

## Zusammenfassung Teil 2 des Gutachtens

### 1 BISHERIGE ERGEBNISSE UND GRUNDLAGEN IN TEIL 1 DES GUTACHTENS

In Teil 1 des Gutachtens (April 2017) wurden in einer ausführlichen Risikoanalyse die Risiken bewertet, die von den 75.600 t besonders überwachungsbedürftige Abfälle<sup>1</sup> ausgehen, die als Bruchhohlraumverfüllung (BHV) im Bergwerk (BW) Haus Aden / Monopol eingebracht wurden. Bei diesen Abfällen handelt es sich um Verbrennungsrückstände aus der Hausmüllverbrennung (Aschen, Filterstäube), die aufgrund des Ausgangsmaterials auch mit Schwermetallen und PCDD/F („Dioxine“ und „Furane“) belastet waren.

In der Risikoanalyse wurde getrennt das

- **Gefährdungspotential** der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle und den darin enthaltenen Schwermetallen,
- **Freisetzungspotential** dieser Schwermetalle durch die verschiedenen Barrieren,
- **Ausbreitungspotential** in den Tiefengrundwässern bis zum Röhrensystem (offene Strecken im Grubengebäude) und letztlich der Zentralen Wasserhaltung Haus Aden (ZWH),

bewertet.

Das Ergebnis war, das aufgrund der dargestellten Potentiale der Gefährdung, der Freisetzung und der Ausbreitung im Bereich des BW Haus Aden / Monopol ein Risiko für die Oberflächengewässer und das Grundwasser – bezogen auf heutige Bewertungsmaßstäbe – nicht erkennbar ist.

### 2 UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE IM TEIL 2

Im Teil 2 des Gutachtens wurden einige Aspekte der Risikoanalyse aus Teil 1 erweitert und konkretisiert. Dies betrifft vor allem folgende Untersuchungen:

- Risikoabschätzung für die BHV im BW Walsum und BW Hugo Consolidation
- Risikoabschätzung der Abfall- und Reststoffe, die nach dem Prinzip der Immissionsneutralität in 11 BW verbracht worden waren
- Zusätzliche Recherchen nach potentiellen PCB-Punktquellen und weitere 100 L Analysen (PCB-Gleichgewichtseinstellung partikulärer / gelöster Anteil)

---

<sup>1</sup> gemäß Abfallgesetz (AbfG 1986)

## 2.1 Bruchhohlraumverfüllung (BHV) in dem BW Walsum und dem BW Hugo Consolidation

### 2.1.1 Ergebnisse Gefährdungspotential

Das Gefährdungspotential (Masse der verbrachten Abfall- und Reststoffe und den darin enthaltenen Schwermetallen) wurde für die beiden BW Walsum und BW Hugo Consolidation so genau wie möglich ermittelt. Im Vergleich zum BW Haus Aden ist die Datenlage bei diesen beiden BW nicht so vollständig. Sie ist jedoch ausreichend, um das Gefährdungspotential hinreichend genau abschätzen zu können. Einen Überblick über die Gefährdungspotentiale in allen drei BW gibt die Tab. 1.

Tab. 1: Überblick über die Gefährdungspotentiale

Abfall- und Reststoffe	BW Haus Aden	BW Hugo Consolidation	BW Walsum
<b>Abfall- und Reststoffe gesamt (t)*</b>	167.766	477.228	437.341
<b>davon Filterstäube (HMVA, vollständiger Einschluss)*</b>	62.289	147.307	355.064
<b>davon RAA- Schlämme**</b>	105.477	0	56.183
<b>Zink</b>	1.321**	1.488 <sup>+</sup>	4.864 <sup>+</sup>
<b>Blei</b>	403**	560 <sup>+</sup>	1.527 <sup>+</sup>
<b>Cadmium</b>	19**	40 <sup>+</sup>	89 <sup>+</sup>
<b>PCDD/F (kg)**</b>	7,2	33,8	14,03
<b>Entspricht „Seveso Dioxin“ (g)</b>	122**	573 <sup>+</sup>	238 <sup>+</sup>
<b>Anzahl BHV-Bereiche**</b>	5	7	9

\* Angabe BR Arnsberg, Überprüfung durch die Gutachter anhand der Quartals- und Abschlussberichte der RAG

\*\* Auswertung der Quartals- und Abschlussberichte der RAG durch die Gutachter

+ Abschätzung anhand der mittleren Gehalten und der verbrachten Mengen

### **2.1.2 Untersuchungen Freisetzungspotential**

In Teil 2 erfolgten diese weiterführenden Untersuchungen (hydrogeochemische Modellierungen):

- Überprüfung des bisherigen Modellansatzes (PHREEQC) mit einer reaktiven Stoffmodellierung (PHAST)
- Beschreibung und Bewertung der Bedeutung der Sorption der Schwermetalle auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem im umgebenden Gebirge
- Überprüfung des Auftretens von Roll-Front-Prozessen (Festlegung und Re-Mobilisierung) auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem

### **2.1.3 Untersuchungen Ausbreitungspotential**

In Teil 2 erfolgten weiterführende Untersuchungen (Grundwasserströmungsmodellierung) für eine ferne Zukunft (> 10.000 Jahre) mit folgenden Randbedingungen:

- Deutlich geringere Durchlässigkeit des Röhrensystems ohne Wasserhaltung
- Aufsteigende Grundwasserströmung aus dem Karbon (worst case Annahme) ohne Wasserhaltung und stabile Dichteschichtung des Tiefengrundwassers

### **2.1.4 Übertragungsmatrix für die Risikoabschätzung**

Auf Grundlage der methodischen, modellgestützten Grundlagen der Risikoanalyse aus Teil 1 und der oben beschriebenen, zusätzlich berücksichtigten Aspekte, erfolgte in Teil 2 eine erneute Abschätzung der Risiken für das BW Haus Aden / Monopol.

Für die beiden anderen BW mit BHV (BW Walsum, BW Hugo Consolidation) wurde das Risiko mit Hilfe einer Übertragungsmatrix abgeschätzt, da für diese beiden BW keine hydrogeochemischen Modelle der Freisetzung und hydrogeologischen Grundwasserströmungsmodelle der Ausbreitung aufgestellt wurden. Hierbei wurden v.a. berücksichtigt:

- Hydrogeologischer Aufbau (Verbreitung toniger Schichten mit einem hohen Sorptionspotential)
- Minimale Entfernungen bis zum Röhrensystem
- Aufbau und Mächtigkeit des Deckgebirges (dies spielt jedoch eine untergeordnete Rolle, da der z.Zt. geplante Grubenwasseranstieg das Deckgebirge nicht erreicht).

Die hydrogeochemischen Prozesse innerhalb der BHV (Freisetzungspotential) in dem BW Walsum und dem BW Hugo Consolidation sind vergleichbar denen im BW Haus Aden / Monopol, weil der Chemismus der Abfall- und Reststoffe, des umgebenden Gebirges und des Tiefengrundwassers vergleichbar ist.

Auch die minimalen und mittleren Abstände zwischen der BHV und den Röhrensystemen in den drei BW sind vergleichbar.

### **2.1.5 Risikoabschätzung Bruchhohlraumverfüllung**

Bereits in Teil 1 des Gutachtens wurde für Haus Aden / Monopol – unter der Annahme einer aktiven Zentralen Wasserhaltung, eines offenen Röhrensystems und ohne Berücksichtigung der Sorption – festgestellt, dass bei den in der Zukunft (min. 1000 Jahre) zu erwartenden Konzentrationsanstiegen der Schwermetalle kein Risiko für die Oberflächengewässer und das Grundwasser erkennbar ist.

#### **2.1.5.1 Überprüfung des bisherigen Modellansatzes**

Die Überprüfung des Modellansatzes aus dem Teil 1 des Gutachtens (hydrochemische Barriere) hat gezeigt, dass die Berechnungen des Freisetzungspotentials aus der BHV – als Grundlage für das Ausbreitungspotential – nach wie vor gültig sind.

#### **2.1.5.2 Auswirkung der Sorption**

Unter Berücksichtigung der Sorption von Schwermetallen auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem reduziert sich die bereits geringe Konzentrationserhöhung nochmals um 95 bis 98 % und läge damit weit unter den heutigen analytischen Bestimmungsgrenzen.

#### **2.1.5.3 Roll-Front-Prozesse**

Bei manchen Stoffen in anderen Geosystemen erfolgen auf dem Fließweg im Untergrund Stofffestlegungen und Remobilisierungen (z. B. von Uranmineralphasen und Uran), bei denen dann stoßartige hohe Belastungen der Grundwässer auftreten können. Diese können sogar noch höher als die Ausgangskonzentration sein, weil sich Stoffdepots in kurzer Zeit wieder auflösen.

Diese Roll-Front-Prozesse treten bei den betrachteten Schwermetallen Blei und Zink nicht auf.

#### **2.1.5.4 Auswirkungen veränderter Randbedingungen**

Mit dem Strömungsmodell wurden am Standort Haus Aden in getrennten Szenarien die – realistischeren – Randbedingungen der fernen Zukunft untersucht, in der nicht mehr von einem offenen Röhrensystem und einem tiefen Grubenwasserstand von ca. – 600 m NHN in den Grubengebäuden ausgegangen werden kann.

#### **Auswirkungen einer verringerten Durchlässigkeit des Röhrensystems:**

In einer fernen Zukunft wird sich die hohe Durchlässigkeit des Röhrensystems der geringen Durchlässigkeit des Gebirges annähern. Im Zusammenhang mit einer fehlenden Grubenwasserhaltung werden sich auch die Fließmengen im

tiefen Grundwasserfließsystem deutlich reduzieren. Es wird eine stärkere Ausbreitung im tiefen Untergrund prognostiziert, da die ZWH als Tiefpunkte und „Vorfluter“ wegfallen.

### **Auswirkungen eines höheren Grubenwasserstandes und einer Dichteschichtung**

Für eine ferne Zukunft – ohne jede Wasserhaltung – werden sich wahrscheinlich Wasserstände im Quartär, im Emscher Mergel, in den Kalken des Turon/Cenoman und im Grundgebirge einstellen, die eine abwärts gerichtete Grundwasserströmung (absteigende Potentialdifferenzen) zur Folge haben werden.

Für die Simulationen wurden dennoch den einzelnen hydrogeologischen Einheiten Wasserstände zugeordnet, die eine aus dem Grundgebirge aufsteigende Wasserbewegung (aufsteigende Potentialdifferenzen) zur Folge hätten. Unter diesen (unwahrscheinlichen) Fließbedingungen beträgt die Fließzeit aus der BHV bis in die Lippe (als Hauptvorfluter) ca. 800.000 Jahre. Davon liegen ca. 400.000 Jahre im Grundgebirge und ca. 400.000 Jahre im Deckgebirge (Barriere des Emscher Mergels).

#### **2.1.5.5 Fazit Bruchhohlraumverfüllung**

**Es ist kein Handlungsbedarf zur Risikominimierung hinsichtlich der Bruchhohlraumverfüllungen erkennbar. Die Aussagen zum Monitoring des Grubenwassers aus Teil 1 sind nach wie vor gültig: Das bestehende Monitoring der Grubenwässer ist ausreichend.**

#### **2.1.6 Risikoabschätzung Immissionsneutralität**

Neben den besonders überwachungsbedürftigen Abfällen (Summe in den drei BW: 578.000 t, Tab. 1) wurden ca. 1,1 Mio. t immissionsneutrale Abfälle in insgesamt 11 BW verbracht. Die heutige Datenbasis über die Verbringungsorte der immissionsneutralen Abfälle ist schlechter als bei den besonders überwachungsbedürftigen Abfällen.

Bei den immissionsneutralen Abfällen handelt es sich um Aschen aus der Kohlenverbrennung in Kraftwerken, also letztlich um Kohlenbestandteile. In mehreren Studien war Anfang der 80er Jahre der Stoffbestand und das Elutionsverhalten untersucht worden. Ergebnis war, dass die Stoffgehalte (i.w. Sulfat und Chlorid) den geogenen Hintergrund - aus dem die Aschen ja letztlich stammten - nicht überschritten und deshalb gegenüber dem Gebirge und dem Tiefen Grundwasser immissionsneutral waren, d.h. zu keiner zusätzlichen Belastung führen würden.

Aus dieser Grundlage wurden 1987 zwei Rundverfügungen des Landesoberbergamtes (LOBA) erlassen nach dem die Bergämter Anträgen auf Verbringung immissionsneutraler Abfälle auf den einzelnen BW ohne weitere wasserrechtliche Prüfungen zustimmen konnten, da die prinzipielle Immissionsneutralität dieser Abfälle nachgewiesen war.

Vor einer Zulassung erfolgte jedoch eine mehrstufige Prüfung, ob die beantragten Stoffe der Kategorie „Immissionsneutralität“ oder der Kategorie „besonders

überwachungsbedürftig“ zuzurechnen waren und entsprechend verbraucht werden mussten.

Die damalige Argumentation ist auch aus heutiger Sicht fachlich nachvollziehbar. Es wurden keine Hinweise auf eine gegenteilige Einschätzung gefunden.

## 2.2 PCB

### 2.2.1 Verteilung unter Tage

In Teil 1 waren Umfang und Verbleib der PCB in den BW abgeschätzt worden. Im Sinne einer worst case Abschätzung wurden die Austräge an PCB über die geförderten Kohlen und Berge als sehr gering abgeschätzt. Ergebnis ist, dass der größte Teil der eingebrachten PCB untertage verblieben ist. Auf Grund der betriebsbedingten Verluste bei der Kohlenförderung werden diese zum allergrößten Teil (98 % bis 99%) im Alten Mann vermutet, also in dem Bereich, der unmittelbar nach der Auskohlung zusammenbricht und nicht mehr zugänglich ist und eine wesentlich geringe Durchlässigkeit als das Röhrensystem aufweist.

Die restlichen PCB sind in Strecken verblieben. In den heute noch zugänglichen Strecken und Bergwerksteilen der BW Zollverein, BW Ibbenbüren, BW Prosper Haniel, BW Haus Aden und des BW Auguste Victoria wurden in Teil 2 35 Bodenproben aus verschiedenen Bereichen auf PCB untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, eine Größenordnung für die ubiquitäre PCB-Belastung in den BW zu erhalten und die Frage zu beantworten, ob es eine Differenzierung zwischen den Abbaubereichen aus der PCB-Zeit mit Hot Spots und außerhalb der PCB-Zeit gibt oder ob durch Verschleppung alle Bergwerksbereiche mehr oder weniger gleich mit PCB belastet sind.

Aufgrund der geringen Probenzahl und beprobten Punkte im Vergleich zum gesamten Grubengebäude von ca. 4.200 km<sup>2</sup> war dies jedoch keine repräsentative Probenahme (und ein solche kann heute auch nicht mehr durchgeführt werden).

Ergebnisse der Beprobung aus Teil 2 sind (siehe Tabelle):

- In einigen erwarteten potentiellen Hot Spots (Standorte von Bandanlagen, Kohleabfuhrstrecken) wurden etwa doppelt so hohe PCB-Gehalte wie allgemein in den Bereichen aus der PCB-Zeit festgestellt, so dass es sich nicht wirklich um Hot Spots handelt.
- In einigen erwarteten potentiellen Hot-Spots (v.a. Schlammstrecken) wurden vielfach geringe bis keine PCB festgestellt. Dies ist insofern erklärlich, dass die Zeit des PCB-Einsatzes fast 30 Jahre zurückliegt und die anfallenden Schlämme zwischenzeitlich mehrfach in abgeworfene Grubenteile abgepumpt wurden. Diese Grubenteile sind heute nicht mehr erreichbar.
- In den Werkstätten / Lokschuppen (erwartete potentielle Hot spots) war eine Probenahme vielfach nicht möglich bzw. sinnvoll, weil diese Bereiche betoniert sind.
- Bei Betrachtung aller 35 Analysen ergibt sich dennoch - mit aller Vorsicht - eine Trendabschätzung:

- Die Proben aus der PCB-Zeit (orange) sind ungefähr halb so hoch belastet wie die Punktquellen (rot).
- Die Proben aus den Verschleppungsbereichen (gelb) liegen noch einmal deutlich darunter.
- Eine Hintergrundbelastung (grün) besteht praktisch flächendeckend, obwohl es auch einige wenige PCB-freie Proben gibt.

<b>Anzahl Proben</b>	9	8	16	2	<b>alle Proben</b> 35
<b>Mittelwerte</b> <b>µg/kg</b>	<b>4.157</b>	<b>1.199</b>	<b>8.883</b>	<b>212</b>	<b>3.613</b>

In den umfangreichen Recherchen in insgesamt 1236 Risswerken nach potentiellen untertägigen Punktquellen und der oberirdischen Entsorgung PCB-belasteter Altöle ergaben sich keine Hinweise auf weitere untertägige PCB-Punktquellen (z.B. über eine illegale untertägige Altölentsorgung).

### 2.2.2 Partikelgebundener und gelöster Austrag von PCB und Monitoring

PCB wird über das Grubenwasser zum überwiegenden Teil partikelgebunden ausgetragen. Zu einem geringen Maße ist PCB aber auch im Grubenwasser löslich. Per Definition ist hier auch der Schweb < 45 µm enthalten. In einer ersten 100 L Probe wurde in Teil 1 des Gutachtens der Gleichgewichtszustand ( $K_d$ -Wert), der sich aufgrund der großen Konzentrationsunterschiede zwischen den PCB-Gehalten im Sediment und im Grubenwasser einstellt, untersucht.

In Teil 2 wurden drei weitere 100 L Wasserproben an den Grubenwassereinleitungen am BW Haus Aden und am BW Zollverein (Stinnesleitung und Zollvereinsleitung) genommen, um die Ergebnisse aus Teil 1 des Gutachtens zu überprüfen. Ergebnisse sind:

- Der Gehalt an „gelösten“ PCB variiert. Er hängt wahrscheinlich von der Art der Probenaufbereitung (Filtration vor Ort / im Labor) und den Fließbedingungen im jeweiligen Einzugsgebiet ab (Kaskadenmodell).
- Die durchgeführten 100 L-Wasserproben sind sehr aufwändig und nicht für ein Routine-Monitoring der Grubenwassereinleitung geeignet. Sie haben aber die Bedeutung des gelösten Anteils und die Abhängigkeit des Nachweises von Stoffausfällungen (wie z. B. eine Filtration) gezeigt. Ebenso konnte eine quasi-Gleichgewichtseinstellung ( $K_d$ -Wert) zwischen gelösten und partikulär-gebundenen PCB bestätigt werden. Anhand dieser Beziehung kann zukünftig der gelöste Anteil aus den Feststoffanalysen des Schwebs abgeschätzt werden.

### 2.2.3 Monitoring der Grubenwässer

Die Einleitung der Grubenwässer wird seit dessen Beginn durch ein Monitoring begleitet. Zum Parameterumfang gehört auch PCB. Ab 2015 wurde das

Monitoring der Grubenwassereinleitungen für PCB intensiviert (Sondermessprogramm PCB des LANUV).

- Das Monitoring mittels Zentrifugen als Dauerüberwachung hat sich aus vielerlei Gründen nicht bewährt (u.a. 2. Arbeitskreis PCB vom 25.02.2016)
- Seit Mitte 2016 wird erfolgreich ein kontinuierliches Monitoring mit Schwebstoffsammelkästen erprobt.
- Es wird seitens der Gutachter vorgeschlagen, das kontinuierliche Monitoring durch punktuelle Bestimmung der Fracht zu ergänzen. Dies ist über eine Gesamtextraktion aus einer 10 L-Probe ohne vorherige Filtration möglich. Auf Grundlage der über die 100 L-Proben ermittelten mittleren  $K_d$ -Werte kann dann auch der gelöste Anteil größenordnungsmäßig abgeschätzt werden.

## 2.2.4 Wirkungszusammenhänge beim PCB Austrag

In Teil 1 des Gutachtens wurden drei prinzipielle Wirkungszusammenhänge zwischen dem Austrag an PCB über das Grubenwasser (heute der einzig relevante Austragspfad) und den Grubenwasserständen und der Grubenwasserdynamik aufgezeigt. Aufgrund dieser Wirkungszusammenhänge erwarten die Gutachter eine Reduzierung des PCB-Austrags bei höheren Grubenwasserständen.

Diese Wirkungszusammenhänge wurden in Teil 2 des Gutachtens dahingehend überprüft, ob bei der Bearbeitung Erkenntnisse gewonnen wurden, die eine Überarbeitung der Wirkungszusammenhänge erforderlich machen würde.

Es wurden keine Wirkungszusammenhänge festgestellt, die langfristig zu einer Erhöhung der PCB-Fracht bei steigenden Grubenwasserständen in den Wasserhaltungen führen würden.

Diese drei Wirkungszusammenhänge zwischen der PCB-Fracht im Grubenwasser (partikulär und gelöst) und höheren Grubenwasserständen sind:

### Wirkungszusammenhang 1 (Kaskadenmodell)

**Erosion und die Entstehung von Schweb (partikuläre Fracht) bei freier Durchströmung von Abbauen (Kaskadenmodell).** Durch einen Grubenwasseranstieg werden **Flächen** aus der PCB-Zeit der direkten Erosion durch schnell fließendes Grubenwasser entzogen. Dadurch vermindert sich die **Menge** an belastetem Schweb im Grubenwasser.

Das Kaskadenmodell, d. h. das Auftreten großer Potentialdifferenzen innerhalb der Wasserprovinzen bzw. Bergwerke, wurde sowohl in der Wasserprovinz Lippe - Auguste Victoria (ahu 2017) als auch in den Einzugsgebieten Zollverein Süd und Zollverein Emschermulde West (BW Hugo Consolidation) festgestellt.

## Wirkungszusammenhang 2 (Verringerung der Grubenwassermenge)

**Verringerung der Grubenwassermenge (partikuläre und gelöste Fracht).** Ein Grubenwasseranstieg reduziert den Grubenwasseranfall durch das „Abdrücken“ von weiter entfernten Zuläufen und vermindert die großen Gefälleunterschiede zwischen dem Deckgebirge und den Grubenwasserständen in den Grubenbauen.

Der Wirkungszusammenhang beruht vor allem darauf, dass bei einem Grubenwasseranstieg die Zuflüsse aus den weiter entfernt liegenden BW vermindert werden, weil der hydraulische Widerstand auf dem langen Fließweg steigt und das verbleibende Gefälle diesen Fließwiderstand nicht mehr überwinden kann. Dies wird oft als „Abdrücken“ bezeichnet (DMT 2017) und wurde für eine Reihe von BW auch modelltechnisch nachgewiesen.

Wenn darüber hinaus der Grubenwasserstand bis ins Deckgebirge steigt, verringert sich tendenziell auch die Zusickerung aus dem Deckgebirge.

## Wirkungszusammenhang 3 (Flächenfilter)

**Flächen außerhalb der PCB-Zeit wirken als Flächenfilter (partikuläre und gelöste Fracht).** Bei einem Grubenwasseranstieg steigt überproportional der Anteil an Flächen außerhalb der PCB-Zeit.

Diese Zahlen sind, neben den PCB-Messungen im Grubenwasser, belastbare und mit einer großen Sicherheit ermittelte Werte. Bei einem Grubenwasseranstieg werden zunehmend ehemalige Abbaue geflutet. In diesen Flächen mit einem hohen Anteil an fein verteilten Kohlen erfolgt eine (Rück-)Festlegung der PCB (partikulär und gelöst) 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 partikulärem und gelöstem PCB wird durch diesen Effekt tendenziell sinken. Um diesen Wirkungszusammenhang zu überprüfen, wurden fast alle BW im Ruhrrevier mit einer Gesamtabbaufäche von 4.200 km<sup>2</sup> ausgewertet (Abb. 1).

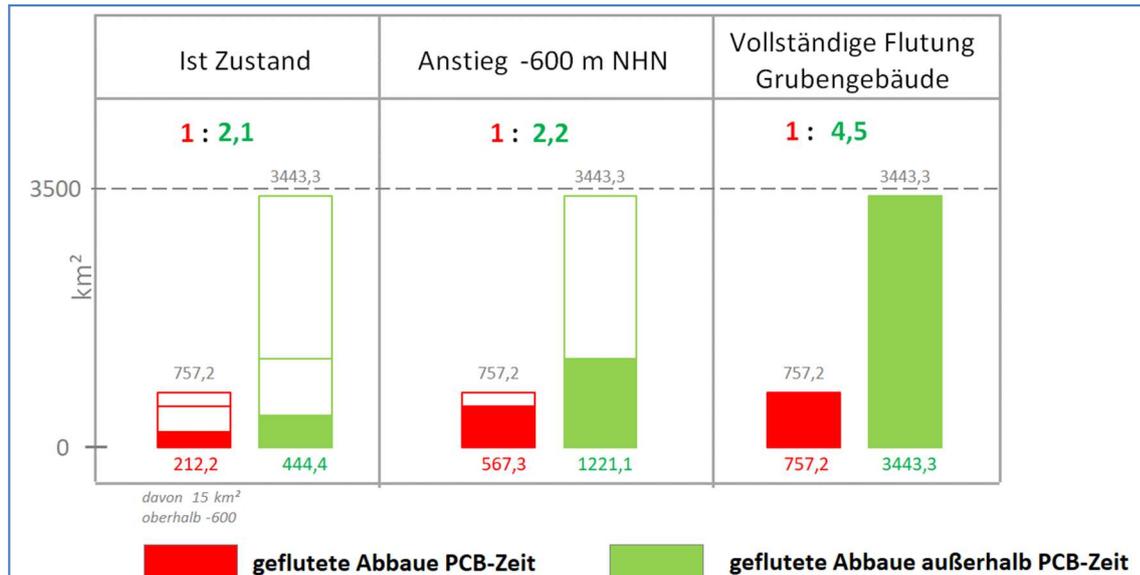


Abb. 1: Flächenverhältnis der gefluteten und nicht gefluteten Abbaue aus der PCB-Zeit und außerhalb der PCB-Zeit

Die Abb. 1 zeigt:

- Das Verhältnis der Flächen aus der PCB-Zeit und den Flächen aus der Nicht-PCB-Zeit bei einer Flutung bis -600 m NHH ändert sich nicht relevant (Zunahme von 1:2,1 auf 1:2,2).
- Bei einer Flutung bis -600 m NHH verbleiben weiterhin fast 190 km<sup>2</sup> Abbaufächen aus der PCB-Zeit oberhalb des Grubenwasserspiegels und können frei durchflossen werden, so dass es zu Erosion und Partikelbildung kommen kann (Wirkungszusammenhang 1).
- Bei einer vollständigen Flutung der Grubengebäude wären nicht nur alle PCB-Flächen der Erosion durch freifließendes Wasser entzogen, sondern es würden dann mit 1: 4,5 auch deutlich die Abbaue außerhalb der PCB-Zeit überwiegen, die dann als Flächenfilter wirken würden (Wirkungszusammenhang 3).

Wie bei den 35 Bodenstichproben festgestellt wurde, sind die Abbaubereiche außerhalb der PCB-Zeit zwar geringer belastet als die Flächen aus der PCB-Zeit und der hot Spots, aber nicht frei von PCB-Belastungen. Die Wirkung als „Flächenfilter“ ist jedoch nach wie vor zutreffend. Zwischen der Belastung im Feststoff (partikuläres Material) und dem Grubenwasser stellt sich langfristig ein Gleichgewichtszustand ein. Wenn dieses Grubenwasser Bereiche mit einer geringeren PCB-Belastung im Feststoff flutet, besteht ein Ungleichgewicht zwischen Feststoff und Grubenwasser, das sich ausgleichen wird: Die Belastung im Grubenwasser (partikulärer und gelöster Anteil) wird wieder zurückgehen, bis sich ein neuer, niedrigerer Gleichgewichtszustand eingestellt hat.

Ein weiterer Wirkungszusammenhang, der jedoch bislang nicht weiter untersucht wurde, ist die Ausbildung einer Dichteschichtung aufgrund des wesentlich schwereren salinaren Grubenwassers. Dieser Effekt beginnt jedoch erst dann

zu wirken, wenn die Strömungsgeschwindigkeiten im Röhrensystem nachgelassen haben. Dies ist erst dann der Fall, wenn das Grubenwasser bis auf ein höheres Niveau angestiegen ist und die Grubenwasserhebung auf eine Brunnenförderung umgestellt wurde.

### **2.2.5 Aerober und Anaerober Abbau von PCB**

Der untertägige, aerobe und anaerobe Abbau von PCB ist gemäß einer Literaturlauswertung vernachlässigbar.

## **3 ZUSAMMENFASSUNG**

In Teil 2 des Gutachtens wurden sowohl bei der Risikoabschätzung der Bruchhohlraumverfüllung als auch des PCB-Austrages aus den BW keine Hinweise gefunden, die zu der Einschätzung eines höheren Risikos gegenüber Teil 1 geführt hätten.

Für die Bruchhohlraumverfüllung ergibt sich hingegen bei der Berücksichtigung realistischer Randbedingungen in einer fernen Zukunft (Sorption, höherer Grundwasserstand, kein Röhrensystem) nochmals ein deutlich verringerter Stoffaustrag.

Der Austrag von PCB (partikulär und gelöst) aus den Grubengebäuden wird zunächst über die Menge des gehobenen Grubenwassers bestimmt. Die Menge des zu hebenden Grubenwassers wird ausschließlich über die Höhe des Grubenwasserstandes bestimmt.

Es wurden keine Wirkungszusammenhänge festgestellt, die langfristig zu einer Erhöhung der PCB-Fracht bei steigenden Grubenwasserständen in den Wasserhaltungen führen würden.