

**GUTACHTEN ZUR PRÜFUNG MÖGLICHER UMWELTAUSWIRKUNGEN  
DES EINSATZES VON ABFALL- UND RESTSTOFFEN ZUR BRUCH-  
HOHLRAUM-VERFÜLLUNG IN STEINKOHLENBERGWERKEN IN  
NORDRHEIN-WESTFALEN, TEIL 2**

Zwischenbericht

Abgabe 2. März 2018

Auftraggeber:

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

(früher: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen)

Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen

(früher: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen)

Auftragnehmer:

ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Aachen

in Zusammenarbeit mit:

Prof. Dr. [REDACTED] (TU Clausthal, Abtlg. Hydrogeologie)

delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten (Prof. Dr. [REDACTED])

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

LFH Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie, RWTH Aachen University (Prof. Dr. [REDACTED])

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

Auftragsdatum: 16.07.2015

## INHALT

<b>GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>		<b>VIII</b>
1	Einleitung	14
1.1	Anlass und Aufgabenstellung	14
1.2	Projektteam und Aufbau des Gutachtens	17
2	Datengrundlagen	19
2.1	Ausgewertete Unterlagen	19
2.2	Termine	19
2.3	Projektbegleitende Arbeitskreise	20
2.4	Dokumentation	21
Teil A: Beschreibung der Grundlagen		22
1	Geschichte der Bergwerke Hugo/Consolidation und Walsum	23
1.1	Bergwerk Hugo/Consolidation	23
1.2	Bergwerk Walsum	25
1.2.1	Binsheimer Feld	27
1.2.2	Walsumer Horst-Altfield	28
2	Immissionsneutrale Untertageverbringung von Reststoffen aus kohlegefeuerten Kraftwerken und Feuerungsanlagen	29
2.1	Datengrundlage und heutige Dokumentation	29
2.1.1	Dokumentation bei der BR Arnsberg	29
2.1.2	Dokumentation bei der RAG	32
2.2	Einsatzbereiche der immissionsneutralen Verbringung	33
2.3	Entwicklung des Konzepts der Immissionsneutralen Verbringung	35
2.3.1	Anlass	35
2.3.2	Entwicklung der technischen Machbarkeit	37
2.3.3	Geeignete Reststoffe zur immissionsneutralen Untertageverbringung	40
2.4	BW mit immissionsneutraler Verbringung	44
2.4.1	Haus Aden/Monopol	47
2.4.2	Hugo/Consolidation	47
2.4.3	Walsum	47
2.4.4	Emil Mayrisch	47
2.4.5	Ewald/Schlägel & Eisen	49
2.4.6	Friedrich Heinrich	49

	2.4.7	Fürst Leopold/Wulfen	49
	2.4.8	Auguste Victoria	49
	2.4.9	Blumenthal Haard	49
	2.4.10	Lippe	49
	2.4.11	Lohberg/Osterfeld	49
3		Verbringung der Abfall- und Reststoffe gemäss dem Prinzip des vollständigen Einschlusses	50
	3.1	BW Hugo/Consolidation	50
		3.1.1 Bruchhohlraumverfüllung	50
		3.1.2 Lotungsschächte	54
	3.2	BW Walsum	55
		3.2.1 Bruchhohlraumverfüllung Binsheimer Feld	55
		3.2.2 Bruchhohlraumverfüllung Walsumer Horst-Altfeld	58
4		Genehmigungsmanagement bei den Versatzmaßnahmen	59
	4.1	BW Hugo/Consolidation	59
		4.1.1 Begleitende Prüfung durch den Arbeitskreis	59
		4.1.2 Ablauf des Zulassungsverfahrens, Prüfung der Einhaltung der in der Machbarkeitsstudie geforderten Voraussetzungen für eine umweltverträgliche Untertageverbringung gefährlicher Abfälle	59
	4.2	BW Walsum	59
		4.2.1 Begleitende Prüfung durch den Arbeitskreis	59
		4.2.2 Ablauf des Zulassungsverfahrens, Prüfung der Einhaltung der in der Machbarkeitsstudie geforderten Voraussetzungen für eine umweltverträgliche Untertageverbringung gefährlicher Abfälle	59
Teil B: Aktuelle und zukünftige Gefährdungen insbesondere des Grund- und Oberflächenwassers im Einzugsbereich der Steinkohlenbergwerke			60
B 1: Bruchhohlraumverfüllung			61
1		Aufbau der Risikoanalyse für die BHV	62
2		Schutzgüter bei der Risikoanalyse der Bruchhohlraumverfüllung	64
	2.1	Vollständiger Einschluss	64
	2.2	Immissionsneutrale Verbringung	65
		2.2.1 Beurteilungsgrundlage Tiefengrundwasser	65
		2.2.2 Beurteilungsgrundlage Festsubstanz	66
3		Hydrogeologisch-hydrogeochemisches System	67
	3.1	Hydrogeologischer Aufbau	67

	3.1.1	BW Hugo Consolidation	67
	3.1.2	BW Walsum	70
	3.2	Tiefengrundwasser	73
	3.3	Hydrogeologisches Fließsystem	75
4		Grubenwasserkonzept BW Hugo/Consolidation und BW Walsum	77
	4.1	BW Hugo/Consolidation	78
	4.2	BW Walsum	79
5		Gefährdungspotentiale der Stoffe in der BHV	80
	5.1	Gefährdungspotential anorganische Schadstoffe in der BHV BW Walsum	82
	5.2	Gefährdungspotential anorganische Schadstoffe in der BHV BW Hugo/Consolidation	84
	5.3	Verfestigung der BHV im BW Hugo/Consolidation und BW Walsum	85
	5.4	Gefährdungspotential organischer Schadstoffe in der BHV	86
	5.4.1	Datenlage und Vorgehen bei den PCDD/F und den Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen	86
	5.4.2	Gefährdungspotential PCDD/F	86
	5.4.3	Gefährdungspotential PAK	87
6		Freisetzungspotential anorganische Inhaltsstoffe aus der BHV	88
	6.1	Umfang und Art der Untersuchungen	88
	6.2	Vergleich der 1D PHREEQC-Modellierung mit der 3D-PHAST-Modellierung	89
	6.2.1	Ergebnisse aus Teil 1	89
	6.2.2	Modellierung des reaktiven Stofftransports innerhalb der BHV	91
	6.2.3	Ergebnisse des Modellvergleichs	93
	6.2.4	Reaktiver Transport auf dem Fließweg zum Röhrensystem	94
	6.2.5	Berücksichtigung weiterer mineralischer Stoffe	98
	6.3	Zusammenfassung Freisetzungspotential	99
	6.3.1	Bedeutung für die Konzentration in der ZWH Haus Aden	100
7		Freisetzungspotential organischer Stoffe aus der BHV	101
	7.1	Freisetzungspotential PCDD/F	101
	7.2	Freisetzungspotential PAK	101
8		Risikobewertung Immissionsneutrale Verbringung	102
9		Ausbreitungspotential organische Schadstoffe	103
	9.1.1	Ausbreitungspotential PCDD/F	103

	9.1.2	Ausbreitungspotential PAK	103
	9.1.3	Ausbreitungspotential PCB	103
10		Aktuelle und zukünftige Risiken durch die BHV in den BW Hugo/Consolidation und BW walsum	110
	10.1	Übertragung der Risikoeinschätzung aus Teil 1 auf die BW Hugo/Consolidation und BW Walsum	110
	10.2	Derzeitige und zukünftige Risiken durch die anorganischen Stoffe	114
		10.2.1 Gefährdungspotential der anorganischen Stoffe	115
		10.2.2 Freisetzungspotential	116
		10.2.3 Ausbreitungspotential	116
	10.3	Derzeitige und zukünftige Risiken durch die anorganischen Stoffe	118
	10.4	Derzeitige und zukünftige Risiken durch die organischen Stoffe	119
11		Handlungsbedarf und weiteres Vorgehen BHV	120
12		Auswirkungen an der Tagesoberfläche: neuere Ergebnisse zu den Einleitungen in den Kuhbach	121

**ABBILDUNGEN:**

Abb. 1:	Überblick über die verbrachten Massen gemäß den Prinzipien „vollständiger Einschluss“ und „Immissionsneutralität“ in den Betriebsbereichen der Bergwerke im Ruhrgebiet	16
Abb. 2:	Struktur der Projekthomepage	21
Abb. 3:	Übersichtsdarstellung der Verbringungsbereiche des BW Hugo Consolidation mit Standort des Zentralschachts Consolidation 3/4/9	24
Abb. 4:	Übersichtsdarstellung der Verbringungsbereiche im BW Walsum mit Standort der Schächte Walsum 1 und Schacht 2	26
Abb. 5:	Dokumentation der entsorgten Abfallmengen in der Zuständigkeit des LOBA	30
Abb. 6:	Summarische Zusammenfassung der Verwertung bergbaufremder Reststoffe	31
Abb. 7:	Beispiel für die Erfassung durch die RAG	32
Tab. 3:	Übersicht über die Verbringung	35
Abb. 8:	Schema der Bruchhohlraumverfüllung auf dem BW Hugo/Consolidation über Bohrlöcher von der Kopfstrecke aus in den Alten Mann	39
Abb. 9:	Entwicklung des Grubenwasserchemismus	48
Abb. 10:	Schnitt durch die Flöze mit eingebrachten Abfall- und Reststoffe gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses des BW Hugo Consolidation	51

Abb. 11:	Lage der Abbaue mit BHV im Flöz Ernestine des BW Hugo Consolidation	52
Abb. 12:	Lage der Abbaue mit BHV in den Flözen Karl 1, Röttgersbank/Wilhelm 2 und Dickebank 1/2 des BW Hugo Consolidation	53
Abb. 13:	Auszug aus dem Abschlussbericht zum großtechnischen Versuch der Verbringung über Bohrlöcher im Baufeld Pluto, Flöz Ernestine 143	54
Abb. 14:	Überblick über die Lotungsschächte	55
Abb. 15:	BHV im Binsheimer Feld Flöz Anna im BW Walsum	56
Abb. 16:	BHV im Binsheimer Feld im Flöz Hermann/Gustav im BW Walsum	57
Abb. 17:	BHV im Walsumer Horst-Altfeld im BW Walsum	58
Abb. 18:	Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Risikoanalyse in Teil 1 und Teil 2	62
Abb. 19:	Geologisch-tektonisches Profil (N-S) im Bereich BW Hugo/Consolidation (RAG 1990) und Übersicht über die BHV-Bereiche	69
Abb. 20:	Tektonische Übersicht und Übersicht über die BHV-Bereiche des BW Hugo/Consolidation mit dem Zentralschacht im Stadtteil Gelsenkirchen Bismarck	69
Abb. 21:	Lage der festgesetzten Schutzgebiete der WG Voerde der WW Dinslaken GmbH und linksrheinisch die WG Binsheimer Feld des Wasserverbundes Niederrhein GmbH (WVN) aus <a href="http://www.umweltportal.nrw.de">http://www.umweltportal.nrw.de</a> und im Überblick die Abbaufelder Walsumer Horst-Altfeld und Binsheimer Feld	70
Abb. 22:	Geologisch-hydrogeologischer Schnitt durch den Walsumer Horst	72
Abb. 23:	Wasserhaltung	77
Abb. 24:	Sechs Standorte der zentralen Wasserhaltung nach Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes im Ruhrgebiet mit den Wasserprovinzen und Stand des Grubenwassers in 2017	78
Abb. 25:	Wasserniveaus in der Wasserprovinz Walsum-West	79
Abb. 26:	Gesamtübersicht über die verbrachten Mengen gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschusses	80
Abb. 27:	Histogramm der Zink-Konzentrationen in mg kg <sup>-1</sup> (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum); die auffällige Probe „30-V-93“ ist rot umkreist.	83
Abb. 28:	Aus Teil 1: Entwicklung der pH-Werte sowie der Zink- und Bleikonzentrationen in den Porenwässern vor dem Austritt aus der BHV, in Abhängigkeit von der Anzahl der PWA (oben) und der Zeit	90

Abb. 29:	Entwicklung der Zinkkonzentration in der BHV nach 18 PWA (ca. 625 Jahre oben) und nach 24 PWA (ca. 815 Jahre unten) Jahren beim Austritt aus der BHV (Quellterm)	92
Abb. 30:	Entwicklung der Bleikonzentration in der BHV nach 401 PWA (ca. 13.660 Jahre oben) und nach 423 PWA (ca. 14.385 Jahren unten) beim Austritt aus der BHV (Quellterm)	93
Abb. 31:	Zinkkonzentration im PHAST-Säulenmodell in der BHV und dem Abstrom bis zum Röhrensystem für verschiedene PWA. Die Farbskala der Zinkkonzentrationen reicht von 0,05 mg/kgw bis zu 37,5 mg/kgw. Die ersten 15 Zellen (rote Linie) am linken Rand stellen die BHV dar. Die Durchströmung erfolgt vom linken zum rechten Modellrand.	96
Abb. 32:	Bleikonzentration im PHAST-Säulenmodell in der BHV und dem Abstrom bis zum Röhrensystem für verschiedene PWA. Die Farbskala der Bleikonzentrationen reicht von 0,05 mg/kgw bis zu 30,6 mg/kgw. Die ersten 15 Zellen am linken Rand stellen die BHV dar (rote Linie). Die Durchströmung erfolgt vom linken zum rechten Modellrand.	98
Abb. 33:	Erhöhungen der Zink- und Bleikonzentrationen in der Zentralen Wasserhaltung Haus Aden durch freigesetzte Schwermetalle aus der BHV	100
Abb. 34:	Ausgangszustand der Grubenwasserstände und der Zusickerung	104
Abb. 35:	Grubenwasseranstieg auf ca. -600 m NHN in den Grubenbauen	105
Abb. 36:	Ferne Zukunft	106
Abb. 37:	Flächenverteilung im BW Haus Aden	107
Abb. 38:	Flächenverteilung im BW Auguste Victoria	108
Abb. 39:	Flächenverteilung im BW Hugo/Consolidation	108
Abb. 40:	Flächenverteilung im BW Walsum	108
Abb. 41:	Entfernungen: BHV – potentielle Fließwege im Röhrensystem im Walsumer Horst-Altfeld	113

**TABELLEN:**

Tab. 1:	Inhaltliche Schwerpunkte der Bearbeitung durch das Konsortium in den Detailberichten	17
Tab. 2:	Termine	20
Tab. 4:	Orientierungswerte für die stoffliche Verwertung für die immissionsneutrale Untertageverbringung	41
Tab. 5:	Beispiel für den Verfahrensablauf zur Erweiterung der Stoffliste zur untertägigen Verbringung auf dem BW Walsum	42
Tab. 6:	Erweiterung des Stoffkatalogs im BW Walsum	43

Tab. 7:	Übersicht über die BW mit Verbringung bergbaufremder Reststoffe gemäß dem Prinzip der Immissionsneutralität – in Bearbeitung	45
Tab. 8:	Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke im Tiefenbereich der Verbringungstiefen der BW Walsum und Hugo-Consolidation (-770 m NHN bis -1.212 m NHN). Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.	74
Tab. 9:	Vergleich der Massenangaben zu „besonders überwachungsbedürftigen Abfällen im vollständigen Einschluss“ MWEIMH & MKULNV (2013) und der hier bzw. im Teil 1 des Gutachtens ermittelten Massen auf Grundlage der Abschlussberichte	81
Tab. 10:	Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg <sup>-1</sup> (i. Tr.) für das Bergwerk Walsum	82
Tab. 11:	Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Walsum	84
Tab. 12:	Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg <sup>-1</sup> (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation	84
Tab. 13:	Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation	85
Tab. 14:	Abschätzung der PCDD/F und der abgeleiteten TEQ 2,3,7,8-Dioxin	87
Tab. 15:	Flächenverhältnisse zwischen Flächen aus der PCB-Zeit und Nicht PCB-Flächen	109
Tab. 16:	Randbedingungen für die Übertragbarkeit der Risikoabschätzung für die BHV gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses	111
Tab. 17:	Relevante Entfernungen BHV – potentielle Fließwege im Röhrensystem	113
Tab. 18:	Geologischer Aufbau – Mächtigkeit und Aufbau des Deckgebirges (in Bearbeitung)	114
Tab. 19:	Überblick über die Gefährdungspotentiale	115

### **Dokumentation**

Dok. 1:	Stellungnahme des Landesverband Bergbaubetroffener, 18.01.2018
Dok. 2:	Stellungnahme der Stadt Gelsenkirchen, 10.01.2018
Dok. 3:	Stellungnahme der BR Düsseldorf, 07.02.2018

## GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

### Alter Mann

Verlassener bergmännischer Grubenbau, z. B. im Bruchbauverfahren ausgekohelter Raum, der nach dem Entfernen des Strebausbaus sehr schnell durch das nachbrechende Gebirge verstrützt. Durch den Gebirgsdruck wird das anfangs noch lose Bruchhaufwerk schnell kompaktiert und verdichtet. Die Gebirgsdurchlässigkeit wird von GRS (1998) mit  $10^{-8}$  m/s angegeben und liegt damit in der Größenordnung des umgebenden Gebirges.

### BA

Bergamt

### Bauhöhe

Zum Abbau durch einen einzelnen Streb vorgesehener Teil eines Flözes. Die Bauhöhen werden in der Regel nach den abgebauten Flözen benannt, z. B. Gb1 = Bauhöhe 1 im Flöz Grimberg.

### Bestimmungsgrenze

Die Bestimmungsgrenze ist die kleinste Konzentration eines Analyten, die quantitativ mit einer festgelegten Präzision bestimmt werden kann. Erst oberhalb der Bestimmungsgrenze werden quantitative Analysenergebnisse angegeben. Die Bestimmungsgrenze hat immer eine höhere Genauigkeit als die Nachweisgrenze. Grob genähert entspricht die Bestimmungsgrenze dann dem dreifachen Wert der Nachweisgrenze.

### Betriebsstörungen, besondere Vorkommnisse

Gemäß der bergrechtlichen Zulassung für die Bruchhohlraumverfüllung waren dem Bergamt Erkenntnisse und Ereignisse im Zusammenhang mit dem Betrieb der Reststoffverwertungsanlage, die den Umweltschutz, den Arbeits- und Gesundheitsschutz oder die Grubensicherheit berührten, unverzüglich zu melden.

### BHV – Bruchhohlraumverfüllung

Aus bergtechnischen und/oder bergsicherheitlichen Gründen durchgeführtes hydraulisches Nachversetzen der beim Bruchbau im Bruchhaufwerk vorhandenen Hohlräume. Die **Verfüllung** erfolgte mit Mischungen von **Reststoffen** (Begriff gemäß AbfG 1986), ggf. **Zuschlagstoffen** (z. B. Portlandzement) und Wasser, so dass der Versatzstoff eine pastöse, pumpfähige Konsistenz hatte. Die erfolgte zunächst nach Maßgabe der Machbarkeitsstudie (Jäger et al. 1990) und später nach Maßgabe der vom Länderausschuss Bergbau herausgegebenen technischen Regeln für die Verwertung bergbaufremder Abfälle (LAB 1994, LAB 1996). Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) ab 1996 wurden die Reststoffe als **Abfälle** bezeichnet. Das Versatzgut (pastöse Mischung) wurde durch Pumpenenergie sowie mit Hilfe der Schwerkraft in die Bruchhohlräume verpresst.

### Blindschacht

Ein Blindschacht ist ein vertikaler Grubenbau und dient der Verbindung von Sohlen eines untertägigen Bergwerkes sowie dem Zugang zum Flöz; ein Blindschacht reicht nicht bis zur Erdoberfläche.

**BR**

Bezirksregierung

**Bruchbau**

Planmäßiges, dem Abbaufortschritt folgendes Zubruchwerfen der Dachschichten, wodurch den Gebirgsschichten oberhalb der entstandenen Bruchzone ein neues Auflager gegeben wird; im Bruchhaufwerk vorhandene Hohlräume werden durch den Überlagerungsdruck des Gebirges allmählich und fast vollständig wieder verschlossen (s. Alter Mann).

**BW**

Bergwerk

**CSH-Phasen**

Calciumsilikathydrate: Diese Mineralphasen entstehen bei der Aushärtung von Zementen.

**EBV**

Eschweiler Bergwerksverein

**Flotationsberge/Flotationsschlämme/Feinberge**

Beim letzten Schritt der Steinkohlenaufbereitung absedimentierte, feinstkörnige, taube (kohlefreie) Gesteine. Es handelt sich in der Regel um stichfeste, aber nicht standfeste Schlämme.

**GOK**

Geländeoberkante

**HMVA**

Hausmüllverbrennungsanlage

**IAB**

Industrieabfallbehandlungsanlage

**IFM**

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

**Kopfstrecke**

Ein Abbaubetrieb – der Streb – liegt zwischen einer Kopfstrecke, über die die Versorgung etc. läuft und einer Füllstrecke, über die die Kohlen abtransportiert werden.

**Kongenerie**

Chemische Verbindungen, die durch ihren Ursprung oder ihre Struktur in enger Verbindung stehen.

**LEK**

Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle, RWTH Aachen University (Prof. Dr. [REDACTED])

**LFH**

Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie, RWTH Aachen University (Prof. Dr. [REDACTED])

**LOBA**

Landesoberbergamt in Dortmund. Die Aufgaben des LOBA werden seit dem 01.01.2001 von der Bezirksregierung Arnsberg, Abt. Bergbau & Energie in NRW wahrgenommen.

**LWA**

Landesamt für Wasser und Abfall

**MURL**

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft

**Nachversatz**

Dem abbaubedingten Zubruchgehen der Dachsichten nachfolgendes planmäßiges Verfüllen der im Bruchhaufwerk verbliebenen Hohlräume.

**Nachweisgrenze**

Die Nachweisgrenze bezeichnet den extremen Wert eines Messverfahrens, bis zu dem die Messgröße gerade noch zuverlässig nachgewiesen werden kann (Ja/Nein-Entscheidung), ohne dass eine Konzentration angegeben werden kann. Siehe auch Bestimmungsgrenze.

**NHN**

Normalhöhennull

**NRW**

Nordrhein-Westfalen

**PWA – Porenwasseraustausch**

Austausch des Wassers, das in den Gesteinsporen enthalten ist, durch nachdrängendes Grundwasser. Im Gutachten wird die Konzentration an gelösten Stoffen des letzten PWA innerhalb der BHV angegeben, also bevor das Porenwasser die BHV verlässt und in das umgebende Gebirge abfließt. Dies wird auch als **Quellterm** bezeichnet und ist die „Startkonzentration“ für die Ausbreitungsrechnungen mit dem Grundwassermodell.

### **PAK – Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe**

Stoffgruppe organischer Verbindungen, die aus mindestens zwei verbundenen aromatischen Ringsystemen bestehen. PAK sind natürlicher Bestandteil von Kohle und Erdöl. Sie entstehen vielfach bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material oder durch petrogene Emissionen.

### **PCB – Polychlorierte Biphenyle**

Die polychlorierten Biphenyle umfassen eine Gruppe von theoretisch 209 Kongeneren. Alle PCB basieren auf dem aromatischen Kohlenwasserstoff Biphenyl, bei dem chemisch ein bis zehn Wasserstoffatome durch Chloratome substituiert sind. PCB ist sehr schlecht wasserlöslich, die Löslichkeit nimmt mit zunehmendem Chlorierungsgrad ab. Aufgrund ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften (nicht brennbar, hoher Siedepunkt, hohe Viskosität, thermische Stabilität, chemische Resistenz) hatten PCB einen weit gefächerten Anwendungsbereich. Sie wurden bis in die 1980er Jahre vor allem in Transformatoren, elektrischen Kondensatoren, in Hydraulikanlagen als Hydraulikflüssigkeit sowie als Weichmacher in Lacken, Dichtungsmassen, Isoliermitteln und Kunststoffen verwendet.

PCB gehören zu den zwölf als „dreckiges Dutzend“ bekannten organischen Giftstoffen. Sie wurden durch die Stockholmer Konvention im Jahre 2001 weltweit verboten. Die hohe Persistenz (hohe chemische Stabilität) in der Umwelt führt dazu, dass sich PCB anreichert. PCB ist kaum abbaubar; erst bei Temperaturen über 1.000 °C gelingt eine vollständige Verbrennung. Bei niedrigeren Temperaturen entstehen vor allem die hoch toxischen Furane und Dioxine.

### **PCDD/F – Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane**

Zusammenfassende Abkürzung für polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF). Das 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin ist die toxischste Einzelverbindung der Gruppe der PCDD/F und wird auch als „Seveso-Gift“ bezeichnet. *Dioxin ist im allgemeinen Sprachgebrauch eine Sammelbezeichnung für chemisch ähnlich aufgebaute chlorhaltige Dioxine und Furane. Insgesamt besteht die Gruppe der Dioxine aus 75 polychlorierten Dibenzo-para-Dioxinen (PCDD) und 135 polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF). Für die toxikologische Beurteilung der Dioxine sind zusätzlich die anderen 2,3,7,8-chlorierten Dioxine, beziehungsweise Furane relevant, die weitere Chloratome besitzen. Diese 17 Verbindungen (7 Dioxine, 10 Furane) werden für die Bewertung der Toxizität herangezogen und die toxische Wirkung als Toxizitätsäquivalent (TEQ) im Verhältnis zu der von 2,3,7,8-TCDD ausgedrückt (<http://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/dioxine>).<sup>1</sup>*

### **Quellterm**

Siehe Porenwasseraustausch.

### **RAA**

Rauchgas-Abwasserreinigungsanlage

### **RAA-Schlämme**

Schlämme aus der Rauchgas-Abwasserreinigungsanlage

---

<sup>1</sup> Alle Zitate sind durch kursive Schriftsetzung kenntlich gemacht.

**RAG**

Ruhrkohle AG

**Reststoffe**

Abfälle zur Verwertung wie (Elektro-) Filterstäube aus der Hausmüllverbrennung (trockene Anlieferung in Silofahrzeugen), Gipse aus der Rauchgas-Abwasser-Aufbereitung (RAA-Schlämme), Gießereialsande etc. Die Filterstäube haben ein hohes Gefährdungspotential aufgrund hoher Schwermetall- und PCDD/F-Gehalte.

**Schreitender Ausbau/Schreitausbau**

Als Schreitausbau bezeichnet man alle Ausbaueinheiten (Kettenförderer und darauf arbeitende Kohlenhobel oder Walzenschrämlader), die sich mechanisch fortbewegen.

**Streb**

Meist 100 bis 300 m langer, bis zu ca. 6 m breiter und durch Schildausbau offengehaltener Gewinnungsraum zwischen zwei Abbaubegleitstrecken, der Kopfstrecke und der Füllstrecke, der quer zu seiner Längsrichtung vorrückt und in seiner Höhe der Flözmächtigkeit angepasst ist.

**Strecke**

Horizontaler oder leicht geneigter Grubenbau mit regelmäßigem Querschnitt; geneigte Strecken werden „Berg“ genannt (Flözberg, Gesteinsberg).

**TCBT – Tetrachlorbenzyltoluole**

Tetrachlorbenzyltoluole, PCB-Substitut, ehemals häufig unter dem Handelsnamen Ugilec 141 vertrieben.

**TEQ/TEF**

Toxizitätsäquivalent. Summenwert der Produkte aus kongenerspezifischen Toxizitätsäquivalenzfaktoren (TEQ/TEF) und kongenerspezifischer Konzentration zur Darstellung einer der 2,3,7,8-TCDD-äquivalenten Belastungen.

**Umtrieb**

Schachtnahe Strecken

**Versatz**

Verfüllen der Abbauhohlräume durch Eigen-/Selbstversatz (Bruchbau) oder durch zugeführten Fremdversatz.

**Versatzgut**

Material, mit dem die geschaffenen Abbauhohlräume bzw. bei Nachversatz die im Bruchhaufwerk verbliebenen Hohlräume verfüllt werden.

**Versatzbereich**

Bereich, in dem durch Bergbau geschaffene Hohlräume planmäßig verfüllt werden, wobei verschiedene Versatzverfahren zum Einsatz kommen können.

**WHO**

Weltgesundheitsorganisation

**ZW**

Zentralwerkstatt

**ZWH – Zentrale Wasserhaltung**

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 Anlass und Aufgabenstellung

Am 16.07.2015 wurde der ahu AG (Konsortialführer) der Auftrag erteilt, ein „Gutachten zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruchhohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen“ zu erstellen. Die Bearbeitung erfolgt auftragsgemäß in 2 Teilen.

- Im Teil 1 wird das BW Haus Aden/Monopol bearbeitet und das Risiko aufgrund des PCB-Einsatzes bewertet.
- Im Teil 2 werden diese Ergebnisse auf der Grundlage weiterführender Untersuchungen ergänzt und auf das BW Hugo/Consol und das BW Walsum übertragen, in denen ebenfalls Reststoffe nach dem Prinzip des vollständigen Einschusses verbraucht wurden. Weiterhin werden 11 weitere BW untersucht, auf denen Reststoffe immissionsneutral verbraucht wurden.

Den Mitgliedern des Arbeitskreises (AK), der die Gutachtenerstellung begleitete, stand das Gutachten (Teil 1) seit dem 23.01.2017 im Entwurf digital zur Verfügung. Das Gutachten wurde auf der Sitzung vom 02.02.2017 vorgestellt. Die Mitglieder des AK hatten dann bis zum 15.03.2017 Gelegenheit, hierzu ihre Stellungnahmen abzugeben. Die sich daraus ergebenden Ergänzungen, Änderungen und Anpassungen wurden bis zum Ende Mai 2017 eingearbeitet. Die relevanten Änderungen wurden dokumentiert.

Das überarbeitete, finale Gutachten (Teil 1) wurde am 23.06.2017 auf der Homepage eingestellt. Hierzu erfolgten keine Stellungnahmen mehr.

Der vorliegende Zwischenbericht (Teil 2) wurde am 21.12.2017 an die Mitglieder des Arbeitskreises versandt und am 07.02.2018 auf der 6. Sitzung des AK vorgestellt und diskutiert. Zum Zwischenbericht (Entwurf) gingen bis zum 07.02.2018 drei Stellungnahmen ein, die in der vorliegenden Version berücksichtigt wurden.

Der vorliegende Zwischenbericht zum Teil 2 des Gutachtens setzt Kenntnisse aus dem Teil 1 des Gutachtens voraus und hat folgende inhaltliche Schwerpunkte:

#### **Risikoanalyse BHV für BW Walsum und BW Hugo/Consolidation**

Die zentrale Aufgabe ist zunächst die Entwicklung einer Matrix zur Übertragung der Ergebnisse der Risikoanalyse der BHV aus Teil 1 (BW Haus Aden / Monopol) auf die BW Walsum und Hugo/Consolidation, wo ebenfalls Reststoffe gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschusses eingesetzt wurden (Abb. 1). Die Übertragungsmatrix beinhaltet v. a.

1. Hydrogeologischer Aufbau im Bereich der beiden BW
2. Derzeitiges und zukünftiges System der Grubenwasserführung (u. a. Entfernungen der BHV zum Röhrensystem)
3. Bilanzierung der anorganischen (Schwermetalle) und organischen (PCDD/F, PAK) Gefährdungspotentiale in den verbrachten Reststoffen
4. Gültigkeit der bisherigen Annahmen zum Freisetzungspotential (Überprüfung der hydrogeochemischen Modellierungen mit PHREEQC und Weiterführung)

5. Gültigkeit der bisherigen Annahmen zum Ausbreitungspotential: Überprüfung der hydraulischen Modellierungen mit dem Grundwasserströmungsmodell und Weiterführungen der Modellierungen)

Die Aussagen zum **Freisetzungspotential** beruhen auf den hydrogeochemischen Modellierungen mit PHREEQC. Diese werden noch ergänzt durch Modellierungen zum besseren Verständnis der pH-Wertentwicklung, die für die Stabilität der hydrochemischen Barriere wichtig sind (Berücksichtigung weiterer CSH-Phasen).

Die hydrogeochemischen Vorgänge, die auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem vereinfachend unter dem Begriff „Sorption“ zusammengefasst werden können und die Stoffkonzentrationen erheblich verringern, wurden bislang nicht in die Risikoanalyse mit einbezogen. Deshalb werden hydrogeochemische Modellierungen mit dem Programm PHAST durchgeführt, die das Stoffverhalten auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem genauer beschreiben.

Aus Stofftransportvorgängen sind Stofffestlegungen und Remobilisierungen bekannt, bei denen stoßartige hohe Belastungen auftreten können (Roll-Front-Verhalten). Es wird geprüft, ob dieses Verhalten auch bei den freigesetzten Schwermetallen auftreten kann.

Die bisherigen Aussagen zum **Ausbreitungspotential** umfassen einen Zeitraum von 10.000 Jahren. Die Modellierungen der Grundwasserströmung in Teil 1 gingen jedoch davon aus, dass die Grubenwasserstände und die hohe Durchlässigkeit des Röhrensystems über den gesamten Zeitraum bestehen bleiben. Um dynamische Systempotentiale abbilden zu können, werden weitere Modellierungen mit anderen Randbedingungen durchgeführt. Hierzu gehören v. a. ein Röhrensystem mit erheblich verringerten Durchlässigkeiten und ein höherer Grubenwasserstand, bei dem die Druckunterschiede (Potentialdifferenzen) im tiefen Grundwasser und dem Tiefengrundwasserleiter des Deckgebirges (Cenoman/Turon) eine **theoretische** Fließrichtung von „unten“ nach „oben“ ermöglichen – unabhängig davon, ob diese Bedingungen realistischerweise eintreten können.

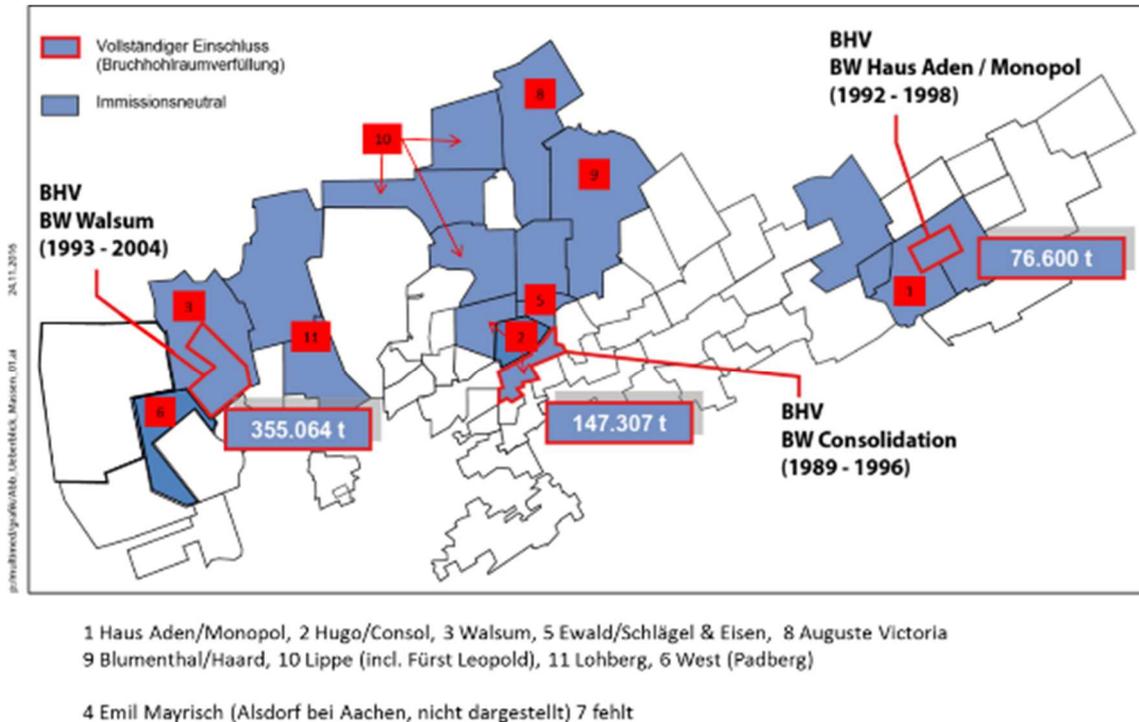


Abb. 1: Überblick über die verbrachten Massen gemäß den Prinzipien „vollständiger Einschluss“ und „Immissionsneutralität“ in den Betriebsbereichen der Bergwerke im Ruhrgebiet (Darstellung der RAG, Ergänzung ahu AG)

### Risikoanalyse immissionsneutrale Verbringung

Weiterhin wird das Risiko für die 11 BW abgeschätzt, in denen Reststoffe nach dem Prinzip der Immissionsneutralität eingesetzt wurden. Hierbei handelt es sich um ca. 1,1 Mio. t Reststoffe aus kohlegefeuerten Kraftwerken und Feuerungsanlagen. Für diese BW wird auch der Ablauf des Genehmigungsverfahrens dargestellt und bewertet. Die BW sind in Abb. 1 dargestellt. Das BW Emil Mayrisch (Aachen-Erkelenzer Revier) ist nicht dargestellt.

### Risikoanalyse PCB

Die **Risikoanalyse PCB** wird anhand der noch ausstehenden Recherchen und weiterführenden Untersuchungen überprüft und ggf. angepasst. Hier werden v. a. folgende Sachverhalte berücksichtigt:

1. Auswertung der zusätzlichen untertägigen Boden-Probenahmen in 5 BW
2. Auswertung weiterer 100 L-Wasserproben (gelöste PCB)
3. Recherche der übertägigen betrieblichen Altölentsorgung
4. Recherche der Lage und Anzahl von Infrastruktureinrichtungen in der Wasserprovinz Haus Aden, BW Hansa (potentielle PCB-Punktquellen)
5. Ermittlung der derzeitigen und zukünftigen Flächenverhältnisse gefluteter/nicht gefluteter Flächen aus der PCB-Zeit und Flächen außerhalb der PCB-Zeit
6. ggf. Anpassung der Risikoanalyse (gemäß Rechercheergebnissen zu Punktquellen und untertägigen Probenahmen)
7. Literaturstudie zum anaeroben und aeroben Abbau von PCB
8. Begleitung des AK-PCB

## 1.2 Projektteam und Aufbau des Gutachtens

Die Bearbeitung des Gutachtens, Teil 2 erfolgt durch das gleiche unabhängige Konsortium aus Ingenieurbüros und Hochschulinstituten wie bei Teil 1. Die Bearbeitung erfolgt durch sechs Projektpartner, deren fachliche Schwerpunkte in der Tab. 1 dargestellt sind. Die einzelnen Fragestellungen sind vielfältig miteinander verknüpft und können nur in enger Abstimmung der Projektpartner untereinander bearbeitet werden. Das Projektteam wurde fachlich und personell so ausgewählt, dass alle Fragestellungen bearbeitet werden können.

Die Ergebnisse werden – wie in Teil 1 – in einem Gutachten und sechs Detailberichten dargestellt.

Tab. 1: Inhaltliche Schwerpunkte der Bearbeitung durch das Konsortium in den Detailberichten

Nr	Detailbericht	Verantwortlicher Bearbeiter / Projektleiter	Inhalte
1	Hydrogeologische Systembeschreibung	Dr. Denneborg (ahu AG)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hydrogeologischer Aufbau BW Walsum und BW Hugo/Consolidation</li> <li>2. Hydrogeologischer Aufbau BW mit immissionsneutraler Verbringung</li> <li>3. Übertragungskonzept/Bewertungsmatrix</li> <li>4. Verhältnis geflutete/nicht geflutete PCB-Bereiche und Veränderungen bei höheren Grubenwasserständen</li> <li>5. Recherche oberirdische Altölentsorgung</li> <li>6. Konzeption/Auswertung Untertägige PCB-Probenahme weitere BW</li> <li>7. ggf. Anpassung der Risikoanalysen BHV und PCB</li> </ol>
2	Ablauf des Zulassungsverfahrens, der Bruchhohlraumverfüllung und des Monitorings	Prof. █████ (IFM) RWTH Aachen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abgrenzung BHV-Bereiche BW Walsum und BW Hugo/Consolidation</li> <li>2. Bewertung Arbeitskreise BW Walsum und BW Hugo/Consolidation</li> <li>3. Genehmigungsgrundlagen/Verfahrensablauf BW Walsum und BW Hugo/Consolidation</li> <li>4. Genehmigungsgrundlagen + Verfahrensablauf BW mit Immissionsneutraler Verbringung</li> <li>5. Recherche PCB-Punktquellen (Infrastruktureinrichtungen) in Grubenrissen</li> </ol>
3	Bilanzierung der Hydrogeochemischen anorganischen Gefährdungspotentiale	Prof. █████ (LFH) RWTH Aachen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anorganische Gefährdungspotentiale BHV BW Walsum + BHV BW Hugo/Consolidation</li> <li>2. Auswertung der Störfälle</li> <li>3. Gefährdungspotentiale Immissionsneutrale Verbringung</li> </ol>

Nr	Detailbericht	Verantwortlicher Bearbeiter / Projektleiter	Inhalte
			4. Übertragbarkeit der Aussagen zu Hydrochemie der Tiefengrundwasser und zur Verfestigung der BHV
4	Freisetzungspotential	Prof. ██████	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Übertragbarkeit der Freisetzungspotentiale gemäß den Gefährdungspotentialen</li> <li>2. Stoffverhalten auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem</li> <li>3. Aussagen zur Immissionsneutralität</li> <li>4. Ergänzung PHREEQC-Modellierungen</li> <li>5. ggf. Anpassung der Freisetzungspotentiale</li> </ol>
5	Ausbreitungspotential	Prof. ██████ (delta h)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modellierungen mit geänderten Randbedingungen zum Grubenwasserstand und der Durchlässigkeit des Röhrensystems</li> <li>2. Übertragbarkeit der Ergebnisse</li> </ol>
6	Risikoanalyse organische Stoffe	Prof. ██████ (LEK) RWTH Aachen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auswertung der zusätzlichen untertägigen Probenahmen</li> <li>2. Verhältnis und Übertragbarkeit geflutete/nicht geflutete PCB-Bereiche</li> <li>3. ggf. Anpassung der Risikoanalyse</li> <li>4. Literaturstudie zum PCB-Abbau</li> <li>5. Teilnahme und Begleitung PCB-AK</li> </ol>

Die Ergebnisse werden durch die jeweiligen Projektpartner eigenverantwortlich in ausführlichen Detailberichten dargestellt. Die wichtigsten Ergebnisse werden in dem Gutachten zusammengefasst, so dass das Gutachten auch für sich allein zu lesen ist. Die Aussagen des Gutachtens sind mit den Projektpartnern abgestimmt. Die Federführung hat die ahu AG.

## 2 DATENGRUNDLAGEN

Die Informationen zur Erstellung des Gutachtens wurden den Gutachtern im Wesentlichen von den zuständigen Behörden, der RAG und dem Geologischen Dienst NRW zur Verfügung gestellt bzw. dort von den Gutachtern recherchiert. Zusätzlich wurden weitere nationale und internationale Quellen ausgewertet. Einige Untersuchungen wurden von den Gutachtern selbst durchgeführt bzw. initiiert. Soweit möglich wurden alle Informationen durch die Gutachter auf Plausibilität überprüft und die Bedeutung der Information für die Risikobetrachtung bewertet. Zitate sind unter der Quellenangabe kursiv dargestellt.

Insgesamt erfolgte eine wissenschaftlichen Maßstäben entsprechende und unabhängige Bewertung der zur Verfügung stehenden Unterlagen.

### 2.1 Ausgewertete Unterlagen

Die Dokumentation 1 enthält das Literaturverzeichnis. Bei den Unterlagen handelt es sich i. W. um Gutachten, Stellungnahmen, Schriftverkehr und Darstellungen zur Vorbereitung, Durchführung, Begleitung und Nachsorge der Bruchhohlraumverfüllung sowie Einsatz und Verbleib der PCB. Sie sind i. W. in den verschiedenen Dienststellen des Landes NRW und bei der RAG archiviert.

Die bei der Erstellung der Detailberichte verwendete Literatur wurde separat in den Detailberichten dokumentiert.

Neben der Auswertung der umfangreichen vorhandenen Unterlagen erfolgten weitere untertägige Bodenbeprobungen in den noch zugänglichen BW Auguste Victoria, BW Haus Aden/Monopol, BW Prosper Haniel und BW Zollverein. Weitere 100 L-Wasserproben wurden bei den Grubenwassereinleitungen auf dem BW Zollverein und dem BW Haus Aden genommen und auf den gelösten<sup>2</sup> Anteil an PCB hin untersucht.

### 2.2 Termine

Die durchgeführten Termine zu Gesprächen und zur Sichtung von Unterlagen zwischen dem 01.12.2016 bis zum 31.07.2017 sind in der Tab. 2 enthalten.

---

<sup>2</sup> Der gelöste Anteil umfasst per Definition auch den Schweb < 45 µm.

Tab. 2: Termine

Kontakt	Datum	Teilnehmende des Gutachterkonsortiums	Inhalt
<b>Datenrecherche</b>			
<b>BR Arnsberg</b>	13.12.2016	Hr. ██████ (LFH), Hr. ██████ (ahu AG)	Aktenrecherche BHV
	08.02.2017	Dr. ██████	Betriebsakten
	06.04.2017	Dr. ██████ LFH	Betriebsakten
	02.05.2017	Dr. ██████	ausgelagerte Betriebsakten beim Materialprüfungsamt in Dortmund
<b>RAG</b>	31.01.2017	ahu AG, LFH, IFM	Akten Zentralarchiv Akten zur BHV Hugo/Consolidation und Walsum
	14.02.2017	Dr. ██████ Hr. ██████ (ahu AG), LFH	Auswertung Gefährdungspotentiale und PCB-Akten
	22.05.2017	Dr. ██████	Auswertung Gefährdungspotentiale und PCB-Akten

### 2.3 Projektbegleitende Arbeitskreise

Der Teil 2 des Gutachtens wird weiterhin von dem bereits in Teil 1 tätig gewordenen Arbeitskreis begleitet. Im Teil 2 fand eine Arbeitskreissitzung am 07.02.2018 (AK6) statt. Der Arbeitskreis hat die Aufgabe, die Arbeiten der Gutachter kritisch zu begleiten. Dies betrifft v. a. die Vollständigkeit der auszuwertenden Datengrundlagen und die Vorgehensweise bei der Risikoanalyse. Die Protokolle und Tischvorlagen sind auf der Projekt-homepage dokumentiert.

Zur Begleitung der Gutachter hinsichtlich der PCB-Problematik wurde der Unter-Arbeitskreis PCB eingerichtet. Die Aufgaben sind (s. Protokoll 1. Sitzung):

- Festlegung von Verfahren für die zukünftige Probenahme in Oberflächengewässern und Grubenwässern
- Festlegung der Nachweisverfahren
- Festlegung der Probenahmepunkte unter Tage
- Unterstützung der Gutachter

Am 07.09.2017 fand die 5. Sitzung des AK PCB statt. Themen waren die Ergebnisse bei den aktuellen Gewässer- und Grubenwasserbeprobungen durch das LANUV, die Abstimmung des zukünftigen Monitorings des Grubenwassers und die Vorstellung der Ergebnisse der untertägigen Beprobungen. Die Arbeiten des AK PCB sind damit abgeschlossen.

## 2.4 Dokumentation

Mit der Begleitung des Gutachtens durch die beiden Arbeitskreise wurden die Voraussetzungen für eine möglichst transparente Bearbeitung gewährleistet. Darüber hinaus sind auf der Projekthomepage [www.umweltauswirkungen-utv.de](http://www.umweltauswirkungen-utv.de) alle relevanten Projektinformationen abgelegt.



Abb. 2: Struktur der Projekthomepage (ahu AG)

## **TEIL A: BESCHREIBUNG DER GRUNDLAGEN**

## 1 GESCHICHTE DER BERGWERKE HUGO/CONSOLIDATION UND WALSUM

Die BW werden in Chronologie des Ablaufs der Bruchhohlraumverfüllungen beschrieben.

### 1.1 Bergwerk Hugo/Consolidation

Ab 1848 wurden in der Schalker Mark mehrere Mutungsbohrungen durchgeführt, die in dem Gebiet um Schalke und die umliegenden Bauernschaften herum reichhaltige Steinkohlevorkommen vermuten ließen. 1854 wurde ein Kohlenflöz in 170 m Tiefe erreicht. Friedrich Grillo veranlasste 1861 den Zusammenschluss verschiedener Gewerke zur „Gewerkschaft des Steinkohlenbergwerkes Consolidation“ (Consolidation = Zusammenschluss von Grubenfeldern und deren Anteilen).

1863 wurde am Schalker Markt der erste Schacht abgeteuft und 1865 wurde die Förderung aufgenommen. Von 1872 bis 1876 war die Zeche Consol, wie sie nun im Volksmund genannt wurde, die größte im Ruhrgebiet. 1873 betrug die Förderung 366.000 Tonnen bei einer Belegschaft von 2.060 Beschäftigten.

1923 erwarb die Mannesmannröhren-Werke AG die Gewerkschaft Consolidation. Die Schachtanlage 3/4/9 in Gelsenkirchen-Bismarck wurde zur Zentralanlage ausgebaut. 1929 wurde die stillgelegte Zeche Unser Fritz in Wanne-Eickel an die Schachtanlage 3/4/9 angeschlossen. Die Unser-Fritz-Schächte wurden offengehalten und dienten fortan als Außenanlage.

Gegen Ende des Zweiten Weltkriegs wurden die im Stadtgebiet von Gelsenkirchen gelegenen Schachtanlagen stark in Mitleidenschaft gezogen. Erst 1949 konnte die Anlage 1/6 wieder in vollem Umfang die Förderung aufnehmen.

Im Rahmen der sich verschärfenden Kohlekrise wurde Mitte der 1960er Jahre begonnen, die Förderanlagen zusammenzulegen. Das Hibernia-Feld wurde 1964 abgeworfen. 1967 wurde Consolidation 1/6 nebst Kokerei zugunsten einer Zusammenfassung auf Schacht 3/4/9 fördertechnisch stillgelegt. 1968 ging der bergbauliche Besitz der Mannesmann AG an die neu gegründete Ruhrkohle AG über. Diese baute zunächst die Zeche Consolidation zu einem Verbundbergwerk aus.

1976 wurde das Grubenfeld der stillgelegten Zeche Pluto in Herne mit den Schachtanlagen Pluto 2/3/7, Pluto 4 und 5 übernommen. Nach und nach wurden die nicht mehr benötigten Schächte Consolidation 1, Pluto 5, Pluto 4 und Consolidation 8 abgeworfen und verfüllt. 1983 wurde die Kokerei Schacht Consolidation 3/4/9 stillgelegt. Der Abbau verlagerte sich in immer größere Abbautiefen von bis zu 1.200 Metern.

1986 wurden die Nordsternschächte aus dem aufgelösten Verbundbergwerk Nordstern-Zollverein übernommen. Das Verbundbergwerk Consolidation/Nordstern verfügte über 15 Schächte. Die Hauptfördersohlen lagen bei 1.040 m (Nordschacht) und 1.100 m (Consolidation).

Nach Stilllegung der Baufelder Nordstern und Pluto 1990 wurde für 1993 der fördertechnische Zusammenschluss mit der Zeche Hugo beschlossen, unter allmählicher Aufgabe des kompletten Förderstandortes Consolidation.

1993 wurde die Förderung auf Consolidation 3/4/9 eingestellt. Die Schächte auf „Consolidation“, „Unser Fritz“ und „Pluto“ wurden nach und nach verfüllt. Ende der 1990er Jahre wurden die Schachtanlagen 1/6 und 2/7 vollständig abgebrochen. Die Förderanlagen Consolidation Schacht 4, 8 und 9 sowie Unser Fritz 1 und Pluto 3 wurden unter Denkmalschutz gestellt. Die im Bismarckfeld verbliebenen Vorräte wurden bis zum Jahr 2000 von der Zeche Hugo aus abgebaut.

Zwischen 1989 und 1996 erfolgte in den Flözen Karl 1, Ernestine 1, Röttgersbank/Wilhelm und Dickebank im Rahmen von großtechnischen Versuchen die Bruchhohlraumverfüllung. Hierzu wurden in steiler Lagerung die Abfall-/Reststoffe über Bohrlöcher eingebracht. Die Abb. 3 zeigt in einer Übersicht die Verbringungsgebiete mit Standort des Zentralschachts Consolidation 3/4/9.

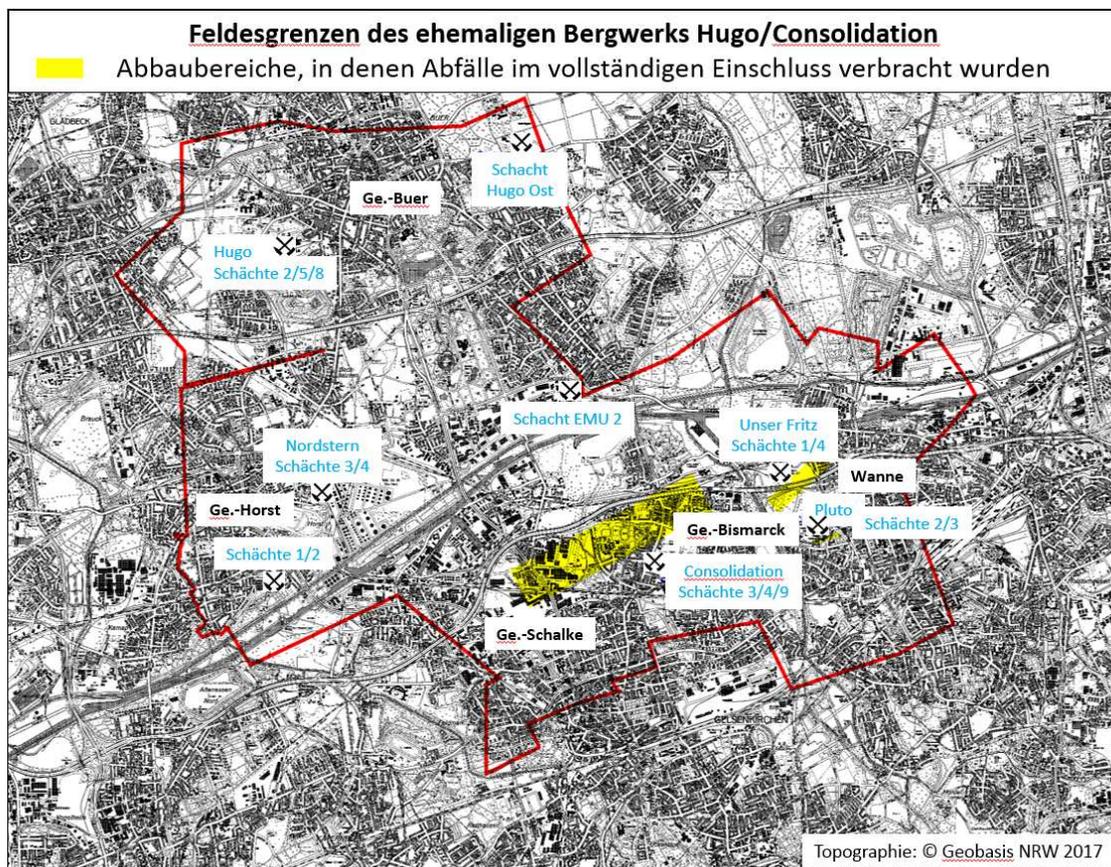


Abb. 3: Übersichtsdarstellung der Verbringungsgebiete des BW Hugo Consolidation mit Standort des Zentralschachts Consolidation 3/4/9 (IFM, Detailbericht 2)

## 1.2 Bergwerk Walsum

Die Planungen für den Bau des BW Walsum hatten bereits 1904 begonnen. Nach Verzögerungen durch den ersten Weltkrieg und die anschließende Besetzung des Rheinlandes wurde allerdings erst 1927 mit dem Abteufen des Schachtes 1 (auch als Schacht Franz Lenze bezeichnet) begonnen, der 1930 – nach erneuter Verzögerung infolge eines Wassereinbruchs – fertiggestellt wurde. 1945 wurde der Betrieb zeitweise eingestellt.

1954 bis 1955 wurde auch der Schacht 2 (auch als Schacht Wilhelm Roelen bezeichnet) als Förderschacht ausgebaut. 1968 ging die Walsum Bergbau Aktiengesellschaft aus dem Familienbesitz der Familie Thyssen-Bornemisza de Kázon in die neu gegründete Ruhrkohle AG über. Die Grubenbaue wurden vollmechanisiert. 1976 erfolgte die Übernahme der Schachanlage Wehofen 1/2 von der stillgelegten Zeche Friedrich Thyssen 2/5. Die Wehofen-Schächte dienten ausschließlich der Wasserhaltung.

Von 1981 bis 1986 wurde im Nordfeld der Schacht Voerde als neuer Seilfahrt- und Materialschacht abgeteuft. Bedingt durch die Stilllegung des BW Rheinland 1993 wurde dem BW Walsum ein größerer Abbaubereich unter dem Rhein zugewiesen. Es wurden von Rheinland die Schächte Rheinpreußen 8, Rheinpreußen 9 und Rheinberg übernommen. Im Gegenzug wurden die Wehofen-Schächte abgeworfen. Nach erfolgtem Abbau der Kohlevorräte im Grubenfeld Rheinpreußen wurden die Schächte Rheinpreußen 9 im Jahre 2001 und Rheinpreußen 8 im Jahre 2004 verfüllt und abgeworfen.

Zwischen 1993 und 2004 erfolgte im Walsumer Horst-Altfeld und im Binsheimer Feld die Bruchhohlraumverfüllung (Abb. 4). Hierzu wurden in horizontaler Lagerung die Abfall-/Reststoffe über das Schlepprohrverfahren (wie auch im BW Haus Aden/Monopol) eingebracht.

Zum 30. Juni 2008 wurde der Bergbau im Grubenfeld Walsum eingestellt und das Bergwerk stillgelegt.

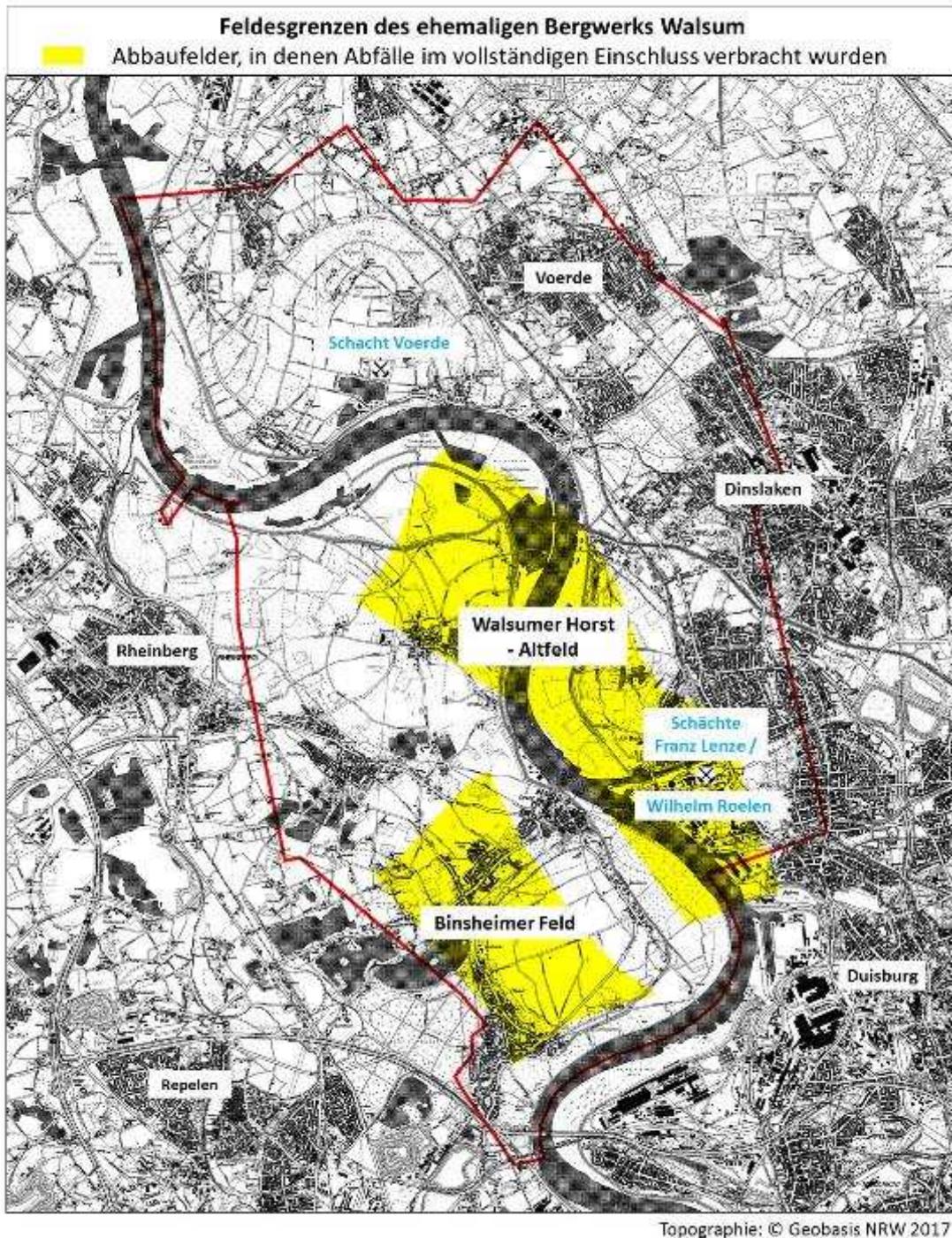


Abb. 4: Übersichtsdarstellung der Verbringungsgebiete im BW Walsum mit Standort der Schächte Walsum 1 (Schacht Franz Lenze) und Schacht 2 (Schacht Wilhelm Roelen) (IFM, Detailbericht 2)

### 1.2.1 Binsheimer Feld

Das Binsheimer Feld liegt linksrheinisch (Abb. 4).

Zunächst erfolgte die BHV in den Flözen Anna und Hermann/Gustav im Binsheimer Feld (Zulassungsbescheid des Bergamtes Dinslaken vom 08.02.1993 - w1-1-8-11). Das Flöz Anna verfügte über eine bauwürdige Fläche von 4 km<sup>2</sup> und das Flöz Hermann/Gustav von 3,2 km<sup>2</sup>.

Die hydrogeologischen Verhältnisse sind im Detail in Teil B, Kap. 3.1 beschrieben. Grundlage war die Aussage in einem Gutachten (OBERMANN 4/1991), dass die hydrogeologische Situation im Bereich des Walsumer Horst-Altfeldes mit der des Steinkohlengebirges in den mittleren und östlichen Ruhrkohlenbezirken vergleichbar ist, für die die Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) erstellt worden war. Die Schichtenfolge der im Binsheimer Feld zum Abbau anstehenden flach gelagerten Flöze – Flöz Hermann/ Gustav und Flöz Anna – gehören zu den in der Machbarkeitsstudie für die Untertageverbringung als geeignet angesehenen oberen Bochumer (Fettkohlen-)schichten, die einen hohen Anteil an hydraulisch und geochemisch wirksamen, tonigen Schichten im Nebengestein beinhalten (Anlage 6 des Gutachtens OBERMANN). Darüber hinaus war die Mindestteufe -800 m NHN überall erreicht. Im Hangenden und Liegenden herrscht eine Wechsellagerung von Schieferthon, Sandschiefer und Sandstein vor. Der tonige Anteil überwiegt im Nahbereich der abgebauten Flöze.

Zu größeren Störungen betrug der Sicherheitsabstand in der Regel 50 m. Andernfalls wurden Begleitstrecken mit immissionsneutralen Reststoffen verfüllt und abgedämmt. Zur Möglichkeit der Wasserführung auf Kleinststörungen wurde ein separates Gutachten erstellt, das im Ergebnis eine Wasserführung ausschloss (THEIN/MÜLLER 1992 06 15).

Die hydrogeologische Situation des Deckgebirges im Hangenden des Verbringungsbereichs ist von der des mittleren und östlichen Ruhrkohlenbezirks verschieden. Für den Verbringungsbereich Binsheimer Feld ist laut Aussage des Gutachters die Qualität des Deckgebirgsaufbaus für eine Ablagerung nach dem Prinzip des vollständigen Einschusses nicht maßgeblich, „da sie bestenfalls eine zusätzliche über das Maß hinaus geforderte Barriere darstellt“.

1991 wurden aus dem Binsheimer Feld durchschnittlich 2,7 m<sup>3</sup>/min Grubenwassermengen gefördert; davon waren ca. 60 % geogenes Grundwasser (ca. 1,6 m<sup>3</sup>/min). Der Rest war eingesetztes Betriebswasser.

### 1.2.2 Walsumer Horst-Altfeld

Der Walsumer Horst–Altfeld liegt beidseitig des Rheins (Abb. 4).

Am 21.01.1994 wurde der Antrag auf Erweiterung der BHV auf das Flöz Zollverein 7/8 im Bereich des Walsumer Horst-Altfeld gestellt. Der Bereich oberhalb des Flöz Zollverein 7/8 war zuvor durch die Überbauung durch die Flöze P, N, F, Zollverein 1 und Zollverein 7/8 strukturell vollständig aufgeklärt und frei von wasserwegsamem Störungen.

Die hydrogeologischen Verhältnisse sind im Detail in Teil B, Kap. 3.1 beschrieben. In einem Gutachten (THEIN 12/1993) wurden in diesen Abbaufeldern die hydrogeologischen Verhältnisse untersucht und die Eignung bestätigt. Im Hangenden und Liegenden des Verbringungsereichs (etwa 800 bis 1.000 m unter Gelände) liegt eine mehrere 10 m mächtige Folge von Schiefertönen der oberkarbonischen Essener Schichten, die eine wirksame hydraulische und geochemische Barriere darstellen.

Das Deckgebirge ist ca. 370 m mächtig. Im Tertiär und in der Kreide sind mehrere mächtige tonige und mergelige Schichten vorhanden, die eine weitere wirksame Barriere darstellen und einen Austausch von Wässern aus dem karbonischen "Grundgebirge" und jüngerem Deckgebirge verhindert haben.

In einem Gutachten THEIN & MÜLLER (15.06.1992) wurde bestätigt, dass auch das Tiefengrundwasser in der Zusammensetzung vergleichbar ist mit dem Tiefengrundwasser, das in der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) definiert und zur Beurteilung herangezogen wurde.

Ein wichtiges Gutachten war die „Ergänzende Studie zur Übertragbarkeit der geologischen, hydrogeologischen Randbedingungen der „Studie zur Eignung von Steinkohlebergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlebezirk für die grundwasserverträgliche Verbringung von Abfall und Reststoffen“ auf den linksrheinischen Teil des Baufeldes „Walsumer Horst-Altfeld“ des Bergwerkes Walsum der Ruhrkohle AG“ (THEIN & MÜLLER 03.11.1993). Hier wurde festgestellt, dass auch linksrheinisch vergleichbare und geeignete hydrogeologisch-hydrochemische Bedingungen – wie sie in der Machbarkeitsstudie definiert wurden – für eine BHV vorliegen.

## **2 IMMISSIONSNEUTRALE UNTERTAGEVERBRINGUNG VON RESTSTOFFEN AUS KOHLEGEFEUERTEN KRAFTWERKEN UND FEUERUNGSANLAGEN**

### **2.1 Datengrundlage und heutige Dokumentation**

Die Dokumentation der immissionsneutralen Verbringung ist heute im Hinblick auf die ortsscharfe Zuordnung, die Herkunft und die eingebrachten Mengen nicht mehr vollständig nachvollziehbar.

In den Archiven der RAG und hier v. a. in den Grubenrissen<sup>3</sup> sind keine vollständigen Unterlagen über die immissionsneutrale Verbringung mehr vorhanden. Dies betrifft insbesondere die verbrachten Massen und genauen Bereiche in den betroffenen Bauhöhen.

Bei der BR Arnsberg wurden auch noch die ausgelagerten Betriebsakten ausgewertet. Allerdings erlaubt der heute noch vorhandene Aktenbestand keine systematische und vollständige „Rekonstruktion“ der immissionsneutralen Verbringung.

Nach den Rundverfügungen des damaligen Landesoberbergamts (LOBA) vom 16.12.1987 und 28.12.1987 (detaillierte Erläuterung s. unten) konnte Versatz immissionsneutral mit kohlestämmigen Reststoffen im Untertagebetrieb unter Einhaltung definierter Rahmenbedingungen von den Bergämtern ohne weitergehende wasserwirtschaftliche Prüfung zugelassen werden, weil von einer geogen bedingten, gleichartigen Belastung des Grubenwassers auszugehen war.

Der Aktenbestand der darauffolgenden Zulassungen durch die Bergämter ist heute nur unvollständig vorhanden.

#### **2.1.1 Dokumentation bei der BR Arnsberg**

Gemäß der Rundverfügung des Landesoberbergamts NRW vom 16.12.1987 bestand eine vierteljährliche Berichtspflicht der Bergämter über die Verwertung von Reststoffen / Abfällen zur Verwertung und der Verwertung / Beseitigung von bergbaulichen Abfällen in den Bergbaubetrieben für das abgelaufene Vierteljahr gemäß vorgeschriebener Formblätter. Die Berichtspflicht umfasste neben den verwerteten Reststoffen (immissionsneutral oder Bruchhohlraumverfüllung) und den bergbaulichen Abfällen in den Bergwerken auch den übertägigen Zuständigkeitsbereich des Bergamts.

Neben diesen Quartalsmeldungen gab es jährliche Zusammenfassungen des LOBA. Diese Daten wurden in aggregierter Form in die Jahresberichte des LOBA und die Berichte des Bundes übernommen.

Die Quartalsberichte der BA sind zum großen Teil noch im Staatsarchiv (eingelagert beim Materialprüfungsamt in Dortmund) in 14 Aktenordern erhalten und wurden ausgewertet (Abb. 5).

---

<sup>3</sup> Gemäß der Markscheiderbergverordnung vom 19.12.1986, Anlage 3, Teil 2, Punkt 3.1.6 ist nur die Verortung von „Grubenbauen für die Wasserhaltung“ verpflichtend. Alle anderen Eintragungen zur Nutzung der Grubenbaue lagen in der Entscheidung des Markscheiders, der das Risswerk führte.

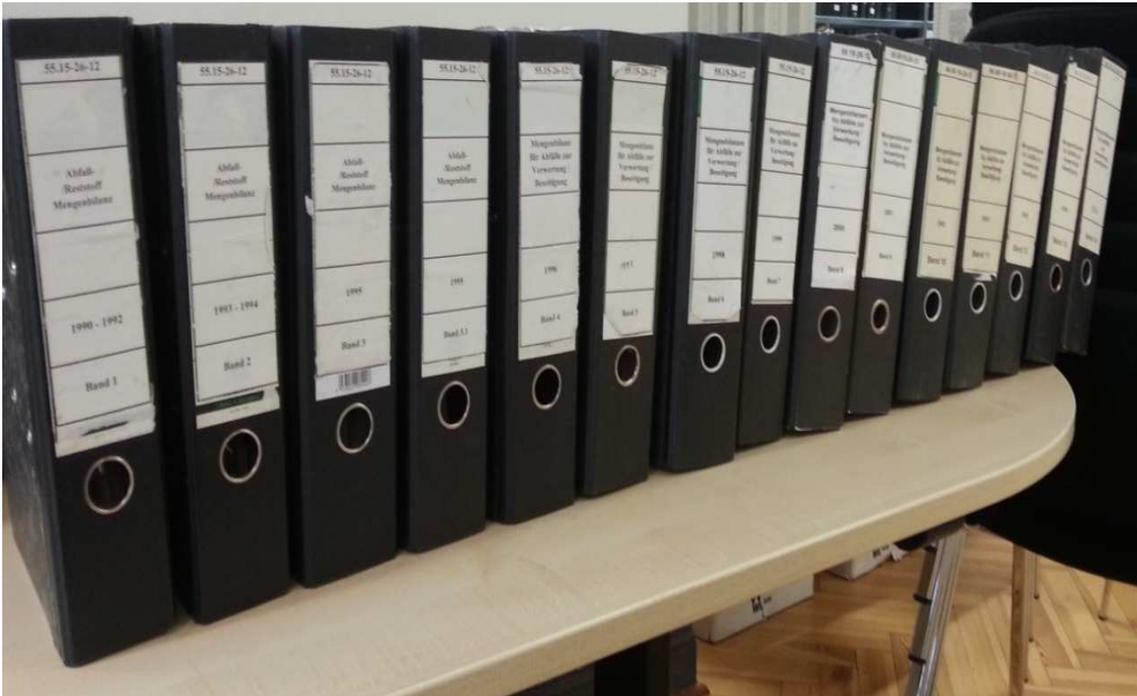


Abb. 5: Dokumentation der entsorgten Abfallmengen in der Zuständigkeit des LOBA (Foto ahu AG)

Anhand dieser Datengrundlage wurde durch die BR Arnsberg in 2013 eine Übersicht über die Verwertung bergbaufremder Reststoffe im Steinkohlenbergbau unter Tage erstellt (Abb. 6).

Diese Aufstellung umfasste sowohl den vollständigen Einschluss als auch die immissionsneutral verbrachten Stoffe. Es ergibt sich eine Gesamtmasse von 1.635.169 Tonnen, die zwischen 1989 und 2005 in 11 BW eingebracht wurden (Abb. 1).

Bezirksregierung  
Arnsberg 

### Verwertung bergbaufremder Reststoffe im Steinkohlenbergbau unter Tage einschließlich vollständiger Einschluss (Mengen in Tonnen)

Schachtanlagen	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Summe
Manapol	150	9.600																9.750
Haus Adeln	39.825	18.098																57.924
Haus Adeln Monopol			16.034	11.350	34.495	42.416	43.959	21.794	38.084	3.229								212.059
Emil Mayrisch		12.611	15.587															28.198
Walsum			1.444	5.638	8.496	30.126	39.296	61.433	47.601	69.104	62.747	60.810	34.466	3.766	11.463	791		437.341
Hugo/Consolidation	17.200	83.904	96.778	90.894	53.982	49.825	20.772	55.448		17.425								477.228
Ewald/Schlägel & Eisen				5.038	15.574	3.500	18.021	3.380	99.891									145.404
Friedrich Heinrich						8.630	12.215											20.845
Fürst Leopold/Wülfen						5.191	6.939	9.123		18.023								39.276
Augusta Viktoria								1.096		5.299								6.395
Ekumenthal Haard							6.912											6.912
Löge											45.288	47.327	13.817					106.432
Lothberg/Osterfeld																	50.754	50.754
Summe	57.175	121.213	129.503	112.920	112.517	110.688	148.913	152.274	186.276	113.119	108.015	108.137	48.283	3.766	11.463	791	86.925	1.636.159

14 Versatz mit Reststoffen 13.09.2013

Abb. 6: Summarische Zusammenfassung der Verwertung bergbaufremder Reststoffe (Darstellung BR Arnsberg 13.09.2013)

Die Aufstellung der BR Arnsberg wurde anhand der in Abb. 5 dargestellten Unterlagen und vor allem anhand der Excel-Datei von der ahu AG positiv auf Plausibilität geprüft.

Hierbei ist zu berücksichtigen:

- Die Erfassung erfolgte bei der RAG zunächst handschriftlich.
- Es erfolgte eine Übertragung per Schreibmaschine bei der RAG und eine Übermittlung an die BA.
- Beim LOBA wurden die Berichte der BA händisch aggregiert.
- Ab 1995 wurde eine elektronische Datenverarbeitung bei den Bearbeitern eingeführt und die Zahlen übertragen. Die Bilanzen wurden zunächst in verschiedenen Programmen gehalten.
- Ab Beginn der 2000er Jahre erfolgte nach und nach der Aufbau einer einheitlichen Excel-Datei, die bis heute Bestand hat.

### 2.1.2 Dokumentation bei der RAG

Die Darstellung der verbrachten Reststoffe / Abfälle zur Verwertung im Risswerk ist nicht verbindlich vorgeschrieben und wurde von BW zu BW unterschiedlich gehandhabt. Wenn eine Darstellung erfolgte, so war diese sehr detailliert. Ein Beispiel für die untertägige Erfassung, Zuordnung und tabellarische Aufstellung aus dem BW Hugo/Consolidation ist in Abb. 7 gezeigt. Grundlage waren alle Eintragungen im Risswerk. Es zeigt sich, dass auch sehr kleine Tonnagen (z. B. 27 Tonnen, letzte Zeile) eingebracht und – im Falle der Darstellung in den Grubenrissen – auch dokumentiert wurden.

Baufeld	Meldenummer	Ort	Höhe	Müllart	Menge t	Zeitraum		Bemerkung
	aus Risswerk					von	bis	
CO Nord	ZV1 (3)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Bohrlöcher	-1080	REA-Gips	109	11.11.1987	30.11.1987	
CO Nord	ZV1 (3)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Bohrlöcher	-1080	Hydriidschlamm	273	11.11.1987	30.11.1987	
CO Nord	ZV1 (3)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Bohrlöcher	-1080	Sprühabsorption	2040	11.11.1987	30.11.1987	
CO Nord	ZV1 (3)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Bohrlöcher	-1080	Wirbelschichtasche	1304	11.11.1987	30.11.1987	
CO Nord	ZV1 (4)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Schlauchl.	-998	Hydriidschlamm	54	30.11.1987	16.11.1987	
CO Nord	ZV1 (4)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Schlauchl.	-998	Sprühabsorption	608	30.11.1987	16.11.1987	
CO Nord	ZV1 (4)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Westen, Schlauchl.	-998	Trockenadditive	56	30.11.1987	16.11.1987	
CO Nord	ZV1 (5)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Osten	-1010	Sprühabsorption	2480	30.10.1987	13.01.1988	
CO Nord	ZV1 (5)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Osten	-1010	Hydriidschlamm	122	30.10.1987	13.01.1988	
CO Nord	ZV1 (5)	Zollverein 5, Kopfstr. N. Osten	-1010	Trockenadditive	170	30.10.1987	13.01.1988	
CO Nord	ZV1 (6)	Zollverein 5, Ort 3, NW 101, Damm	-1080	Sprühabsorption	95	13.11.1987	16.11.1987	
CO Nord	ZV1 (8)	Zollverein 5, Bandstr. N. Westen	-1086	Sprühabsorption	2469	27.01.1988	26.05.1988	
CO Nord	ZV1 (8)	Zollverein 5, Bandstr. N. Westen	-1086	Trockenadditive	44	27.01.1988	26.05.1988	
CO Nord	ZV1 (23)	Zollverein 5, NW 101 Bandstr. N. Osten	-1087	Wirbelschichtasche	210	19.06.1989	30.09.1989	
CO Nord	ZV1 (23)	Zollverein 5, NW 101 Bandstr. N. Osten	-1087	RAA-Schlamm	700	19.06.1989	30.09.1989	
CO Nord	ZV1 (33)	Gesteinsberg/ QU.NW101	-1086	Sprühabsorption	7795	II/91 -IV/91		
CO Nord	ZV1 (33)	Gesteinsberg/ QU.NW101	-1086	Trockenadditive	1785	II/91 -IV/91		
CO Nord	ZV1 (33)	Gesteinsberg/ QU.NW101	-1086	Wirbelschichtasche	1970	II/91 -IV/91		
CO Nord	ZV1 (33)	Gesteinsberg/ QU.NW101	-1086	RAA-Schlamm	11804	II/91 -IV/91		
CO Nord	ZV1 (7)	Querschlagstumpf nach Norden NW91	-940	Sprühabsorption	1490	30.10.1987	30.04.1988	Zollverein 4
CO Nord	ZV1 (7)	Querschlagstumpf nach Norden NW91	-940	Trockenadditive	27	30.10.1987	30.04.1988	Zollverein 4

Abb. 7: Beispiel für die Erfassung durch die RAG (2014)

Als Fazit der Auswertung des Risswerkes der einzelnen BW wird festgehalten:

- Mit den Angaben aus dem Risswerk ist nur eine grobe Klassifizierung der Reststoffgruppen möglich.
- Die Darstellungen sind – je nach Führung des Risswerkes – unterschiedlich. Häufig sind keine Mengenangaben enthalten. Es werden Massen- und Volumenbezeichnungen verwendet (Tonnen, Kubikmeter, Container).
- Es gibt keine begleitenden Verzeichnisse, zum Teil sind die Reststoffgruppen nicht unterteilt.
- Eine vollständige Mengenermittlung der immissionsneutralen überwachungsbedürftigen Stoffe ist durch die Auswertung des Risswerkes nicht möglich, da diese nicht immer eingetragen wurden (keine Pflicht zur Eintragung).
- Angaben über das BW Emil Mayrisch, das damals nicht in der Zuständigkeit der RAG lag, liegen nicht vor. Die Recherche beim EBV läuft noch.

Die so aus den Aufzeichnungen der Risswerke ermittelten Massen, die gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht worden sind, sind in der Summe für das BW Walsum um ca. 40.000 t und für das BW Hugo/Consolidation um ca. 42.000 t niedriger als die Massenangaben der BR Arnsberg (vgl. Gesamtsummen in Abb. 1 und Abb. 6).

Bei den weiteren Betrachtungen gehen die Gutachter von den Mengen nach Angaben der BR Arnsberg aus (Abb. 6), weil die Unterlagen der RAG nicht (mehr) vollständig sind. Von der BR Arnsberg können heute allerdings keine genauen Angaben über die Orte für die Verbringung der immissionsneutralen Abfall- und Reststoffe gemacht werden. Hier sind die Unterlagen der RAG die Grundlagen für die Übersichtsdarstellungen.

Die Gefährdungspotentiale der immissionsneutralen Abfall- und Reststoffe hängen von den Massen ab. Die Abb. 6 zeigt in einer Übersicht die BW mit immissionsneutraler Verbringung, soweit diese Daten heute noch vorliegen. Wie die Abb. 6 zeigt, variieren die Mengen sehr stark. In 5 von 11 BW wurden deutlich unter 50.000 t eingebracht. In nur vier BW wurden mehr als 100.000 t und auch über einen längeren Zeitraum eingebracht. Mit Ausnahme der BW Lippe, BW Walsum und BW Lohberg endete die Verbringung 1998.

## 2.2 Einsatzbereiche der immissionsneutralen Verbringung

Ein wichtiger Grund für das Interesse des Bergbautreibenden, zunächst bergbaueigene Abfälle unter Tage zu verbringen, war der zunehmende Anteil an Flotationsbergen. Mit den technischen Fortschritten in der Aufbereitung (Kohlenwäsche) entstanden große Mengen an feinkörnigen, nur schwer zu entwässernden und oft nicht standfesten Flotationsbergen, die auch nicht ohne Weiteres aufgehaldet werden konnten. Zudem verfügte das BW Walsum nur über unzureichende Haldenkapazitäten. Generell wurde als ein Ziel der Untertageverbringung die „Schonung“ von übertägiger Deponie- bzw. Entsorgungskapazitäten genannt.

Ein weiterer Grund war, dass die Betreiber von Kraftwerken, Heizwerken und Feuerungsanlagen deutsche Kohlen zum Teil nur noch dann abnehmen konnten, wenn die Kohlenlieferanten die Entsorgung der Kraftwerksaschen der Steinkohlenkraftwerke gewährleisten (CZECH 1993). Dazu mussten für eine untertägige Verbringung im Steinkohlenbergbau geeignete Techniken entwickelt werden.

Die Entwicklung der Verfüllung mit immissionsneutralen Stoffen erfolgte zunächst vor allem zur Verwertung der Abfall- und Reststoffe aus der Kohlenverbrennung. Als ein weiterer Grund wurde auch die Verringerung von Bergsenkungen genannt. Allerdings sind dafür die eingesetzten Mengen zu gering und eine maßgebliche Anfangssenkung tritt bereits nach dem Zusammenbruch der alten Abbaubereiche ein (Alter Mann). Eine Verfüllung der dann noch offenen Hohlräume reduziert die Absenkungsbeträge nicht mehr maßgeblich.

Darüber hinaus wurde die Verfüllung mit immissionsneutralen Reststoffen später auch vielfach eingesetzt, um die Durchströmung des Alten Mannes mit Wetter (Luft) zu vermindern bzw. zu unterbinden (sog. Schleichwetterströme), da diese die Entstehung von Selbstentzündungsbränden begünstigten.

Desweiteren unterstützten die mit Reststoffen erstellten Streckenbegleitdämme die gezielte Gasabsaugung. Dies geschah v. a. in den BW und Baufeldern, in denen mit einem erhöhten Anfall von Methangas zu rechnen war<sup>4</sup>.

Seit dem Auslaufen der Verfüllung mit immissionsneutralen Reststoffen werden zur Reduzierung der Schleichwetterströme im Alten Mann zugelassene Baustoffe in den Begleitstrecken eingesetzt.

Weiterhin wurden auch in Betrieben, die für den vollständigen Einschluss zugelassen waren, die Streckenbegleitdämme häufig aus immissionsneutralen Reststoffen erstellt (siehe z. B. Abbau A23 in Abb. 15).

Auch zur Abdämmung und Verfüllung von Blindschächten und Strecken, Abbaubegleitstrecken, Anlaufkanten und Strebendständen wurden immissionsneutrale Reststoffe eingebracht. Hierbei wurden die Hohlräume oft vollständig mit immissionsneutralen Reststoffen verfüllt (im Gegensatz zur Bruchhohlraumverfüllung, wo der Anteil der verfüllten Stoffe max 10 % ausmachte).

Blindschächte wurden „von oben“ aufgefüllt.

Strecken wurden zunächst durch einen Damm abgedämmt. In der Firste waren zuvor Rohre mit verschiedenen Längen installiert, die durch den Damm führten. Diese wurden der Reihe nach (vom längsten bis zum kürzesten) solange aufgefüllt, bis die Strecken vollständig mit immissionsneutralen Reststoffen aufgefüllt waren.

Zu größeren Störungen mussten 50 m Sicherheitsabstand eingehalten werden, ehe diese gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verfüllt werden konnten. Deshalb wurden auch diese Bereiche mit immissionsneutralen Reststoffen verfüllt (z. B. Ersatzmaßnahmen zur Wiederherstellung des Mindestabstandes im Flöz Karl 1 BP139 im BW Hugo Consolidation, THEIN & KLINGEL (22.06.1994).

Im Gegensatz zu den eindeutig abgrenzbaren BHV-Bereichen wurden die immissionsneutralen Stoffe an sehr vielen Stellen in den BW und z. T. in kleinen Mengen eingebaut (s. Teil A, Kap. 2.2), die auch nicht mehr vollständig dokumentiert sind, so dass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine Darstellung verzichtet wurde.

Immissionsneutrale Reststoffe wurden auch bei der Bruchhohlraumverfüllung eingesetzt, meistens dann, wenn zeitweise nicht genügend gefährliche Abfälle zur Verwertung und Reststoffe vorhanden waren. Da der untertägige Abbau weitergeführt werden musste, wurden dann auch immissionsneutrale Reststoffe eingesetzt.

---

<sup>4</sup> In der Regel brachen jedes Jahr ca. 15 bis 20 Grubenbrände aus (s. Jahresberichte des LOBA).

Tab. 3: Übersicht über die Verbringung

	Technik	Gefährliche Abfälle zur Verwertung- und Reststoffe	Immissionsneutrale Reststoffe	Erläuterung Beispiele
Bruchhohlraumverfüllung  Reststoffanteil bis ca. 10 %	Schlepprohr (bei horizontaler Lagerung)	X	X	BW Walsum, BW Haus Aden,
	Bohrlöcher (bei halbsteiler Lagerung)	X	X	BW Hugo Consolidation
Vollständige Verfüllung: Reststoffanteil bis 100 %	Leitungen und Bohrlöcher	-	X	Streckenbegleitdämme, Blindschächte, Strecken etc.

## 2.3 Entwicklung des Konzepts der Immissionsneutralen Verbringung

### 2.3.1 Anlass

Eine „frühe“ Idee einer untertägigen Verbringung von Kraftwerksaschen ist dokumentiert in einem Gesprächsprotokoll des LOBA (31.12.1985). Themen waren:

- Erörterung der Möglichkeiten der untertägigen Verbringung von Kraftwerksaschen
- Verabredung von Betriebsversuchen auf BW Walsum und BW Lohberg
- Empfehlung zum schrittweisen Vorgehen
- Empfehlung zur Erarbeitung eines Konzepts durch die RAG

Da es sich v. a. um Flugaschen und -stäube aus steinkohlegefeuerten Kraftwerken handelte, war die Grundannahme, dass diese Reststoffe keine grundsätzlich andere chemische Zusammensetzung und damit kein anderes Gefährdungspotential haben als das umgebende Gebirge, aus dem die Kohlen stammen (siehe die beiden Schreiben des LWA 21.07.1986 und 31.03.1987).

Schreiben LWA vom 21.07.1986 (3 Seiten) an das MURL zu einem Antrag der Bergbau-Forschung Essen vom 22.05.1986:

- Zusätzliche Möglichkeit der Verringerung von Bergsenkungen
- Schonung von Deponiekapazitäten
- keine grundsätzlichen Bedenken, da die Aschen immissionsneutral sind und sich später noch eine Dichteschichtung ausbildet
- geeignete Stoffe sind zudem Flotationsschlämme und REA-Gipse

In einem weiteren, ausführlicheren Schreiben des LWA vom 31.03.1987 (6 Seiten) an das MURL zum Thema „Einrichtung von Untertagedeponien in Steinkohlenbergwerken wird ausgeführt:

- kurze hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Beurteilung
- Aufzählung geeigneter Abfallarten
- Aufzählung bedingt geeigneter Abfallarten
- Aufzählung ungeeigneter Abfallarten
- Untersuchungsumfang (Anhang 4 Seiten) einer Feasibility-Studie (sehr ähnlich der späteren Machbarkeitsstudie, die im Auftrag des LWA erstellt und 1990 vorgelegt wurde.

Auf die Bitte des MURL um weitere Stellungnahmen zu dem Konzept der untertägigen Verbringung von Kraftwerksaschen lagen dem LWA 23 Schreiben der um Stellungnahme gebetenen Organisationen vor, in denen dem Konzept eine breite Zustimmung aus „umweltpolitischen Gründen“ bescheinigt wurde.

Vom LOBA wurden am 16.12.1987 und 28.12.1987 zwei Rundverfügungen für die generelle Zulassung der immissionsneutralen Verbringung ohne weitere gesonderte wasserwirtschaftliche Prüfungen erlassen. Grundlagen waren umfangreiche Diskussionen in der unten erwähnten Arbeitsgruppe, die wahrscheinlich nur auszugsweise dokumentiert sind, die im Zuge von Probetrieben erzielten positiven Ergebnisse zur technischen Machbarkeit (BW Walsum, BW Hugo/Consolidation) und die fehlenden Gefährdungen gemäß den oben erwähnten Gutachten.

- 1) Teil- und Nachversatz mit Reststoffen aus kohlegefeuerten Kraftwerken und Feuerungsanlagen (Aschen und Stäube, Nassentschwefelungsgips, -sulfid, Schlämme aus der Kesselabwasser- und Speisewasseraufbereitung und aus der Kühlturmaschlammung) – 18.21.2–2–4 -. Rundverfügung an die Bergämter des Landes Nordrhein-Westfalen vom 16.12.1987.
- 2) Kurzbeschreibung der in der Rundverfügung des Landesoberbergamts NRW vom 16.12.1987 aufgeführten Verfahren des Teil- und Nachversatzes in Steinkohlenbergwerken. Rundverfügung an die Bergämter des Landes Nordrhein-Westfalen vom 28.12.1987.

Die beiden Rundverfügungen wurden zuvor in einer aus Vertretern nordrhein-westfälischer Behörden bestehenden Arbeitsgruppe abgestimmt (CZECH 1993):

- Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie
- Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft
- Landesamt für Wasser und Abfall
- Geologisches Landesamt
- Regierungspräsident Arnsberg
- Regierungspräsident Düsseldorf
- Landesoberbergamt

Auf der Grundlage dieser Verfügungen durften die Betriebspläne für Versatzbetriebe ohne eine weitergehende wasserwirtschaftliche Prüfung von den Bergämtern zugelassen werden, und zwar unter der Bedingung, dass

- „die Menge des Überschusswassers auf weniger als 10 % der Einsatzwassermenge begrenzt wird.
- der Nachversatz in Teufen unterhalb von -800 m eingebracht wird, da hier von einer geogen bedingten gleichartigen Belastung des Grundwassers auszugehen und somit eine nachteilige Veränderung des Grundwassers im Sinne von § 34 Abs. 2 WHG<sup>5</sup> nicht zu besorgen ist<sup>6</sup>.“
- eine vierteljährliche Mengenbilanz durch die BA an das LOBA (Art, Menge und Herkunft der Feuerungsreststoffe)<sup>7</sup> erfolgt.

In der Regel wurden vor einer Zulassung auch kraftwerksweise Druckelutionsprüfungen an Prüfkörpern vorgenommen.

Als geeignete Verfahren wurden zunächst eingestuft:

1. Pumpfähiges Gemisch über Schleppleitungen
2. Pumpfähiges Gemisch über Bohrlöcher aus der Kopfstrecke
3. Vermischung Elektrofilteraschen mit Flotationsbergen und Einbringen im Blasversatz

Wie oben ausgeführt, kam, falls es die Lagerung des Kohleflözes zuließ, bei der Verbringung der gefährlichen Abfälle zur Verwertung und der Reststoffe vorrangig die BHV über Schleppleitungen zum Einsatz (BW Walsum, BW Haus Aden/Monopol).

### 2.3.2 Entwicklung der technischen Machbarkeit

Die **technische Machbarkeit** wurde seit Anfang der 1980er Jahre mehr oder weniger parallel zu der oben beschriebenen Diskussion in mehreren Forschungsvorhaben entwickelt. Wichtige Gutachten in diesem Zusammenhang sind:

- CLAßEN (11/1986): Untersuchungen zur Verwendung von Kraftwerksrückständen in Bergwerken. (RAG-Forschungsvorhaben).
- ARNDT (1986): Entwicklung eines Verfahrens für das Einbringen von Flugaschen und anderen feinkörnigen Verbrennungsrückständen in untertägige Bruchhöhlräume (BMFT Forschungsbericht 03E-6416-A).

---

<sup>5</sup> § 34 Abs. 2 WHG – grundwasserschützende Vorschrift des WHG („Besorgnisgrundsatz“). Dies ist heute im § 48 WHG („Reinhaltung des Grundwassers“) geregelt.

<sup>6</sup> In späteren Verfahren wurden auch Zulassungen für eine Verbringung in Teufen < 800 m erteilt, wenn nachgewiesen wurde (DMT 22 04 1996), dass auch in geringeren Teufen eine immissionsneutrale Verbringung möglich war: Zum Beispiel Schacht Gerdt 550 m Sohle (-501 m NHN) und 3. Sohle (-640 m NHN).

<sup>7</sup> Dies war später die Grundlage für die Bilanzierung der BR Arnsberg (Abb. 5) in Tab. 7.

- STEINKOHLBERGBAUVEREIN (1988): Verfüllung des Bruchhohlraums und anderer abgeworfener Grubenbaue mit Flugasche und anderen feinkörnigen Abfallprodukten durch hydraulische Förderung vom Tage aus. (Forschungs-Nr. 7220-AD/127).
- Jäger, B., Obermann, P. & F. L. Wilke (1990): Studie zur Eignung von Steinkohlebergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlenbezirk zur Untertageverbringung von Abfall und Reststoffen (*Machbarkeitsstudie*); im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW, Düsseldorf.
- THIEHOFE, B. (1991): Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens für das Einbringen feinkörniger Aufbereitungs- und Kraftwerksabgänge in untertägigen Bruchhohlräumen (BMBF Forschungsbericht 0326416 B).
- RAG (10/1989): Abschlußbericht zum Sonderbetriebsplan für einen großtechnischen Versuch zum Verbringen von Reststoffen aus Hausmüllverbrennungsanlagen als hydraulischer Nachversatz auf dem Verbundbergwerk Consolidation/Nordstern, Baufeld Pluto, Herne.
- RAG (03/1991): Abschlußbericht zum Sonderbetriebsplan für einen großtechnischen Versuch zum Verbringen von Reststoffen aus Hausmüllverbrennungsanlagen als hydraulischer Nachversatz auf dem Verbundbergwerk Consolidation/Nordstern, Baufeld Unser Fritz, Herne.
- Wilke (10/1992): Gebirgsmechanische Begutachtung des technischen Großversuchs „Verbringung von MVA-Reststoffen als hydraulischer Nachversatz auf der Schachtanlage Consolidation“ im Auftrag der Ruhrkohle Montalith GmbH.
- WILKE (6/1993): Wissenschaftliche Begutachtung und labortechnische Untersuchungen zum technischen Großversuch „Verbringung von MVA-Reststoffen als hydraulischer Nachversatz auf der Schachtanlage Consolidation“.

Eine zentrale Fragestellung war, den Ort und den Zeitpunkt der BHV nach dem Abbau zu bestimmen. Wenn die BHV zu spät erfolgte, war der Alte Mann bereits so verdichtet, dass kein Material mehr eingebracht werden konnte. Wenn die BHV in zu kurzem räumlichen Abstand zum Abbau erfolgte, bestand insbesondere beim Abbau in mittelsteiler oder steiler Lagerung das Risiko, dass Versatzmaterial aus dem Alten Mann austrat.

Im BW Walsum, Flöz E/E-44 wurde die Technik der Bruchhohlraumverfüllung in mehreren Versuchsabschnitten in 1986 mit verschiedenen technischen Ansätzen und Verfahren als Schlepprohrtechnik entwickelt (u. a. ARNDT 1986, STEINKOHLBERGBAUVEREIN 1988, THIEHOFE 1991). Hierbei wurden mit unterschiedlichen Feststoff-/Wassergemischen insgesamt rund 8.400 t Feststoffe, vorrangig Elektrofilteraschen und Flotationsberge, in den Bruchhohlraum des 1,5 m mächtigen Flözes verbracht.

Auf dem BW Hugo/Consolidation wurde zwischen dem 04.08.1986 und dem 02.04.1987 in drei Versuchsreihen das Verfahren der BHV erprobt (RAG 10/1989, RAG 3/1991). Hierzu wurden von der Kopfstrecke aus im Flöz Albert 1/2 ca. alle 20 m Bohrlöcher gesetzt, über die dann eine Suspension von Gippschlämmen und Reststoffen über kurze Bohrlöcher von der Kopfstrecke aus in den Bruchhohlraum verpresst wurden (Abb. 8). Dies gelang in unterschiedlichen Mengen zwischen 30 und 500 t je Bohrloch, da die Verpressung nicht unmittelbar nach dem Abbau wie im BW Haus Aden oder BW Walsum über Schlepprohre erfolgte, sondern sich der Bruchhohlraum nach den längeren Standzeiten schon weiter verdichtet hatte.

Im Baufeld Pluto, Flöz Dickebank, Bauhöhe 527 (15.01.1990 bis 15.10.1990) lag der Hohlraumfaktor nur bei 0,02. Die vorherige Schätzung lag bei 0,2. Im Zuge der Arbeiten wurde deshalb auch das Wasser-/Feststoffverhältnis von zunächst 1 : 1,62 auf 1 : 1,39 reduziert, damit die Suspension besser verpresst werden konnte. Trotzdem verblieb die verpresste Menge hinter den Kalkulationen und Erwartungen zurück (Abschlussbericht Baufeld Pluto 3/1993). Zur Verfestigung der eingebrachten Stoffe s. Kap 5.3.

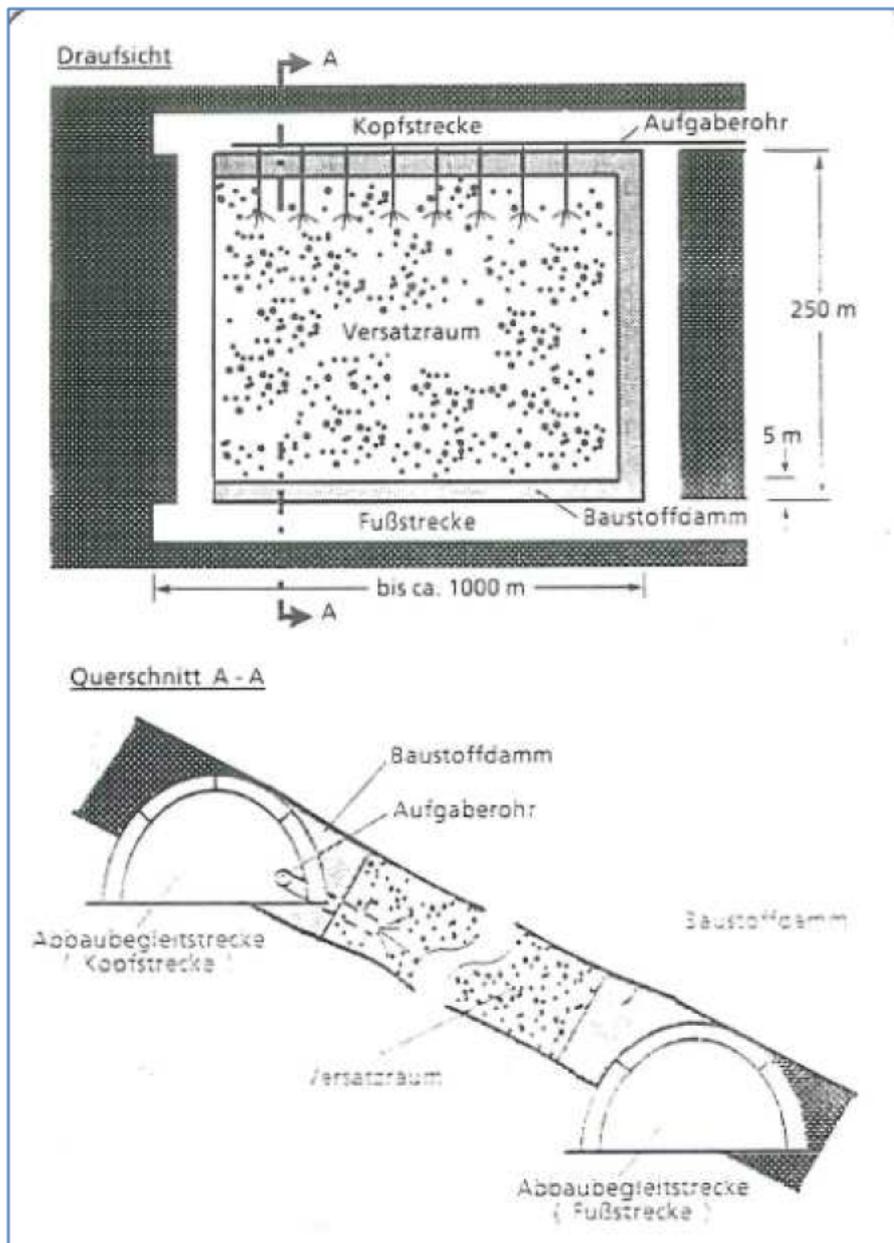


Abb. 8: Schema der Bruchhohlraumverfüllung auf dem BW Hugo/Consolidation über Bohrlöcher von der Kopfstrecke aus in den Alten Mann (aus: WILKE 10/1992)

Nach Abschluss der ersten Versuchsreihen schlossen sich mehrere Versuche und Großversuche der BHV über Bohrlöcher in Flöze mit geneigter Lagerung bis Juni 1993 an.

In der Praxis stellte sich heraus, dass relevante Mengen nur über Schleppleitungen einzubringen waren, da dann der Alte Mann noch nicht in so hohem Maße verdichtet ist. Dies setzte jedoch – aufgrund der Fördertechnik mit Walzenschrämladern – eine flache Lagerung bei Flözen mit ausreichender Mächtigkeit, wie auf dem BW Walsum, voraus.

Die Schlepprohrverfahren wurden zwar bereits im Oktober 1994 nach guten Erfahrungen in Walsum zugelassen; sie wurden aber erst im Oktober 1996 nur in geringem Maße auf dem BW Hugo/Consolidation eingesetzt, da die BHV in BW Hugo/Consolidation im Jahre 1996 endete.

Parallel zu den Untersuchungen zur Verbringung der Reststoffe wurden vom Hygiene Institut des Ruhrgebietes in Gelsenkirchen eine Reihe von Druckelutionsversuchen an Prüfkörpern durchgeführt. Diese waren dann wahrscheinlich auch eine Grundlage für die beiden Rundverfügungen des LOBA vom 16.12.1987 und 28.12.1987 zur immissionsneutralen Verbringung.

### **2.3.3 Geeignete Reststoffe zur immissionsneutralen Untertageverbringung**

Die Wasser- und Abfallbehörden des Landes NRW stuften die untertägige Verbringung von Kohlekraftwerksabfällen im Steinkohlenbergbau basierend auf der Kenntnis über die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen als immissionsneutral ein. Dies gilt auch unter der Annahme, dass *„ein Transport von Schadstoffen bis in die Biosphäre zumindest als Möglichkeit zu besorgen ist, wenn diese aus den Materialien in das Tiefenwasser übertreten können“*.

Das LWA (Kurzfassung 2/1991) hält dies für zulässig, da *„der Schadstoffaustrag in das umgebende Wasser verhindert wird bzw. ohne Bedeutung ist.“* Dies ist der Fall, wenn:

- *entweder durch die Beschaffenheit der Wässer selbst, also z. B. dadurch, dass diese geogen bedingt die fraglichen Stoffe bereits in einer solchen Konzentration enthalten, eine weitere Aufnahme aus den eingelagerten Materialien nicht möglich ist,*
- *oder durch die Beschaffenheit der eingebrachten Materialien ein Schadstoffaustritt nicht möglich ist, z. B. dadurch, dass bei inneren Barrieren ein Schadstoffaustritt verhindert wird, wobei durch Immobilisierung dieser Zustand (z. B. Wasserundurchlässigkeit) entweder von vornherein vorhanden oder durch das Verbringen in die Einlagerungsumgebung erst entstanden sein kann (z. B. verfestigende Behandlung durch Zusatz hydraulischer Bindemittel wie bentonitgebundener Gießereisand mit 10 % Portlandzement-Zusatz).*

Bereits im Schreiben des LWA vom 31.03.1987 waren Listen der geeigneten, bedingt geeigneten und der ungeeigneten Abfallarten aufgestellt worden. Zunächst waren vor allem die Kohlekraftwerksabfälle (kohlenstämmige Filterstäube und Aschen) und die Flotationsberge als geeignete immissionsneutral zu verbringende Stoffe eingestuft.

Weitere geeignete immissionsneutral zu verbringende Stoffe sind u. a. die nach dem LWA-Katalog (LWA 1991) als unbedenklich anzusehenden Materialien sowie – aufgrund von Labor-Untersuchungen wie Druckelutionsprüfungen – Flugaschen aus einer Klärschlamm-Verbrennungsanlage nach dem Wirbelbettprinzip sowie – nach Einzelfallprüfungen – Gießereialtsande und Strahlmittelrückstände.

In der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) wurde dies dahingehend erweitert, dass eine immissionsneutrale Untertageverbringung in Einzelfällen aber auch dann möglich sei, wenn die eingebrachten Materialien durch ihre Beschaffenheit eine innere Barriere bilden, die eine Freisetzung der Schadstoffe ausschließt.

Vor allem wurden aber in der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) die Randbedingungen für die Verbringung von Abfall- und Reststoffen nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses definiert.

Im Länderausschuss Bergbau (LAB) wurden die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen bei der immissionsneutralen Untertageverbringung als Versatz unter Tage definiert und fortgeschrieben (LAB 1994, LAB 1996). Hiernach kommen nur Abfälle infrage, deren Eluatwerte die Orientierungswerte der Tab. 4 einhalten.

Tab. 4: Orientierungswerte für die stoffliche Verwertung für die immissionsneutrale Untertageverbringung (LAB 1996)

Parameter	Orientierungswerte	
Eluatkriterien		
pH-Wert <sup>1)</sup>	5,5 - 13,0	
Leitfähigkeit	≤ 50 000	μS/cm
TOC	≤ 100	mg/l
Phenole	≤ 50	mg/l
Arsen	≤ 0,5	mg/l
Blei	≤ 1	mg/l
Cadmium	≤ 0,1	mg/l
Chrom-VI	≤ 0,1	mg/l
Kupfer	≤ 5	mg/l
Nickel	≤ 1	mg/l
Quecksilber	≤ 0,02	mg/l
Zink	≤ 5	mg/l
Fluorid	≤ 25	mg/l
Ammonium-N	≤ 200	mg/l
Cyanide, leicht freisetzbar	≤ 0,5	mg/l
AOX	≤ 1,5	mg/l
Wasserlöslicher Anteil (Abdampfrückstand)	6	Masse%

Bei Überschreitung der Orientierungswerte der Tab. 4 war nur eine Verbringung nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses möglich.

Der Stoffkatalog für die untertägige Verbringung wurde fortlaufend erweitert.

Der Verfahrensgang einer solchen Einzelfallprüfung auf dem BW Walsum ist am Beispiel der „Klärschlammverbrennungsaschen (LAGA-ASN 313 09, EAK-ASN 19 01 03) der Fa. Innovatherm“ detailliert beschrieben. Die Prüfung zur Erweiterung der Stoffliste lief nach einem Schema ab, das in der Regel mehrere Monate umfasste. Die einzelnen Vor-

gänge sind bei der BR Arnsberg für das BW Walsum weitgehend vollständig dokumentiert. Im BW Walsum wurde die Liste der zugelassenen Abfall- und Reststoffe für die Verbringung (immissionsneutral und vollständiger Einschluss) regelmäßig erweitert.

Der Verfahrensablauf für eine Stoffzulassung war für die immissionsneutrale Verbringung und den vollständigen Einschluss weitgehend identisch.

Es ist davon auszugehen, dass bereits im Vorfeld Anfragen und Gespräche über die grundsätzliche Eignung stattgefunden haben, die jedoch nicht (mehr) dokumentiert sind.

Tab. 5: Beispiel für den Verfahrensablauf zur Erweiterung der Stoffliste zur untertägigen Verbringung auf dem BW Walsum

Beteiligte	Datum	Inhalt
	nicht dokumentiert	vorauslaufendene Anfragen und Gespräche über die grundsätzliche Eignung
RAG an BA Moers	29.06.1998	<b>Antrag auf Ergänzung des Betriebsplanes zur Verbringung gemäß dem Prinzip der Immissionsneutralität, 4 Anlagen</b> (1) Technische Beschreibung der Verbringung durch die RAG (4 S.) (2) Untersuchungsbericht HGI (19.02.1998): Substanzanalyse, Verhalten gegenüber Säuren, Basen und Wasser, Auslaugungsversuche mit destilliertem Wasser und Grubenwasser, Arbeitsschutz (5 S.) (3) Gutachtliche Beurteilung der Immissionsneutralität durch die Universität Bonn** (13.05.1998; 6 S.) (4) Bergbauhygienische Prüfung gem. Gesundheitsschutzverordnung (GesBergV) durch HGI (19.02.1998, 7 S.)
BA Moers an Verteiler	07.07.1998	Bitte um Stellungnahme von: 1. Landesumweltamt (LUA) 2. Geologisches Landesamt (GLA) 3. BR Düsseldorf 4. Kreis Wesel 5. Stadt Rheinberg 6. Stadt Voerde 7. Stadt Dinslaken 8. Stadt Duisburg
	Juli/August 1998	Eingang der oben angeforderten Stellungnahmen mit weiterführenden Hinweisen, Empfehlungen und Einschränkungen. Hier z. B. ausführliche Stellungnahme und Bewertung der Immissionsneutralität durch das LUA (12 S.)
BA Moers an RAG	24.09.1998 02.10.1998	Zulassung der immissionsneutralen Verbringung (keine Angaben von Mengen), Änderung des Sonderbetriebsplans w1-1-8-11 mit fachlicher Begründung und Auflagen (z. B. Begrenzung des Überschusswassers, Verbringung unterhalb -800 m) und Nebenbestimmungen
		Beginn der Verbringung

\* Hygieneinstitut Gelsenkirchen  
 \*\* Thein & Klingel, Universität Bonn

Die Tab. 6 zeigt eine – unvollständige – Liste der Erweiterung des Stoffkatalogs für das BW Walsum.

Tab. 6: Erweiterung des Stoffkatalogs im BW Walsum

Antrag	Genehmigung	Abfall- und Reststoffe	Art der genehmigten Verbringung
19.07.1995		Filterstäube und Rauchgasreinigungsprodukte aus den Klärschlammverbrennungsanlagen (KVA) Bonn, Bottrop, Düsseldorf-Nord, Stuttgart und Wuppertal (Buchenhofen)	
22.11.1994		KVA Schlämme KA Düsseldorf Nord	
06.07.1995		Schlacken und Aschen RSN 31308	vollständiger Einschluss
1996		Filterstaub aus der Sonderabfallverbrennungsanlage der Fa. OMW in Karlsruhe (RSN 313 11)	
23.7.1996	28.08.1997	Papierschlammverbrennungsrückstände (RSN 31301) der Firma Ulmer Weißkalkwerke	immissionsneutral
23.7.1996		Sinteranlage der Firma Krupp-Hoesch	
1997		Fällungsschlamm/Filterkuchen der C/P-Anlage Bielefeld der Firma Edelhoff	vollständiger Einschluss
30.07.1997	18.02.1998	Hydroxidschlamm aus dem Elektroschmelzwerk Kempten der Firma ESK	immissionsneutral
21.11.1996		Kraftwerksrückstände (Sprühabsorptionssaschen) aus dem Steinkohlenkraftwerk Düsseldorf-Lausward	
1996	02.02.1998	Eisenhydroxidschlamm Grube Meggen (ASN 31620)	vollständiger Einschluss wegen hoher Zinkgehalte
1997		ZABA-Filterkuchen der Firma BASF	immissionsneutral
1997		Filterstaub und Filterschlamm der Fa. Krupp-Thyssen-Nirosta in Bochum + Fa. Ventrab	
	29.01.1998	Eisenhydroxidschlamm RSN 51 309 der Thyssen Edelstahlwerke Krefeld	vollständiger Einschluss, da Immissionsneutralität nicht sicher nachgewiesen
	23.06.1998	Fällungsschlamm der Westdeutschen Drahtindustrie (WDI) in Hamm (ASN 316 39)	
29.06.1998	24.09.1998	KS Innovatherm	Immissionsneutral
	31.03.1998	Kalkschlamm der Firma Westab	Vollständiger Einschluss
	13.03.1998	Filterkuchen aus der Nassentstaubung der Gießerei Georg Fischer	Vollständiger Einschluss

Bei freien Feldern in der Tabelle lagen keine Informationen (mehr) vor.

## **2.4 BW mit immissionsneutraler Verbringung**

Die räumliche Zuordnung der Bauhöhen, in denen die immissionsneutrale Verbringung erfolgte, ist nur noch im Überblick möglich. Im Gegensatz zu der räumlich sehr eng definierten Verbringung gemäß dem vollständigen Einschluss in den drei BW erfolgte die immissionsneutrale Verbringung von Reststoffen an vielen Stellen und oft nur punktuell im BW (Abb. 1). Im Folgenden werden besondere Sachverhalte aus der Aktenauswertung zu einzelnen BW aufgeführt. Die Tab. 7 gibt zunächst einen Überblick.

Tab. 7: Übersicht über die BW mit Verbringung bergbaufremder Reststoffe gemäß dem Prinzip der Immissionsneutralität (Quelle BR Arnsberg) – in Bearbeitung

Nr	BW	Zeitraum	Reststoffe (t)*	Baufelder	EB	Art der Reststoffe	Teufe	Methode	Bemerkung
1	Haus Aden/ Monopol	1989- 1998	204.733	Victoria Flöze Johann2, Ida, Karoline, Röttgersbank 2, Wasserfall, Karl			-790 bis -1.050	pneumatisch	
2	Hugo/ Consolidation	1989- 1998	329.921	CO Süd ZV1 Röttgersbank/WilhelmNW91, Zollverein 5, Albert 1/2, Matthias, Karl 1/2, Ernestine NW, Sonnenschein, Dickebank 2, Präsident, diverse Gesteinsberge, Sonnenschein		RAA, WA, SA, EFA	-895 bis -1.215	Bohrloch	
3	Walsum	1991- 2004	82.277						
4	Emil Mayrisch	1989- 1990	28.198						
5	Ewald / Schlä- gel & Eisen	1992- 1997	145.404						
6	Friedrich Hein- rich	1994- 1995	20.845						
7	Fürst Leopold / Wulfen	1994- 1998	39.276						
8	Auguste Victoria	1996- 1998	6.395	10. Sohle, Flöze L, B	33, 34, 36, 37, 49		828/888		
				5. Sohle, Flöz Q	21, 22, 23/1,				

Nr	BW	Zeitraum	Reststoffe (t)*	Baufelder	EB	Art der Reststoffe	Teufe	Methode	Bemerkung
					24/2, 25, 30/1, 30/2, 31 35, 44				
9	Blumenthal Haard	1995	6.812						
10	Lippe	1999-2005	142.583						
11	Lohberg/Osterfeld	2005	50.754						
	<b>Summe</b>		<b>1.057.198</b>						

RAA = RAA Schlämme, EFA = Elektrofilteraschen, SA = Sprühabsorption, WA = Wirbelschichtaschen.

\* gemäß Bilanzierung BR Arnsberg

### **2.4.1 Haus Aden/Monopol**

in Bearbeitung

### **2.4.2 Hugo/Consolidation**

in Bearbeitung

### **2.4.3 Walsum**

in Bearbeitung

### **2.4.4 Emil Mayrisch**

Das BW Emil Mayrisch liegt im Aachen-Erkelenzer Steinkohlenrevier. Es wurden v. a. Kohlen des Westfal A und B (mittleres Oberkarbon) abgebaut. Diese sind geologisch jünger als die Kohlen im zentralen Ruhrgebiet, wo Flöze des Namur C bis Westfal C abgebaut wurden.

Die Abteufarbeiten für das BW wurden 1938 aufgenommen. Der Abbau erfolgte ab 1952 bis in eine Tiefe von -860 m NHN. Weitere Sohlen lagen bei -710 m NHN, -610 m NHN und -530 m NHN.

Zwischen 1989 und 1990 wurden 28.198 t Reststoffe immissionsneutral verbracht. Es liegen jedoch keine Unterlagen über die Art der Stoffe und über die Verbringungsorte vor.

Das BW wurde 1992 stillgelegt. 1993 wurde die Wasserhaltung im Aachener Steinkohlenrevier eingestellt.

Der Grubenwasserstand liegt (2009) im Schacht I Emil Mayrisch I bei ca. -80 m NHN bei einem durchschnittlichen Anstieg von ca. 2 m/a. Bei diesem Wasserstand ist das Deckgebirge bereits ca. 240 m eingestaut. Die Grundwasserstände im Deckgebirge sind noch deutlich höher, so dass eine abwärts gerichtete Fließbewegung erfolgt.

Im Schacht I Emil Mayrisch ist anhand der mit der Tiefe (von 80 m auf 750 m) zunehmenden Temperatur (von 16 auf 36 Grad Celsius) und Leitfähigkeit (von 6.000 auf 10.500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  an der Schachtbasis) eine deutliche Schichtung des Grubenwassers nachgewiesen. Allerdings hat sich hier nicht, wie in anderen Schächten des Aachen-Erkelenzer Steinkohlenreviers, eine stabile Süßwasserkappe ausgebildet, was auf thermale tiefe Wasserzuflüsse aus den verschiedenen Sohlen und fehlende starke Süßwasserzutritte aus dem Deckgebirge zurückgeführt wird (ROSNER 2011).

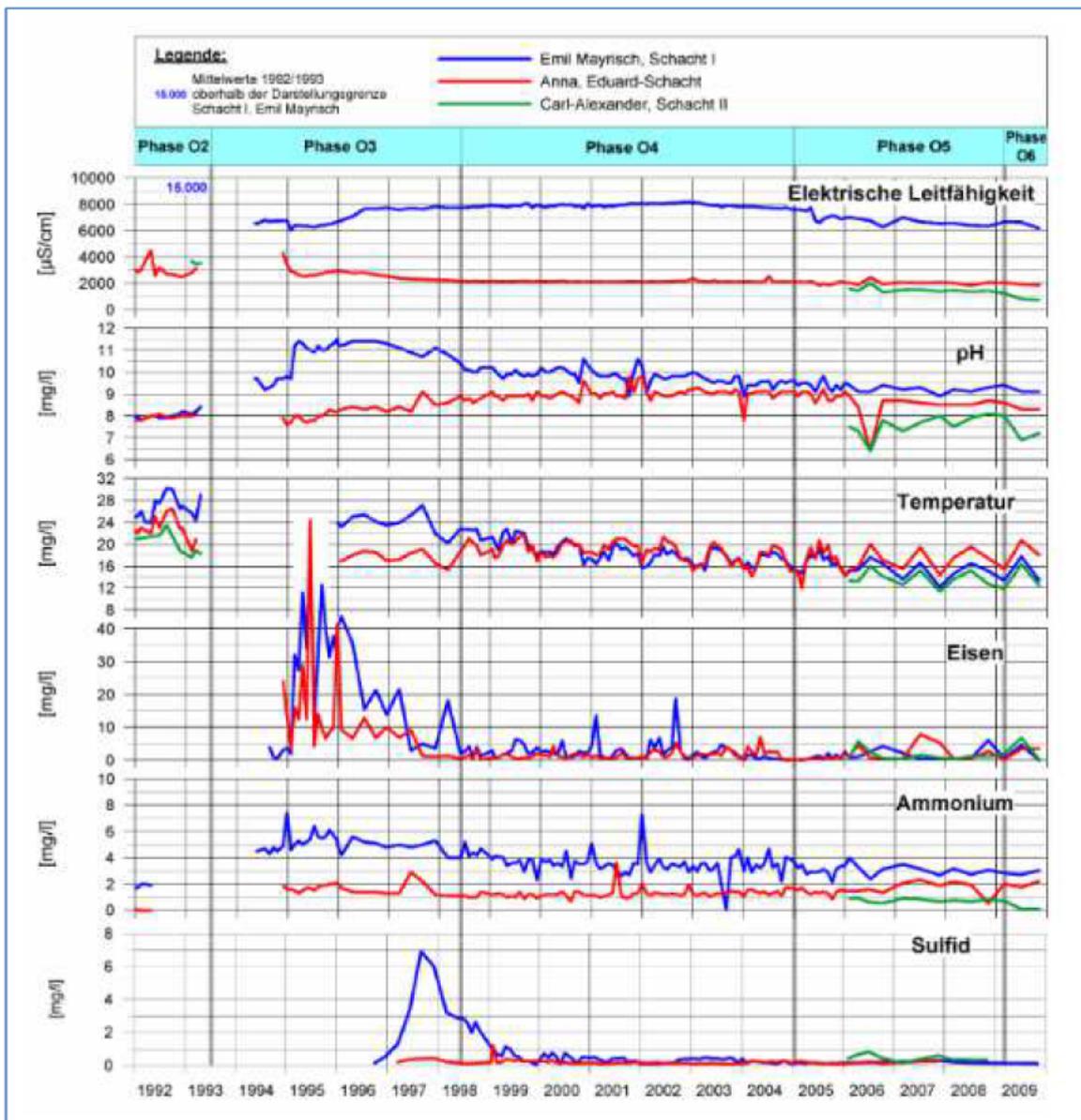


Abb. 9: Entwicklung des Grubenwasserchemismus (Rosner 2011)

Der maximale Grubenwasserstand wird in der Zukunft bei ca. 100 m NHN erwartet, da ab diesem Niveau das Grubenwasser über mehrere Stollen in freier Vorflut abfließen kann.

Der wesentliche Unterschied gegenüber dem zentralen Ruhrgebiet ist die deutlich geringere Mineralisation des Tiefengrundwassers. Während im zentralen Ruhrgebiet die Tiefengrundwasser 70 g/L Chlorid und 63 mg/L Sulfat aufweisen (WEDEWARDT Mittelwerte, Detailbericht 3, Tabelle 2), liegt der Chloridgehalt im Schacht I Emil Mayrisch bei ca. 2,4 g/L. Der Sulfatgehalt liegt bei ca. 100 mg/L. Die Leitfähigkeit in den Schöpfproben liegt bei ca. 6.000 µS/cm (Ruhrrevier: ca. 160.000 µS/cm) mit abnehmender Tendenz (Abb. 6).

Aufgrund der vergleichsweise geringen Mineralisation wird das Tiefengrundwasser auch als fossiles Meerwasser angesehen (ROSNER 2011). Für Tiefengrundwasser im Ruhrgebiet wird u. a. die Zuwanderung von Solen aus den Salzvorkommen des Zechstein diskutiert.

Im regelmäßigen Monitoring des Grubenwassers sind bislang keine Auffälligkeiten festgestellt worden, die auf eine erhöhte Mineralisation durch die verbrachten immissionsneutralen Abfall- und Reststoffe hindeuten.

Im Monitoring werden regelmäßig die Hinweise auf anthropogene Verunreinigungen überprüft. Auch im Jahr 2016 liegen die PCB-Gehalte unter der Bestimmungsgrenze.

#### **2.4.5 Ewald/Schlägel & Eisen**

in Bearbeitung

#### **2.4.6 Friedrich Heinrich**

in Bearbeitung

#### **2.4.7 Fürst Leopold/Wulfen**

in Bearbeitung

#### **2.4.8 Auguste Victoria**

in Bearbeitung

#### **2.4.9 Blumenthal Haard**

in Bearbeitung

#### **2.4.10 Lippe**

in Bearbeitung

#### **2.4.11 Lohberg/Osterfeld**

in Bearbeitung

### **3 VERBRINGUNG DER ABFALL- UND RESTSTOFFE GEMÄSS DEM PRINZIP DES VOLLSTÄNDIGEN EINSCHLUSSES**

Gefährliche Abfall- und Reststoffe wurden nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses in insgesamt drei BW verbracht. In Teil 1 des Gutachtens war dies für das BW Haus Aden/Monopol beschrieben worden.

Im Folgenden werden die Verbringungsgebiete und die Verbringungstechniken BW Hugo/Consolidation und das BW Walsum beschrieben. Die Massen und Inhaltsstoffe (Gefährdungspotentiale) werden in Teil B, Kap. 5 beschrieben.

#### **3.1 BW Hugo/Consolidation**

##### **3.1.1 Bruchhohlraumverfüllung**

Die Abb. 10 zeigt einen schematischen NW-SO-Schnitt durch die geneigt gelagerten Flöze, in die die Abfall- und Reststoffe gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses eingebracht wurden. Die Verbringung erfolgte mit Bohrungen von der Kopfstrecke aus (s. Abb. 8).



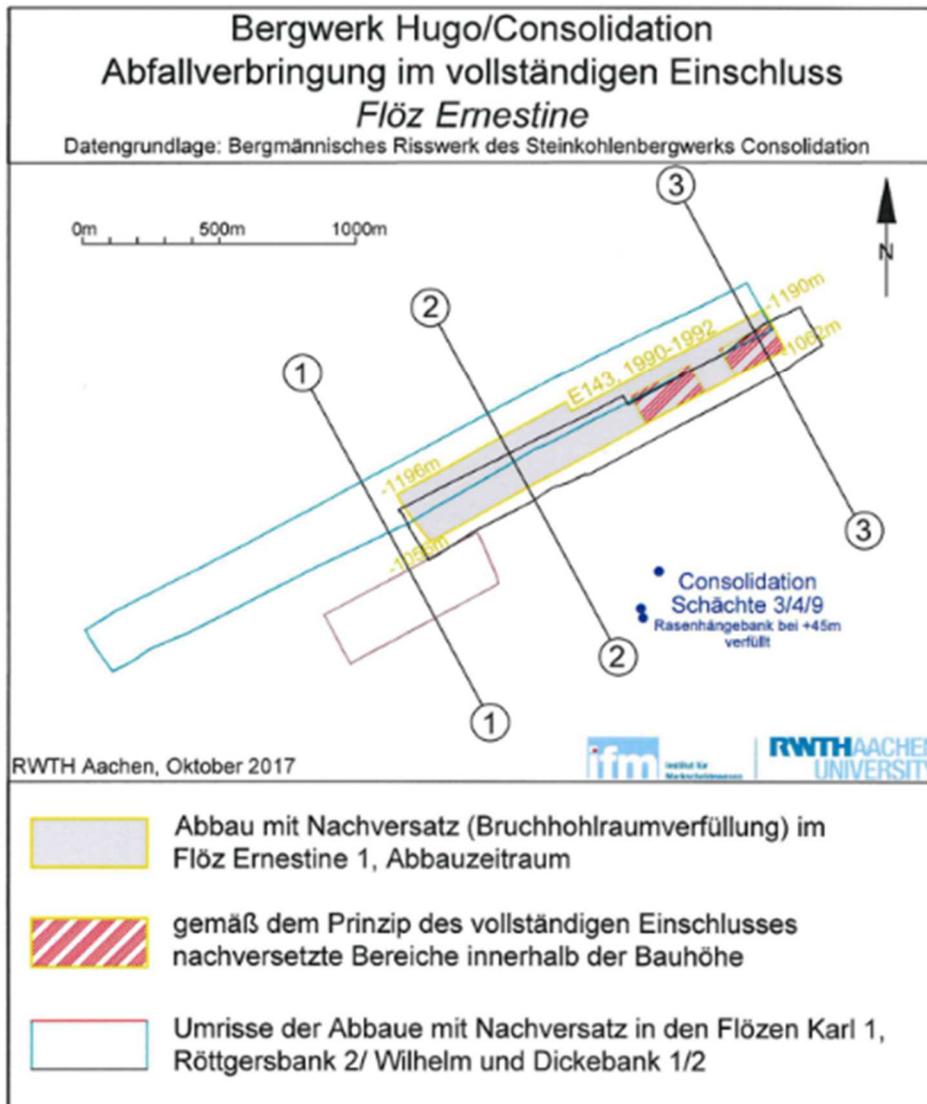


Abb. 11: Lage der Abbaue mit BHV im Flöz Ernestine des BW Hugo Consolidation

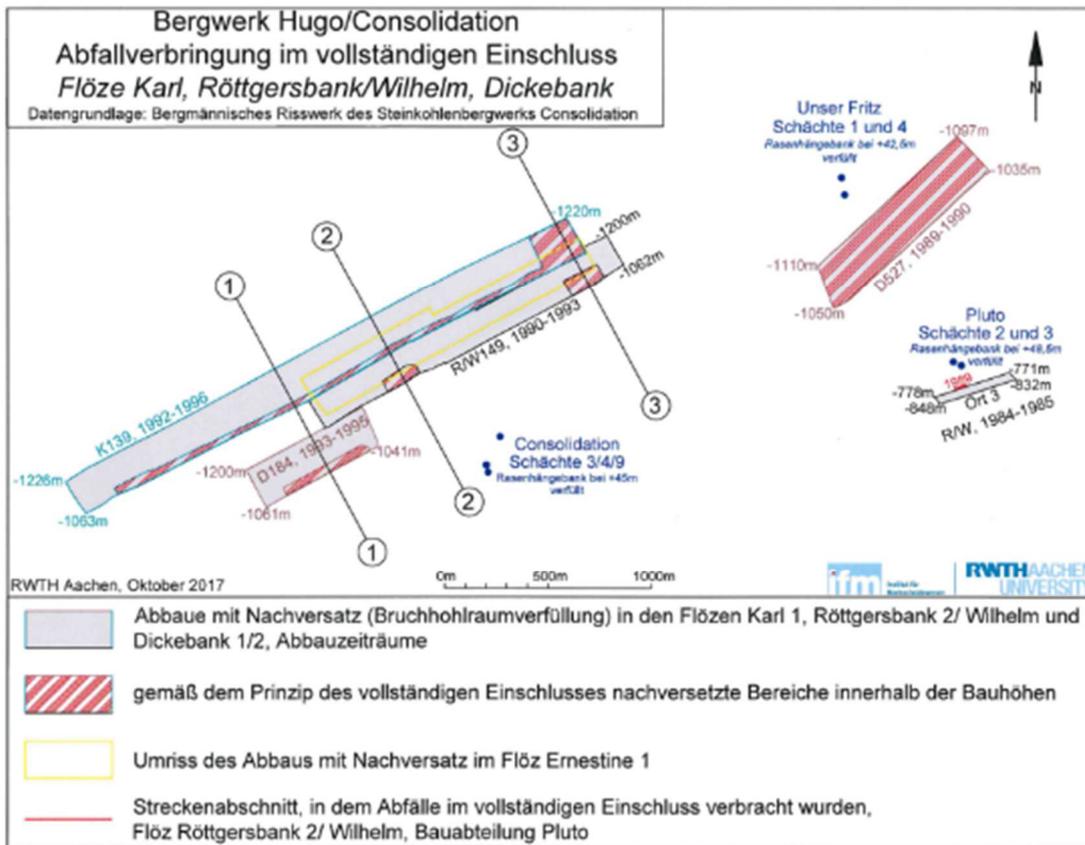


Abb. 12: Lage der Abbaue mit BHV in den Flözen Karl 1, Röttgersbank/Wilhelm 2 und Dickebank 1/2 des BW Hugo Consolidation

Die Abb. 13 zeigt beispielhaft für das Flöz Ernestine 143 (Abb. 11) den Abstand der Bohrungen und die verbrachten Mengen. Der durchschnittliche Abstand liegt bei ca. 15 m. Die Mengen sind – auch bei benachbarten Bohrungen – sehr unterschiedlich (Nr. 30: 1.090 t und Nr. 31: 0 t). Viele Bohrungen erfassten durch den Verbrauch schon „zugelaufene“ Bereiche ohne Hohlräume, so dass keine Abfall- und Reststoffe verpresst werden konnten.

**Anlage 1**

**Werksdirektion Technische Dienste / ZGS**

**Verbringung von HMVA-Reststoffen auf dem BW Consolidation**

Flöz Ernestine  
Betriebspunkt 143

Bohrloch Nr.	Metermarke [m]	Menge [t]	Zustand
1	525	1.214	verpreßt
2	510	40	verpreßt
2a	491	920	verpreßt
3	484	0	zugelaufen
4	470	0	zugelaufen
5	458	265	verpreßt
6	445	0	zugelaufen
7	432	0	zugelaufen
8	420	283	verpreßt
9	406	0	zugelaufen
10	540	0	zugelaufen
10a	546	0	zugelaufen
11	554	0	zugelaufen
11a	561	0	zugelaufen
12	566	0	zugelaufen
12a	573	0	zugelaufen
13	577	110	verpreßt
14	589	100	verpreßt
15	605	0	zugelaufen
16	620	140	verpreßt
17	635	140	verpreßt
18	650	0	zugelaufen
19	670	0	zugelaufen
20	200	33	verpreßt
21	216	4	verpreßt
22	230	50	verpreßt
23	240	40	verpreßt
24	158	295	verpreßt
25	148	0	zugelaufen
26	127	325	verpreßt
27	113	390	verpreßt
28	98	100	verpreßt
29	82	10	verpreßt
30	68	1.090	verpreßt
31	58	0	zugelaufen
32	50	0	zugelaufen
33	260	170	verpreßt
34	280	60	verpreßt
<b>Summe</b>		<b>5.779</b>	

Abb. 13: Auszug aus dem Abschlussbericht zum großtechnischen Versuch der Verbringung über Bohrlöcher im Baufeld Pluto, Flöz Ernestine 143

### 3.1.2 Lotungsschächte

In der Abb. 14 sind die Lotungsschächte dargestellt, in denen prinzipiell eine Lotung der Wasserstände möglich ist. Der Ausbau der Schächte mit Lotleitungen zur Überwachung des Grubenwasserniveaus (DN 100-DN 300) erfolgte bei der Verfüllung. Ggf. kann in den Lotungsschächten auch eine Schöpfprobe durchgeführt werden.

In der Nähe der Bruchhohlraumverfüllung sind dies die Lotungsschächte EMU 2 und Consol 6. Allerdings ist der Schacht EMU 2 verstopft. In 2010 wurde vergeblich versucht, den Schacht mit einem Bohrgerät wieder zu öffnen. Eine Kamerabefahrung zeigt noch weitere Hindernisse.

Im Schacht Consol 6 hat sich die Messsonde verklemmt. Ein Bergeversuch Ende 2017 ist gescheitert. In 2018 soll ein neuer Versuch zur Öffnung des Schachtes durchgeführt

werden. Es besteht allerdings das Risiko, dass der Lotdraht abreißt und die Messstelle dann dauerhaft blockiert ist.

Eine Probenahme ist ggf. in Schacht Ewald 6 möglich. Allerdings liegt der Schacht nicht im „Abstrom“ des BW Consolidation.

Generell ist die Aussagekraft von Schöpfproben begrenzt:

- Eine Freisetzung von Blei erfolgt erst in ca. 3.800 Jahren. Ein „Monitoring“ der BHV kann somit nicht erfolgen.
- Schöpfproben aus einer Steigleitung sind nicht repräsentativ für das Grubenwasser, da kein relevantes Wasservolumen abgepumpt werden kann.

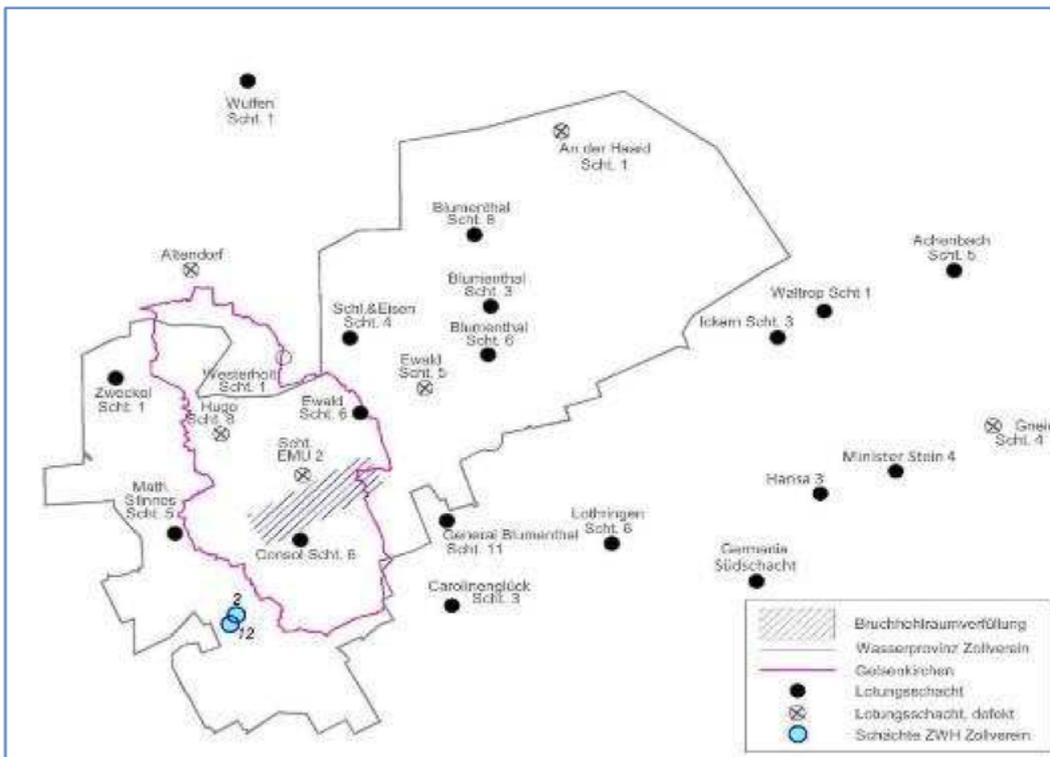


Abb. 14: Überblick über die Lotungsschächte (Quelle RAG 2018)

### 3.2 BW Walsum

Die Verbringung der Abfall- und Reststoffe im BW Walsum erfolgte bei horizontaler Lagerung der Flöze im Schlepprohrverfahren.

#### 3.2.1 Bruchhohlraumverfüllung Binsheimer Feld

Die Abb. 15 zeigt die Verbringungsbereiche im Flöz Anna sowie in Umrissen die überlagernden Flöze.

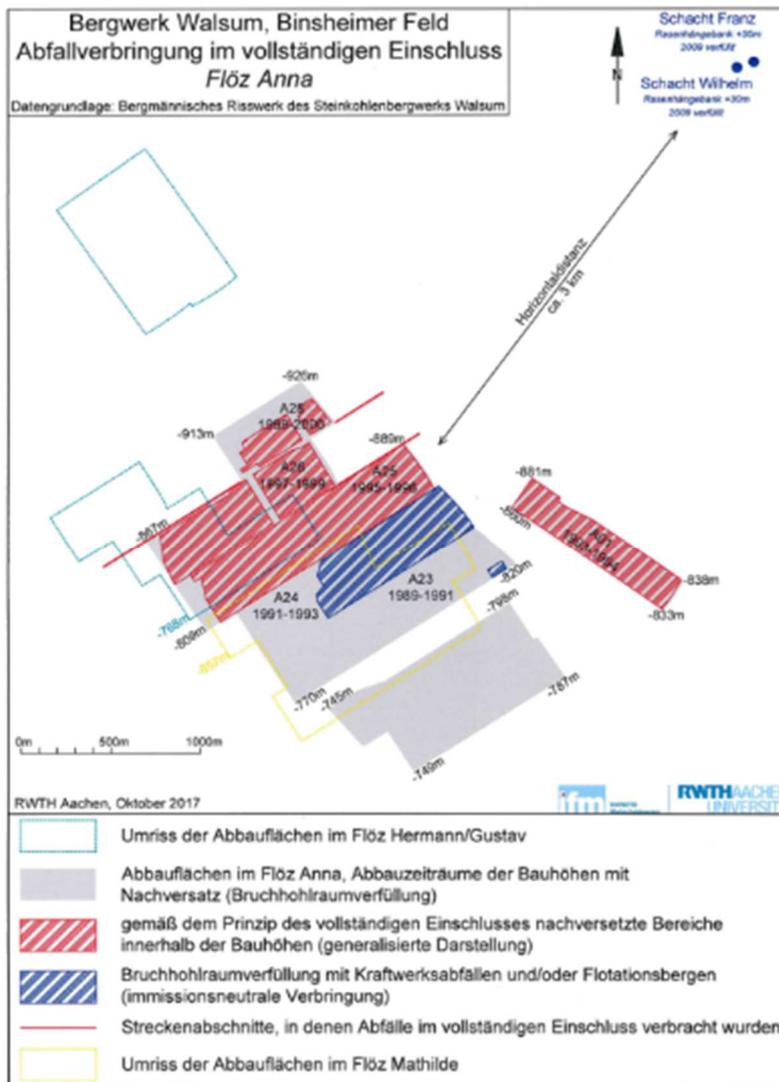


Abb. 15: BHV im Binsheimer Feld Flöz Anna im BW Walsum

Die Abb. 16 zeigt die Verbringungsgebiete in den Flözen Hermann/Gustav und Mathilde sowie die Verbringungsgebiete im unterlagernden Flöz Anna.

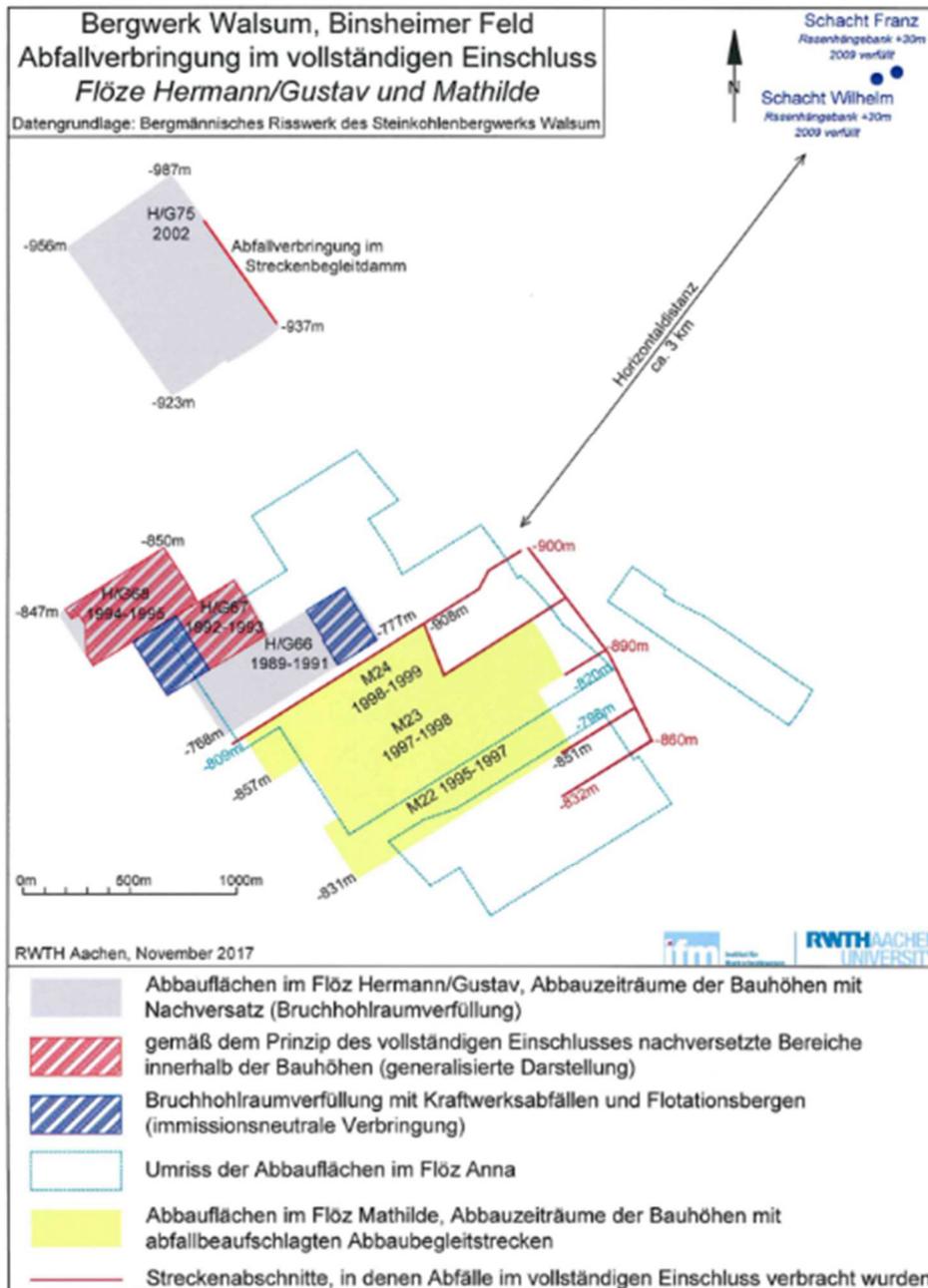


Abb. 16: BHV im Binsheimer Feld im Flöz Hermann/Gustav im BW Walsum

### 3.2.2 Bruchhohlraumverfüllung Walsumer Horst-Altfeld

Die Abb. 17 zeigt die Verbringungsgebiete im Flöz Zollverein.

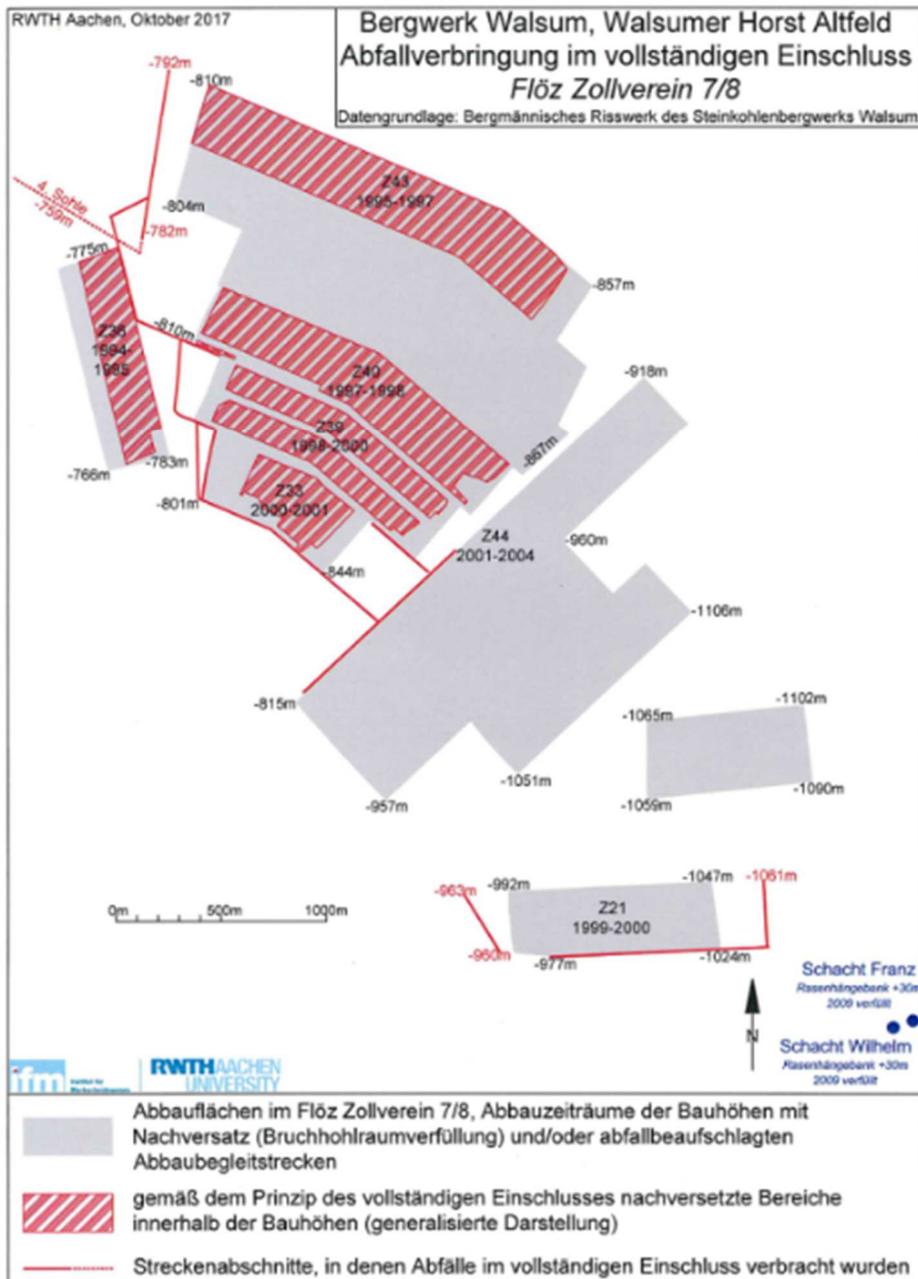


Abb. 17: BHV im Walsumer Horst-Altfeld im BW Walsum

## **4 GENEHMIGUNGSMANAGEMENT BEI DEN VERSATZMAßNAHMEN**

Wie in der Verfügung des Landesoberbergamts NRW vom 18.01.1991 dokumentiert, sollte in Arbeitskreisen, bestehend aus Vertretern des Geologischen Landesamtes, des Landesamtes für Wasser und Abfall, der Bezirksregierungen, der Staatlichen Umweltämter, der Kreise bzw. kreisfreien Städte, des Landesoberbergamts (federführend) und der Bergämter geprüft werden, ob die in der Machbarkeitsstudie geforderten Voraussetzungen der Untertageverbringung im Falle konkret geplanter Versatzbereiche tatsächlich vorlagen und damit der vollständige Einschluss gefährlicher Abfälle im Steinkohlengebirge gewährleistet war. An diese Prüfung schloss sich standortspezifisch die Durchführung des jeweiligen bergrechtlichen Betriebsplanverfahrens an.

### **4.1 BW Hugo/Consolidation**

#### **4.1.1 Begleitende Prüfung durch den Arbeitskreis**

in Bearbeitung

#### **4.1.2 Ablauf des Zulassungsverfahrens, Prüfung der Einhaltung der in der Machbarkeitsstudie geforderten Voraussetzungen für eine umweltverträgliche Untertageverbringung gefährlicher Abfälle**

in Bearbeitung

### **4.2 BW Walsum**

#### **4.2.1 Begleitende Prüfung durch den Arbeitskreis**

in Bearbeitung

#### **4.2.2 Ablauf des Zulassungsverfahrens, Prüfung der Einhaltung der in der Machbarkeitsstudie geforderten Voraussetzungen für eine umweltverträgliche Untertageverbringung gefährlicher Abfälle**

in Bearbeitung

## **TEIL B: AKTUELLE UND ZUKÜNFTIGE GEFÄHRDUNGEN INSBESONDERE DES GRUND- UND OBERFLÄCHENWASSERS IM EINZUGSBEREICH DER STEINKOHLBERGWERKE (RISIKOANALYSE)**

Die Risikoanalyse, in der die heutigen und zukünftigen Risiken beschrieben und bewertet werden, bezieht sich auf zwei Aspekte:

B1: Im Teil B1 wird das Risiko, das von der BHV in den BW Hugo/Consolidation und BW Walsum ausgeht, betrachtet. Aufgrund der unterschiedlichen Stoffeigenschaften wird zwischen den anorganischen Schadstoffen (Schwermetalle) und den organischen Schadstoffen (Dioxine und PAK) unterschieden. Grundlage sind die Ergebnisse aus Teil 1 des Gutachtens.

Weiterhin wird das Risiko der immissionsneutralen Verbringung abgeschätzt.

B2: Im Teil B2 werden insbesondere die neueren Erkenntnisse aus den untertägigen Probenahmen auf PCB in den BW Auguste Victoria, BW Prosper Haniel, BW Haus Aden/Monopol, BW Zollverein und dem BW Ibbenbüren, dem übertägigen PCB-Monitoring der Grubenwässer und der Recherche hinsichtlich der Altölentsorgung dargestellt.

Zu den grundsätzlichen Einschätzungen hinsichtlich des Ausbreitungsrisikos von PCB (gelöst und partikelgebunden) gibt es keine neue Einschätzung (s. Gutachten Teil 1).

## **B 1: BRUCHHOHLRAUMVERFÜLLUNG (BHV)**

## 1 AUFBAU DER RISIKOANALYSE FÜR DIE BHV

Die Struktur und der Aufbau der Risikoanalyse wurde im Teil 1 des Gutachtens entwickelt und ist nach wie vor gültig. Sie beinhaltet als wesentliche Bausteine eine hydrogeologische und hydrogeochemische Systembeschreibung, die Erfassung des Gefährdungspotentials sowie Abschätzungen des Freisetzungspotentials und des Ausbreitungspotentials in das Umfeld der Bruchhohlraumverfüllungen bzw. darüber hinaus (Abb. 18). Die Verknüpfung der Bausteine ermöglicht eine integrierte Risikoanalyse, auf deren Grundlage sich die gestellten Fragen hinsichtlich der Risiken, der notwendigen Maßnahmen und des zukünftigen Monitorings beantworten lassen. Hierbei werden auch verschiedene hydraulische Zustände (Grubenwasserstände) berücksichtigt.

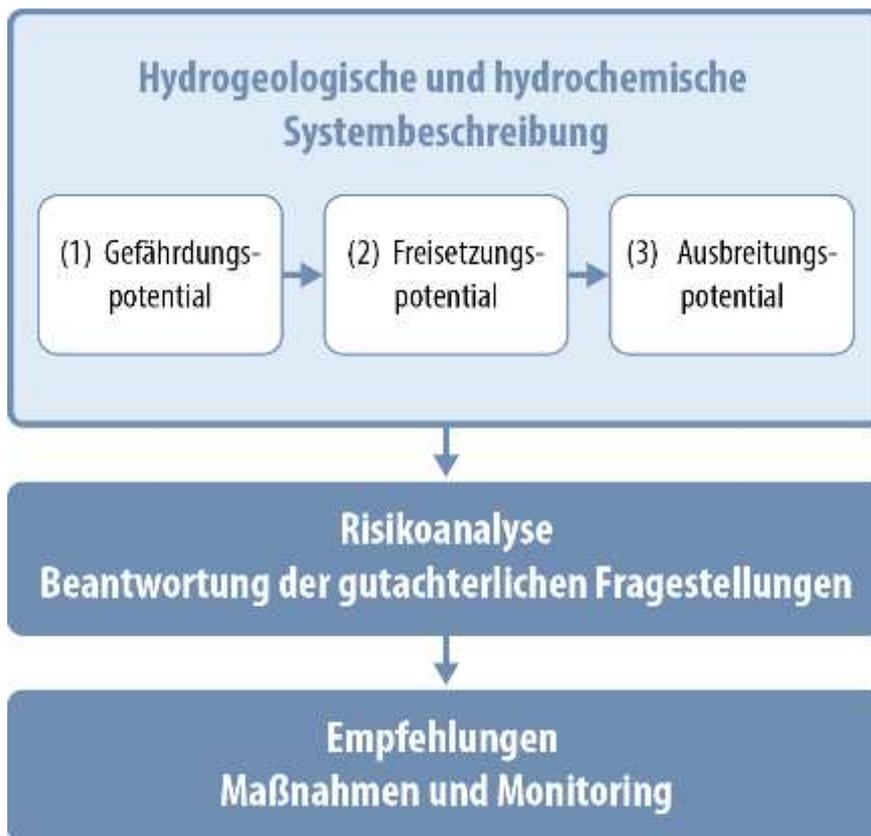


Abb. 18: Grundsätzliche Vorgehensweise bei der Risikoanalyse in Teil 1 und Teil 2

Die **hydrogeologische und hydrogeochemische Systembeschreibung** zeigt den geologischen/hydrogeologischen Aufbau inkl. Störungen, die Eigenschaften und Verbreitung der Schichten, die Abgrenzung der hydrogeologischen Einheiten (z. B. Durchlässigkeit) und die hydraulischen Wirkungszusammenhänge zwischen den einzelnen hydrogeologischen Einheiten. Diese Wirkungszusammenhänge berücksichtigen den langjährigen Einfluss des Bergbaus, die verschiedenen hydrogeochemischen Verhältnisse und die unterschiedlichen Flutungszustände der Grubengebäude. Die hydrogeologische und hydrogeochemische Systembeschreibung bildet damit auch den Rahmen für die Modellierung zur Abschätzung des Freisetzungspotentials (PHREEQC) und für das numerische Modell zur Grundwasserströmung, wie sie in Teil 1 des Gutachtens erfolgt sind.

Zur Beschreibung des **Gefährdungspotentials** werden Art, Mengen und Verortung der im Grubengebäude verbrachten bzw. eingesetzten Stoffe beschrieben.

Die Frage, ob, wie, in welchen Konzentrationen und Frachten und über welche Zeiträume diese Stoffe in das Tiefengrundwasser freigesetzt werden, ist Inhalt der Abschätzung des **Freisetzungspotentials** in Teil 1 des Gutachtens. Wegen des unterschiedlichen Stoffverhaltens wird es gesondert für Schwermetalle (v. a. Blei, Cadmium, Zink), Dioxine und Furane sowie PAK betrachtet. Für die anorganischen Stoffe wird dabei ein über den damaligen empirischen Forschungsansatz hinausgehender Ansatz verfolgt, in dessen Mittelpunkt hydrogeochemische und chemisch-thermodynamisch basierte Modellierungen (PHREEQC) stehen. Die hydraulischen Randbedingungen für die Freisetzung (Fließrichtungen und Fließmengen sowie Stoffinhalte des Tiefengrundwassers) werden aus der Systembeschreibung und den Grundwassermodellierungen abgeleitet. Ergebnisse sind dann Quellterme zur Freisetzung der Stoffe (Konzentrationen über die Zeit) für verschiedene Stoffe, die eine wichtige Eingangsgröße für die Grundwassermodellierungen sind. In Teil 2 werden diese Modellierungen überprüft und um die Bedeutung der Sorption von Schwermetallen an dem tonigen Umgebungsgestein der BHV erweitert.

Das **Ausbreitungspotential** wird mit Hilfe numerischer Grundwassersimulationen berechnet. Grundlage – auch der Bewertungen im Teil 2 – sind die Ergebnisse aus Teil 1. Es wird geprüft, inwieweit im Bereich der BW Hugo/Consolidation und BW Walsum gegenüber den Modellgrundlagen abweichende Verhältnisse im Hinblick auf Hydrogeologie, Tektonik, Hydrochemie sowie Lage und Struktur des Röhrensystems vorliegen.

## 2 SCHUTZGÜTER BEI DER RISIKOANALYSE DER BRUCHHOHLRAUM-VERFÜLLUNG

### 2.1 Vollständiger Einschluss

In dem Teil 1 des Gutachtens ist das Risiko ausgehend von der BHV im BW Haus Aden/Monopol bewertet. Die gleichen Bewertungsprinzipien sind auch für die BHV im BW Hugo/Consolidation und im BW Walsum anzusetzen.

Die BHV erfolgte nach dem Prinzip des „vollständigen Einschlusses“. Das Prinzip des „vollständigen Einschlusses“ wird in LAB 1996 wie folgt definiert: *„Das Prinzip des vollständigen Einschlusses erfordert, dass die in dem Versatzmaterial enthaltenen Schadstoffe dauerhaft unter Tage eingeschlossen und auf diese Weise von der Biosphäre ferngehalten werden, so dass ihre Rückkehr zur Biosphäre nicht zu erwarten ist. Dies setzt voraus, dass sich eine möglichst vollständige Abschirmung des Versatzmaterials gegenüber dem Grundwasser (Lösungen und Laugen) erreichen lässt und ein Transport von Schadstoffen bis in die Biosphäre verhindert wird (LAB 1996)“.*

Als Schutzgut wird hier mehrfach die Biosphäre definiert. Allerdings wird nicht weiter definiert, was um 1996 unter der Biosphäre zu verstehen ist.

#### Was ist die Biosphäre?

Unter der Biosphäre (von griechisch *bíos* ‚Leben‘ und *sphaira* ‚Kugel‘) wird heute (2016) im Allgemeinen der „Raum mit Leben“ eines Himmelskörpers verstanden. Auf der Erde reicht die Biosphäre bis ungefähr von 60 km über und bis 5 km unter die Erdoberfläche. Die Außengrenzen der Biosphäre werden ausschließlich von Mikroorganismen bewohnt (<https://de.wikipedia.org/wiki/Biosph%C3%A4re>).

Für die Grubenbaue kann aufgrund der guten Zugänglichkeit während des Abbaus und der menschlichen Tätigkeit davon ausgegangen werden, dass die Bioaktivität (z. B. sulfatreduzierende Bakterien) in diesen Bereichen um ein Vielfaches höher ist als in vergleichbaren Tiefen ohne Bergbautätigkeit. Diese Bereiche gehören damit nach heutigem Verständnis zur Außengrenze der Biosphäre.

Die damalige Formulierung „Rückkehr zur Biosphäre“ und andere Formulierungen zeigen an, dass die Bereiche, in denen die BHV erfolgte, und das Tiefengrundwasser nicht zur Biosphäre gerechnet wurden.

Allerdings wurde seinerzeit auch davon ausgegangen, dass das Grubenwasser bis weit in das Deckgebirge ansteigt und sich dann in den Grubengebäuden eine stabile teufenabhängige Schichtung bildet. Die dann noch zu hebende Grubenwasseremenge wäre im Wesentlichen in der Größenordnung der Höhe der Grundwasserneubildung gewesen.

Im derzeitigen Grubenwasserkonzept soll hingegen dauerhaft bei einem Grubenwasserstand weit unterhalb des Deckgebirges gesümpft werden und belastetes Grubenwasser in die Lippe und den Rhein (Biosphäre) eingeleitet werden.

Langfristig freigesetzte Stoffe aus der BHV wären durch die geforderte „möglichst vollständige Abschirmung“ und die verschiedenen Barrieren im Tiefengrundwasser verblieben.

Die Risikoanalyse erfolgt in Bezug auf die Schutzgüter Grund- und Oberflächengewässer. Der allgemeine Begriff „Biosphäre“ ist nach heutigem Verständnis kein definiertes Schutzgut.

## 2.2 Immissionsneutrale Verbringung

Schutzgut bzw. der relevante Bewertungsgegenstand ist v. a. das Tiefengrundwasser und das umgebende Gebirge. Da es sich v. a. um Flugaschen und -stäube aus kohlelegefeuerten Kraftwerken handelte, war die Grundannahme, dass diese Reststoffe keine grundsätzlich andere chemische Zusammensetzung und damit kein anderes Gefährdungspotential haben als das umgebende Gebirge, aus dem die Kohlen stammen (siehe dazu die beiden Schreiben des LWA vom 21.07.1986 und vom 31.03.1987).

Vor der Zulassung wurden darüber hinaus Untersuchungen zur Zusammensetzung und zur Freisetzung durchgeführt. Dies wird im Endbericht weiter ausgeführt.

### 2.2.1 Beurteilungsgrundlage Tiefengrundwasser

Wie im Detailbericht 3 zu Teil 1 ausführlich beschrieben, existieren bezogen auf die 11 BW zwei grundsätzlich verschiedene Typen von Tiefengrundwasser.

Das Tiefengrundwasser im Ruhrrevier ist hoch mineralisiert.

Das Tiefengrundwasser im Aachener-Erkelenzer Revier, wo das BW Emil Mayrisch liegt, ist hingegen deutlich geringer mineralisiert und hat nur ca. 10 % der Mineralisation (bezogen auf NaCl), die das Tiefengrundwasser im Ruhrkarbon aufweist.

#### 2.2.1.1 Ruhrrevier

Als Beurteilungsgrundlage wurde in der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) ein geogener Grubenwasserzufluss des Bergwerkes Consolidation herangezogen. Die chemische Zusammensetzung dieses Grubenwassers war auch die Basis für die Festlegung der Konzentration von Hauptinhaltsstoffen eines für Routineuntersuchungen zum Stoffmobilisationsverhalten anzuwendenden „synthetischen Grubenwassers“, auch als RAG-Wasser bezeichnet. Die stoffliche Zusammensetzung, insbesondere auch die Spurenelementzusammensetzung des „Consolwassers“ ist für die Zusammensetzung von Grubenwässern des Karbons nicht repräsentativ, sondern stellt vielmehr nur einen Einzelfall dar. In der Folge wurden zahlreiche hydrochemische Analysen von geogenen Grubenwässern aller Teufen, regional über das gesamte Abbaurevier der Ruhr und des Niederrheins verteilt, erhoben und es liegen ausreichend Daten vor, die es erlauben, die natürliche Hintergrundbelastung für zahlreiche Inhaltsstoffe realistisch einzuschätzen. Diese Daten wurden im Rahmen einer Dissertation an der Universität Bonn und bei der DMT erhoben (WEDEWARDT 1995) und galten zukünftig als Bemessungsbasis für die wasserwirtschaftliche Beurteilung von Versatzmaßnahmen. Eine detaillierte Beschreibung und Bewertung des Tiefengrundwassers ist in Teil 1 des Gutachtens enthalten (Detailbericht 3 Kap. 2).

### 2.2.1.2 Beurteilung Ruhrrevier

Es konnten keine Dokumente in den Archiven gefunden werden, in denen Ergebnisse von „Auslaugversuchen“ mit kohlenbürtigen Aschen für die beiden maßgeblichen Parameter Chlorid und Sulfat im Vergleich mit dem Tiefengrundwasser dargestellt werden.

Die Schreiben des LWA vom 21.07.1986 und 31.03.1987 und die beiden Runderlasse des LOBA vom 16.12.1987 und 28.12.1987 stellen die Immissionsneutralität nur fest.

Dennoch besteht in Bezug auf **Chlorid** für das Ruhrrevier mit den extrem hohen Chloridgehalten von im Durchschnitt ca. 80.450 mg/L (s. Detailbericht 3, Kap. 2) kein Zweifel, dass die Freisetzung von Chlorid geringer ist als der natürliche Hintergrund.

Die Mittelwerte für Sulfat liegen im Tiefengrundwasser bei ca. 360 mg/L (s. Tab. 1 in Detailbericht 3 auf der Grundlage von WEDEWARDT 1995). Das Tiefengrundwasser ist generell sulfatarm, da Sulfat aufgrund der üblichen hohen Bariumgehalte im Tiefengrundwasser von im Mittel 748 mg/L schnell als nur sehr schwer lösliches Bariumsulfat (Baryt/Schwerspat) ausgefällt wird. *Bariumsulfat ist aufgrund seiner Schwerlöslichkeit im Gegensatz zu allen anderen Bariumverbindungen kein Gefahrstoff* (<https://de.wikipedia.org/wiki/Bariumsulfat>).

Von daher kann angenommen werden, dass es selbst bei höheren aus den kohlenbürtigen Aschen freigesetzten **Sulfatgehalten** sehr schnell wieder zu einer Ausfällung von Bariumsulfat kommt.

### 2.2.1.3 Aachener-Erkelenzer Revier

Der wesentliche Unterschied gegenüber dem zentralen Ruhrgebiet ist die deutlich geringere Mineralisation des Tiefengrundwassers, im Aachener-Erkelenzer Revier, wo das BW Emil Mayrisch liegt. Das Tiefengrundwasser hat nur ca. 10 % der Mineralisation (bezogen auf NaCl), die das Tiefengrundwasser im Ruhrkarbon aufweist.

### 2.2.1.4 Beurteilung Aachener-Erkelenzer Revier

in Bearbeitung

## 2.2.2 Beurteilungsgrundlage Festsubstanz

Als Vergleich für die Zusammensetzung der Festsubstanz, die für die einzelnen Reststoffe ermittelt wurde, dienen Daten, die im Rahmen mehrerer Untersuchungen (SCHÖPEL 1986; KLINGEL 1991) zwischen 1983 und 1997 bei der DMT in Essen an Nebengesteinen von Kohlen aus dem Ruhrkarbon durchgeführt wurden. Diese Werte stehen in guter Übereinstimmung mit Daten, die auch von TUREKIAN (1961), MATTHESS (1973), WÜLIAMS (1981), OETTING (1980) oder HASENPATT (1981) für Tongesteine oder Kohlennebengesteine veröffentlicht wurden.

Für den Nachweis der Immissionsneutralität gegenüber dem Umgebungsgestein gilt das Gleiche wie für das Tiefengrundwasser.

### 3 HYDROGEOLOGISCH-HYDROGEOCHEMISCHES SYSTEM

Die Anforderungen an die hydrogeologisch-hydrogeochemische Systembeschreibung als Grundlage für die hydrogeochemischen und hydraulischen Modellierungen und deren Umsetzung werden in Teil 1 detailliert für das BW Haus Aden/Monopol beschrieben.

Da im Teil 2 des Gutachtens keine hydrogeochemischen und hydraulischen Modellierungen für das BW Hugo/Consolidation und das BW Walsum aufgebaut werden, erfolgt im Folgenden eine Systembeschreibung, die für die Übertragung der Ergebnisse aus der Risikoanalyse des Teils 1 des Gutachtens relevant ist.

#### 3.1 Hydrogeologischer Aufbau

Im Folgenden werden die Schichten, die den Untergrund aufbauen, kurz beschrieben. Es handelt sich von der Erdoberfläche aus gesehen um die Schichten des Quartär und der Kreide, die zusammen das Deckgebirge aufbauen. Darunter liegt das Grundgebirge (Karbon), unterteilt in das Flözleere und Flözführende Karbon.

Als Datengrundlage stehen v. a. zur Verfügung: Fachliteratur, Daten aus der Kohlenvorratsberechnung (KVB) des Geologischen Dienstes NRW, Kenntnisse der Gutachter und Datenauswertung der umfangreichen Unterlagen der BR Arnsberg und der RAG.

##### 3.1.1 BW Hugo Consolidation

###### 3.1.1.1 Quartär BW Hugo/Consolidation

Das z. T. nur wenige Meter mächtige Quartär ist vor allem aus lehmig-tonigen Sedimenten aufgebaut. Im Bereich der Emscheraue sind auch geringmächtige sandig-kiesige Grundwasserleiter verbreitet.

Gemäß Rechercheergebnis (Umweltportal NRW (<http://www.umweltportal.nrw.de>)) gibt es im Bearbeitungsgebiet (Abb. 3) keine festgesetzten oder geplanten Entnahmen für die öffentliche Trinkwasserversorgung und keine Heilquellen und damit auch keine festgesetzten oder geplanten Schutzgebiete.

###### 3.1.1.2 Kreide BW Hugo Consolidation

Das Deckgebirge hat – im Vergleich zum BW Haus Aden / Monopol – mit ca. 225 Meter eine geringere Mächtigkeit. Das Tertiär fehlt. Es ist von oben nach unten wie folgt aufgebaut:

- Emscher Mergel (130-150 m). In den sandigen Bereichen und auf Klüften besteht eine isolierte Wasserführung. Bis ca. 50 m u. GOK reicht die Süßwasserführung. Darunter steigt der Salzgehalt stark an.
- Kalksteine des Turon (35 m). In den Kalksteinen wurde beim Abteufen der Schächte eine Wasserführung festgestellt.

- Essen Grünsand (Mächtigkeit hier nur einige Meter). Es gibt keine hydraulische Trennung zum Turon. Das Wasser ist hoch mineralisiert. Der Bergbau hat (in der Regel) einen Sicherheitsabstand von ca. 50 m zum Deckgebirge eingehalten, damit es nicht zu Wassereinbrüchen in die Grubengebäude kommt.

### 3.1.1.3 Karbon BW Hugo/Consolidation

Das flözführende Oberkarbon im Ruhrgebiet hat eine Gesamtmächtigkeit von ca. 3.000 m. Darin sind ca. 200 Flöze enthalten. Die Mächtigkeit der Flöze beträgt wenige Zentimeter bis 5 bis 6 Meter. Insgesamt wird der Kohleanteil in den Flözen bezogen auf das flözführende Karbon auf 3 bis 5 % geschätzt. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass im Nebengestein des flözführenden Karbon fein verteilt noch einmal dieselbe Menge an Kohlenstoff vorkommt (GD NRW 2011). Dies ist wichtig für die Bewertung der Sorptionseigenschaften der Gesteine bezüglich der organischen Schadstoffe PCDD/PCDF und PCB (Detailbericht 6).

Die einzelnen Flöze wurden in sog. Cyclothem abgelagert. Dies ist eine regelmäßige Abfolge von Flöz, Ton- und Schluffsteinen, Sandsteinen/Konglomeraten, Schluffstein, Tonstein und dem nächsten Flöz. Die einzelnen Ton- und Schluffsteinlagen haben eine geringere Durchlässigkeit als die Sandsteinlagen, die auch geklüftet sein können. Die Mächtigkeit eines Cyclothems beträgt im Durchschnitt 7 bis 10 m.

Die Abbaubereiche des BW Hugo/Consolidation liegen an der NW-Flanke des Gelsenkirchen Sattels, so dass die Flöze, in denen die BHV erfolgte, mit 35 bis 45 gon<sup>8</sup> nach Norden einfallen. Weiter im Norden schließt sich die Emschermulde mit flacher Lagerung der Schichten an (Abb. 19).

Im Bereich der Bruchhohlraumverfüllung, der Bochumer Schichten beträgt der Anteil toniger Bestandteile im Hangenden der BHV ca. 40 bis 80 %. Der Anteil der Sandsteine liegt unter 25 %.

Im Westen wird das Abbaufeld durch die Wilhelmine-Victoria-Störung und im Osten durch die Primus-Störung begrenzt. Während des Abbaus war der gesamte Feldbereich vergleichsweise trocken (Grubenwasserförderung ca. 3 m<sup>3</sup>/min), da der gesamte Bereich in den Jahren zuvor vollständig überbaut worden war. Für einen Teilbereich wurde in einem Gutachten geprüft, ob durch „Kleinstörungen“ unerwünschte Wasser-Wegsamkeiten bestehen würden (DMT 1993), was durch das Gutachten ausgeräumt wurde.

---

<sup>8</sup> 100 gon entsprechen 90 Grad.



### 3.1.2 BW Walsum

#### 3.1.2.1 Quartär BW Walsum

Das Quartär im Bereich des BW Walsum ist aus den Sanden und Kiesen der Rheinterasse aufgebaut und stellt einen sehr ergiebigen Grundwasserleiter dar. Die Mächtigkeit liegt bei bis zu 25 Meter. Gemäß dem Umweltportal NRW (<http://www.umweltportal.nrw.de>) gibt es im Bearbeitungsgebiet zwei festgesetzte Wasserschutz-zonen für die öffentliche Trinkwasserversorgung (Abb. 21): Rechtsrheinisch liegt in der Mommniederung die WG Voerde der WW Dinslaken GmbH und linksrheinisch im Binsheimer Feld die WG Binsheimer Feld des Wasserverbundes Niederrhein GmbH (WVN).

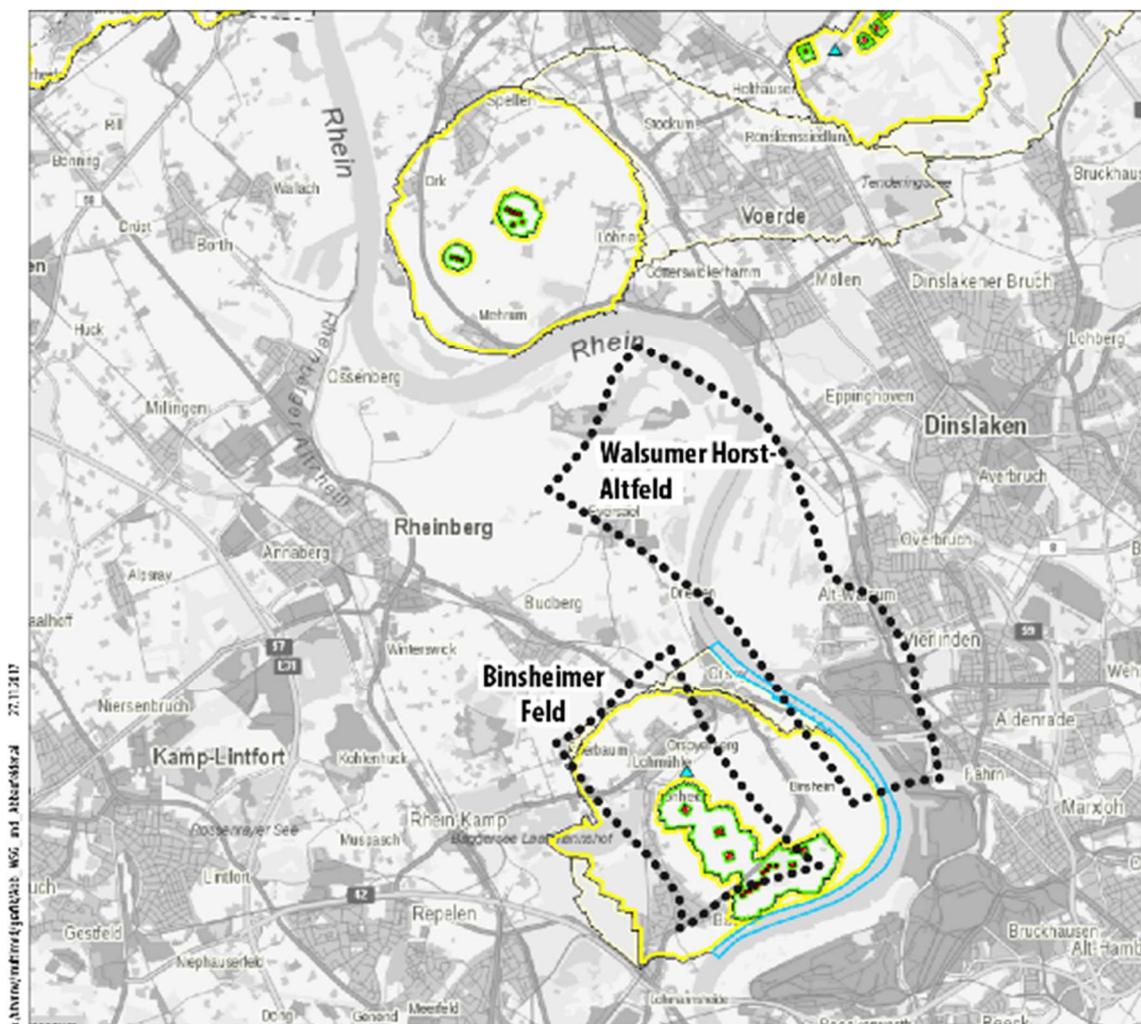


Abb. 21: Lage der festgesetzten Schutzgebiete der WG Voerde der WW Dinslaken GmbH und linksrheinisch die WG Binsheimer Feld des Wasserverbundes Niederrhein GmbH (WVN) aus <http://www.umweltportal.nrw.de> und im Überblick die Abbaufelder Walsumer Horst-Alt-feld und Binsheimer Feld

### 3.1.2.2 Tertiär BW Walsum

Das Tertiär hat eine Mächtigkeit von ca. 120 m und ist aus einer Wechselfolge von feinkörnigen Meeressanden (Grafenberger und Lintforter Schichten, Walsumer Meeresand) und Tonen (Lintforter Ton, Ratinger Ton) aufgebaut.

In THEIN/MÜLLER (Juni 1992) werden Durchlässigkeitsuntersuchungen des GLA (1958) im Tertiär aus dem Schacht Rheinpreußen (westlich des Rheinpreußensprungs) erwähnt. Unterhalb ca. 70 m Teufe wurden Durchlässigkeitsbeiwerte von  $< 1,3 \times 10^{-9}$  m/s gemessen. Diese Messungen wurden zwar nicht bis zur Karbonoberfläche fortgesetzt, aber gemäß Kornverteilungsanalysen aus Bohrungen sind in den marinen, plastischen Tonen (untere Lintforter Schichten/Ratinger Ton) keine Durchlässigkeitsbeiwerte  $> 1 \times 10^{-9}$  m/s abzuleiten (GLA NRW).

### 3.1.2.3 Kreide BW Walsum

Die unter dem Tertiär folgende Kreide hat eine Mächtigkeit von ca. 250 m (geologisches Profil Schächte Walsum 1/2). Die Wechselfolge aus geringdurchlässigen und sehr geringdurchlässigen Schichten, wie im Tertiär, setzt sich auch in der Kreide weiter fort. Die Schichtmächtigkeit nimmt nach NW hin zu. Sie ist von oben nach unten wie folgt aufgebaut:

- Bottroper Mergel (ca. 25 m)
- Osterfeld Sande, Recklinghausen Sandmergel, Emscher Grünsand (Gesamtmächtigkeit ca. 150 m)
- Emscher Mergel (ca. 50 m)
- Kalksteine des Turon (ca. 25 m)

### 3.1.2.4 Hydrogeologie und Funktion des Deckgebirges

Im Gegensatz zum BW Hugo Consolidation treten im Deckgebirge beim BW Walsum nutzbare Grundwasservorkommen auf.

Insgesamt hat das Deckgebirge, bestehend aus Quartär, Tertiär und Kreide, eine Gesamtmächtigkeit von ca. 395 m. Bis auf das hochdurchlässige Quartär ist es aus einer Wechselfolge mehr oder weniger geringdurchlässige Feinsande, Tone und Mergel aufgebaut. Aufgrund der geringerdurchlässigen Zwischenschichten haben sich mehrere Grundwasserstockwerke ausgebildet. Von der Wassergewinnung werden nur die quartären Terrassenablagerungen des Rheins genutzt.

Im Tertiär erfolgt eine Mineralwassernutzung (Hövelmann Mineralquelle, Rheinfelsquelle). Im Rahmen der Betriebszulassung der BHV wurde in Gutachten aufgrund der hydraulischen Stockwerkstrennungen eine mögliche Beeinflussung der Mineralwasservorkommen durch die BHV ausgeschlossen.

Der Emscher Mergel ist zwar vorhanden, allerdings deutlich geringmächtiger ausgebildet als im östlichen Ruhrgebiet. „Für den Verbringungsbereich Binsheimer Feld ist laut Aussage des Gutachters die Qualität des Deckgebirges für eine Ablagerung nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses nicht zwingend erforderlich, da sie bestenfalls eine zusätzliche über das Maß hinaus geforderte Barriere darstellt“ (OBERMANN 1991 04 18). Von OBERMANN (1991 04 18) wurde darauf hingewiesen, dass bereits das Karbon u. a. auch aufgrund seiner hohen Tongehalte (Bochumer (Fettkohlen)schichten) eine ausreichende Barrierefunktion hat.



Eine der Anforderungen an einen BHV-Bereich war der Nachweis der Freiheit von Störungen. Das Gebirge oberhalb der Bruchhohlraumverfüllung wurde fast flächig mit den Flözen der Zollvereinsgruppe durchbaut. Dabei wurden „keine Wasser führenden Störungen festgestellt und größere, unbekannte Störungen, die potentielle Wasserwege darstellen können, sind nicht zu erwarten“ (THEIN & KLINGEL 1995).

### 3.1.2.8 Binsheimer Feld

Die geologisch-hydrogeologische Situation der Bereiche der BHV im Binsheimer Feld ist vergleichbar mit der Situation im Steinkohlengebirge des mittleren und östlichen Ruhrkohlenbezirks, für die in der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) die Eignungskriterien definiert wurden.

Die Schichtenfolge im Binsheimer Feld in der Umgebung der BHV (Flöz Hermann/Gustav und Flöz Anna) gehören zu den in der Machbarkeitsstudie für die Untertageverbringung als geeignet angesehenen oberen Bochumer (Fettkohlen)schichten, die einen hohen Anteil an hydraulisch und geochemisch wirksamen, tonigen Schichten im Nebengestein beinhalten (OBERMANN April 1991).

## 3.2 Tiefengrundwasser

Die Tiefengrundwässer sind in Teil 1 des Gutachtens ausführlich beschrieben und bewertet worden. Es wird dargelegt und begründet, welche chemischen Zusammensetzungen für die verschiedenen hydrogeochemischen Modellierungen zugrunde gelegt wurden.

In Teil 2 des Gutachtens ist zu untersuchen, ob sich die Tiefengrundwässer im Bereich der BHV gemäß dem vollständigen Einschluss im BW Walsum und im BW Hugo/Consolidation signifikant von den in Teil 1 des Gutachtens definierten Wässern unterscheiden, so dass die Ergebnisse der Freisetzungsmodellierung nicht oder nur bedingt übertragbar sind.

Die Auswertung der Tiefengrundwasseranalysen aus WEDEWARDT (1995) im Detailbericht 3 zeigt, dass trotz großer räumlicher Abstände zwischen den Bergwerken keine signifikanten Abweichungen der Inhaltsstoffe der Tiefengrundwässer auftreten. Daher kann ein mittleres Tiefengrundwasser für die Teufe der verbrachten Reststoffe herangezogen werden. Eine hydrochemische Differenzierung der Tiefengrundwässer im Ruhrgebiet ist im Teufenbereich der verbrachten Reststoffe nicht notwendig. Die in Teil 1 durchgeführten hydrochemischen Modellierungen des Freisetzungspotentials unter Verwendung verschiedener Ansätze mittlerer Tiefengrundwässer (RAG-Wasser, Wedewardt Z2 Wasser, Wedewardt Mittelwerte) haben nach wie vor uneingeschränkte Gültigkeit.

Die Nitratkonzentrationen bis 170 mg/L erscheinen zunächst für ein von anthropogenen Einflüssen freies Tiefengrundwasser sehr hoch. Hierbei muss auch Ammonium berücksichtigt werden, das im Redoxgleichgewicht mit Nitrat „ersatzweise“ die Stickstoffspezies sein kann. Das bedeutet - ausgedrückt als Stickstoffkonzentrationen - bis zu 40 bis 50 mg/L. Solche Konzentrationen sind in Tiefengrundwässern global festgestellt worden (z. B. Manning & Hutcheon 2004, und darin angeführte Literatur). Quellen für Stickstoff in Tiefengrundwässern sind zum einen organische Materialien wie Kohlen, die 1 bis 3 % Stickstoff enthalten können (z. B. Gurba & Ward 2000), und der Einbau von Ammonium

in Tonmineralen, insbesondere Illit (Manning & Hutcheon 2004). Die für das Tiefenwasser Haus Aden ermittelten Nitratkonzentrationen sind völlig im Einklang mit diesen Studien und kein Indiz für anthropogene Einflüsse.

Tab. 8: Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für alle von WEDEWARDT (1995) beprobten Bergwerke im Tiefenbereich der Verbringungstiefen der BW Walsum und Hugo-Consolidation (-770 m NHN bis -1.212 m NHN). Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Temperatur (in situ)	°C	34,3	33,5	20,0	58,0
pH-Wert		6,50	6,71	3,62	8,54
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	178.291	159.500	1.194	217.000
Abdampfrückstand	mg/L	144.806	141.500	56.200	232.500
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	1,0900	1,0903	1,0370	1,138
freies CO <sub>2</sub>	mg/L	34,7	30,0	1,00	146
aggressives CO <sub>2</sub>	mg/L	6,33	1,00	1,00	35,0
Chlorid	mg/L	80.453	80.600	33.500	128.000
Iodid	mg/L	6,52	4,20	0,10	50,0
Bromid	mg/L	98,5	100	4,00	256
Sulfat	mg/L	363	10,0	5,00	3.500
Hydrogencarbonat	mg/L	101	89,5	1,00	400
Nitrat	mg/L	24,2	10,0	5,00	174
Ammonium	mg/L	43,6	44,5	0,50	111
Bor	mg/L	3,91	3,60	0,10	11,0
Silizium	mg/L	4,56	4,10	0,50	13,0
Lithium	mg/L	19,2	17,0	1,50	53,0
Natrium	mg/L	43.983	44.250	17.500	73.000
Kalium	mg/L	501,3	483	66	1.180
Magnesium	mg/L	1.515	1.290	153	13.808
Calcium	mg/L	5.003	5.170	252	10.800
Strontium	mg/L	521	538	4,80	1.530
Barium	mg/L	748	622	0,14	2.550
Aluminium	mg/L	0,61	0,50	0,10	< 5
Arsen	mg/L	0,002	0,002	0,001	< 0,005
Blei	mg/L	0,39	0,50	0,01	0,60
Cadmium	mg/L	< 0,05	0,05	0,01	< 0,05

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Eisen	mg/L	21,0	13,5	0,10	158
Kupfer	mg/L	0,06	0,05	0,01	0,27
Mangan	mg/L	3,07	2,05	0,05	12,8
Molybdän	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Nickel	mg/L	0,07	0,05	0,02	0,62
Quecksilber	mg/L	0,0006	0,0005	0,0005	0,001
Selen	mg/L	0,01	0,005	0,005	0,006
Vanadium	mg/L	< 0,05	0,05	0,005	< 0,05
Zink	mg/L	0,98	0,1	0,01	32,0

Für die Reststoffe, die gemäß dem Prinzip der Immissionsneutralität verbracht wurden, ist ebenfalls ein Tiefengrundwasser zu definieren, das als Bewertungsgrundlage dienen kann. Hierbei ist zwischen dem sehr hoch mineralisierten Tiefengrundwasser im Ruhrgebiet und dem geringer mineralisierten Tiefengrundwasser im Aachen-Erkelenzer Revier zu unterscheiden.

### 3.3 Hydrogeologisches Fließsystem

Grundsätzlich unterscheiden sich die Grundwasserfließsysteme in den BW Walsum und BW Hugo/Consolidation nicht von dem Grundwasserfließsystem des BW Haus Aden, das in Teil 1 des Gutachtens detailliert beschrieben ist. Vor allem das Kernelement ist in allen Fällen identisch. Hierunter werden die Versatzkörper der BHV im Bezug zum umgebenden Fließsystem im vom Bergbau durchörterten Grundgebirge verstanden.

Dieses Fließsystem ist am ehesten mit einem Doppelkontinuum aus Röhren und Matrix zu vergleichen, in dem über die Röhren fast der gesamte Wasserumsatz erfolgt. Die Gesteinsmatrix, das umgebende Gebirge, nimmt aufgrund der erheblich geringeren Durchlässigkeit (mindestens 10.000.000-fach geringere Durchlässigkeit) kaum am Wasserumsatz teil. Dies betrifft auch die verbrochenen Abbaubereiche (Alter Mann), die nach einer gewissen Zeit fast dieselbe geringe Durchlässigkeit wie das nicht durchbaute Gebirge haben ( $1 \times 10^{-8}$  m/s (GRS 1998) bis  $5 \times 10^{-8}$  m/s (Detailbericht 5, Teil 1)). Der Nahbereich um die Strecken (Röhren) herum ist durch den jahrzehntelangen Bergbau ebenfalls teilweise entwässert.

Das Fließsystem ähnelt damit einem Karst-Grundwasserleiter, der auch aus Röhren (Höhlen und Gesteinsmatrix) aufgebaut wird. Anders als in einem natürlichen Karstsystem ist die zukünftige Entwässerungsfunktion der Grubengebäude jedoch künstlich angelegt und geplant. Hierzu gehören mehrere Elemente, die in Teil 1 des Gutachtens in Text und Bild beschrieben sind:

- Offene Strecken mit Querschnitten bis zu 20 m<sup>2</sup>.
- Schottererschicht: Alle gleisgebundenen Strecken sind geschottert. Die Mächtigkeit beträgt mind. 10 cm. Selbst bei einer langfristig zusammengesunkenen Röhre soll der Schotter dann noch eine Grundwasserströmung ermöglichen.

- Zusätzliche ein bis zwei Rohrleitungen (DN 300 bis DN 500) mit regelmäßigen Wasserzutrittsmöglichkeiten. Über diese Rohre soll das Grubenwasser fließen, wenn die Strecken langfristig verbrochen und vollständig verschlossen sind.
- Abgedämmte Strecken zur Steuerung des Wasserflusses.

**Die Unterschiede zwischen den drei BW bestehen deshalb vor allem darin, dass die räumlichen Anordnungen der BHV und des Röhrensystems und damit die Fließwege bis zum Eintritt in die Röhre unterschiedlich sind.**

#### 4 GRUBENWASSERKONZEPT BW HUGO/CONSOLIDATION UND BW WALSUM

Die Abb. 23 zeigt die Lage der 10 betriebenen Wasserhaltungen (Juni 2017). Zu unterscheiden sind die

- Wasserhaltung des **aktiven Bergbaus** (PH: BW Prosper Haniel);
- **zentralen Wasserhaltungen** (ZWH) AD: BW Haus Aden, WA: BW Walsum und ab deutlich nach 2030 LO: BW Lohberg;
- die Wasserhaltungen Hansa (Sicherungsbrunnen) und Fürst Leopold (derzeit Umbau zum Sicherungsbrunnen) sind nicht mehr in Betrieb.

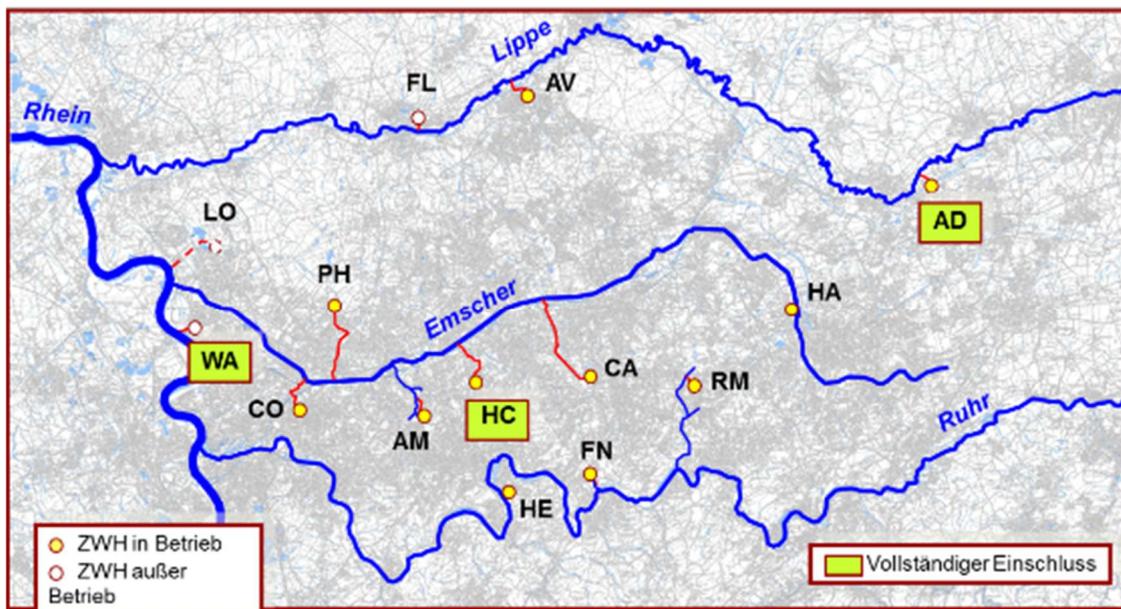


Abb. 23: Wasserhaltung (Stand Juni 2017, Quelle RAG)

Die Abb. 24 zeigt die zukünftigen 6 Standorte der zentralen Wasserhaltungen nach der geplanten Umsetzung des derzeitigen Grubenwassertankonzeptes und in rot die mittleren Grubenwasserstände. Es ist geplant, die Wasserhaltung dann im **Ruhrgebiet** auf die drei Standorte Walsum (Einleitung Rhein, ab 2017, ca. 7 Mio. m<sup>3</sup>/a), Lohberg (Einleitung Rhein, ab 2028, ca. 35 Mio. m<sup>3</sup>/a) und Haus Aden (Einleitung Lippe, ca. 13 Mio. m<sup>3</sup>/a) zu konzentrieren. Die anderen drei Wasserhaltungen leiten Grubenwasser in die **Ruhr** ab.

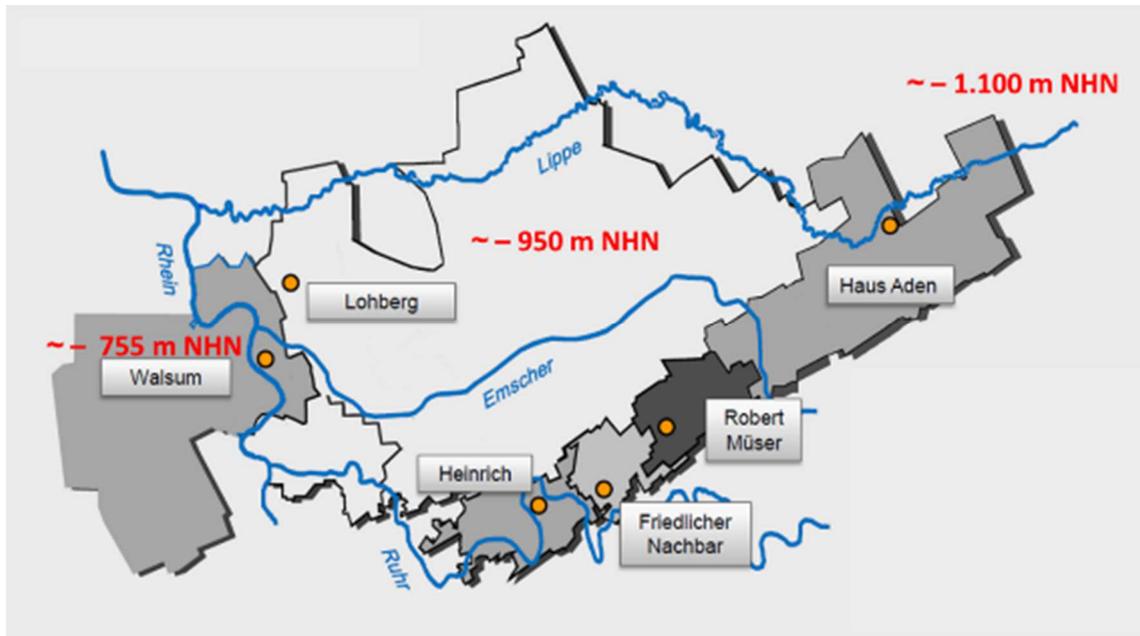


Abb. 24: Sechs Standorte der zentralen Wasserhaltung nach Umsetzung des Grubenwasserkonzeptes im Ruhrgebiet mit den Wasserprovinzen und Stand des Grubenwassers in 2017 (Quelle RAG)

#### 4.1 BW Hugo/Consolidation

Im Gegensatz zur Wasserprovinz Haus Aden, die ein weitgehend abgeschlossenes Grubenwassersystem darstellt (siehe Teil 1 des Gutachtens), liegt das BW Hugo/Consolidation in der großräumigen Wasserprovinz Mitte, die in mehrere Teilprovinzen mit entsprechenden Grubenwasserfließsystemen unterteilt ist. Die spätere, zentrale Wasserhaltung ist der Standort Lohberg im Westen der Provinz Mitte. Der Grubenwasseranstieg bis auf das geplante Annahmenniveau von ca. -600 m NHN wird voraussichtlich erst ca. 2030 erreicht. Die derzeit abgeschätzte Fördermenge wird dann ca. 35 Mio. m<sup>3</sup>/a betragen. Innerhalb der Provinz Mitte soll das Grubenwasser unter Tage infolge des Grubenwasseranstiegs übergeleitet werden (Röhrensystem).

Die BHV im BW Hugo Consolidation ist seit ca. 1997 überstaut.

Es wird zzt. geprüft, ob in den Schächten der Wasserprovinz Zollverein, in denen die Grubenwasserstände gelotet werden, auch die Entnahme von Schöpfproben möglich ist (s. Teil A, Kap. 3.1.2).

## 4.2 BW Walsum

Das BW Walsum liegt in der Wasserprovinz West mit dem Standort der zentralen Wasserhaltung Walsum. Die BHV im BW Walsum ist seit ca. Juni 2012 überstaut. Hier ist das Grubenwasser im Schacht Walsum 1/2 bis auf ein Niveau von ca. -755 m NHN angestiegen. In den weiter westlich liegenden BW ist das Grubenwasser noch im Anstieg begriffen und wird über definierte Übertrittsniveaus nach und nach stärker in Richtung Schacht Walsum 2 überlaufen. Das Niveau von ca. -746 m NHN im Schacht Walsum 2 wird auch für die nächsten Jahre gehalten, da so verhindert wird, dass Grubenwässer nach Concordia überlaufen. In Concordia wird derzeit noch eine tiefe konventionelle Grubenwasserhaltung betrieben. Die derzeit abgeschätzte Fördermenge wird dann in der ZWH Walsum ca. 7 Mio. m<sup>3</sup>/a betragen.

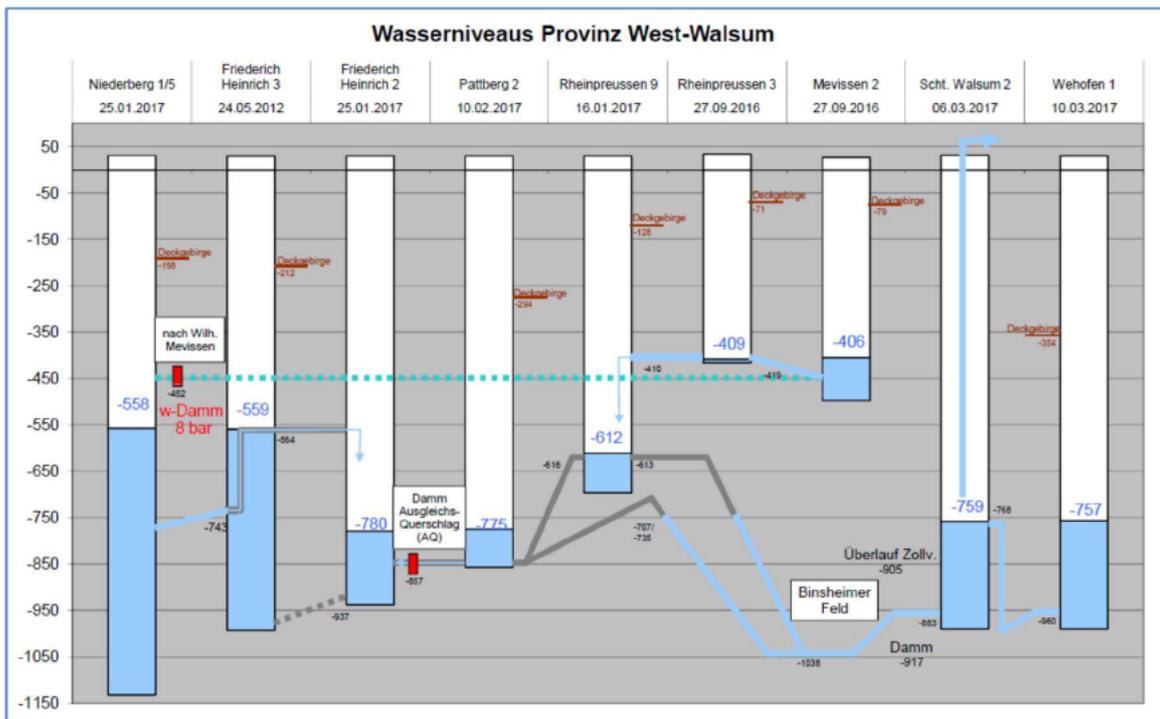


Abb. 25: Wasserniveaus in der Wasserprovinz Walsum-West (Stand 2017, Quelle RAG)

## 5 GEFÄHRDUNGSPOTENTIALE DER STOFFE IN DER BHV

Der erste Baustein der Risikoanalyse ist die Beschreibung des Gefährdungspotentials. Die beiden folgenden Bausteine sind dann das Freisetzungspotential und das Ausbreitungspotential (Abb. 18).

Beim Gefährdungspotential müssen zwei Arten von Stoffen unterschieden werden, da diese unterschiedliche Freisetzungspotentiale – vor allem die Wasserlöslichkeit – und Ausbreitungspotentiale haben.

Im Folgenden werden beschrieben:

1. Anorganische Schadstoffe (Schwermetalle in den Abfall- und Reststoffen)
2. Organische Schadstoffe
  - a. PCDD/F (Dioxine und Furane) in den Abfall- und Reststoffen
  - b. PAK (Abfall- und Reststoffe und natürlich in der Kohle vorkommend)

Eine Gesamtübersicht der BR Arnsberg über die verbrachten Mengen auf Grundlage der Rückmeldungen der Bergämter und des LOBA zeigt die Abb. 26.

**Verwertung besonders überwachungsbedürftiger Abfälle im vollständigen Einschluss**

Schachtanlagen	Jahre														Summe		
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002		2003	2004
Haus Aden/ Monopol					1.587	16.120	18.845	9.963	28.392	693							76.600
Walsum					4.391	28.540	39.296	61.433	47.468	54.136	40.768	39.241	23.781	3.766	11.463	791	356.064
Hugo/ Consolidation	1.176	21.563	21.675	19.233	19.442	22.108	7.355	34.765									147.307
<b>Summe</b>	<b>1.176</b>	<b>21.563</b>	<b>21.675</b>	<b>19.233</b>	<b>25.420</b>	<b>66.768</b>	<b>66.496</b>	<b>106.161</b>	<b>76.860</b>	<b>54.829</b>	<b>40.768</b>	<b>39.241</b>	<b>23.781</b>	<b>3.766</b>	<b>11.463</b>	<b>791</b>	<b>677.971</b>

Abb. 26: Gesamtübersicht über die verbrachten Mengen gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses (BR Arnsberg in MWEIMH & MKULNV 2013)

Die Auswertungen des LFH (Prof. ██████ auf Basis der Quartals- und Abschlussberichte zur BHV sind in den beiden folgenden Kapiteln dargestellt. Die Tab. 9 zeigt zunächst eine Übersicht.

Tab. 9: Vergleich der Massenangaben zu „besonders überwachungsbedürftigen Abfällen im vollständigen Einschluss“ MWEIMH & MKULNV (2013) und der hier bzw. im Teil 1 des Gutachtens ermittelten Massen auf Grundlage der Abschlussberichte

	MWEIMH & MKULNV (2013)	HMVA [t]*	RAA [t]*	Summe HMVA + RAA [t]*
BW Haus Aden/Monopol	75.600	62.289	105.477	<b>167.088</b>
BW Walsum	355.064	291.746	56.183	<b>347.929</b>
BW Hugo/Consolidation	147.307	87.080	**)	<b>87.080</b>
Summe [t]	<b>577.971</b>	<b>441.115</b>	<b>161.660</b>	<b>602.097</b>

\*) Auswertung der Abschlussberichte

\*\*) Der Text der Abschlussberichte führt die Verbringung von Rauchgasreinigungsprodukten aus Hausmüllverbrennungsanlagen an. Die verbrachten Massen sind in den Berichten nicht einzeln ausgewiesen.

Zwischen den beiden Bilanzen (Tab. 9 und Abb. 26) bestehen Abweichungen.

Nach Angaben der BR Arnsberg beträgt die Summe der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle der beiden BW Walsum und Hugo/Consolidation 502.371 t. Nach der Auswertung der Abschlussberichte ergeben sich für diese beiden BW 378.826 t (s. Detailbericht 3). Diese Abweichung kann heute im Einzelnen nicht mehr aufgelöst werden und sie kann mehrere Gründe haben:

- Anhand der Abschlussberichte für die Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation ist es nicht möglich, eine eindeutige Trennung der Massen derjenigen Abfall- und Reststoffe, die nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht wurden, von denen, die immissionsneutral verbracht wurden, vorzunehmen (Detailbericht 3).
- Die relevanten Dokumente (Quartals- und Abschlussberichte mit Einzelanalysen und Herkunftsnachweisen) sind bei der BR Arnsberg und der RAG für die beiden BW Hugo/Consolidation und BW Walsum möglicherweise nicht mehr vollständig vorhanden.
- Die BR Arnsberg hat die Bilanz auf der Grundlage des übergeordneten Berichtswesens der Bergämter und des LOBA erstellt.

Für die einzelnen Bergwerke bestehen zwar Unterschiede in den heute noch dokumentierten Massen, aber die ermittelte summarische Masse bergbaufremder Stoffe, die nach dem Prinzip „vollständiger Einschluss“ in den drei Bergwerken verbracht worden sind, ist mit einer Abweichung von nur 4 % vergleichbar zur Angabe in Teil 1 des Gutachtens (ahu AG 2013).

Für die Betrachtungen des Freisetzungspotentials und des Ausbreitungspotentials sind diese Unterschiede letztlich unerheblich, da

- beim Freisetzungspotential davon ausgegangen wird, dass nur ein kleiner Teil (Annahme 10 %) der BHV in Lösungskontakt mit dem Tiefengrundwasser gerät und sich deswegen auch nur ein Teil (10 %) der Schadstoffe in den eingebrach-

ten Abfällen/Reststoffen langfristig löst. Bereits bei diesen geringen Lösungsanteilen ist die hydrochemische Barriere bereits mehrere 1.000 Jahre stabil. Bei höheren Anteilen im Lösungskontakt (und langfristig auch in der Lösung) bleibt die hydrochemische Barriere mehrere 10.000 bis 100.000 Jahre stabil.

- Bei einem höheren Lösungsanteil verlängert sich aufgrund der prozentualen Betrachtung nur die Dauer der hydrochemischen Barriere und die Dauer der Freisetzung nach der Auflösung der hydrochemischen Barriere, aber nicht die Konzentration der freigesetzten Schwermetalle, die letztlich für eine Gefährdung relevant wären (wenn sie die Umwelt erreichen würden).

### 5.1 Gefährdungspotential anorganische Schadstoffe in der BHV BW Walsum

Die in Tab. 10 aufgeführten Mittelwerte für Blei, Cadmium und Zink basieren auf der Auswertung von insgesamt 47 HMVA-Analyseprotokollen.

Tab. 10: Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in  $\text{mg kg}^{-1}$  (i. Tr.) für das Bergwerk Walsum

Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der HMVA-Rückstände (BW Walsum)			
Parameter	Einheit	Wert	Probenanzahl
Blei	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	4.338	44
Cadmium	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	249	44
Zink	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	13.680	45

Die im Bergwerk Walsum verbrachten HMVA-Rückstände haben eine mittlere Blei-Konzentration in der Trockenmasse (i. Tr.) von  $4.338 \text{ mg kg}^{-1}$ . Die mittlere Cadmium-Konzentration beträgt  $249 \text{ mg kg}^{-1}$  (i. Tr.) und die mittlere Zink-Konzentration liegt bei  $13.680 \text{ mg kg}^{-1}$  (i.Tr.).

Die Rauchgasreinigungsrückstands-Probe „30-V-93“ der Abfallwirtschaftsgesellschaft Leverkusen zeigt einen extremen Wert für die Zinkkonzentration von  $130.000 \text{ mg kg}^{-1}$ , welcher deutlich (ca. Faktor 9) von den beobachteten Zinkkonzentrationen der übrigen HMVA-Rückstände abweicht (siehe Histogramm in Abb. 27). Das Analyseprotokoll der Probe „30-V-93“ stammt aus dem 2. Quartalsbericht des Jahres 1993 der Bauhöhe Hermann-Gustav 67. In dieser Bauhöhe wurde laut zugehörigem Abschlussbericht insgesamt  $1.605,34 \text{ t}$  an HMVA-Rückständen verbracht. Da diese Masse lediglich einen Anteil von ca. 0,6 % der verbrachten Gesamtmasse an HMVA-Rückständen von  $291.745,62 \text{ t}$  im Bergwerk Walsum ausmacht, ist die Bedeutung dieses Extremwertes für die verbrachte Zinkmasse zu vernachlässigen. Daher wurde die Zinkkonzentration der Probe „30-V-93“ bei der Berechnung des arithmetischen Mittelwertes nicht berücksichtigt.

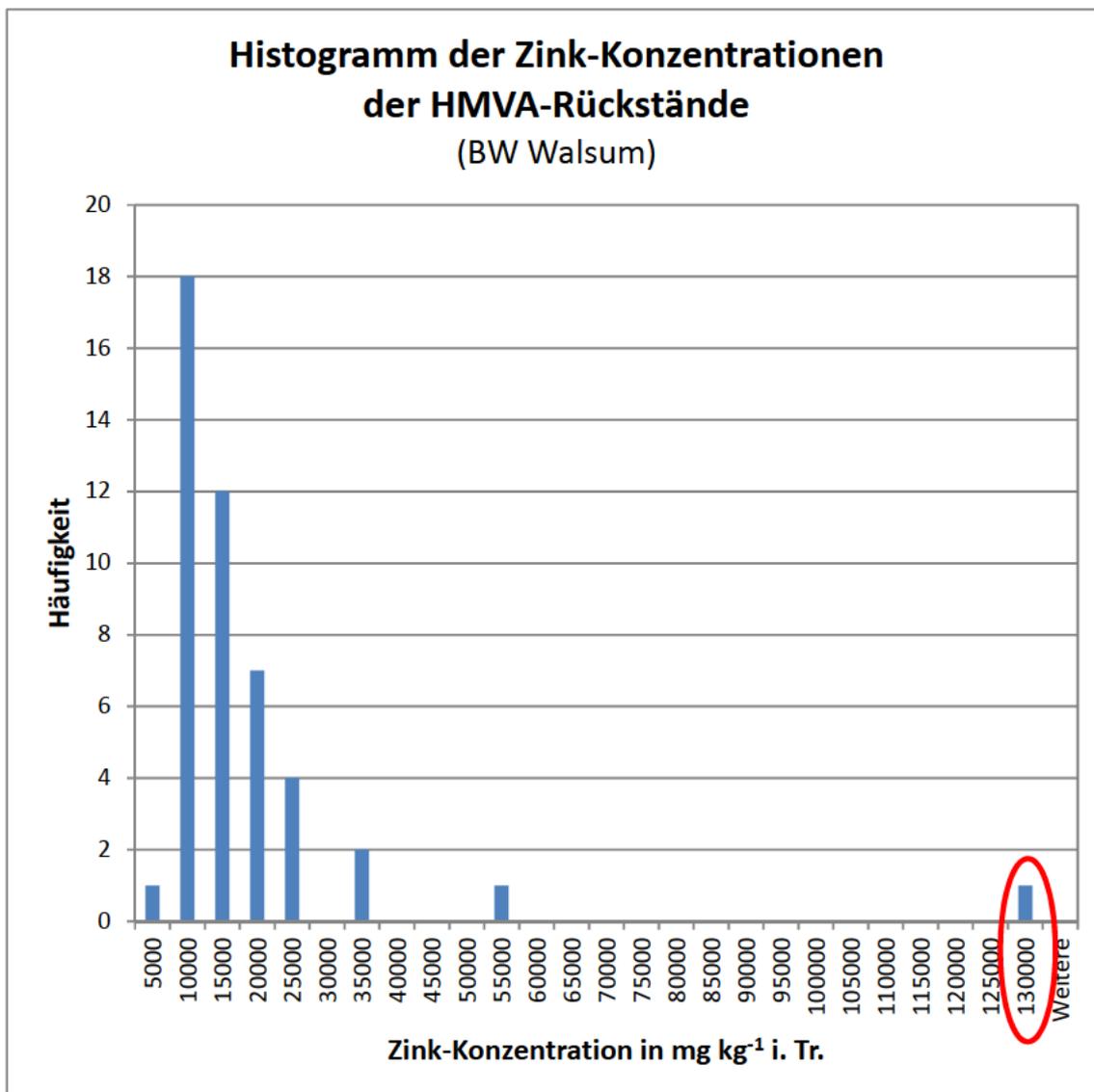


Abb. 27: Histogramm der Zink-Konzentrationen in mg kg<sup>-1</sup> (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum); die auffällige Probe „30-V-93“ ist rot umkreist.

Weitere Histogramme zu den Blei- und Cadmiumkonzentrationen befinden sich im Detailbericht 3.

Durch die Multiplikation der errechneten mittleren Metallkonzentrationen mit einer laut Abschlussberichten verbrachten HMVA-Masse von 291.745,62 t ergibt sich eine verbrachte Metallmasse von 1.266 t Blei, 73 t Cadmium und 3.991 t Zink (siehe Tab. 11).

Tab. 11: Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Walsum

<b>Metallinventar der verbrachten HMVA-Rückstände (BW Walsum)</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
Blei	t	1.266
Cadmium	t	73
Zink	t	3.991

## 5.2 Gefährdungspotential anorganische Schadstoffe in der BHV BW Hugo/Consolidation

Im Gegensatz zur umfangreichen Datengrundlage des Bergwerkes Walsum stehen zur Ermittlung der mittleren Metallkonzentrationen der im Bergwerk Hugo/Consolidation verbrachten HMVA-Rückstände heute nur noch 3 Analysenprotokolle aus der zugehörigen Berichterstattung zur Verfügung. Die aus diesen Proben ermittelten mittleren Konzentrationen an Blei, Cadmium und Zink sind in Tab. 12 aufgeführt.

Tab. 12: Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in  $\text{mg kg}^{-1}$  (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation

<b>Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der HMVA-Rückstände (BW Hugo/Consolidation)</b>			
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Probenanzahl</b>
Blei	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	3.747	3
Cadmium	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	269	3
Zink	$\text{mg kg}^{-1}$ i. Tr.	10.087	3

Die mittlere Blei-Konzentration der untersuchten HMVA-Rückstände beträgt  $3.747 \text{ mg kg}^{-1}$  (i. Tr.) und ist somit etwas geringer im Vergleich zur mittleren Blei-Konzentration der HMVA-Rückstände im BW Walsum. Die mittlere Cadmium-Konzentration liegt bei  $269 \text{ mg kg}^{-1}$  (i. Tr.) und die mittlere Zink-Konzentration bei  $10.087 \text{ mg kg}^{-1}$  (i. Tr.). Somit ist die mittlere Cadmium-Konzentration der HMVA-Rückstände der beiden Bergwerke miteinander vergleichbar, während die mittlere Zink-Konzentration im BW Hugo/Consolidation etwa 70 % der mittleren Zink-Konzentration des BW Walsum aufweist.

Die Multiplikation der berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen mit einer laut Abschlussbericht verbrachten HMVA-Masse von 87.080 t ergibt ein Metallinventar von 326 t Blei, 23 t Cadmium und 878 t Zink (siehe Tab. 13).

Tab. 13: Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation

<b>Metallinventar der verbrachten HMVA-Rückstände (BW Hugo/Consolidation)</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
Blei	t	326
Cadmium	t	23
Zink	t	878

Aufgrund der geringen Analysenanzahl wurden für die Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen keine Histogramme erstellt.

Da die mittleren Metall-Konzentrationen und das daraus berechnete Metallinventar des Bergwerkes Hugo/Consolidation lediglich auf drei Analysen aus der Berichterstattung des Bergwerkes beruht, sind die berechneten Werte im Vergleich zum Ergebnis des Bergwerkes Walsum mit einer größeren Unsicherheit verbunden. Daher wird eine Ergänzung der Daten durch das Hinzuziehen erzeuerspezifischer Daten für den gleichen Zeitraum aus den Unterlagen der BW Walsum und Haus Aden/Monopol derzeit von der Arbeitsgruppe Prof. [REDACTED] geprüft. Diese Ergebnisse werden dann im Abschlussbericht dargestellt.

Sowohl für das Bergwerk Walsum als auch für das Bergwerk Hugo/Consolidation sind weitere Reststoff-Analysen vorhanden, welche im Rahmen der Zulassungsprozesse der verschiedenen Reststoffarten durchgeführt wurden. Diese Analysen aus den Zulassungsprozessen wurden durch das LFH nicht zur Berechnung des Metallinventars herangezogen, da nicht gewährleistet ist, dass die beschriebenen Reststoffe tatsächlich in den Bergwerken verbracht wurden bzw. dass die verbrachten Reststoffe durch diese Analysen ausreichend repräsentiert werden.

### **5.3 Verfestigung der BHV im BW Hugo/Consolidation und BW Walsum**

Gegenüber den Aussagen im Teil 1 des Gutachtens, nach denen von der erfolgten Verfestigung der BHV auszugehen ist, gibt es keine neuen Erkenntnisse.

**Es gibt keine Indizien oder fachlichen Argumente dafür, dass eine Verfestigung nicht erfolgt ist.**

Die Auswertung der Betriebsstörungen in den beiden BW bestätigt das bisherige Bild, dass die verbrachten Reststoffe sich nicht entmischten haben und die Betriebsstörungen eingetreten sind, weil die Reststoffe bereits „zu steif“ waren.

Weiterhin wurden die Betriebsstörungen durch Materialversagen verursacht. Beispielsweise kam es zu Reststoffaustritten durch das Auftreten von Schlauchplatzern bzw. Undichtigkeiten von Rohrleitungen, Klappen oder Dämmen. Außerdem sind Wasseraustritte durch defekte Pumpen dokumentiert.

Im Falle von Material- und Wasseraustritten bei der Bruchhohlraumverfüllung wurde dieses umgehend aufgenommen und dem Versatzbetrieb wieder zugeführt bzw. entsorgt. Die ausgetretenen Materialvolumina sind im Vergleich zur verbrachten Reststoffgesamtmasse nicht relevant.

## 5.4 Gefährdungspotential organischer Schadstoffe in der BHV

### 5.4.1 Datenlage und Vorgehen bei den PCDD/F („Dioxine“) und den Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)

Zu organischen Inhaltsstoffen der in die BHV eingesetzten Materialien liegen nur sehr wenige Informationen vor. In einigen Reststoffanalysen, durchgeführt vor Nutzung und Einbringung der Materialien, wurden vorselektierte polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF), kurz „Dioxine“ oder PCDD/F, sowie in deutlich geringerem Maße Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe, kurz PAK oder PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) quantitativ bestimmt. Diese Stoffauswahl hatte sich am damaligen Kenntnisstand orientiert.

Eine umfangreiche chemische Charakterisierung des gesamten organischen Anteils ist damals nicht erfolgt. Ebenso sind keine Untersuchungen zu toxikologischen oder ökotoxikologischen Eigenschaften der zur BHV verwendeten Materialien bekannt. Daher kann in diesem Gutachten hinsichtlich organischer Schadstoffe in den Bruchhohlraumverfüllungen nur zu den partiell untersuchten Substanzklassen der Dioxine und PAK Stellung genommen werden. Es muss aber klar formuliert werden, dass damit eine Einschätzung nur eines Anteils der organischen Bestandteile möglich ist, eine umfassende Bewertung kann nicht erfolgen.

Analysenergebnisse von RAA-Schlämmen hinsichtlich ihrer **organischen Bestandteile** (PAK, PCDD/F) liegen weder der Bezirksregierung Arnsberg noch dem LANUV vor.

Trotz Recherchen seitens der Gutachter in der deutsch- und englischsprachigen Fachliteratur konnten keine weiteren Informationen zu den organischen Inhaltsstoffen von zur BHV eingesetzten Materialien (RAA Schlämme, Filterstäube) erhalten werden. Für die Recherche wurden verschiedene Onlinedatenbanken für wissenschaftliche Fachartikel genutzt (u. a. ScienceDirect, Google Scholar).

### 5.4.2 Gefährdungspotential PCDD/F („Dioxine“)

Für das BW Haus Aden/Monopol lagen in den vollständig vorliegenden Quartals- und Abschlussberichten die Gehalte an PCDD/F (polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD)/polychlorierte Dibenzofurane (PCDF)) gut dokumentiert vor und es wurde eine Massenbilanz für die Stoffgruppe der Dioxine erstellt.

Für die beiden BW Hugo Consolidation und BW Walsum liegen die Quartals- und Abschlussberichte heute nicht mehr vollständig vor.

Bei der Annahme vergleichbarer Konzentrationen in den Reststoffen wie im BW Haus Aden/Monopol ergeben sich folgende Gehalte an PCDD/F und den daraus abgeleiteten TEQ (Tab. 14):

Tab. 14: Abschätzung der PCDD/F und der abgeleiteten TEQ 2,3,7,8-Dioxin

	BW Haus Aden/ Monopol	BW Hugo/Consolidation	BW Walsum
Reststoffe (t)	75.600	147.307	355.064
PCDD/F (kg)	7,2	14,03*	33,82*
TEQ (g)	122	238*	573*

\* Abschätzung auf Grundlage der Gehalte im BW Haus Aden / Monopol

#### 5.4.3 Gefährdungspotential PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe)

Gegenüber den Aussagen im Teil 1 des Gutachtens, wo die Gutachter das Gefährdungspotential der PAK aus der BHV als sehr gering erachten, gibt es keine neuen Erkenntnisse. Selbst wenn in den Reststoffen der anderen Bauhöhen PAK enthalten sein sollten, dürften auch diese Gehalte deutlich unter den geogenen Gehalten der Kohle liegen. Da im Karbon auch außerhalb der Kohleflöze große Mengen an feinverteilter Kohle vorhanden sind, besteht auch dort ein sehr großes Sorptionspotential.

## 6 FREISETZUNGSPOTENTIAL ANORGANISCHE INHALTSSTOFFE AUS DER BHV

### 6.1 Umfang und Art der Untersuchungen

Im Teil 1 wurde mit Hilfe der hydrogeochemischen Modellierung (1D PHREEQC) gezeigt, wie sich für die angenommenen mineralischen Stoffgemische und das Tiefengrundwasser eine neue chemisch-thermodynamische Gleichgewichtssituation einstellt. Dieses neue Gleichgewicht stellt sich ein, weil viele verschiedene „neue“ Stoffe über die BHV in den Untergrund eingebracht wurden, die das „alte“ Gleichgewicht, das sich über Jahrmillionen eingestellt hat, stören. Ergebnis ist, dass sich in der BHV eine pH-Wert-Barriere aufbaut und dadurch die Schwermetallfreisetzung zunächst verhindert wird. Diese Barriere bleibt in Abhängigkeit des Anteils an Reststoffen, die mit dem Tiefengrundwasser reagieren<sup>9</sup>, längere Zeit stabil. Erst nach dem Abbau der Barriere werden die Schwermetalle freigesetzt (Quellterm).

Die zeitliche Entwicklung dieser Auflösungen, Ausfällungen, Umbildungen von Mineralphasen und die damit verbundene Freisetzung von Stoffen konnte hilfsweise in Abhängigkeit der Porenwasseraustausche (PWA) abgeschätzt werden, denen auf Grundlage der Berechnungen mit dem Strömungsmodell eine mittlere Dauer zugeordnet wurde (Teil 1, Detailbericht 5).

Die weitere – **nicht reaktive** – Ausbreitung der aus der BHV freigesetzten Stoffe im Gebirge wurde mit Hilfe des Strömungsmodells untersucht. In Teil 1 wurde bislang nur die Verdünnung der freigesetzten Schwermetalle nach dem Übertritt in das Röhrensystem durch das Grubenwasser berechnet. Das Ergebnis war die Angabe der Konzentrationen in der ZWH (Abb. 33).

Die Konzentrationsverminderungen, die auf dem Weg bis zum Röhrensystem durch Interaktion der Schwermetalle mit dem umgebenden Gebirge auftreten (dies kann vereinfachend auch als Sorption bezeichnet werden), wurden bislang im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung nicht berücksichtigt.

In Teil 2 werden zunächst die Ergebnisse aus der PHREEQC-Modellierung zur thermodynamischen Gleichgewichtseinstellung mit einer **reaktiven Modellierung** (hydrogeochemisches Rechenprogramm PHAST) der Durchströmung einer BHV verglichen, um zu überprüfen, ob die Ergebnisse des Teils 1 weiterhin belastbar sind.

Dann wird in einem zweiten Schritt die reaktive Durchströmung des Gebirges von der BHV bis zum Röhrensystem unter Berücksichtigung der Sorption dargestellt (3D PHAST Modellierung). Hierbei kommt es zu einer – bislang nicht betrachteten – Festlegung von Schwermetallen im Gebirge.

Bei manchen Stoffen erfolgen in anderen Geosystemen 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. Dies wird als *Roll-Front-Verhalten* bezeichnet. Hier

---

<sup>9</sup> Unter der Annahme, dass nur 10 % der Abfall- und Reststoffe mit dem Tiefengrundwasser in Reaktionskontakt kommen. Bei höheren Anteilen erfolgt die Freisetzung wesentlich später (s. Teil 1, Kap. 5).

wird geprüft, ob ein solches Verhalten auch bei der Durchströmung der BHV sowie in deren Abstrom auftreten kann.

## 6.2 Vergleich der 1D PHREEQC-Modellierung mit der 3D-PHAST-Modellierung

### 6.2.1 Ergebnisse aus Teil 1

In Teil 1 des Gutachtens wurde mit PHREEQC die neue Gleichgewichtssituation berechnet, die sich zwischen den über die BHV neu eingebrachten Mineralphasen, den umgebenden Mineralphasen des Gebirges und dem Tiefengrundwasser für die **letzte Zelle** auf der Fließstrecke durch die BHV ergibt.

Diese Ergebnisse aus Teil 1 (Detailbericht 4) zeigt noch einmal die Abb. 28. Wichtigstes Ergebnis ist, dass sich durch die Auflösung, Umwandlung und Neubildung von Mineralien eine stabile pH-Wert Barriere aufbaut (magenta Linie), die eine Freisetzung der Schwermetalle Zink und Blei verhindert. Die Ergebnisse sind in PWA angegeben, weil für die hydrogeochemischen Modellierungen nur die Anzahl der PWA, aber nicht die Dauer berechnet wird. In den Strömungsmodellierungen (Detailbericht 5) wird die Durchströmung vieler „Einzel-BHV“ mit unterschiedlichen Fließlängen, Geschwindigkeiten und vielen unterschiedlichen PWA differenziert berechnet. Aus den Strömungsmodellierungen kann aber die **mittlere Dauer eines PWA** von 34 Jahren abgeleitet werden. Mit diesem Mittelwert wurde die untere Darstellung in Abb. 28 erstellt.

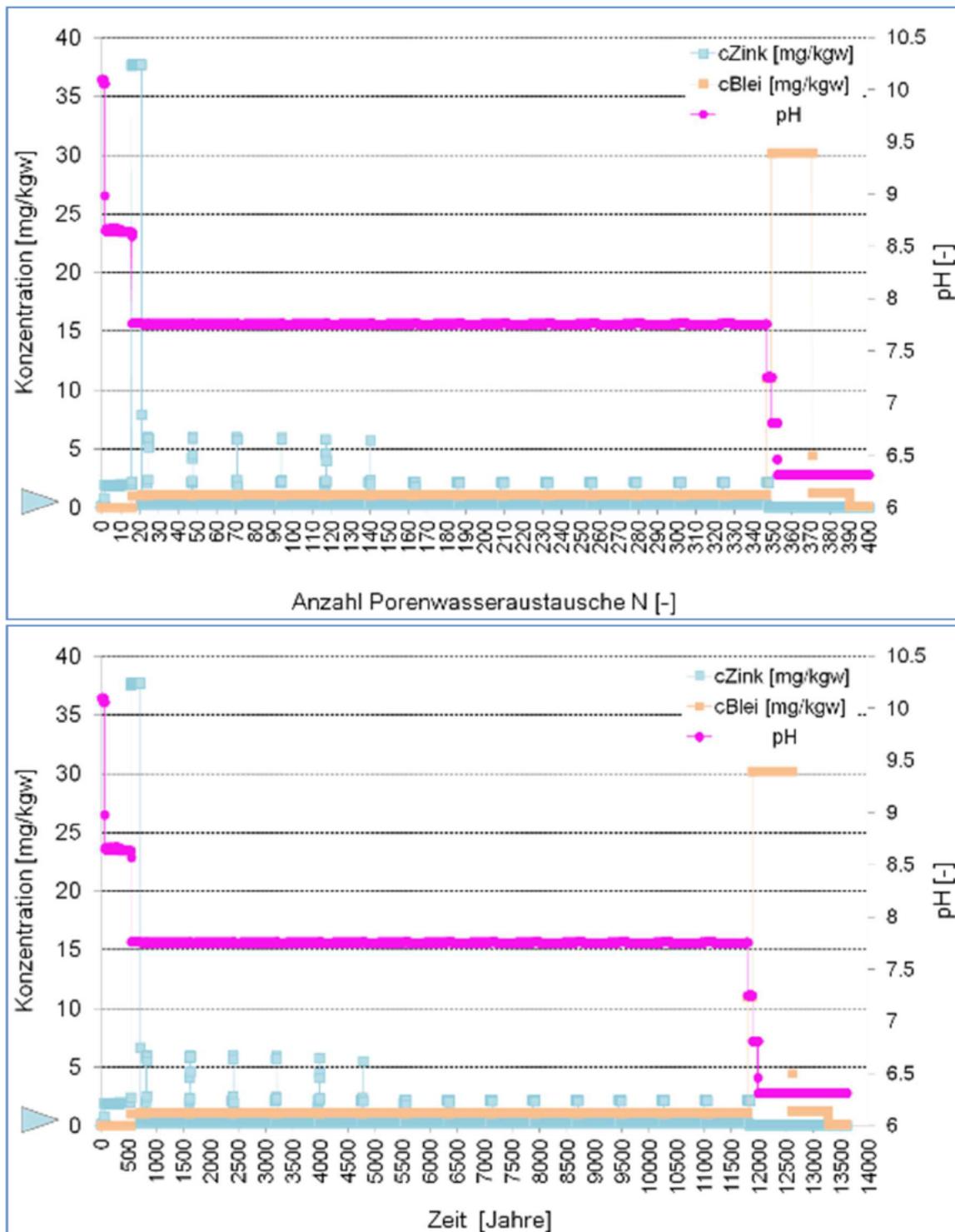


Abb. 28: Aus Teil 1: Entwicklung der pH-Werte sowie der Zink- und Bleikonzentrationen in den Porenwässern vor dem Austritt aus der BHV, in Abhängigkeit von der Anzahl der PWA (oben) und der Zeit (unten, mittlerer PWA = 34 Jahre)

### 6.2.2 Modellierung des reaktiven Stofftransports (3D-PHAST) innerhalb der BHV

In den hydrochemischen 3D-PHAST Modellierungen wurde zunächst das **reaktive Stoff- und Ausbreitungsverhalten** entlang eines Fließweges innerhalb der BHV (15 Zellen, vergleichbar zu den PHREEQC-Modellierungen Teil 1) untersucht. Hierbei wurden die hydrogeochemischen Reaktionen und Wechselwirkungen zwischen der BHV und dem Tiefengrundwasser betrachtet.

Die Abb. 29 zeigt die Durchströmung der BHV von links nach rechts und letztlich die **Freisetzung von Zink** in der letzten Zelle. Die Farben zeigen gemäß der Legende die Konzentrationen im Porenwasser. Nach 18 PWA (ca. 625 Jahren) erreichen die „grünen Konzentrationen“ das Ende der BHV und treten in das umgebende Gestein über. Das Maximum (rote Farbe) hat die BHV nach 24 PWA (ca. 815 Jahren) verlassen. Die „Schadstoffwolke“ bewegt sich dann durch das umgebende Gestein bis zur nächsten offenen Röhre (Strecke). Hierbei treten dann die weiter unten beschriebenen Prozesse der Sorption auf.

Die Spitzenkonzentrationen von 37,5 mg/L (Quellterm) und die oben genannten Zeiten waren ebenfalls in Teil 1 abgeschätzt worden (Abb. 28).

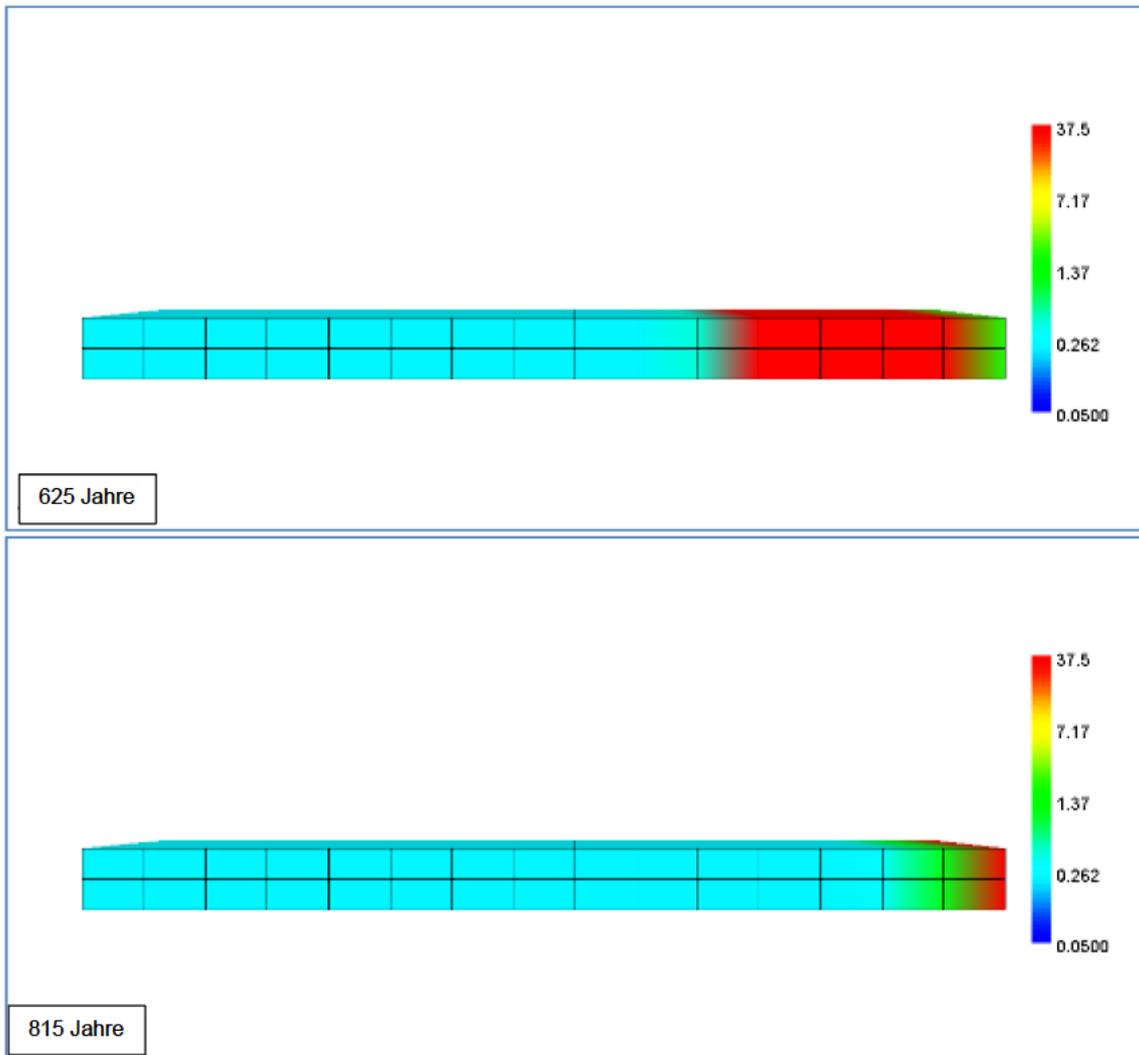


Abb. 29: Entwicklung der Zinkkonzentration in der BHV nach 18 PWA (ca. 625 Jahre oben) und nach 24 PWA (ca. 815 Jahre unten) Jahren beim Austritt aus der BHV (Quellterm)

Die Abb. 30 zeigt die **Freisetzung von Blei aus der BHV**, die von links nach rechts durchströmt wird. Die Farben zeigen gemäß der Legende die Konzentrationen im Porenwasser. Nach 401 PWA (ca. 13.660 Jahre) erreichen die „grünen Konzentrationen“ das Ende der BHV und treten in das umgebende Gestein über. Das Maximum (rote Farbe) hat das Ende der BHV nach 423 PWA (ca. 14.385 Jahre) erreicht.

Die „Schadstoffwolke“ bewegt sich dann durch das umgebende Gestein bis zur nächsten offenen Röhre (Strecke). Hierbei treten dann die weiter unten beschriebenen Prozesse der Sorption auf.

Die Spitzenkonzentrationen von 30,2 mg/L (Quellterm) und die oben genannten Zeiten waren bereits in Teil 1 abgeschätzt worden (Abb. 28).

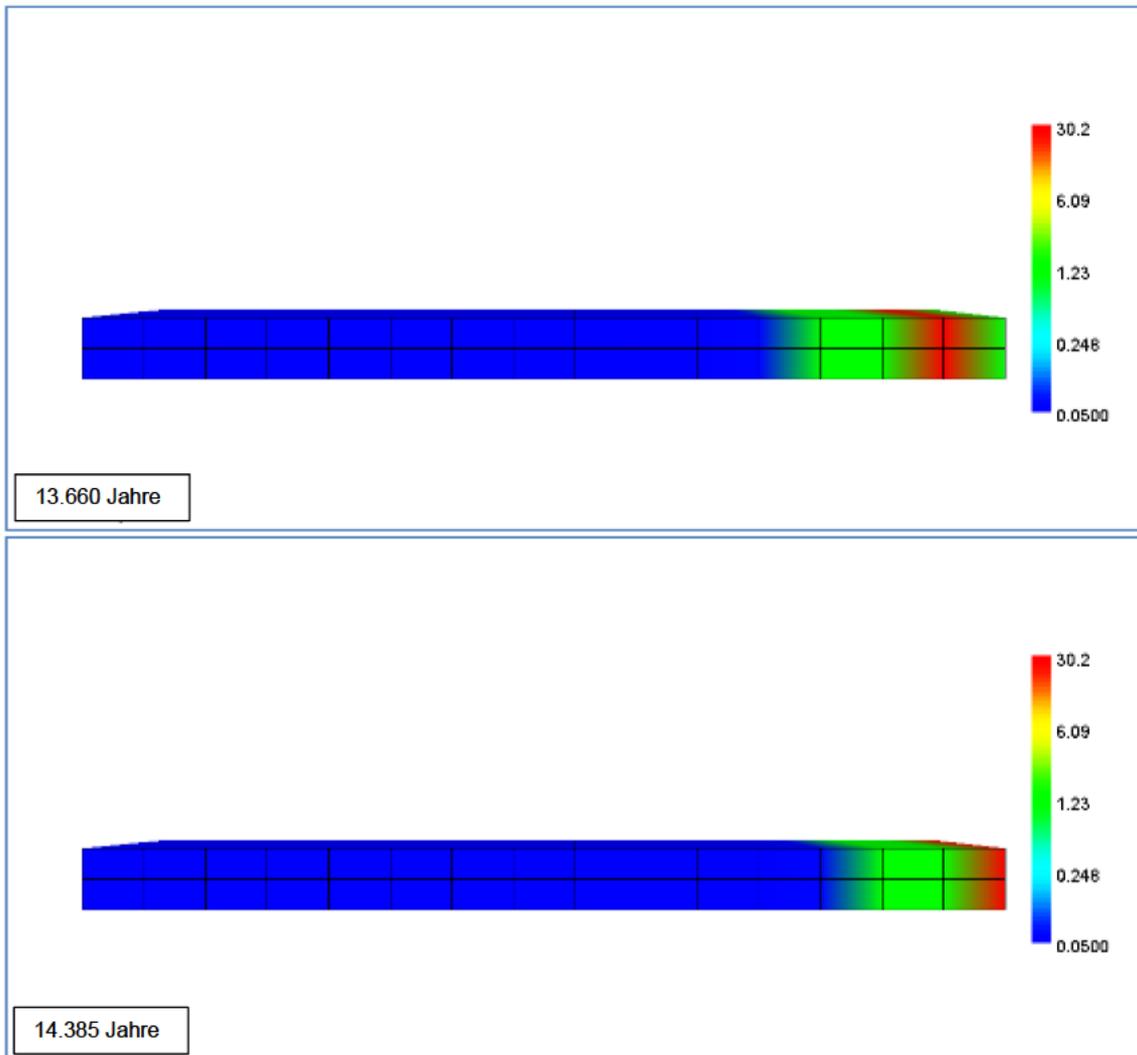


Abb. 30: Entwicklung der Bleikonzentration in der BHV nach 401 PWA (ca. 13.660 Jahre oben) und nach 423 PWA (ca. 14.385 Jahren unten) beim Austritt aus der BHV (Quellterm)

### 6.2.3 Ergebnisse des Modellvergleichs

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Stoffaustragsverhalten bei beiden Modellierungen (1D PHREEQC und 3D PHAST) hinreichend genau übereinstimmt und zwar

- hinsichtlich der erreichten Niveaus der pH-Werte,
- der Spitzenkonzentrationen von Zink und Blei beim Austritt aus der BHV,
- des Konzentrationsverlaufs von Zink und Blei innerhalb der BHV.

Damit ist gezeigt, dass die 3D PHAST-Modellierung von Stofffreisetzungen aus BHV-Bereichen eingesetzt werden kann, um den weiteren, reaktiven Transport von der BHV zum Röhrensystem darzustellen.

## 6.2.4 Reaktiver Transport auf dem Fließweg zum Röhrensystem

In Teil 1 waren solche Konzentrationsverminderungen auf dem Fließweg zum Röhrensystem nicht berücksichtigt worden, die durch hydrogeochemische Wechselwirkungen zwischen den mit den Wässern transportierten Stoffen (u. a. Zink und Blei) und dem Feststoffgerüst im durchströmten Gebirge ablaufen (vereinfacht als Sorption/Desorption bezeichnet).

Da für die Vielzahl der möglichen einzelnen Fließwege nicht die genauen Parameter wie z. B. Fließgeschwindigkeit und Zusammensetzung des Gesteins bekannt sind, wurden mittlere Werte angenommen, die v. a. aus den Strömungsmodellrechnungen stammen (siehe Detailbericht 5, Teil 1).

- Mittlerer Fließweg durch die BHV: 465 m,
- mittlere Abstandsgeschwindigkeit auf der Strecke BHV zum Röhrensystem:  $5,8 \times 10^{-9}$  m/s,
- mittlere Entfernung BHV-Röhrensystem: 145 m,
- Zusammensetzung der BHV (aus Teil 1),
- Zusammensetzung der Gesteine (aus Teil 1).

### 6.2.4.1 Konzentrationsverminderung auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem (Sorption)

Zur Untersuchung der Konzentrationsverminderung auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem wurde ein 3D-PHAST-Blockmodell (760 m x 415 m) aufgebaut, in das die BHV integriert ist. Eine genaue Beschreibung findet sich in Kap. 3, Abb. 5 des Detailberichts 4.

Mit dem PHAST-Modell wird nicht angestrebt, die instationären Strömungsverhältnisse über einen Zeitraum von Zehntausenden Jahren abzubilden: Dies ist den Grundwasser-Strömungsmodellen vorbehalten. Deshalb wird mit den PHAST-Modellierungsergebnissen kein konkreter zeitlicher Maßstab (in Jahren) angegeben, sondern die zeitliche Entwicklung der Stoffkonzentrationen in der BHV und im Gebirge wird in PWA angegeben. Für diese Betrachtung können die Durchlässigkeit in der BHV und im Gebirge in derselben Größenordnung angesetzt werden. Diese können anhand der **mittleren Dauer** eines PWA von 34 Jahren Zeiten zugeordnet werden.

Es werden nicht nur die Schwermetalle, sondern auch alle anderen Konzentrationen an wasserlöslichen Mineralphasen in der BHV als auch im Gebirge betrachtet (s. Tab. 4 im Detailbericht 4).

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der hydrogeochemischen Modellierungen in Teil 2 ergeben sich – unter ansonsten gleichen hydraulischen Randbedingungen wie einem offenen Röhrensystem und einem Grubenwasserstand bei ca. -600 m NHN im Grubengebäude – folgende Ergebnisse:

- Die pH-Wert Barriere ist für ca. 300 PWA stabil, bevor die Durchströmung der BHV mit dem Tiefengrundwasser wieder den Ausgangswert von pH 6,3 erreicht hat.
- Die Spitzenkonzentrationen von Zink, die im BHV-Bereich und im unmittelbaren Abstrombereich (wenige Zehnermeter Abstand von dem BHV-Bereich) bei 30 bis 35 mg/l liegen, beginnen nach ca. 14-maligem Porenwasseraustausch bei der Durchströmung des BHV-Bereichs aufzutreten. Nach insgesamt ca. 20 PWA treten

im BHV-Bereich und in dessen gesamtem unmittelbaren Abstrombereich keine Zinkkonzentrationen auf, die größer als einige (ca. eins bis sieben) Milligramm pro Liter sind. Im weiteren Abstrom von mehr als Hundert Meter Abstand von dem BHV-Bereich sind die Zinkkonzentrationen auf Werte unterhalb von ca. einem Milligramm pro Liter begrenzt. Das gilt auch für den Rest des modellierten Zeitraums mit bis zu 600 PWA. Die höchsten Zinkkonzentrationen, die über die Spanne von 600 PWA am Ende der Fließstrecke durch die Gesteine des Karbons unmittelbar vor dem Röhrensystem auftreten, liegen bei ca. 0,5 mg/l; **sie sind damit auf ca. ein bis zwei Prozent der Spitzenkonzentrationen von Zink im BHV-Bereich vermindert worden.** Das gelöste Zink wird teilweise als Zinkblende (ZnS) ausgefällt. Dadurch erhöht sich der Zinkgehalt des Gebirges (Essen Schichten) um ca. 0,03 % des geogenen Backgrounds (0,02 ppm gegenüber 60 bis 130 ppm als geogener Background, HASENPATT, R. 1981).

- Die Spitzenkonzentrationen von Blei, die im BHV-Bereich und im unmittelbaren Abstrombereich (wenige Zehnermeter Abstand von dem BHV-Bereich) bei ca. 25 bis 30 mg/l liegen, beginnen nach ca. 401 Porenwasseraustauschen bei der Durchströmung des BHV-Bereichs aufzutreten. Nach ca. 423 Porenwasseraustauschen beginnt das Ende der Phase, in der Porenwässer mit den Spitzenkonzentrationen von Blei den BHV-Bereich verlassen. Im weiteren Abstrom von mehr als Hundert Meter Abstand von dem BHV-Bereich sind die Bleikonzentrationen auf Werte von ein bis zwei Milligramm pro Liter begrenzt. Das gilt auch für den Rest des modellierten Zeitraums mit bis zu 600 Porenwasseraustauschen. Die höchsten Bleikonzentrationen, die über die Spanne von 600 PWA am Ende der Fließstrecke durch die Gesteine des Karbons unmittelbar vor dem ‚Röhrensystem‘ auftreten, liegen bei ca. 1,5 mg/l; sie sind damit auf **ca. vier bis fünf Prozent der Spitzenkonzentrationen von Blei im BHV-Bereich vermindert worden.** Das gelöste Blei lagert sich auf dem Fließweg auch wieder ab (z. B. als Bleiglanz, PbS). Dadurch erhöht sich der Bleigehalt des Gebirges um ca. 0,1 % des geogenen Backgrounds (0,02 ppm gegenüber 20 bis 40 ppm als geogener Background, HASENPATT, R. 1981).

#### 6.2.4.2 Roll-Front Prozesse

Zur Untersuchung möglicher Roll-Front Prozesse wurde eine 3D-Stromröhre modelliert, die wesentlich feiner räumlich aufgelöst werden kann als das 3D-Block Modell (s. Kap. 3.2 im Detailbericht 4). Ähnlich wie das Block-Modell ist auch hier keine exakte Simulation der instationären Strömungsverhältnisse angestrebt, sondern die grundsätzliche Darstellung der hydrogeochemischen Prozesse.

Auch unter Berücksichtigung einer feineren räumlichen Diskretisierung von einem Meter in der 3D-Stromröhre treten im Abstrom der BHV keine Zink- oder Bleikonzentrationen im Tiefengrundwasser auf der Fließstrecke zum Röhrensystem auf, die höher sind als die Konzentrationen in den Porenwässern des BHV-Bereichs selbst. Damit liegen keine Modellierungsergebnisse vor, die auf Konzentrationsspitzen hinweisen würden, die sich bei Roll-Front Prozessen hätten entwickeln können.

Die in den Wässern gelösten Schwermetalle bewegen sich in einer „Wolke“ durch den Untergrund mit zunächst ansteigender Konzentration bis zu einem Maximum und dann wieder mit sinkender Konzentration, bis alle Schwermetalle aus der BHV ausgetragen sind. Die Abb. 31 zeigt dies für Zink und die Abb. 32 für Blei für verschiedene Zeitschritte/PWA.

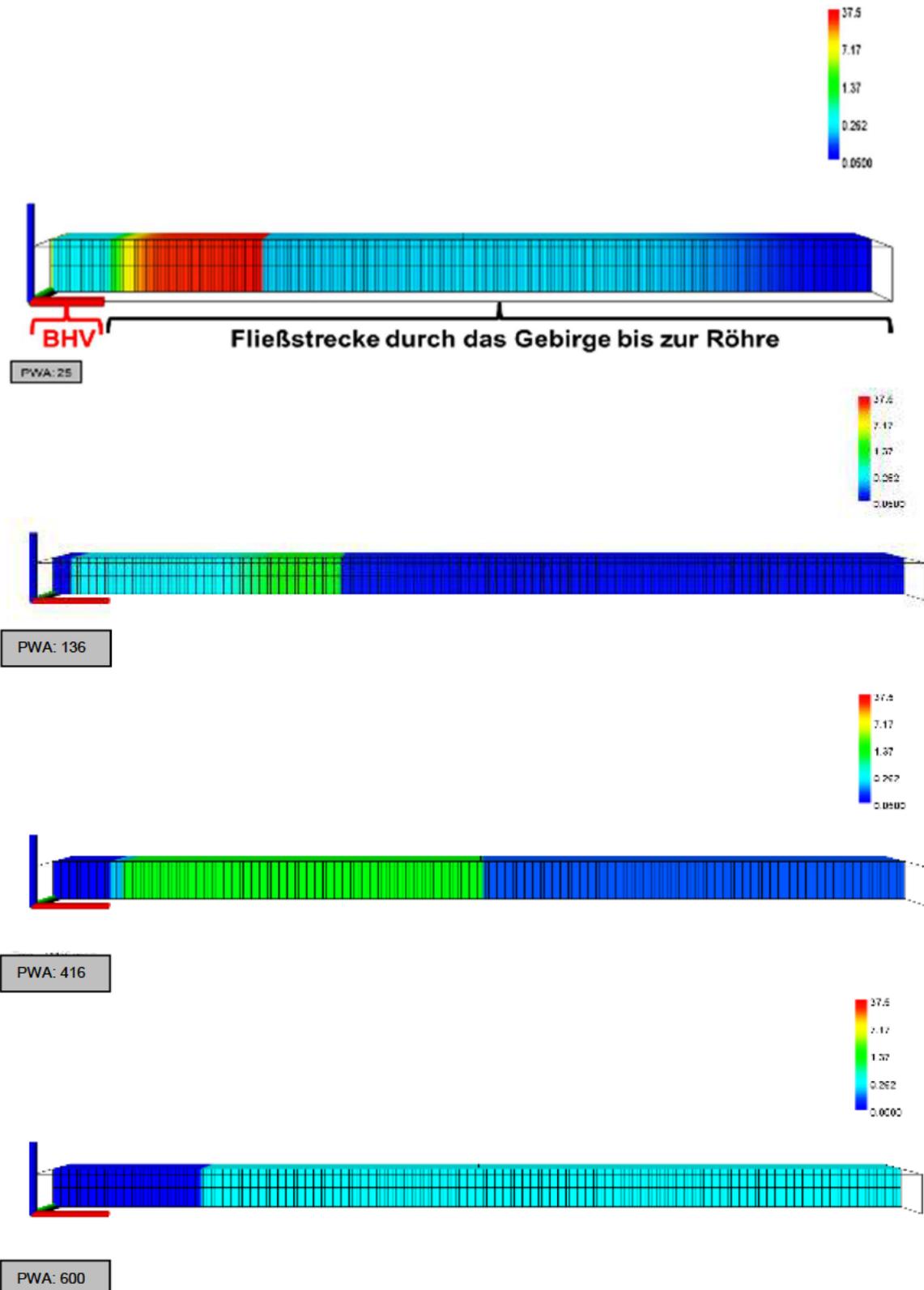


Abb. 31: Zinkkonzentration im PHAST-Säulenmodell in der BHV und dem Abstrom bis zum Röhrensystem für verschiedene PWA. Die Farbskala der Zinkkonzentrationen reicht von 0,05 mg/kgw bis zu 37,5 mg/kgw. Die ersten 15 Zellen (rote Linie) am linken Rand stellen die BHV dar. Die Durchströmung erfolgt vom linken zum rechten Modellrand.

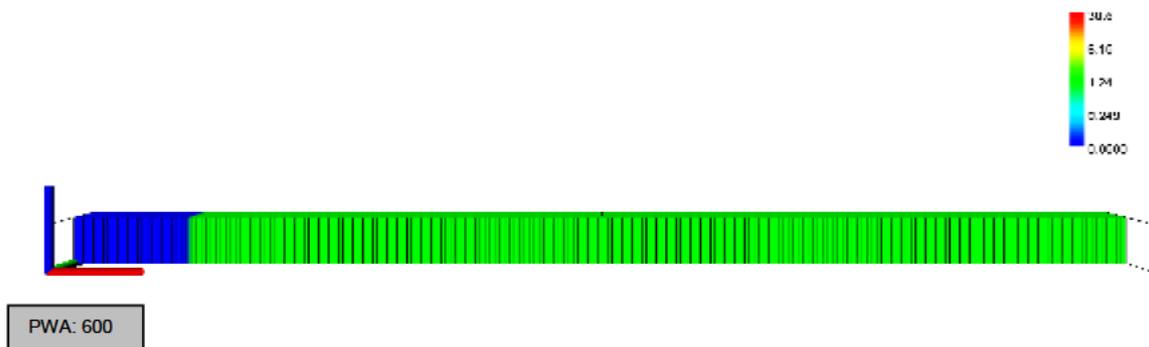
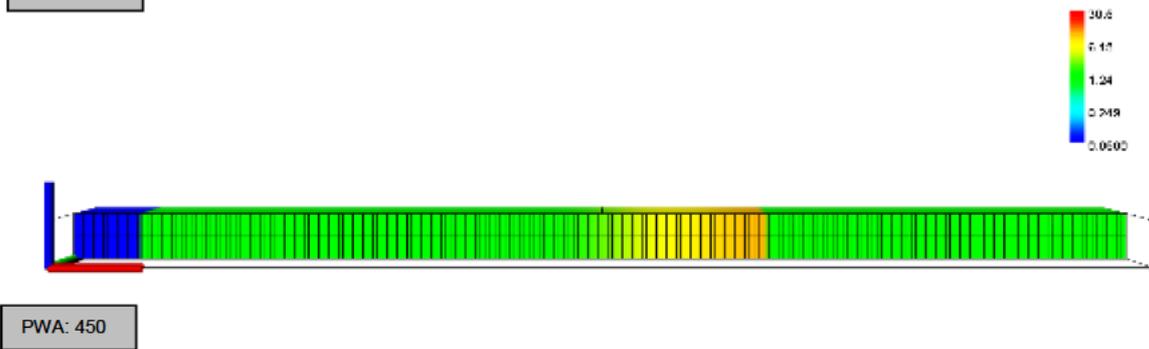
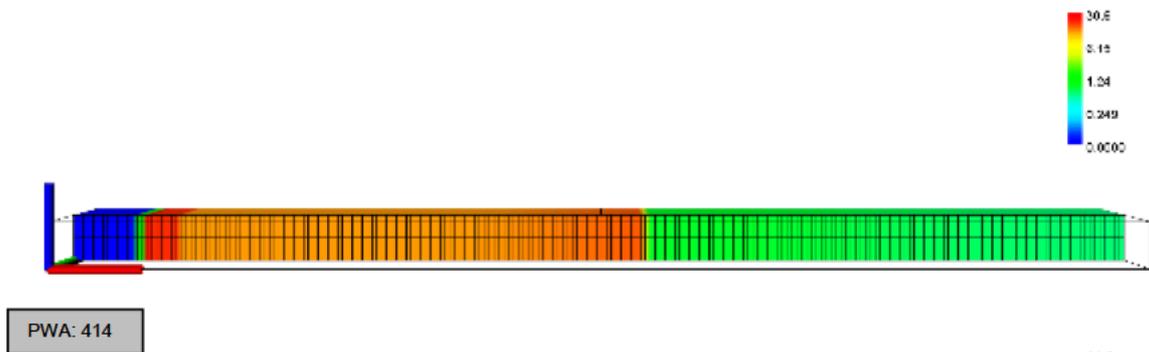
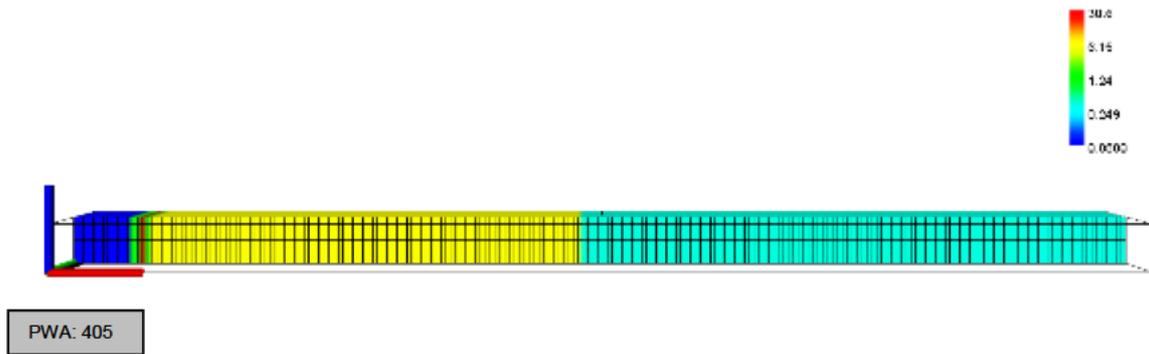
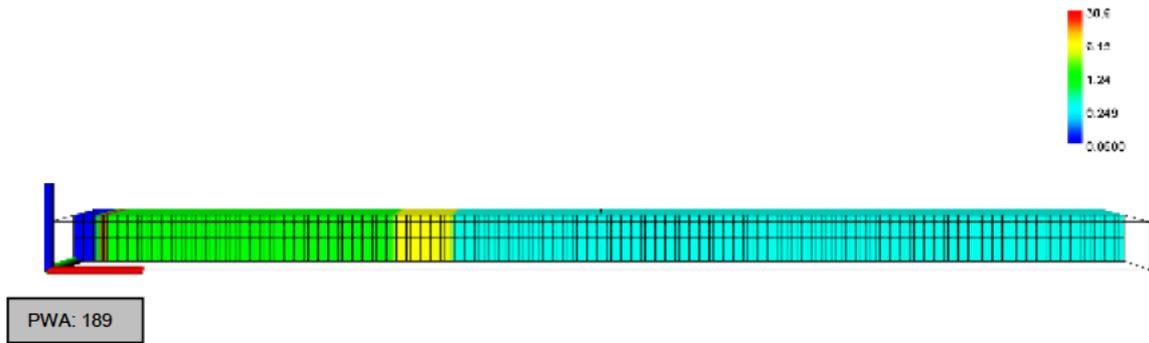


Abb. 32: Bleikonzentration im PHAST-Säulenmodell in der BHV und dem Abstrom bis zum Röhrensystem für verschiedene PWA. Die Farbskala der Bleikonzentrationen reicht von 0,05 mg/kgw bis zu 30,6 mg/kgw. Die ersten 15 Zellen am linken Rand stellen die BHV dar (rote Linie). Die Durchströmung erfolgt vom linken zum rechten Modellrand.

### 6.2.5 Berücksichtigung weiterer mineralischer Stoffe

In Teil 1 des Gutachtens wurden bei der PHREEQC Modellierung die mineralogische Zusammensetzung verwendet, wie sie in den Basisgutachten beschrieben wurde. Um die Aussagen zur Stofffreisetzung und zum Stofftransport weiter abzusichern, wurden u. a. gemäß der Literatur weitere Stoffe berücksichtigt. Hierzu gehören v. a. metallisches Aluminium, Blei und Eisen sowie die sich sekundär bildenden Calcium-Silikat-Hydrat Phasen (CSH-Phasen), die bei der Erstarrung und Erhärtung des Zements eine große Rolle spielen.

Damit ist ein extrem komplexes Modell für den hydrogeochemisch reaktiven Stofftransport des Tiefengrundwassers durch die BHV und durch das Gebirge bis zum Röhrensystem aufgebaut. Für einen Rechenlauf beträgt die CPU-Rechenzeit ca. zwei Wochen. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Die Ergebnisse entsprechen weitestgehend denen des Standardmodells in Teil 1: Der pH-Wert liegt zu Beginn der Stofffreisetzung um ca. 0,1 pH-Einheiten niedriger (ca. 10,0 statt 10,1). Andererseits hält die pH-Wert-Barriere über eine geringfügig höhere Anzahl von PWA an.
- Der generelle Verlauf der Zinkkonzentrationen entwickelt sich ähnlich wie im Standardmodell. Allerdings treten die höchsten Zinkkonzentrationen nicht innerhalb der ersten 30 PWA bei der Durchströmung auf (wie im Standard Modell), sondern erst nach ca. 235 PWA. Dabei erreichen die höchsten Zinkkonzentrationen nicht das Niveau von ca. 30 mg/l (wie im Standard Modell), sondern steigen nicht über 10 mg/l an. Das gilt sowohl für die Porenwässer des BHV-Bereichs als auch für die Tiefengrundwässer im Abstrom des BHV-Bereichs auf der Fließstrecke zum Röhrensystem.
- Der generelle Verlauf der Bleikonzentrationen entwickelt sich sehr ähnlich zum Standardmodell. So treten auch hier die höchsten Bleikonzentrationen zwischen ca. 250 und 280 PWA auf.
- Zusammenfassend bedeutet dies, dass bei der Berücksichtigung weiterer Mineralphasen, die sicher in einer BHV vorhanden sind, die Freisetzung etwas langsamer und für Zink auf einem niedrigeren Niveau verläuft. Damit liegen die Ergebnisse in Teil 1 auf der sicheren Seite.

### 6.3 Zusammenfassung Freisetzungspotential

Diese zusammenfassenden Feststellungen (s. Detailbericht 4) gelten für die bei den Modellierungen zum Ansatz gebrachten Rand- und Startbedingungen (u. a. 10 %-Anteil der versetzten Mineralphasen im Reaktionskontakt mit den Wässern).

- Das mehrfach modellierte Stofffreisetzungs-, Stoffaustrags- und Stofftransportverhalten bestätigt die Ergebnisse aus Teil 1. Für die BW Hugo Consolidation und das BW Walsum gelten vergleichbare Zeiträume der Freisetzung und Ausbreitung, da die eingebrachten Stoffe, das geologische Umfeld, die hydrochemischen Prozesse und die Entfernung zum Röhrensystem vergleichbar sind. Unterschiede gibt es nur bei den Grubenwassermengen in den Wasserhaltungen, die dann zu etwas anderen Verdünnungsverhältnissen führen können. Hierdurch ändert sich jedoch nicht die Risikoeinschätzung.
- Die Zink- und Bleikonzentrationen in den Porenwässern und in den Tiefengrundwässern sind zu keiner Zeit und an keinem Ort auf der Fließstrecke zum Röhrensystem deutlich größer als ca. 30 mg/L.
- Die hydrogeochemischen Wechselwirkungen führen nicht zu Roll-Front Prozessen.
- Bei einer Fließstrecke von ca. 100 m durch das Gebirge verringert sich für Zink die Konzentration durch die Sorption in der ZWH Haus Aden auf ca. 0,4 bis 0,8 mg/L, also auf ca. 1 - 2% der Ausgangskonzentration des Quellterms von ca. 37 mg/L.
- Bei einer Fließstrecke von ca. 100 m durch das Gebirge verringert sich für Blei die Konzentration durch die Sorption in der ZWH auf ca. 1,2 bis 1,5 mg/L, also auf ca. 4 - 5% der Ausgangskonzentration des Quellterms von ca. 30,2 mg/L.
- Die dadurch verursachte Zunahme der Zink- und Bleigehalte im Gesteinskörper des Gebirges ist allerdings – gemessen an dessen geogenen Zink- und Bleigehalten – als vernachlässigbar gering zu bewerten.
- Bei sehr kurzen Fließstrecken durch das Gebirge (modelliert wurden 25 m<sup>10</sup>) spielt die Sorption keine Rolle. Dann wird das offene Röhrensystem mit der Quellstärke erreicht. Dies entspricht den Ergebnissen aus Teil 1 des Gutachtens. Für Zink wäre das nach ca. 1.000 Jahren und für Blei nach ca. 14.500 Jahren der Fall – unter der Annahme eines bestehenden offenen Röhrensystems.
- Die hydrogeochemischen Wechselwirkungen – die Re-Mobilisationen zuvor ausgefallter Zink- und Bleimineralphasen in den Gesteinen des Karbons – verursachen anhaltende Belastung der Tiefengrundwässer mit Zink- und Bleikonzentrationen von ca. einem Milligramm pro Liter.
- Zusammenfassend sind die in Teil 1 dargestellten Konzentrationen in der ZWH Haus Aden (ohne Berücksichtigung dieser Prozesse (Sorption) als sehr konservativ und auf der sicheren Seite liegend einzuschätzen (Abb. 33).

---

<sup>10</sup> Der minimale Abstand im BW Hugo Consolidation zwischen einer Bohrung (Nr. 133) und einem Fließweg beträgt ca. 25 m. Dies ist ein Einzelfall; bei allen anderen Bohrungen sind es min. ca. 50 m.

### 6.3.1 Bedeutung für die Konzentration in der ZWH Haus Aden (Aussage in Teil 1)

In Teil 1 wurde für die Konzentrationen in der ZWH Haus Aden nur die Verdünnung des Quellterms durch das Grubenwasser berücksichtigt (Abb. 33).

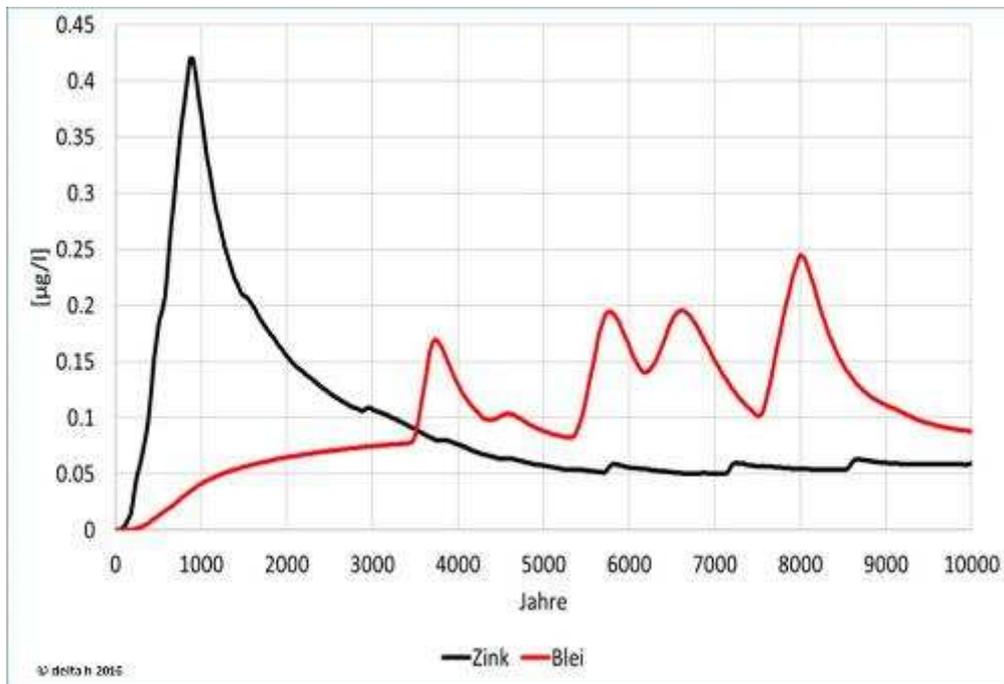


Abb. 33: Erhöhungen der Zink- und Bleikonzentrationen in der Zentralen Wasserhaltung Haus Aden durch freigesetzte Schwermetalle aus der BHV (Ergebnis aus Teil 1)

Wie oben dargelegt wirkt aber auf dem Weg von der BHV zur nächsten Röhre auch in erheblichem Maße die Sorption, ehe der Effekt einer Verdünnung durch das Grubenwasser zum Tragen kommt. Dadurch ergibt sich bereits bei einer Fließlänge von > 25 m im Gebirge auch für die Konzentration in der ZWH rein rechnerisch eine Verminderung um 98 bis 99 % bei Zink (dann noch max. 0,008 µg/L) und rein rechnerisch eine Verminderung um 96 bis 95 % bei Blei (dann noch max. ca. 0,0125 µg/L).

Die heutige Bestimmungsgrenze (Standardanalytik) für Zink liegt bei 25 µg/L (d. h. 3.000-fach höher) und für Blei bei 3,5 µg/L (d. h. ca. 250fach höher).

## 7 FREISETZUNGSPOTENTIAL ORGANISCHER STOFFE AUS DER BHV

### 7.1 Freisetzungspotential PCDD/F („Dioxine“)

Die Freisetzung von PCDD/PCDF über die partikuläre und die wässrige Phase hängt von der Adsorptionsaffinität ab (= Neigung, partikuläres Material zu adsorbieren). Bei gleichbleibenden Temperatur- und Druckbedingungen stellt sich zwischen Adsorption und Desorption ein Gleichgewichtszustand ein. Die Adsorptionsaffinität kann vereinfacht mit Verteilungskoeffizienten zwischen organischem Material und wässriger Phase ( $K_{OC}$ -Wert) oder zwischen dem gesamten partikulären Material und der wässrigen Phase ( $K_D$ -Wert) beschrieben werden.

Für PCDD und PCDF liegen  $K_{OC}$ -Werte aus der wissenschaftlichen Fachliteratur vor. Für Schwebstoffe aus der Elbe wurden für PCDD/PCDF mit vier bis acht Chloratomen  $\log K_{OC}$ -Werte zwischen 7,2 und 8,4 bestimmt (Götz et al. 1994). Aus diesen sehr hohen  $\log K_{OC}$ -Werten und der somit sehr hohen Adsorptionsaffinität der PCDD/PCDF an organisches Material lässt sich ableiten, dass eine Freisetzung von PCDD/PCDF aus den kontaminierten Bereichen im Wesentlichen nur über die partikuläre Phase erfolgen kann. Eine Freisetzung über die wässrige Phase spielt aufgrund der geringen Wasserlöslichkeit ( $TCDD-OCDD \leq 0,63 \mu\text{g L}^{-1}$ , Shiu et al. 1998) und hohen Adsorptionsaffinität der PCDD/PCDF eine untergeordnete Rolle.

### 7.2 Freisetzungspotential PAK

Das Freisetzungspotential und Ausbreitungspotential der PAK und somit auch das Risiko werden im Folgenden nicht weiter betrachtet, da das Gefährdungspotential der PAK als sehr gering erachtet wird (s. Teil 1).

## 8 RISIKOBEWERTUNG IMMISSIONSNEUTRALE VERBRINGUNG

### in Bearbeitung

Die Verbringung nach dem Prinzip der Immissionsneutralität (Flugaschen und -stäube aus kohlenbefeuerten Kraftwerken) ist heute nicht mehr im Einzelnen nachvollziehbar. Ein Grund ist sicherlich, dass hierfür keine gesonderten wasserrechtlichen Prüfungen im Einzelfall mehr erforderlich waren wie für die Abfall- und Reststoffe, die nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht wurden. Diese Entscheidung des LOBA beruhte auf verschiedenen Untersuchungen und der daraus abgeleiteten Grundannahme, dass die Abfall- und Reststoffe keine grundsätzlich andere chemische Zusammensetzung und damit kein anderes Gefährdungspotential haben als das umgebende Gebirge, aus dem die Kohlen stammen.

Wie in Teil B Kap. 2.2 erläutert, ist diese Annahme hinsichtlich Chlorid und Sulfat – sowohl im Tiefengrundwasser als auch im Grundgebirge – im Ruhrrevier fachlich nachvollziehbar.

Im Aachener-Erkelenzer Revier, mit der deutlich geringeren Mineralisierung des Tiefengrundwassers, kann dies auf der Grundlage der heute noch vorliegenden Daten bislang nicht sicher beantwortet werden. Hier wurden in den Jahren 1990 und 1991 insgesamt 28.198 t eingebracht.

Einen Hinweis geben möglicherweise die hydrochemischen Daten aus dem Schacht Emil Mayrisch I (Schöpfproben) aus dem Aachener-Erkelenzer Revier. Diese zeigen eine deutliche Abnahme der Leitfähigkeit von 8.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  auf 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  mit zunehmendem Grubenwasseranstieg. Eine Freisetzung von Chlorid ist hier nicht erkennbar (Abb. 9). Das Monitoring wird weiter fortgesetzt.

## 9 AUSBREITUNGSPOTENTIAL ORGANISCHE SCHADSTOFFE

### 9.1.1 Ausbreitungspotential PCDD/F („Dioxine“)

Die Freisetzung von PCDD/PCDF erfolgt über die partikuläre Phase des Grubenwassers. Eine weitere Ausbreitung der Kontamination findet dann statt, wenn ein Transport kontaminierten partikulären Materials (advektiver Transport am Schwebstoff) mit dem Grubenwasser aus der BHV in das Nahfeld/Fernfeld erfolgen würde. Eine solche Ausbreitung über die partikuläre Phase kann aber fast vollständig ausgeschlossen werden, da die Fließgeschwindigkeiten und Durchlässigkeiten (ca.  $5 \times 10^{-8}$  m/s) in dem Alten Mann so gering sind (s. Teil 1 des Gutachtens, Tab. 13).

### 9.1.2 Ausbreitungspotential PAK

Wie zuvor beschrieben wird das Ausbreitungspotential der PAK nicht weiter betrachtet, da das Gefährdungspotential der PAK als sehr gering erachtet wird.

### 9.1.3 Ausbreitungspotential PCB

In Teil 1 des Gutachtens waren drei wesentliche Wirkungszusammenhänge in der Wasserprovinz Haus Aden beschrieben worden, die den Austrag von PCB über das Grubenwasser beeinflussen. Diese sind:

1. **Erosion und die Entstehung von Schweb (partikuläre Fracht) bei Durchströmung.** 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.
2. **Flächen außerhalb der PCB-Zeit wirken als Flächenfilter (gelöste Fracht).** Bei einem Grubenwasseranstieg steigt überproportional der Anteil an Flächen außerhalb der PCB-Zeit. 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.
3. **Verringerung der Grubenwassermenge (partikuläre und gelöste Fracht).** Ein Grubenwasseranstieg reduziert die großen Gefälleunterschiede zwischen dem Deckgebirge und den Grubenwasserständen in den Grubenbauen. Der erwartete positive Effekt: Je geringer der Gefälleunterschied ist, **desto niedriger ist tendenziell die zuströmende Grubenwassermenge aus dem Deckgebirge.**

Schematisch zeigen dies die Abb. 34, Abb. 35 und Abb. 36.





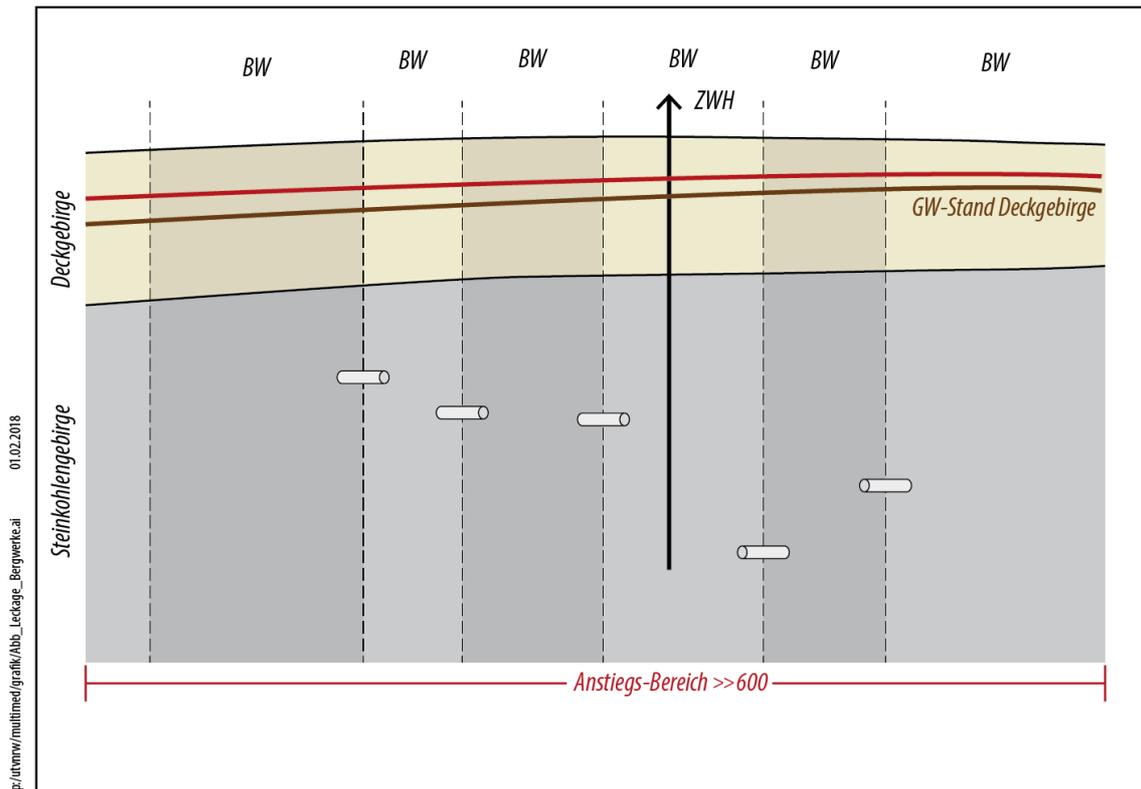


Abb. 36: Ferne Zukunft

In einer fernen Zukunft ohne Wasserhaltung und ohne offenes Röhrensystem wird es zu einem Anstieg des tiefen Grundwassers kommen. In Abb. 36 wurde angenommen (ungünstige Annahme), dass der Druckwasserstand des Karbons über dem des Deckgebirges liegt. Ein quartärer Wasserstand (hier nicht dargestellt) liegt nochmals höher.

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

Um die Bedeutung der Wirkungszusammenhänge (1) und (2) für die anderen BW bewerten zu können, wurden – ähnlich wie im BW Haus Aden/Monopol – die Flächenverhältnisse der bereits gefluteten und der noch nicht gefluteten Grubenbereiche aus der PCB-Zeit und außerhalb der PCB-Zeit verglichen.

Im Vergleich werden auch noch einmal die Zahlen aus Teil 1 des Gutachtens für die Wasserprovinz Haus Aden dargestellt.

### 9.1.3.1 BW Haus Aden/Monopol

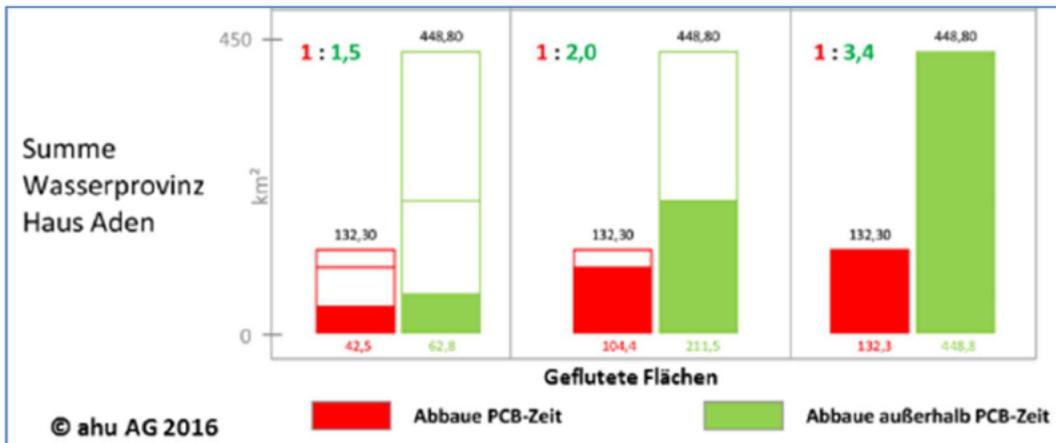


Abb. 37: Flächenverteilung im BW Haus Aden

Die Abb. 37 zeigt die Flächenverteilung im BW Haus Aden.

Die Flächen aus der PCB-Zeit liegen teilweise auch höher als -600 m NHN, da hier auch früher Bergbau umgegangen ist. Bislang sind ca. 32 % der Flächen geflutet und der Erosion entzogen. Das derzeitige Flächenverhältnis beträgt 1 : 1,5.

Bei einem Anstieg bis ca. -600 m NHN erniedrigt sich das Verhältnis PCB-Flächen/Nicht-PCB-Flächen auf 1 : 2. Bei einer vollständigen Flutung aller Grubenbaue beträgt das Verhältnis 1 : 3,4. Somit nimmt der Anteil der Flächen aus der PCB-Zeit bei der Flutung zu.

### 9.1.3.2 BW Auguste Victoria

Die Abb. 38 zeigt die Flächenverteilung im BW Auguste Victoria.

Alle Flächen aus der PCB-Zeit liegen tiefer als -600 m NHN und würden bei einem Grubenwasseranstieg bis auf dieses Niveau vollständig geflutet. Bislang sind erst ca. 16 % der Flächen geflutet und der Erosion entzogen.

Das derzeitige Flächenverhältnis beträgt 1 : 5. Bei einem Anstieg bis ca. -600 m NHN erniedrigt sich das Verhältnis auf 1 : 3,5. Bei einer vollständigen Flutung aller Grubenbaue (dies wäre bei ca. -500 m NHN der Fall) beträgt das Verhältnis 1 : 4. Somit nimmt der Anteil der Flächen aus der PCB-Zeit bei der Flutung zwar nicht zu, ist allerdings immer noch größer als z. B. beim BW Haus Aden.

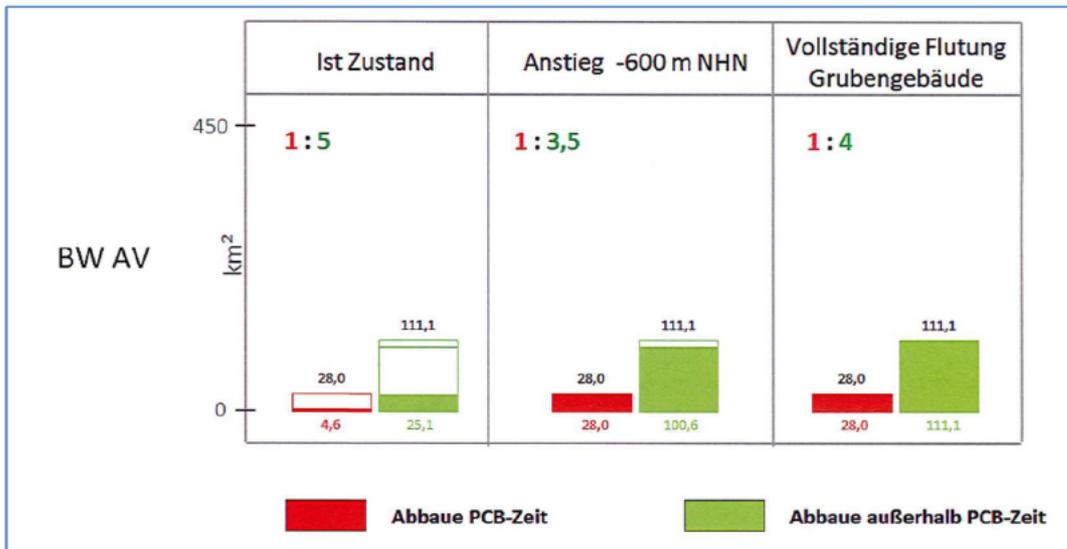


Abb. 38: Flächenverteilung im BW Auguste Victoria

### 9.1.3.3 BW Hugo/Consolidation

Auswertung noch nicht erfolgt

Abb. 39: Flächenverteilung im BW Hugo/Consolidation

### 9.1.3.4 BW Walsum

Auswertung noch nicht erfolgt

Abb. 40: Flächenverteilung im BW Walsum

### 9.1.3.5 Zusammenfassung

Die Tab. 15 zeigt zusammenfassend für die bereits bearbeiteten BW die bestehenden und die sich bei der Flutung einstellenden Flächenverhältnisse zwischen Flächen aus der PCB-Zeit und Nicht-PCB-Flächen.

Tab. 15: Flächenverhältnisse zwischen Flächen aus der PCB-Zeit und Nicht PCB-Flächen

	<b>BW Haus Aden</b>	<b>BW AV</b>
<b>PCB-Flächen bereits geflutet in %</b>	32	16
<b>Ist</b>	1 : 1,5	1 : 5
<b>bis -600 m NHN Flutung</b>	1 : 2,0	1 : 3,5
<b>Vollständige Flutung aller Grubenbereiche</b>	1 : 3,4	1 : 4
<b>Grubenwasserstand bei Flutung aller Grubenbereiche m NHN</b>	-400	-500

## **10 AKTUELLE UND ZUKÜNFTIGE RISIKEN DURCH DIE BHV IN DEN BW HUGO/CONSOLIDATION UND BW WALSUM**

### **10.1 Übertragung der Risikoeinschätzung aus Teil 1 (BW Haus Aden/Monopol) auf die BW Hugo/Consolidation und BW Walsum**

In Teil 1 des Gutachtens wurden sehr detailliert das Gefährdungspotential, das Freisetzungspotential und das Ausbreitungspotential als Grundlagen für die Risikoabschätzung untersucht. In Teil 2 erfolgte eine Übertragung der Ergebnisse. Einen Überblick gibt die Tab. 16. Zwei Randbedingungen sind besonders wichtig und werden auf ihre Unterschiede zu den bisherigen Modellierungen überprüft:

- Abstand der BHV zum offenen Röhrensystem
- Geologischer Aufbau (v. a. der Tongehalt) des umgebenden Gebirges

In den folgenden Abb. 41 und der Tab. 17 wird die minimale Entfernung zum Röhrensystem dargestellt.

In der Tab. 18 wird der geologische Aufbau des umgebenden Gebirges verglichen.

Tab. 16: Randbedingungen für die Übertragbarkeit der Risikoabschätzung für die BHV gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses

		Teil 1	Teil 2	
		BHV Haus Aden/Monopol	BHV Hugo/Consolidation	BHV Walsum
<b>Gefährdungspotential</b>	Datengrundlage	Auswertung der <u>vollständigen</u> Quartals- und Abschlussberichte	Auswertung <u>aller noch vorhandenen</u> Quartals- und Abschlussberichte	
	Zusammensetzung der BHV	detaillierte Aufstellung	Aufstellung gemäß den vorhandenen Unterlagen	
	BHV-weise Zuordnung und Darstellung der Schwermetalle	detaillierte Aufstellung	Aufstellung gemäß den vorhandenen Unterlagen	
	Auswertung der Betriebsstörungen	erfolgt (6 Betriebsstörungen)	erfolgt (s. Detailbericht 3)	
	Verfestigung der BHV	die BHV ist verfestigt	die BHV ist verfestigt	
	Charakterisierung der Tiefen Grundwässer Karbon*	vergleichbare Zusammensetzung	vergleichbare Zusammensetzung	
<b>Freisetzungspotential</b>	Modellierungen zum Prozessverständnis	s. Teil 1, Detailbericht 4	Übernahme der Ergebnisse	
	Modellierungen der Dauer der pH-Wert Barriere und des Quellterms mit verschiedenen Annahmen zu den durchströmten Längen (10 bis 100 m) und dem Anteil der Abfall- und Reststoffe im Reaktionskontakt (10 % bis 100 %)	s. Teil 1, Detailbericht 4	Übernahme der Ergebnisse	

		Teil 1	Teil 2	
		BHV Haus Aden/Monopol	BHV Hugo/Consolidation	BHV Walsum
	Konzentrationsverminderung auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem („Sorptions“)	nicht berücksichtigt	Verminderung der Konzentration von Zink und Blei auf 2 bis 5 % des Quellterms bei Fließlängen > 25 m	
	Modellierung weiterer CSH-Phasen	nicht berücksichtigt	Bestätigung der Ergebnisse hinsichtlich der Dauer und Stärke der hydrochemischen Barriere	
<b>Ausbreitungspotential</b>	Aufbau eines instationären 3D-Strömungsmodells für die Wasserprovinz Haus Aden unter der Annahme eines offenen Röhrensystems und eines Grubenwasserspiegels von ca. -600 m NHN	Konzentrationserhöhung in der ZWH	nicht erfolgt, Ergebnisse sind übertragbar.	
	Modellrandbedingungen in einer fernen Zukunft	Abschätzung der Auswirkungen eines weitgehend geschlossenen Röhrensystems bei einem Grubenwasserspiegel von ca. -600 m NHN und höher	Ergebnisse sind übertragbar.	
	geologischer Aufbau der Verbringungsgebiete (s. im Detail Tab. 18)	entspricht den Anforderungen der Machbarkeitsstudie	vergleichbar im Sinne der Anforderungen der Machbarkeitsstudie	
	hydrogeologischer Aufbau der Deckschichten / Barrierefunktion (s. Detail Tab. 18)	der derzeit geplante Grubenwasseranstieg erreicht nicht das Deckgebirge	der derzeit geplante Grubenwasseranstieg erreicht nicht die Deckgebirge	

\* RAG Wasser, WEDEWARDT Z2, WEDEWARDT Mittelwerte

Die Abb. 41 und die Tab. 17 zeigen die minimalen Entfernungen zwischen den einzelnen BHV-Bereichen und dem offenen Röhrensystem im Walsumer Horst-Altfeld.

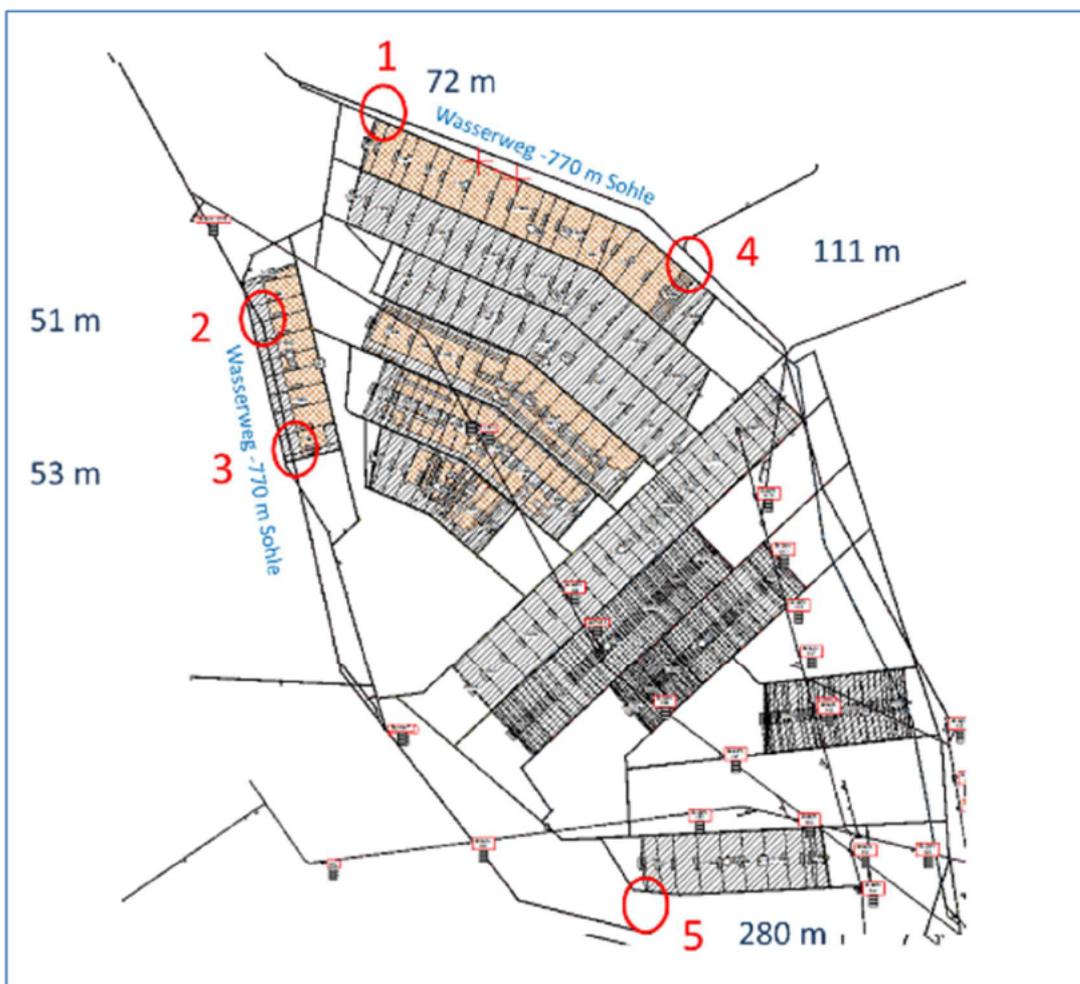


Abb. 41: Entfernungen: BHV – potentielle Fließwege im Röhrensystem im Walsumer Horst-Altfeld

Die Tab. 17 zeigt die relevanten Entfernungen von den BHV-Bereichen zu den am nächsten gelegenen potentiellen Fließwegen im Röhrensystem.

Tab. 17: Relevante Entfernungen BHV – potentielle Fließwege im Röhrensystem

BW	kürzeste Entfernung zwischen der BHV zum Röhrensystem
BW Haus Aden	126 m
BW Hugo Consolidation	25 m zum Bohrloch 133 (Einzelfall) sonst mindestens ca. 50 m
BW Walsum Horst-Altfeld	51 m bis 280 m
BW Walsum Binsheimer Feld	133 m zum unterlagernden Wasserweg auf -1.050 m NHN

Im BW Hugo/Consolidation ist zu beachten, dass die Entfernung von 25 m sich nur auf ein Bohrloch (Nr. 133) bezieht und die Hauptmasse der BHV (und damit der eingebrachten Schwermetalle) von dem Röhrensystem weiter entfernt liegt. Über die Grundwassermodellierungen wird für das gesamte Röhrensystem über die Zeit aufsummiert, welche Schwermetallfrachten in das Röhrensystem – ob über eine Störung oder über die Durchströmung des Gebirges – gelangen.

Die Tab. 18 zeigt den Vergleich des geologischen Aufbaus und der Deckschichten.

Tab. 18: Geologischer Aufbau – Mächtigkeit und Aufbau des Deckgebirges (in Bearbeitung)

	Schichten BHV	Tiefe (NHN)	Deckgebirge im Bereich der BHV	Mächtigkeit (ca. Angaben)
BW Haus A-den	Essen Schichten	-860 bis -890 m	<u>Gesamt</u> Emscher Mergel	<u>413 m</u> 185 m
BW Hugo/Consolidation	Bochum Schichten	-1.075 bis -1.262 m	<u>Gesamt</u> Emscher Mergel	<u>225 m</u> 130-150 m
BW Walsum Altfeld	Essen Schichten	-800 bis -880 m	<u>Gesamt</u> Tertiär Kreide Emscher / Bottrop Mergel	<u>370 m</u> 120 m 250 m 75 m
BW Walsum Binsheimer Feld	obere Bochum Schichten	-860 bis -919 m	<u>Gesamt</u> Tertiär Kreide	110 m 0-120 m

Die Bochum und Essen Schichten entsprechen den Anforderungen der Machbarkeitsstudie hinsichtlich des Tongehaltes. Der Tongehalt war in der Argumentation der Machbarkeitsstudie wichtig, da dieser relevant für eine hohe Sorption der Schwermetalle ist. Bei der Risikobetrachtung in Teil 1 war die Sorption nicht berücksichtigt worden.

Wie im Detailbericht 4 im Detail gezeigt wird, führt die Sorption bereits bei Fließlängen > 25 m, was bis auf eine Ausnahme der Fall ist, zu einer erheblichen Abnahme der Konzentration an Schwermetallen, wenn eine Grundwasserströmung nach Zusammenbruch der hydrochemischen Barriere das Röhrensystem erreicht.

## 10.2 Derzeitige und zukünftige Risiken durch die anorganischen Stoffe (Schwermetalle)

Im Folgenden wird zusammenfassend das aktuelle und zukünftige Risiko durch die BHV beschrieben. Die grundlegenden Prozesse der Freisetzung und Ausbreitung wurden in Teil 1 des Gutachtens erläutert.

### 10.2.1 Gefährdungspotential der anorganischen Stoffe (Detailbericht 3)

Die Tab. 19 zeigt zusammenfassend einen Überblick über die Gefährdungspotentiale in den drei BW mit BHV. Die größten Massen wurden im BW Walsum eingebracht.

Wie im Detailbericht 3 und in Kap. 2.1.1 dokumentiert, sind die relevanten Dokumente (Quartals- und Abschlussberichte mit Einzelanalysen und Herkunftsnachweisen) bei der BR Arnsberg und der RAG für die beiden BW Hugo/Consolidation und BW Walsum nicht mehr vollständig vorhanden, so dass auch die Bilanzzahlen im Detailbericht 3 von denen der BR Arnsberg abweichen, die auf der Grundlage des übergeordneten Berichtswesens der Bergämter und des LOBA erstellt wurde. Im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung werden deshalb die Angaben der BR Arnsberg verwendet.

Tab. 19: Überblick über die Gefährdungspotentiale

	BW Haus Aden		BW Hugo/Consolidation		BW Walsum	
	kg/t	Tonnen	kg/t***	Tonnen	kg/t***	Tonnen
<b>Abfall- und Reststoffe gesamt (t)</b>		167.766		477.228 ** 387.677***		437.341 ** 182.180***
<b>davon Filterstäube (HMVA, vollständiger Einschluss)</b>		62.289		147.307 ** 87.080***		355.064 ** 291.745***
<b>davon RAA-Schlämme</b>		105.477		k.A** 0***		k.A** 56.183***
<b>Zink</b>	21,2	1.321	10,1	1.488 <sup>+</sup>	13,7	4.864 <sup>+</sup>
<b>Blei</b>	6,5	403	3,8	560 <sup>+</sup>	4,3	1.527 <sup>+</sup>
<b>Cadmium</b>	0,31	19	0,27	40 <sup>+</sup>	0,25	89 <sup>+</sup>
<b>PCDD/F</b>		7,2 kg		33,8 kg		14,03 kg
<b>„Seveso Dioxin“</b>		122 g		573 g*		238 g*
<b>Anzahl BHV-Bereiche</b>		5		7		9

k.A. keine Angaben. Laut Abschlussbericht sind in dem BW Hugo/Consolidation keine RRA-Schlämme verbraucht worden

\* Schätzung, s. Tab. 14

\*\* Angabe BR Arnsberg (Abb. 6, Abb. 26)

\*\*\* Abschätzung LIH (Prof. [REDACTED] Detailbericht 3 anhand der noch vorliegenden Quartals- und Abschlussberichte

+ Abschätzung anhand der mittleren Gehalten und der verbrachten Mengen

## 10.2.2 Freisetzungspotential (Detailbericht 4)

**Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Ergebnisse aus Teil 1 des Gutachtens nach wie vor gültig sind.**

Neuere Ergebnisse aus Teil 2 sind:

- Es gibt keine Roll-Front Prozesse, bei denen durch Festlegung und Re-Mobilisierung noch höhere Konzentrationen als die der ursprünglichen Quellterme auftreten können.
- Durch die Sorption verringert sich bei den durchschnittlichen Fließwegen von der BHV zur nächsten Röhre die Konzentration auf ca. 1 bis 2 % des Quellterms bei Zink und auf ca. 4 bis 5 % des Quellterms bei Blei, ehe die Verdünnung durch das Grubenwasser wirksam wird. Dies war im Teil 1 bei der Risikobewertung noch nicht berücksichtigt worden.
- Unter Einbeziehung weiterer den pH-Wert beeinflussenden CSH Phasen (metallisches Eisen, Blei und Aluminium sowie Hämatit und Magnetit) liegt der pH-Wert am Beginn der Stofffreisetzung um ca. 0,1 pH-Einheiten geringfügig niedriger (ca. 10,0 statt 10,1 wie in Teil 1). Andererseits bleibt der pH-Wert eine geringfügig höhere Anzahl von Porenwasseraustauschen auf diesem Niveau. Der Aufbau und die Wirkungsweise einer hydrochemischen Barriere wird damit bestätigt.

## 10.2.3 Ausbreitungspotential (Detailbericht 5)

In Teil 1 wurde das Ausbreitungspotential unter folgenden Randbedingungen mit Hilfe von Grundwassermodellierungen abgeschätzt:

- Nur 10 % der Abfall- und Reststoffe treten in Reaktionskontakt mit dem Tiefengrundwasser und werden langfristig gelöst.
- Es gibt ein schnelles Fließsystem (das offene Röhrensystem) und ein wesentlich langsames Fließsystem (Durchströmung des Gebirges und der BHV). Die Durchlässigkeit in dem langsamen System ist ca. 1.000.000- bis 100.000.000-fach geringer als in dem schnellen Röhrensystem.
- Der Grubenwasserstand liegt – nach einer instationären Anfangsphase in den Grubengebäuden bei ca. -600 m NHN und das Gebirge ist (wieder) wassergesättigt.
- Das Fließsystem kann durch Störungen modifiziert werden: Je durchlässiger die Störungen sind, desto mehr verbreiten sich die gelösten Stoffe aus der BHV sehr langfristig im Tiefengrundwasser. Je geringer durchlässig die Störungen sind, desto bedeutsamer ist das Röhrensystem als Vorfluter und desto weniger verbreiten sich die gelösten Stoffe aus der BHV sehr langfristig im Tiefengrundwasser.

Daraus ergeben sich in einigen Jahrtausenden so geringe **Konzentrationserhöhungen** an Zink und Blei in der ZWH Haus Aden, die derzeit bei einem Monitoring nicht als zusätzliche Konzentrationen erkennbar wären (ungünstige Annahme: keine durchlässigen Störungen). Für andere Wasserhaltungen gelten vergleichbare Zeiträume der Freisetzung und Ausbreitung, da die eingebrachten Stoffe, das geologische Umfeld, die hydrochemischen Prozesse und die Entfernung zum Röhrensystem vergleichbar sind. Unterschiede gibt es nur bei den Grubenwassermengen in den Wasserhaltungen, die dann zu etwas anderen Verdünnungsverhältnissen führen können. Hierdurch ändert sich jedoch nicht die Risikoeinschätzung und die folgenden Aussagen.

In Teil 2 wurden die Modellierungen und Abschätzungen wiederholt unter Änderung der folgenden Randbedingungen:

- Der Durchlässigkeitsunterschied zwischen dem Röhrensystem und dem Gebirge beträgt nur noch Faktor 100. Dies entspricht einem Zustand in einer fernern Zukunft, wenn das Röhrensystem weitestgehend nicht mehr besteht. Allerdings ist aufgrund der eingebrachten Schotterschichten und Rohrtouren auch dann noch von einer etwas höheren Durchlässigkeit des Röhrensystems auszugehen.
- Der Grubenwasserstand liegt in einem weitgehenden Gleichgewichtszustand im Deckgebirge (sog. Hydraulischer Ausgleich) und es findet keine Wasserhaltung mehr statt. Es wird dann vom heutigen Zustand (Strömung in das Grundgebirge auf die offenen Grubenbaue zu) eine abweichende Potentialverteilung angenommen, die zu anderen Strömungsrichtungen führt. Dies wird zzt. noch abgestimmt.

Grundsätzlich sind für die ferne Zukunft hinsichtlich des Betriebs von zentralen Wasserhaltungen und der Existenz eines Röhrensystems zwei Szenarien denkbar.

### **Annahme 1: Es bestehen auch in der fernern Zukunft noch Zentrale Wasserhaltungen und ein offenes Röhrensystem**

Es ergeben sich folgende zukünftige **maximale Frachten** im Grubenwasser der ZWH Haus Aden unter der **Berücksichtigung der Sorption**. Die Zink- und Bleifrachten sind insgesamt im System ohne Störungen um den Faktor 2 größer als mit Störung. Bei der Annahme von hoch durchlässigen Störungen ist das Röhrensystem als Vorfluter weniger wichtig und die Belastungen verteilen sich sehr langsam und großräumig im Tiefengrundwasser:

- Maximaler Zinkpeak nach ca. **1.000 Jahren** = max. ca. 0,12 kg/a (entspricht ca. 0,002 % der sonstigen Zinkfracht des Grubenwassers bei einer unteren Konzentration des derzeitigen Grubenwassers von 40 µg/L Zink).
- Erster Bleipeak nach ca. **3.800 Jahren** = 2,5 kg/a (entspricht max. ca. 0,09 % der sonstigen Bleifracht des Grubenwassers bei einer Konzentration des derzeitigen Grubenwassers von 10 µg/L Blei).
- Maximaler Bleipeak innerhalb der Rechenzeit nach ca. **8.000 Jahren** = max. ca. 0,18 kg/a (entspricht max. ca. 0,13 % der sonstigen Bleifracht des Grubenwassers bei einer Konzentration des derzeitigen Grubenwassers von 10 µg/L Blei).

Da der Grubenwasseranstieg auf ca. -600 m NHN in den Grubenbauen begrenzt ist und das Grundwasser vor allem im darüber liegenden Turon, aber auch im Emscher Mergel hoch gespannt ist (Detailbericht 1), ist ein Aufsteigen von Tiefengrundwässern aus dem Bereich der BHV in die oberflächennahen „süßen“ Grundwasservorkommen (Chlorid < 1.000 mg/L) des Quartärs und des oberen Emscher Mergel aus hydraulischen Gründen ausgeschlossen. Dies gilt auch für das BW Walsum, wo das Grubenwasser auch noch deutlich unterhalb des Deckgebirges gehalten wird.

**Annahme 2: Es besteht in der fernen Zukunft keine Zentrale Wasserhaltung und es existiert kein offenes Röhrensystem mehr****in Bearbeitung**

Zur Erläuterung:

Die Bezugsgröße ist dann nicht mehr die jährliche Förderung in einer ZWH, sondern das Wasservolumen der dann noch offenen Strecken und sehr langfristig das Porenvolumen im Gebirge. Dieses Wasservolumen kann in der Größenordnung nur abgeschätzt werden.

Die sich nach einem hydraulischen Ausgleich einstellenden Potentialverteilungen und die sich dann ergebenden Fließrichtungen können nur im Gesamtkontext des gesamten Ruhrgebietes und des Münsterländer Beckens modelliert werden. Im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung soll über das bestehende Grundwasserströmungsmodell abgeschätzt werden, welche Mengen bei einer aufsteigenden Potentialverteilung aus dem Grundgebirge in die oberflächennahen Bereiche fließen könnten, auch wenn es für eine solche Potentialverteilung derzeit keine realistischen hydrogeologischen Systemvorstellungen gibt. Dies wird zzt. noch abgestimmt.

Hierbei werden die hohe Dichte des Tiefengrundwassers und die höhere Temperatur berücksichtigt.

**10.3 Derzeitige und zukünftige Risiken durch die anorganischen Stoffe**

Aufgrund der in Teil 1 und Teil 2 des Gutachtens dargestellten Potentiale der Gefährdung, der Freisetzung und der Ausbreitung besteht – bezogen auf heutige Bewertungsmaßstäbe – durch die BHV in den BW Haus Aden/Monopol, BW Hugo/Consolidation und BW Walsum kein Risiko für die Oberflächengewässer und das Grundwasser. Das bereits in Teil 1 des Gutachtens als vernachlässigbar eingestufte rechnerische Risiko für die Oberflächengewässer und das Grundwasser stellt sich – unter Berücksichtigung der Sorption – als nochmals erheblich verringert dar.

Wie bereits in Teil 1 ausführlich erläutert<sup>11</sup>, wurde das Konzept des Multibarrierensystems aus der Machbarkeitsstudie (Jäger et al. 1990) mit den heutigen Methoden und wesentlich weiterentwickelten Modellen (hydrochemische Modellierungen für das Freisetzungspotential und Grundwasserströmungsmodellierungen für das Ausbreitungspotential) überprüft und bestätigt. Das Prinzip des vollständigen Einschlusses, als Grundlage des damaligen behördlichen Handels, ist damit grundsätzlich geeignet, diese Abfall- und Reststoffe von der Rückkehr in die Biosphäre – selbst bei einer aktiven Grubenwasserhaltung, die nicht Teil des Multibarrierensystems in der Machbarkeitsstudie war – auszuschließen.

---

<sup>11</sup> Teil 1, Kapitel 18.4.4: Gesamtbewertung der damaligen Untersuchungen, Ergebnisse und der Kernaussagen/Grundannahmen zum „Barriere- und Langzeitsicherheitskonzept“

#### **10.4 Derzeitige und zukünftige Risiken durch die organischen Stoffe**

Durch die organischen Stoffe Dioxine und PAK bestehen keine Risiken, da diese Stoffe nur partikelgebunden transportiert werden. Ein partikelgebundener Transport ist aufgrund der geringen Durchlässigkeiten und Fließgeschwindigkeiten aus der BHV fast vollständig ausgeschlossen und in der Risikobewertung vernachlässigbar.

## **11 HANDLUNGSBEDARF UND WEITERES VORGEHEN BHV**

**in Bearbeitung**

## 12 AUSWIRKUNGEN AN DER TAGESOBERFLÄCHE: NEUERE ERGEBNISSE ZU DEN EINLEITUNGEN IN DEN KUHbach

In Teil 1 des Gutachtens wurde in Kap. 11 erwähnt, dass es für die erhöhten Fluoridgehalte im Kuhbach eine Vielzahl von Ursachen geben kann, die jedoch nicht weiter untersucht wurden.

Bei der Aktenrecherche bei der BR Arnsberg wurde die wasserrechtliche Erlaubnis vom 28.08.1986 zur Einleitung von Grubenwässern, häuslichen Abwässern und sonstigen Wässern in den Kuhbach ausgewertet. Hiernach durften an vier Einleitestellen insgesamt jährlich eingeleitet werden:

- ca. 100.000 m<sup>3</sup> der auf dem BW anfallenden Abwässer (z. B. Kauenwaschwasser)
- 30.000 m<sup>3</sup> Grubenwasser
- 11.400 m<sup>3</sup> Abspritzwasser
- 15.000 m<sup>3</sup> Kühlwasser / Betriebswasser
- ca. 33.000 m<sup>3</sup> Niederschlagswasser
- 1 m<sup>3</sup>/s Gaskondensat aus der Methangananlage

Es liegen auch einzelne Analysen von Grubenwasser aus den 80er Jahren vor, allerdings beschränken sich diese auf die Parameter Chlorid, pH-Wert (6,0 bis 8,5), absetzbare (max. 0,5 ml/L) und abflitrierbare Stoffe und den CSB oder KMNO<sub>4</sub>-Verbrauch. Weiterhin wurden auch PCB (6 Ballschmitter Kongenere) und UGILEC untersucht. Die aufgefundenen PCB-Konzentrationen lagen alle unter der BG von 0,01 µg/L. Über die Vorbereitung der Proben (Filtration etc.) liegen keine Angaben vor.

Grubenwasseranalysen in den 90er Jahren hatten zwar einen größeren Untersuchungsumfang, allerdings gehörte der Parameter Fluorid nicht dazu.

Aachen, im März 2018