aus der PCB-Zeit der potentiellen Erosion durch schnell fließendes Grubenwasser ausgesetzt (Abb. 5 und Abb. 6). Die Gutachter empfehlen in diesem Zusammenhang, einen „**optimierten Grubenwasserstand**“ zu ermitteln, der gemäß den oben beschriebenen Wirkungszusammenhängen die Belastung mit partikelgebundenem und gelöstem PCB in der ZWH verringern wird. Hierbei sind nach derzeitigem Kenntnisstand zu beachten:

1. Risiko der Grubenwasserübertritte in die Abbaubereiche Carolinenglück (**Einzugsgebiet Emscher**) und Robert Müser (**Einzugsgebiet Ruhr**) bei ca. -320 m NHN
2. Sicherheit älterer Schachtverfüllung beim Grubenwasseranstieg
3. Schutz vor (ungleichmäßigen) Hebungen beim Einstau des Deckgebirges
4. Trinkwasserschutz (v. a. bei Grundwasserleitern wie Haltern Sande)
5. (Erwartete) positive Auswirkung einer Dichteschichtung im Grubenwasser

## 8 MONITORING – EMPFEHLUNGEN ZUM THEMA PCB

### **Kernfrage 5:**

***Prüfung, ob und ggf. wie das bestehende Monitoring verändert werden muss, um neben der Erfassung des Parameters PCB in Bezug auf eingebrachte Abfall- und Reststoffe auch etwaige PCB-Austräge aus dem früheren Einsatz PCB-haltiger Betriebsmittel erfassen zu können.***

Ein kontinuierliches Monitoring von PCB an Feststoffen in Oberflächengewässern wird empfohlen (weitere Details s. Gutachten).

## 9 GIBT ES ZUSÄTZLICHEN UNTERSUCHUNGSBEDARF?

### 9.1 BHV

In Teil 2 sollen mit Hilfe der Grundwasserströmungsmodellierungen die Ausbreitungsvorgänge in einer fernen Zukunft untersucht werden, unter der Annahme, dass das Röhrensystem eine geringe Durchlässigkeit aufweist und das Grubenwasser höher als derzeit geplant ansteigt.

### 9.2 PCB

Zur Verifizierung und Erhärtung der Arbeitshypothesen zur PCB-Verteilung unter Tage, der Mobilisierbarkeit und der zukünftigen Entwicklung der PCB-Belastung im gehobenen Grubenwasser sind in Teil 2 des Gutachtens Untersuchungen v. a. zur folgenden Themen geplant.

- Repräsentativität der 100-L-Probe (Abschn. 15.4.1)
- bessere Datenbasis für die Belastungen des partikulären Materials unter Tage (Abschn. 15.4.2)
- Untersuchungen zum anaeroben Abbau von PCB (Abschn. 15.4.3)
- Recherche zu Lage und Anzahl möglicher Belastungsschwerpunkte (v. a. Werkstätten, Schlammbecken aus der PCB-Zeit)