

**GUTACHTEN ZUR PRÜFUNG MÖGLICHER UMWELTAUSWIRKUNGEN
DES EINSATZES VON ABFALL- UND RESTSTOFFEN ZUR BRUCH-
HOHLRAUMVERFÜLLUNG IN STEINKOHLENBERGWERKEN IN NORD-
RHEIN-WESTFALEN, TEIL 2**

Detailbericht 6:

Risikoanalyse PCB und weitere organische Stoffe

**LEK Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der
Kohle, RWTH Aachen University**

Prof. Dr. J. Schwarzbauer

ahu AG

Dr. M. Denneborg

Abgabe März 2018

Dieser Bericht ist Teil des Gutachtens:

Gutachten zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen, Teil 2

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. van Berk (TU Clausthal, Abtlg. Hydrogeologie)

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

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

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

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

Auftragsdatum: 16.07.2015

INHALTSVERZEICHNIS

0	VORBEMERKUNG	1
0.1	Aufbau des Gutachtens und der Detailberichte	1
0.2	Untersuchungsräume	3
1	DATENGRUNDLAGEN (AHU AG)	4
1.1	Überblick über die Recherchearbeiten	4
1.2	Aktenführung bei der Bergverwaltung	6
1.3	Aktenlage bei der BR Arnsberg	7
1.4	Aktenlage bei der RAG	9
1.5	Bergmännisches Risswerk	10
1.5.1	Risswerkrecherche in der Wasserprovinz Haus Aden zur Ermittlung möglicher PCB-Punktquellen	10
1.6	Sonstige Datenquellen	12
2	POTENTIELLER AUSTRAG VON PCB AUS STEINKOHLENBERGWERKEN (LEK)	13
2.1	Austrag über das Fördergut	13
2.2	Austrag über die Entsorgung	14
3	ENTSORGUNG VON ALTÖL UND PCB (AHU AG)	15
3.1	Einführung	15
3.2	Entsorgung von Fässern und sonstigen Transportbehältern	16
3.3	Entsorgung vor 11/1984	17
3.4	Umstellung auf PCB freie Hydraulikflüssigkeiten	18
3.5	Entsorgung 11/84 - 7/85	22
3.6	Entsorgung ab 7/1985: Altölstau	22
3.6.1	Gab es eine illegale PCB-Entsorgung?	26
3.7	Entsorgung ab 10/1985	27
3.7.1	Zentrale Altölsammelstellen	27
3.7.2	ZW Prosper	28
3.8	Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten ab 1990: Kügler Richtlinie	31
4	POTENTIELLE PCB VERTEILUNG UNTERTAGE (AHU AG)	34
5	ZUSAMMENFASSUNG AKTENRECHERCHE PCB (AHU AG)	37
6	BODEN UND WASSERUNTERSUCHUNGEN AUF PCB	38
6.1	Untersuchungsziele und Anforderungen der Probenahme (ahu AG)	38
6.1.1	Bodenproben	38
6.1.2	100 L-Wasserproben	39
6.2	Probenahme Wasser (ahu AG)	40

6.2.1	Filtration	40
6.2.2	Teileinzugsgebiet Haus Aden	41
6.2.3	Zollverein	42
6.3	Probenahmen Boden (ahu AG)	43
6.4	Ergebnisse	48
6.4.1	Ergebnisse der Bodenproben (ahu AG)	48
6.4.2	Ergebnisse der 100 L Wasserproben (LEK)	55
6.4.3	Validität der Laborergebnisse (LEK)	58
6.4.4	Plausibilität Faktor 5 (LEK)	58
6.5	Vorschläge für das weitere Vorgehen und das Monitoring (LEK)	60
7	ANAEROBES UND AEROBES ABBAUVERHALTEN VON PCB (LEK)	62
7.1	Allgemein	62
7.2	Anaerobes Abbauverhalten	63
7.3	Aerobes Abbauverhalten	64
	LITERATUR	65

ABBILDUNGEN:

Abb. 1:	Aufbau und Inhalt des Gutachtens (ahu AG). Hier Detailbericht 6.	1
Abb. 2:	Inhalte Berichtsbuch (Quelle: Staatsanwaltschaft Bochum 1989)	9
Abb. 3:	Sumpfstrecke im Bereich Haus Aden 4. Sohle (2609629 I 5721639)	11
Abb. 4:	Überblick über die Chronologie der Altölentsorgung (Quelle: RAG, ohne Datum, wahrscheinlich Ende 1980er Jahre)	15
Abb. 5:	Beispiel für die Entsorgung von Fässern im Saarland (Quelle: RAG)	16
Abb. 6:	Altölbilanz BW Heinrich Robert aus den Jahren 1980 – 1988 (Quelle: RAG)	17
Abb. 7:	Zeit- und Maßnahmenplan „PCB freie Grube“ der Bergbau AG Niederrhein (Quelle: RAG)	19
Abb. 8:	RAG-weite Umstellung Stand 31.12.1986 (Quelle: RAG)	21
Abb. 9:	RAG-weite Umstellung Stand 31.12.1988 (Quelle: RAG)	21
Abb. 10:	Beispiel für einen Abfallbegleitschein (09.06.1988, Quelle: RAG)	24
Abb. 11:	Beispiel für die quartalsweise Meldung der BAG Westfalen an das LOBA (Quelle: RAG)	25
Abb. 12:	Beispiel für die quartalsweise Meldung: Lagerbestand und Entsorgung in den Bergwerken (Quelle: RAG)	25

Abb. 13:	Beispiel für die quartalsweise Meldung: Lagerbestand und Entsorgung in den Kokereien (Quelle: RAG)	26
Abb. 14:	Bilanz ZW Prosper für das Jahr 1986 (Quelle: RAG)	29
Abb. 15:	Beispiel für die vierteljährliche Überwachung des Grubenwassers und des Kohlenwaschwassers (Quelle: RAG)	32
Abb. 16:	Auszug aus dem Jahresbericht 1987 zum Thema PCB/PCDM (Quelle: RAG)	33
Abb. 17:	Vor-Ort Filtration Haus Aden am 30.08.2017 (Quelle: ahu AG)	41
Abb. 18:	Filter unbeladen (links) und nach ca. 12 L Wasserdurchsatz (rechts) (Quelle: ahu AG)	41
Abb. 19:	Teileinzugsgebiete in der Wasserprovinz Zollverein	42
Abb. 20:	Homogenisierung einer Schlammprobe aus einem Absetzbecken (rechts im Bild, Punkt 10 in Abb. 23) auf AV (Quelle: RAG)	43
Abb. 21:	Werkstattbereich auf AV: keine Probenahme (Punkt 8, Abb. 23) (Quelle: RAG)	44
Abb. 22:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 4. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)	45
Abb. 23:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 5. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)	45
Abb. 24:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 6. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)	46
Abb. 25:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Prosper Haniel (Quelle: BR Arnsberg)	46
Abb. 26:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Haus Aden (Quelle: BR Arnsberg)	47
Abb. 27:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Zollverein (Quelle: BR Arnsberg)	47
Abb. 28:	Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Ibbenbüren (Quelle: BR Arnsberg)	48
Abb. 29:	Ionenspur 258 - PCB 28 und PCB 18 inklusive Wasserlöslichkeiten	59
Abb. 30:	Ionenspur 292 – PCB 52 und PCB 66 inklusive Wasserlöslichkeiten	60

TABELLEN:

Tab. 1:	Inhaltliche Schwerpunkte der Bearbeitung durch das Konsortium in den Detailberichten	2
Tab. 2:	Untersuchungsräume für die Detailberichte	3
Tab. 3:	Ausgewertete Unterlagen zu PCB in Teil 1 und 2 des Gutachtens	5
Tab. 4:	Ausgewertete Akten aus dem Zentralarchiv der RAG gemäß Schlagwortauswahl	5
Tab. 5:	Recherchetermine	6
Tab. 6:	Übersicht der untersuchten Bergwerke, Risse und Fundstellen möglicher PCB-Punktquellen	10
Tab. 7:	Gemeldeter Einsatz PCDM-belasteter Hydrauliköle in t (Quelle: RAG)	20
Tab. 8:	Ergebnisse der Bodenproben auf PCB ($\mu\text{g/kg}$) aus den BW	49
Tab. 9:	Ergebnisse der 100 L Wasserproben	55
Tab. 10:	KD-Werte	56
Tab. 11:	Verhältnis zwischen gelösten und Partikel gebundenen PCBs	56
Tab. 12:	Faktoren, die den biologischen Abbau von PCB im Boden beeinflussen (LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997))	63

DOKUMENTATION – NUR DIGITAL

Dok. 1:	Probenahmeprotokolle untertägige Probenahme PCB (LANUV, 94 Seiten)
Dok. 2:	Ergebnisse der Risswerkrecherche zu PCB-Punktquellen (IFM, 44 Seiten)
Dok. 3:	Inhaltsverzeichnisse der Betriebsakten BW Haus Aden Monopol (123 Seiten)

DOKUMENTATION

Dok. 4:	Gesprächsprotokoll zur Abstimmung der 100 L-Wasserprobe am 13.04.2017 (4 Seiten)
Dok. 5:	Bericht Untertägige Probenahme PCB (LANUV, 25 Seiten)
Dok. 6:	Analyseergebnisse PCB Proben untertage (LANUV, 4 Seiten)

0 VORBEMERKUNG

0.1 Aufbau des Gutachtens und der Detailberichte

Die Bearbeitung des „Gutachtens zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen, Teil 2“ erfolgt durch sechs Projektpartner, deren fachliche Schwerpunkte in der Abb. 1 dargestellt sind. Die Federführung hat die ahu AG.

Die einzelnen Projektpartner haben inhaltliche Schwerpunkte, die in der Abb. 1 im Überblick und in der folgenden Tabelle 1 genauer dargestellt sind, da diese z. T. über die in der Abb. 1 beschriebenen Inhalte hinausgehen.

Die Beschreibung und Erläuterung dieser Arbeitsergebnisse erfolgt in den sechs Detailberichten. Die für die integrierte System- und Risikoanalyse relevanten Grundlagen und Ergebnisse aus den Detailberichten werden – teilweise auch in verkürzter Form – in das Gutachten aufgenommen.

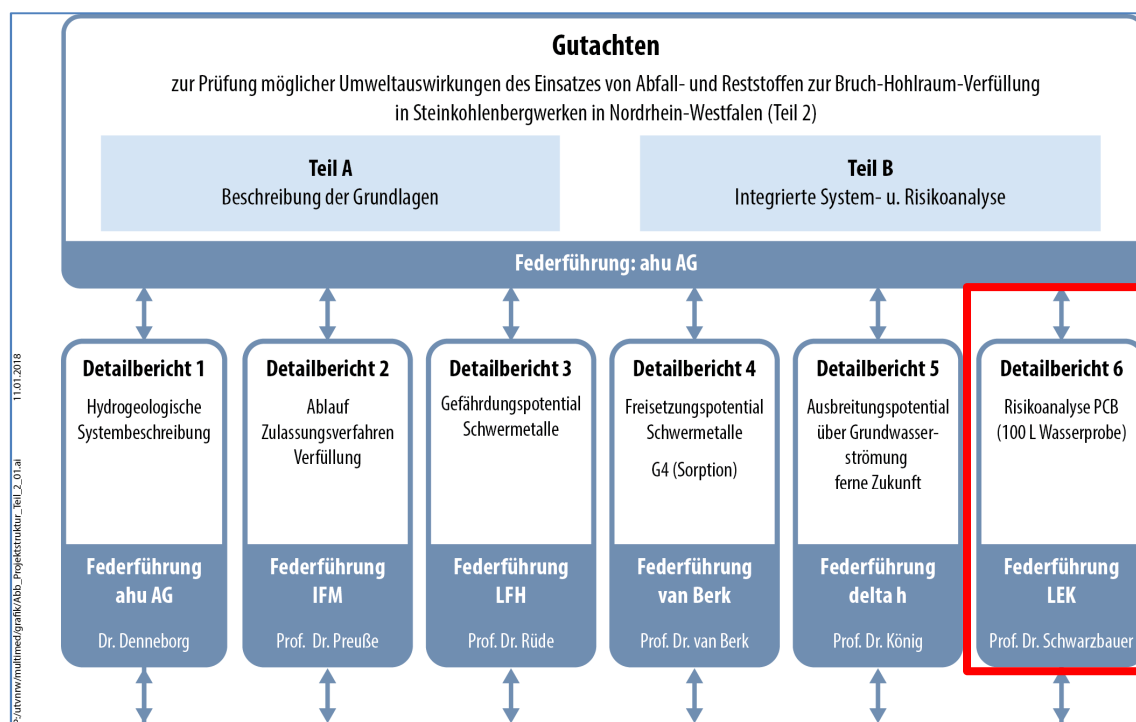


Abb. 1: Aufbau und Inhalt des Gutachtens (ahu AG). Hier Detailbericht 6.

Die Detailberichte wurden in enger Abstimmung der Gutachter erstellt, u. a. erfolgten auch Zuarbeiten untereinander.

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

Nr.	Detailbericht	Verantwortlicher Bearbeiter/ Projektleiter	Inhalte (Darstellung der Ergebnisse)
1	Hydrogeologische Systembeschreibung	Dr. Denneborg (ahu AG)	- Hydrogeologischer Aufbau BW Walsum und BW Hugo Consolidation - Übertragungskonzept/Bewertungsmatrix - Verhältnis geflutete/nicht geflutete PCB-Bereiche und Veränderungen bei höheren Grubenwasserständen (Gutachten) - Recherche oberirdische Altölentsorgung (Detailbericht 6) - Konzeption/Auswertung Untertägige PCB-Probenahme weitere BW (Detailbericht 6) - ggf. Anpassung der Risikoanalysen (Gutachten)
2	Ablauf des Zulassungsverfahrens, der Bruchhohlraumverfüllung und des Monitorings	Prof. Preuße (IFM) RWTH Aachen	- Abgrenzung BHV-Bereiche BW Walsum und BW Hugo Consolidation - Bewertung Arbeitskreise BW Walsum und BW Hugo Consolidation - Genehmigungsgrundlagen/Verfahrensablauf BW Walsum und BW Hugo Consolidation - Recherche PCB-Punktquellen (Infrastruktureinrichtungen) in Grubenrissen (Detailbericht 6)
3	Bilanzierung der Hydrogeochemischen anorganischen Gefährdungspotentiale	Prof. Rüde (LFH) RWTH Aachen	- Anorganische Gefährdungspotentiale BHV BW Walsum + BHV BW Hugo Consolidation - Auswertung der Störfälle - Gefährdungspotentiale Immissionsneutrale Verbringung - Übertragbarkeit der Aussagen zu Hydrochemie der Tiefengrundwasser und zur Verfestigung der BHV
4	Freisetzungspotential	Prof. van Berk	- Übertragbarkeit der Freisetzungspotentiale gemäß der Gefährdungspotentiale - Stoffverhalten auf dem Fließweg von der BHV zum Röhrensystem - Ergänzung PHREEQC-Modellierungen - ggf. Anpassung der Freisetzungspotentiale
5	Ausbreitungspotential	Prof. König (delta h)	- Modellierungen mit geänderten Randbedingungen zum Grubenwasserstand und der Durchlässigkeit des Röhrensystems - Übertragbarkeit der Ergebnisse
6	Risikoanalyse organische Stoffe	Prof. Schwarzbauer (LEK) RWTH Aachen	- Auswertung der 100 L-Proben - Auswertung untertägige Probenahmen - ggf. Anpassung der Risikoanalyse - Literaturstudie zum PCB-Abbau

Der vorliegende Bericht ist der Detailbericht 6 für den Teil 2 des Gutachtens.

0.2 Untersuchungsräume

Für die Bearbeitung des Gutachtens wurden je nach Fragestellung verschiedene Untersuchungsräume betrachtet, die nicht scharf abgegrenzt werden können. So beschäftigen sich die Detailberichte 4, 5 und 6 mit Fragen der Stofffreisetzung und Ausbreitung, die für viele BW relevant sind. Der Aufbau der Modelle erfolgte jedoch nur für das BW Haus Aden. Im Teil 2 des Gutachtens werden die Ergebnisse anhand einer Übertragungsmatrix auf die betreffenden BW übertragen.

Tab. 2: Untersuchungsräume für die Detailberichte

Nr	Detailbericht	Verantwortlicher Bearbeiter/ Projektleiter	Untersuchungsraum
1	Hydrogeologische Systembeschreibung	Dr. Denneborg (ahu AG)	Abbaufelder aller 11 betrachteter BW (inklusive Kuhbach)
2	Ablauf des Zulassungsverfahrens, der Bruchhohlraumverfüllung und des Monitorings	Prof. Preuße (IFM) RWTH Aachen	Abbaufelder BW Walsum und BW Hugo Consolidation Für die Recherche der potentiellen Punktquellen BW Haus Aden
3	Bilanzierung der Hydrogeochemischen anorganischen Gefährdungspotentiale	Prof. Rüde (LFH) RWTH Aachen	Abbaufelder BW Walsum und BW Hugo Consolidation
4	Freisetzungspotential	Prof. van Berk	BW Haus Aden (Weiterführung der hydrochemischen Modellierungen wie in Teil 1)
5	Ausbreitungspotential	Prof. König (delta h)	BW Haus Aden (Weiterführung der hydraulischen Modellierungen wie in Teil 1)
6	Risikoanalyse organische Stoffe	Prof. Schwarzbauer (LEK) RWTH Aachen	BW Haus Aden (100 L-Wasserprobe) BW Zollverein (100 L-Wasserprobe)

Der Detailbericht 6 wurde in enger Zusammenarbeit durch das LEK (Prof. Schwarzbauer) und die ahu AG (Herr Dr. Denneborg) erstellt. Die Federführung bei der Erstellung der Kapitel ist angegeben.

1 DATENGRUNDLAGEN (AHU AG)

1.1 Überblick über die Recherchearbeiten

Die Datenlage über den Einsatz, Austrag und vor allem den Verbleib der PCB unter Tage ist sehr begrenzt. Trotz einer sehr umfangreichen Datenrecherche seitens der Gutachter kann heute nicht mehr aufgeklärt werden, wo unter Tage in welcher Höhe PCB-Belastungen vorliegen. Zugänglich sind in der Wasserverein Haus Aden unter Tage nur noch vergleichsweise kurze Strecken (9,2 km).

Im Einzelnen wurden folgende Recherchen zum Thema „PCB und Ersatzstoffe“ durchgeführt. Eine Übersicht geben die Tab. 4 und Tab. 5.

Teil 1:

Es wurden die allgemeinen Akten ausgewertet, die für übergeordneten Vorgänge - wie die Erfassung und der Austausch der PCB-haltigen Hydrauliköle - beim damaligen LOBA (heute BR Arnsberg) geführt wurden.

Bei der RAG wurden 122 Akten ausgewertet, die noch im Bestand in Herne zur Verfügung standen. Ein Großteil der Akten befasste sich mit der BHV.

Teil 2:

Für den Teil 2 wurden bei der BR Arnsberg auch die bereits ausgelagerten Betriebsakten im Landesarchiv (beim Materialprüfungsamt Dortmund) ausgewertet, in den sämtliche sonstige Vorgänge in den BW ohne einheitliche Gliederung oder Zuordnung zu einem Aktenzeichen abgelegt wurden. Von den Betriebsakten sind für das BW Haus Aden/Monopol noch mehrere 100 Akten vorhanden. Hier wurden zunächst die Inhaltsverzeichnisse der Akten ausgewertet, um dann gezielt einzelne Akten und Vorgänge auszuwerten, die einen Bezug zu PCB und der Entsorgung von PCB haben.

Bei der RAG wurden aus dem Zentralarchiv mit ca. 80.000 Akten zunächst nach den Schlagworten PCB, HFD, Hydraulik, Nachweisbuch Altölbesitzer, Altöl, Entsorgung, Transformatoren, Kondensatoren, Betriebstagebücher, Werkstatttagebücher, zentrale Aufbereitung Fürst Hardenberg, Abfallbegleitscheine, § 3 Abs. 1, PCB-Verluste 372 Akten identifiziert, angefordert und ausgewertet.

Tab. 3: Ausgewertete Unterlagen zu PCB in Teil 1 und 2 des Gutachtens

		Art	Anzahl	Inhalte
BR Arnsberg	Teil 1			
		Obergruppe 13 13.31	Dok. 7**	Der Schwerpunkt liegt auf der Prüfung und Zulassung von Hydraulikflüssigkeiten zwischen 1968 – 1994.
		Obergruppe 55 55.15-15-7	Dok. 6**	zusammenfassende Auswertungen der Bergämter und des LOBA zum Austausch von PCB ab 1984 bis 1986.
	Teil 2			
		Betriebsakten bei MPA Dortmund	ca. 80	
RAG	Teil 1			
		Zu BHV und PCB	122	
	Teil 2			
		Ausgewählte Akten aus dem Zentralarchiv (Tab. 4).	372	
		Auswertung der Grubenrisse durch IFM*	ca. 1.250	

* Recherche Anzahl und Lage von Infrastruktureinrichtungen bei denen von einem hohen PCB-Einsatz ausgegangen werden kann in Grubenrisse BW Hansa (s. Detailbericht 1, Kap. 1.5).

** Dokumentation Teil 1 des Gutachtens

Tab. 4: Ausgewertete Akten aus dem Zentralarchiv der RAG gemäß Schlagwortauswahl

Schlagworte	Anzahl Akten
Entsorgung	170
Altöl	59
Hydraulik	32
Transformatoren	16

Schlagworte	Anzahl Akten
PCB	14
Betriebstagebücher	63
HFD	1
Abfallbegleitscheine § 3 Abs. 1	17

Tab. 5: Rechercheterminale

Datum	Ort	Gesichtete Unterlagen	Teilnehmer
31.01.2017	RAG, Herne	Akten Zentralarchiv Akten zur BHV Consol und Walsum Grubenrisse	ahu AG LFH IFM
08.02.2017	BR Arnsberg	Betriebsakten	ahu AG
14.02.2017	RAG, Herne	Betriebsakten	ahu AG
06.04.2017	BR Arnsberg	Betriebsakten	ahu AG, LFH
22.05.2017	RAG, Herne	Auswertung Gefährdungspotentiale und PCB-Akten	ahu AG

Im Folgenden werden die z. T. bereits vorhandenen Kapitel aus Teil 1 des Gutachtens um die neueren Informationen aus der Aktenrecherche in Teil 2 ergänzt.

1.2 Aktenführung bei der Bergverwaltung

Grundlage für das Anlegen und Führen von Akten bei der BR Arnsberg bildet der „Aktenplan des Landesoberbergamtes und der Bergämter des Landes Nordrhein-Westfalen“. Dieser wurde im Jahre 1967 durch das damalige Oberbergamt Dortmund eingeführt und ist – ständig fortgeschrieben – bis heute gültig. Er galt sowohl für die Bergämter als auch für das Landesoberbergamt NRW. Der Aktenplan umfasst einen Teil

- Allgemeine Akten (auch als Generalakten bezeichnet)
- Betriebsakten der einzelnen BW
- Alphabetisches Verzeichnis der Schachtanlagen und Betriebe

Eine digitale Erfassung und Verschlagwortung besteht nicht. Bei einer Recherche müssen die Akten immer händisch durchgesehen werden.

Während „Allgemeine Akten“ übergeordnete Regelungen, die nicht in unmittelbar betrieblichem Zusammenhang stehen, beinhalten (z. B. Zulassungen für

den untertägigen Einsatz eines bestimmten Stoffes bzw. Maschinen etc.) spiegeln „Betriebsakten“ betriebsbezogene Belange wider, für die Betriebspläne einzureichen sind. Die Betriebsakten sind mit einem Buchstaben gekennzeichnet, der für das betreffende BW steht (z. B. H für Haus Aden). Da viele der BW im Laufe der Zeit zusammengelegt wurden, sind dann auch die Akten der Vorläuferbergwerke zu berücksichtigen (z. B. M für Monopol, H Hansa etc.). Die Akten selbst wurden in der Verantwortung der einzelnen Bearbeiter geführt und sind nicht identisch aufgebaut. In der Regel sind die Akten auch nicht thematisch, sondern chronologisch geführt.

Bis zur Auflösung der Bergämter mit Ablauf des 31.12.2006 waren – bis auf wenige Ausnahmen – für das Betriebsplanverfahren die Bergämter zuständig, während für übergeordnete Belange das Landesoberbergamt NRW bzw. die Abteilung Bergbau u. Energie der BR Arnsberg Adressat war. Daraus resultiert, dass bis zum v. g. Zeitpunkt die „Betriebsakten“ i. d. R. bei den Bergämtern vorgehalten wurden, während sich die „Allgemeine Akten“ schwerpunktmäßig beim LOBA/Abteilung Bergbau und Energie der Bezirksregierung Arnsberg befanden.

So wurde die Bruchhohlraumverfüllung als ein übergeordneter Vorgang beim LOBA unter den Aktengruppen „2.17; Reststoffverwertung unter Tage“ bzw. „2.16; Abfallbeseitigung unter Tage“ begleitet. Im Zuge der Recherche wurden die entsprechenden Akten aus dem Staatsarchiv zurückgeholt.

Trotz der einheitlichen Struktur des Aktenplans wurden – je nach Aufgabenschwerpunkten – beim LOBA und den Bergämtern gerade bei den „Allgemeinen Akten“ oft nur die Obergruppe von Akten genutzt. Deshalb können Akten, die den gleichen Sachverhalt betreffen, beim LOBA und den Bergämtern unter unterschiedlichen Aktenzeichen geführt werden.

Seit 1988 wurde die Zahl der Bergämter in NRW von 12 auf 5 zum Zeitpunkt der Integration der Bergämter in die Bezirksregierung Arnsberg zum 01.01.2007 reduziert. In diesem Zusammenhang wurden in Anbetracht der begrenzten Kapazitäten Akten vernichtet (Schriftgutaussonderung, s. Dokumentation im Gesamtgutachten). Nach den damals geltenden Registratur- und Geschäftsordnungen wurden im Regelfall nicht dauerhaft aufzubewahrende Akten nach 10 Jahren ausgesondert und in Absprache mit dem Staatsarchiv vernichtet. Dies betraf als unkritisch angesehene Sachgebiete, insbesondere für Akten stillgelegter Schachtanlagen. Hierunter fielen die meisten Vorgänge über technische Betriebsabläufe unter Tage wie z. B. auch die Akten über die immissionsneutrale Verbringung von Abfällen.

1.3 Aktenlage bei der BR Arnsberg

In dem Aktenplan von 1967 gibt es keine eigenständige Aktengruppe PCB. Die entsprechenden Vorgänge wurden anderen Vorgängen chronologisch nach Eingang zugeordnet. Dadurch können Informationen zum Thema PCB sowohl beim LOBA als auch bei den Bergämtern unter verschiedenen Obergruppen abgelegt sein, wie zum Beispiel:

Obergruppe 01 Rechtsangelegenheiten (Dezernat 65)
Obergruppe 12 Arbeits- und Gesundheitsschutz (Dezernat 62)

Obergruppe 13 Maschinen und maschinelle Anlagen (Dezernat 62)

Obergruppe 42 Wasserwirtschaft (Dezernat 61)

Obergruppe 55 Ordnung der Oberflächennutzung (Dezernat 61)

Obergruppe 91Sitzungen..... (übergreifend)

Unter diesen Obergruppen wurden vor allem zwei Aktengruppen als wesentliche Informationsquelle für die Gutachten für den Einsatz und Verbleib von PCB unter Tage identifiziert:

- **Vorgang 55.15-15-7** „Entsorgung von Altöl und Hydraulikflüssigkeiten“. Hier wurden v. a. zusammenfassende Auswertungen der Bergämter und des LOBA zum Austausch von PCB ab 1984 bis 1986 archiviert. Sog. Primärdaten, also Aufzeichnungen aus den Bergwerken selbst, sind hier so gut wie nicht vorhanden. Diese wurden mit den Betriebsakten vernichtet. Ebenso fehlen Unterlagen aus den Jahren vor 1984. Der Aktenbestand wurde von der ahu AG digitalisiert (s. Dokumentation im Gesamtgutachten).
- **Vorgang 13.31** „Prüfung von Hydraulikflüssigkeiten“ umfasst die Jahre 1968 – 1994. Der Schwerpunkt liegt auf der Prüfung und Zulassung von Hydraulikflüssigkeiten. Es finden sich auch viele doppelt abgelegte Vorgänge aus 55.15-15-7 (s. Dokumentation im Gesamtgutachten).

In den übrigen Obergruppen der Allgemeinen Akten und in den Betriebsakten, die mehrere hundert Akten umfassen verteilt auf die Standorte Staatsarchiv in Münster und Archiv der BR Arnsberg in Dortmund, ist die Recherche nach Hinweisen auf den Einsatz und Verbleib von PCB insoweit abgeschlossen, wie darin entsprechende Hinweise vermutet wurden.

Im Rahmen der Recherche in Teil 2 der Betriebsakten wurden zunächst die Inhaltsverzeichnisse der infrage kommenden BW ausgewertet. Hierbei handelte es sich zunächst um ca. 300 Akten, die nicht in der BR Arnsberg in Dortmund, sondern im Materialprüfungsamt lagern (Dokumentation 3). Es wurden zunächst die Inhaltsverzeichnisse der zum BW Haus Aden und dem BW Monopol gehörenden Akten ausgewertet.

In einem zweiten Schritt wurden die Akten, die innerhalb der PCB-Zeit (1962 – 1990) stammen gezielt betrachtet, ob und wo es Hinweise aus dem Inhaltsverzeichnis gab. Hierdurch reduzierte sich die Aktenanzahl auf 6 Akten. Diese Akten wurden dann bei der BR Arnsberg eingesehen und ausgewertet.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass sich hierdurch keine neuen Erkenntnisse über den Einsatz und den Verbleib von PCB – sowohl untertägig als auch übertägig – ergeben haben.

Es wurden jedoch Hinweise (wasserrechtliche Erlaubnis) auf die jährliche **Ableitung von ca. 150.000 m³ belasteter Wässer in den Kuhbach** gefunden, die bei Hochwasser auch auf die landwirtschaftlichen Flächen hätten übertreten können und damit auch eine Belastungsquelle für die aufgefundenen „Auffälligkeiten“ hätten sein können (s. Kap. 11 im Gutachten Teil 2).

1.4 Aktenlage bei der RAG

Die RAG wurde 1969 gegründet. Von den damals 52 BW im Ruhrgebiet wurden bis auf Prosper Haniel alle BW bis Anfang 2016 stillgelegt. Die übertägigen Gebäude wurden alle geräumt/abgerissen.

Verfahrensvorgaben, wie bei derartigen Stilllegungen und vor allem wie mit dem das Bergwerk betreffenden Aktenwerk umzugehen ist, bestehen in Form einer Unternehmensrichtlinie erst seit April 2000. Zuvor lag die Aktenarchivierung im Entscheidungsbereich der jeweiligen Werksleitung. Die Aufbewahrungsfristen für einzelne Unterlagen seitens des Unternehmens beträgt maximal 10 Jahre (außer Grubenrisse). Üblicherweise wurden Dokumente, bei denen die in aller Regel 10-jährige Aufbewahrungspflicht abgelaufen war, vernichtet. Eine Einbringung kompletter Bergwerksarchive in das Zentralarchiv hat es nicht gegeben. Die heute noch bestehenden Akten wurden alle verschlagwortet und sind digital erfasst und können so aus dem Zentralarchiv auf dem BW Pluto herausgesucht werden (ca. 80.000 Akten).

Unterlagen aus den 1970er und 1980er Jahren sind daher allenfalls noch dann vorhanden, wenn sie als „betriebswesentlich“ eingeschätzt wurden. Listen mit Aufzeichnungen über bergwerks- oder unternehmensbezogenen Verbrauch von PCB existieren nicht, weil PCB erst ab ca. 1983 in den Fokus der Betrachtung rückte und da in aller Regel die Aufbewahrungsfristen für diesbezügliche Unterlagen bereits seit Jahrzehnten abgelaufen sind. Ähnliches gilt für die Berichtsbücher oder Reparaturtagebücher von Maschinen, die in der Regel mit der Verschrottung der Maschinen vernichtet wurden (Abb. 2).

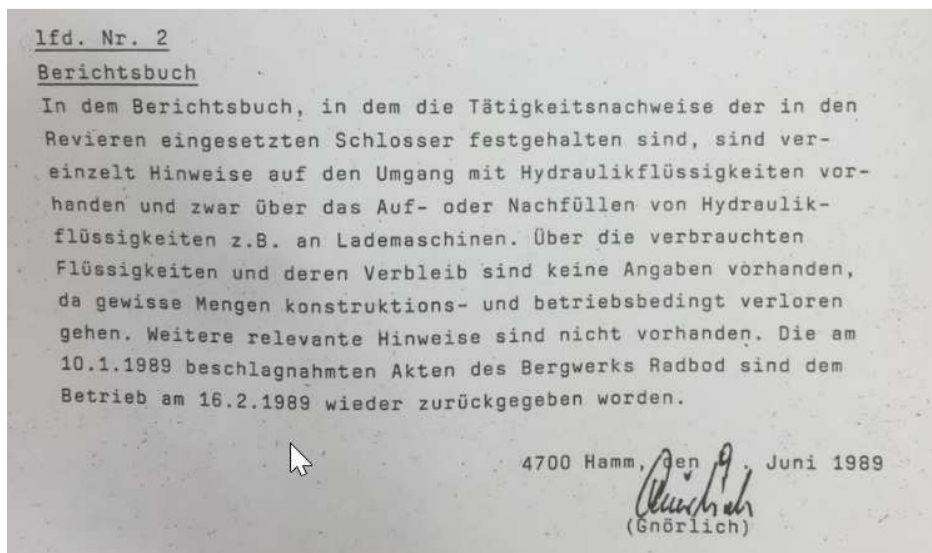


Abb. 2: Inhalte Berichtsbuch (Quelle: Staatsanwaltschaft Bochum 1989)

1.5 Bergmännisches Risswerk

Die Risswerke werden dauerhaft bei der BR Arnsberg aufbewahrt.

Das Risswerk nach § 63 BBergG (vorliegend bei der Bezirksregierung Arnsberg) enthält im Wesentlichen die Lage der Grubenbaue ohne die Art der Nutzung.

Die RAG wurde 1969 gegründet. Aus vorherigen Zeiten liegen keine digital auswertbaren Daten vor. Die betrieblichen Risse (teilweise noch vorliegend bei der RAG) enthalten teilweise auch die Funktion der Grubengebäude¹.

Im Bereich der Wasserprovinz Haus Aden wurde anhand einer Risswerkrecherche die Möglichkeit von PCB-Punktquellen untersucht. Potenzielle PCB-Punktquellen sind Orte im Grubengebäude, an denen eine erhöhte Konzentration von PCB-Quellen möglich ist. Daher wurde in den Grubenrissen im Bereich der Wasserprovinz Haus Aden nach lokalen Grubenbauen wie Werkstätten, Lokschuppen, Lagern für Hydraulikflüssigkeiten und Sumpfstrecken gesucht und etwaige Fundstellen dokumentiert.

1.5.1 Risswerkrecherche in der Wasserprovinz Haus Aden zur Ermittlung möglicher PCB-Punktquellen

In der Recherche wurden insgesamt sieben Bergwerke der Wasserprovinz Haus Aden untersucht. Dies sind die ehemaligen Bergwerke Haus Aden, Haus Aden/Monopol, Grimberg 1/2, Grimberg 3/4, Hansa, Grillo und Heinrich Robert. Die oben benannten lokalen Grubenbaue lassen sich vor allem anhand der Sohlenrisse ermitteln. Daher wurden bei der Recherche im Bereich der sieben Bergwerke insgesamt 128 Sohlenrisse mit 1.236 Rissblättern untersucht. Eine Übersicht ist der Tab. 6 entnommen. Eine Übersicht über die genaue Bezeichnung und Anzahl der Sohlenrisse und Rissblätter ist der Dok. 2 zu entnehmen.

Tab. 6: Übersicht der untersuchten Bergwerke, Risse und Fundstellen möglicher PCB-Punktquellen

Bergwerk	Fundstellen	Sohlenrisse	Sohlenrissblätter	Gewinnungsrissblätter (stichprobenartig)
Haus Aden	5	16	123	20
Haus Aden/Monopol	7	24	123	
Grimberg 1/2	3	15	173	
Grimberg 3/4	4	4	38	
Hansa	6	17	205	34
Grillo	5	22	252	
Heinrich Robert	2	30	322	
Ergebnis	32	128	1236	54

¹ Gemäß der Markscheiderverordnung 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.

Bei der Recherche der 1.236 Rissblätter wurden insgesamt 32 mögliche PCB-Punktquellen identifiziert. Im Bergwerk Haus Aden wurden 16 Sohlenrisse mit 123 Rissblättern untersucht und 5 Fundstellen ermittelt. Im Bereich des Bergwerks Haus Aden/Monopol wurden 24 Sohlenrisse mit insgesamt 123 Rissblättern analysiert, und es konnten 7 Fundstellen aufgefunden werden. Bei den Bergwerken Grimberg 1/2 und Grimberg 3/4 wurden 15 bzw. 4 Sohlenrisse untersucht mit 173 bzw. 38 Rissblättern; es wurden 3 bzw. 4 Fundstellen ermittelt. Das Bergwerk Hansa umfasste 17 Sohlenrisse mit 205 Rissblättern; es wurden 6 Fundstellen ermittelt. Bei dem Bergwerk Grillo waren es 22 Sohlenrisse mit 252 Rissblätter und 5 Fundstellen. Abschließend wurde das Bergwerk Heinrich Robert analysiert mit 30 Sohlenrissen, 322 Rissblättern und 2 Fundstellen. Bei den Fundstellen handelt sich überwiegend um Sumpfstrecken, Traforäume und Werkstätten, eine genaue bergwerksspezifische Übersicht kann der Anlage 1 entnommen werden. Die gefundenen möglichen PCB-Punktquellen sind mit Lage und bildlicher Form dokumentiert, beispielhaft sei hier eine Sumpfstrecke im Bereich Haus Aden auf der 4. Sohle gezeigt (Abb. 3). Eine Übersicht über die bildliche Dokumentation der möglichen PCB-Punktquellen ist der Dokumentation 4 zu entnehmen.

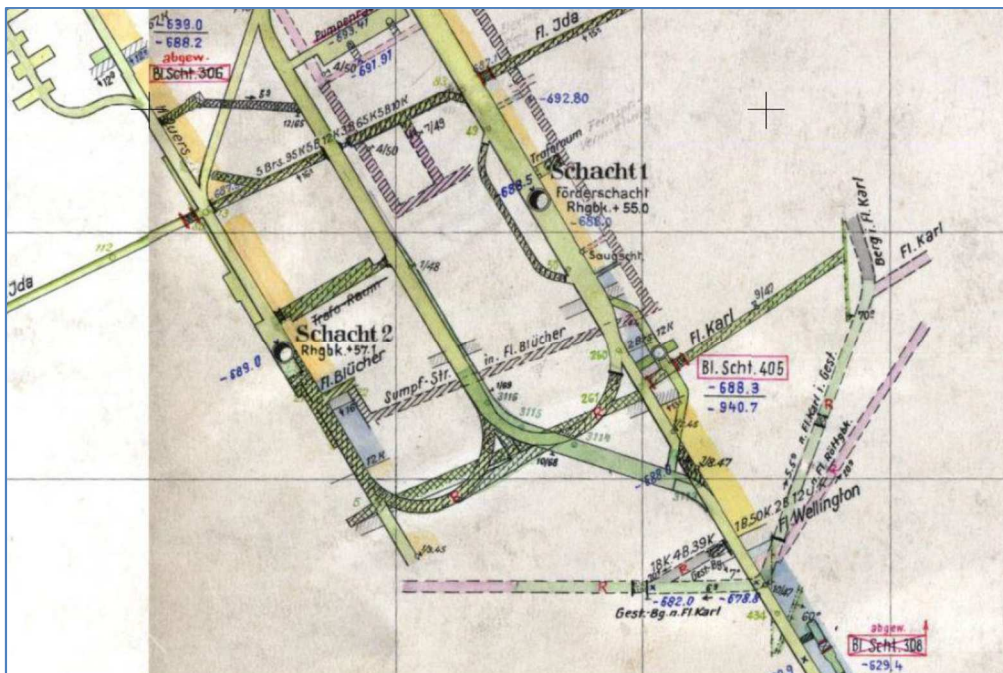


Abb. 3: Sumpfstrecke im Bereich Haus Aden 4. Sohle (2609629 | 5721639)

Bei der Recherche wurden zusätzlich stichprobenartig Gewinnungsrisse untersucht, um deren Relevanz einzuordnen. Aus den untersuchten 54 Rissblättern konnten keine Informationen hinsichtlich möglicher PCB-Punktquellen gewonnen werden, sodass eine genauere Untersuchung von Gewinnungsrissen nicht als notwendig erachtet wurde.

Die geringe Gesamtanzahl der gefundenen möglichen PCB-Punktquellen – 32 Fundstellen – im Vergleich zu der Anzahl der untersuchten Sohlen – 128 Sohlenrisse – führt zu dem Schluss, dass die Dokumentation spezieller Nutzungen

von Grubenbauen nicht einheitlich und gesamtheitlich betrieben wurde, wobei anzumerken ist, dass dies laut Markscheider-Bergverordnung auch nicht erforderlich ist. Das Verhältnis von einer Fundstelle zu vier untersuchten Sohlenrissen lässt eine Verallgemeinerung der Bestimmung von möglichen PCB-Punktquellen nicht zu. Die Gesamtzahl der Fundstellen pro Bergwerk variiert zwischen zwei und sieben. Als Beispiel ist zu nennen, dass es auf jeder Sohle theoretisch einen Lokschruppen geben sollte, aber insgesamt nur 10 Lokschruppen und/oder Maschinenkammern gefunden wurden.

Auf dieser Basis ist es nur möglich, das Risswerk als zusätzliche Informationsquelle bezüglich möglicher PCB-Punktquellen zu nutzen; eine zielgerichtete und ganzheitliche Analyse ist allein unter Nutzung des Risswerks nicht möglich.

1.6 Sonstige Datenquellen

Es wurden noch weitere Datenquellen ausgewertet, die möglicherweise Hinweise auf den untertägigen Verbleib oder die Entsorgung von PCB geben können.

- Zulassungen (i.d.R. Sonderbetriebspläne) aller eingesetzten Betriebsmittel und Betriebsstoffe (u. a. PCB haltige Öle) gemäß Aktenvorgängen AZ: 13.31. Die Zulassungen ergeben keine Informationen hinsichtlich potentieller untertägiger PCB-Emittenten.
- Entsorgungsnachweise (Kreislaufwirtschaftsgesetz) für Altöle (Beispiel Abb. 25). PCB-haltige Öle wurden jedoch erst ab 1984 separat erfasst. Die Entsorgungsnachweise ergeben keine Informationen hinsichtlich potentieller PCB-Emittenten.
- Internes Umweltmanagementhandbuch (RAG): Verfahrensanweisungen zum Umgang mit Betriebsmittel; jedoch keine Hinweise auf potentiellen PCB-Emittenten.
- Betriebsbücher wurden nur in den Bergwerken an der Saar geführt.

2 POTENTIELLER AUSTRAG VON PCB AUS STEINKOHBENBERGWERKEN (LEK)

2.1 Austrag über das Fördergut

In der Bundesrepublik Deutschland wurden PCB-haltige Hydraulikflüssigkeiten unter Tage überwiegend in Walzenschrämladern, aber auch in hydrostatischen Seilbahnantrieben und Getrieben von Gleisloffahrzeugen und besonders in hydrodynamischen Kupplungen in geschlossenen Systemen verwendet (Mierheim 1983). Streng genommen erfolgte die Anwendung jedoch nicht in einem geschlossenen System, da die eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten unter Tage verbraucht und somit freigesetzt wurden. Nach einer Mitteilung des Gesamtverbandes Deutscher Steinkohlenbergbau an das Institut für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene (1982) verblieb der weitaus größte Teil der HFD-Flüssigkeiten – als Verluste – unter Tage. Die Verluste traten laut Mitteilung bei nicht vorhersehbaren Schlauchbrüchen bzw. thermischen Überlastungen auf. Gemäß einem Aktenvermerk des Landesoberbergamts aus 1984 (s. Dokumentation im Gesamtgutachten) wurde unter Verlusten verstanden: „*Leckagen, Undichtigkeiten, Abspritzen der Strömungskupplungen bei Überlast und untertage Reparaturen*“. Die häufigste Ursache von Verlusten waren Schlauchrisse² von Abbaugeräten. Bei einem Schlauchriss in einem Walzenschrämlader musste mit einem Verlust von ca. 400 L PCB-haltiger Hydraulikflüssigkeit gerechnet werden (Mierheim 1983). Eine Übersicht über die Maschinentypen mit höchsten Verlusten ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Angaben für die Anzahl der Kupplungen und Seilbahnmaschinen gilt wahrscheinlich nur für den Erhebungszeitraum 1984.

Es ist davon auszugehen, dass der Hydraulikölverlust sowohl in Gestein als auch Kohlen gelangte und die anhaftenden PCB-haltigen Ölrückstände deshalb auch über Fördergut (Kohlen, Berge), Grubenwässer (partikuläres Material) und Bewetterungsanlagen (Stäube) teilweise ausgetragen wurde. Für den Austrag von PCB aus Bergwerken über Kohlen und Berge gibt es mehrere Hinweise:

- 1986 wurden beim Bergwerk Walsum Auffälligkeiten in der Kohlewäsche festgestellt und Proben auf PCB untersucht. Hierbei wurden in den Kohlen keine PCB nachgewiesen (NWG < 40 µg/kg). In den Flotationsschlämmen fanden sich 1 bis 3 mg/kg und im Flotationswasser, 0,5 bis 13 µg/L (Auswertung Akten BR Arnsberg, Bd. 3, Seite 60, 05.03.1986, Labor Claytex).
- In 2 Analysen des Kohlenwaschwassers auf 10 BW wurde in 1986 kein PCB/PCDM festgestellt (Bestimmungsgrenze 0,01 µg/L). Allerdings wurden im Grubenwasser auf BW Lohberg, Schächte Rheinpreussen 4 und 9 PCB festgestellt (Angabe in µg/L).
- In den feinkörnigen Abgängen bei den Kohlewäschen wurden 1986 bis zu 10 mg/kg PCB/PCDM festgestellt.

² Am 16.09.1985 teilte die RAG den BW mit, dass (endlich) die Entwicklung eines neuen druckbeständigeren Schlauches für Seilbahnmaschinen abgeschlossen war und dieser – nach Freigabe durch das LOBA – eingesetzt werden könne.

- Mitteilung des Gesamtverbandes des Deutschen Steinkohlenbergbaus an das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene aus dem Jahr 1982.

Eine genaue Quantifizierung dieser Austräge ist nicht möglich. Eine Abschätzung des Austrages PCB-haltiger Betriebsmittel über das Fördergut aus der Wasserprovinz Haus Aden wurde in Abschnitt 8.3.2.1 des Gutachtens Teil 1 vorgenommen.

In der Antwort auf eine kleine Anfrage stellt die Bundesregierung am 18.01.195 fest *“Es hat sich ergeben, dass der allergrößte Teil der im Untertagebergbau freigesetzten Mengen in den Bereichen der Bergwerke verbleibt, in denen die Kohle abgebaut ist und die demnach unzugänglich sind. Ein großes Gefahrenpotential ist demnach nicht gegeben“.*

2.2 Austrag über die Entsorgung

Wenn PCB-haltige Hydraulikflüssigkeit vor Mitte der 1980er Jahre separat erfasst wurde, geschah dies häufig, weil diese synthetischen Hydraulikflüssigkeiten sehr teuer waren und aufbereitet werden konnten. Die synthetischen PCB-haltigen Öle wurden teilweise über Tage aufbereitet (Bergmannsglück/Westerholt, Gelsenkirchen). Die PCB-Schlämme aus der Reinigung (ca. 1 t/a) wurden teilweise als Altöl abgegeben und auch deponiert (Besprechung LOBA, 13.09.1985, s. Dokumentation im Gesamtgutachten).

Für 1983 ist vom LOBA erstmalig eine PCB-Bilanz für Nordrhein-Westfalen dokumentiert: Demnach wurden 1983 1.174,5 t PCB-haltige Hydraulikflüssigkeiten im Steinkohlenbergbau eingesetzt. Davon wurde ca. 85 % unter Tage „verbraucht“, rund 10 % in Filteranlagen gereinigt und wiederverwendet und etwa 5 % planmäßig entsorgt (Verfügung LOBA vom 28.09.1984, Dok. 8, Teil 1 des Gutachtens).

Bei der entsorgten Menge handelt es sich um Filtrerrückstände, um wasserfreie synthetische Hydraulikflüssigkeiten, die bei übertägigen Reparaturen anfallen und nicht mehr regeneriert werden konnten, sowie um wasserfreie synthetische Hydraulikflüssigkeiten, die in Maschinen und Geräten im Rahmen von Reparaturaufträgen an Fremdfirmen mitabgegeben wurden (Deutscher Bundestag 1984).

Mierheim (1983) gibt für 1983 eine Reinigungs- und Wiederverwendungsrate von rund 3 % an. Für die Wasserprovinz Haus Aden sind keine getrennten Zahlen verfügbar. Für den Zeitraum vor 1983 gibt es keine Informationen über entsorgte bzw. wiederverwendete Mengen PCB-haltiger Hydraulikflüssigkeiten. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Anteile unter den für 1983 angegebenen Daten liegen.

3 ENTSORGUNG VON ALTÖL UND PCB (AHU AG)

3.1 Einführung

Dieses Kapitel war bereits in Teil 1 des Gutachtens enthalten. Auf Grundlage der zusätzlichen Recherche im Zentralarchiv der RAG und den Betriebsakten bei der BR Arnsberg wurden die Ergebnisse ergänzt.

Ziel der Recherchen und der folgenden Beschreibung ist es die generellen Abläufe zu rekonstruieren. Es war auf Grund der lückenhaften Datenlage nicht möglich „Entsorgungsbilanzen“ geschweige denn vollständige Entsorgungsbilanzen für Altöle und PCB-haltige Altöle aufzustellen. Der Hauptgrund liegt darin, dass bis ungefähr Mitte der 1980er Jahre PCB nicht gesondert erfasst und geregelt entsorgt (Schreiben der Staatsanwaltschaft Bochum vom 19.08.92). Die PCB wurden zusammen mit den anderen im Bergbau verwendeten Ölen (die einen viel größeren Anteil als die PCB ausmachten) in den Altölmarkt gemäß AltölG eingeschleust.

In drei staatsanwaltschaftlichen Verfahren zwischen 1985 und 1988 wurde der Verdacht auf illegale Entsorgung PCB-belasteter Öle untersucht. Alle Verfahren wurden später ergebnislos eingestellt.

Auch aus diesem Grund wurde die Altölentsorgung in den Jahren 1984 bis 1990 auf mehrfach umstrukturiert. Einen Überblick über die Chronologie der Altölentsorgung gibt die Abb. 4.

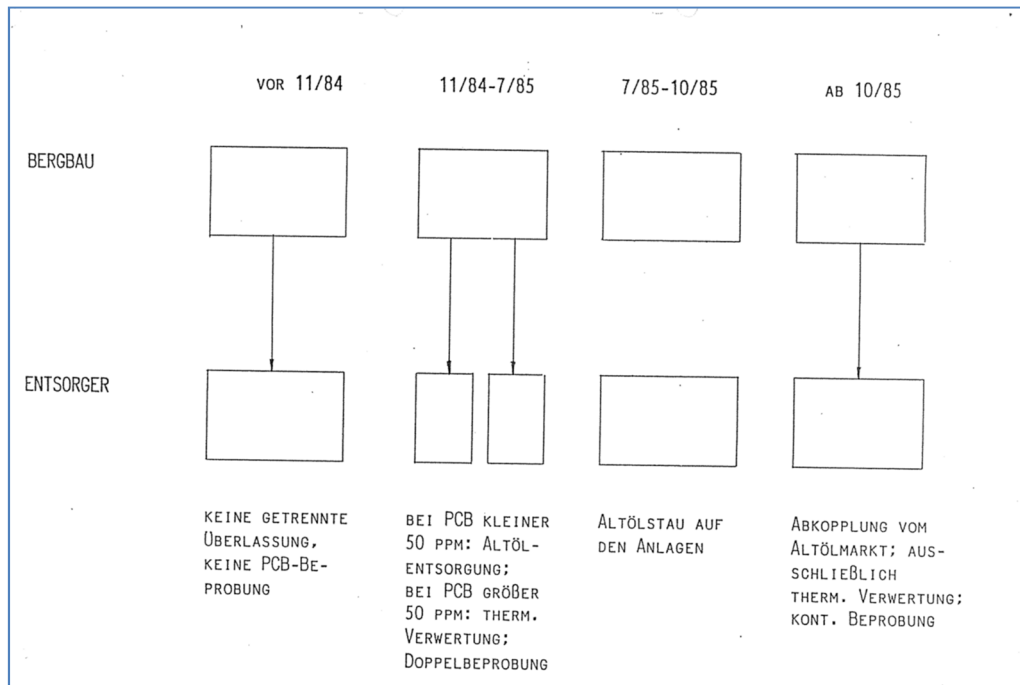


Abb. 4: Überblick über die Chronologie der Altölentsorgung (Quelle: RAG, ohne Datum, wahrscheinlich Ende 1980er Jahre)

3.2 Entsorgung von Fässern und sonstigen Transportbehältern

In einem Ordner (T-WGÜ Leerfässer Bevedan/Bevedol) wurden zahlreiche Lieferscheine für den Rücktransport und die Entsorgung restentleerter Fässer des Zweikomponenten-Gebirgsverfestiger Bevedan/Bevedol aus den Jahren 1981 bis 1996 aus dem BW Warndt im Saarland gefunden (Abb. 5).

Dies zeigt den ordnungsgemäßen Umgang mit Fässern und sonstigen Transportbehältern mit anderen grundwassergefährdenden Flüssigkeiten im Saarland.

Dies ist kein Beleg für einen vergleichbaren Umgang mit PCB-haltigen Flüssigkeiten und nicht restentleerten Fässern und Gebinden im Ruhrrevier, da diesbezügliche Akten nicht gefunden wurden. Es gibt dennoch einen Eindruck, wie bei der RAG mit dieser Thematik umgegangen wurde.

FASS-REKONDITIONIERUNG
— Export — Faß-Großhandlung — Import —

Resch + SÖHNE
offene Handelsgesellschaft

G. Resch & Söhne o.H.G. • Postfach 1649 • 5840 Schwerte

Saarbergwerke AG
Hausverwaltung
A-PWH/Poststelle
Postfach 1030
6600 Saarbrücken
Eing.: 05. DEZ. 1991
an V-BBL

RAI
QUETEZEICHEN
MITGLIED IN DER
GUTSGENESSCHAFT INDUSTRIELLER
REKONDITIONIERER VON
STAHLKÜHLMASCHINEN E.V.

Fernruf (02304) 4991
Telex 8229609 re d
Telefax (02304) 44736
Bahnhofskasse Schwerte/Ruhr, Anschlußgleis
Stadtparkasse Schwerte, Konto 2642
BLZ 44152490
Volksbank Schwerte aG, Konto 450300
BLZ 44162460
Commerzbank AG, Schwerte, Konto 2413425
BLZ 44040037
Postgriem Dortmund 5165-466
BLZ 44010046
Postfach 1649 • Schützenstraße 73—85
5840 Schwerte/Ruhr

04.12.1991

Sie empfangen aufgrund unserer Ihnen bekannten Geschäftsbedingungen am

Rechnung Nr. 3632L

Lieferschein Nr. 0

04.12.1991

	Einzelpreis	Gesamtpreis
136 Stück gebr. Fässer, ca. 200 l Inhalt	DM	DM
Kosten für die Beseitigung der Füllgutreste	5.50	748.00
Anlieferung per LKW von Grube Warndt		
lt. Lieferschein-Nr. 230443		
lt. Bestellung Nr. 373/45174970 vom 25.11.1991		
		104.72
		852.72

Zahlbar netto Kasse bis zum 18.12.1991

14 % MwSt

Abb. 5: Beispiel für die Entsorgung von Fässern im Saarland (Quelle: RAG)

3.3 Entsorgung vor 11/1984

Die Altölentsorgung (Ölschlämme und Altöl) wurden gemäß des Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG vom 05.01.77), der Abfallnachweisverordnung (Abf-NachwV vom 02.06.1978) und dem Altölgesetz (vom 23.12.1968) vorgenommen (Schreiben der WD Heinrich Robert an das BA Hamm, 25.02.1985). Die Entsorgung der übrigen Abfälle (z. B. Berge) wurde durch das Bundesberggesetz geregelt.

Am 18.07.1984 erfolgte eine Rundverfügung des LOBA mit dem Hinweis eine „ordnungsgemäße Entsorgung“ der PCB-haltigen Hydraulikflüssigkeiten zu veranlassen und zu überwachen.

Im Jahr 1984 wurden so 11,09 t PCB-haltige Öle über die Bergwerke direkt und 19,64 t PCB-haltige Öle über die Reparaturbetriebe entsorgt, also in der Summe ca. 30 t, im Vergleich zum jährlichen revierweiten Verbrauch von ca. 1.250 t gerade einmal 2,4 %.

Die Altölentsorgung erfolgte bis zum Betreiben der Zentralen Altölsammelstellen durch jedes Bergwerk dezentral. Die Ölschlämme und Altöle wurden von Entsorgungsunternehmen entsorgt. Ein typisches Beispiel der anfallenden Mengen zeigt die Abb. 6 am Beispiel der BW Heinrich Robert aus den Jahren 1980-1988.

Betrieblicher Arbeitsschutz									
Ölverbräuche, Altölentsorgung WD Heinrich Robert 1980 - 1988									
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<u>Ölverbräuche (t)</u>							116,47	151,6	148,48
Mineralöle									
Keine Angaben möglich, da Ölverbräuche erst ab 1986 im Arbeitsschutz HR katalogisiert werden.									
Hydraulikflüssigkeiten							96,05	109,92	113,6
HFA							312,42	366,49	363,89
HFC							44,07	19,42	12,46
HFD (1)							598,04	647,43	638,43
Gesamtverbrauch							1,64	1,68	1,60
Kosten (Mio DM)									
<u>Altölentsorgung (t)</u>									
Altöl (2)	14,8	20,5	24,6	26,3	37,8	12,00	145,47	82,36	49,33
Ölgemisch (3)	./.	./.	./.	./.	./.	./.	./.	59,7	89,18
Gesamtmenge	14,8	20,5	24,6	26,3	37,8	12,00	145,47	141,56	138,51
Angaben aus dem Nachweisbuch der Altölentsorger; Nachweisbuch wird im Magazin HR geführt.									
zu (1): HFD 46 Verbräuche: Seit Mitte 1986 werden nur noch Walzenschrämlader eingesetzt, die ohne HFD 46 betrieben werden. Ab Januar 1987 sind alle HFD Voith-Kupplungen auf Medium Wasser umgestellt. Dezember 1987: Umstellung von 200l-Fässern auf 20l-Kanister.									
zu (2): 1980 - 1986 wurden alle gebrauchten Betriebsflüssigkeiten als "Altöl" entsorgt.									
zu (3): Ölgemische sind Ölabscheiderinhalte, Öl-Wassergemische sowie Ölschlämme.									

Abb. 6: Altölbilanz BW Heinrich Robert aus den Jahren 1980 – 1988 (Quelle: RAG)

Demnach:

- Gab es vor 1986 keine Aufzeichnung der Ölverbräuche. Für das BW Heinrich Robert lagen sie durchschnittlich bei 139 t /a. Das BW Westfalen hatte 1996 einen Verbrauch von ca. 280 t/a.
- Der **Bestand an Mineralöl** (Füllmenge) aller in den BW eingesetzten Maschinen und Geräte betrug 1983 insgesamt 881,6 t. Der **Bestand an PCB** (Füllmenge) aller in den BW eingesetzten Maschinen betrug 1983 310 t (17,6 % der Mineralölmenge).
- Die abgegebenen Altölmengen lagen im Schnitt vor 1986 beim BW Heinrich Robert bei 23 t (ca. 16,5 %). Diese Zahlen wurden nachträglich bei den Altölentsorgern recherchiert, da es im BW keine Aufzeichnungen gab.
Vom BW Lohberg wurden in 1985 ca. 10 t Altöl im Jahr abgegeben; der Bestand im Zwischenlager betrug bis zu 31 Fässer.
- PCB-haltige Öle (HFD) wurde im BW Heinrich Robert erst ab 1986 separat erfasst.
- Die gesamte entsorgte Altölmenge betrug 1984 1.143 t, was auch ungefähr der üblichen, jährlichen Abgabe der RAG von Altöl an Wiederaufbereitungsfirmen entspricht (Dok. 6, Teil 1 des Gutachtens).

Diese Altöle wurden vielfach nach einer Absiebung der kleineren Partikel – z. B. zum Heizen von Gärtnereien – verbrannt. An eine Gärtnerei in Xanten wurden so durch das BW Lohberg bis 1984 jährlich ca. 8 t Altöl zur Heizung der Gewächshäuser abgegeben.

Ein weiterer Verwendungszweck für Altöl war auch die Zugabe bei der Erzeugung von Kokskehle, damit diese bei der Verkokung nicht zusammenbacken (Hinweis aus der Aktenauswertung 55.15-15). In der Aktenauswertung wurde Hinweise gefunden die pro Kokerei einen jährlichen Einsatz von 30 bis 40 Tonnen Altöl vermuten lassen. Diese Praxis wurde Ende 1985 eingestellt.

Altöle wurden auch aufbereitet und wieder als Zweitrafinat (z. B. als Motoröle) verwendet. Nach Untersuchung der Stiftung Warentest auf PCB an Motorölen wurde diese Praxis ab Ende 1985 eingestellt, da eine PCB-Freiheit der Motoröle nicht garantiert werden kann.

3.4 Umstellung auf PCB freie Hydraulikflüssigkeiten

Die Überlegungen und Vorbereitungen für den Verzicht auf PCB-freie Hydraulikflüssigkeiten begann Anfang der 1980er Jahre. So fand am 21.06.1982 eine Arbeitstagung der RAG, LOBA, LWA und Ministerien statt, um Alternativen für PCB-haltige Hydraulikflüssigkeiten zu diskutieren.

In 1984 wurde durch das LOBA die Aktion „PCB-freie Grube“ initiiert. Die BW waren aufgefordert einen Zeit- und Maßnahmenplan für die Umsetzung bis Ende 1986 zu erstellen (Abb. 7).

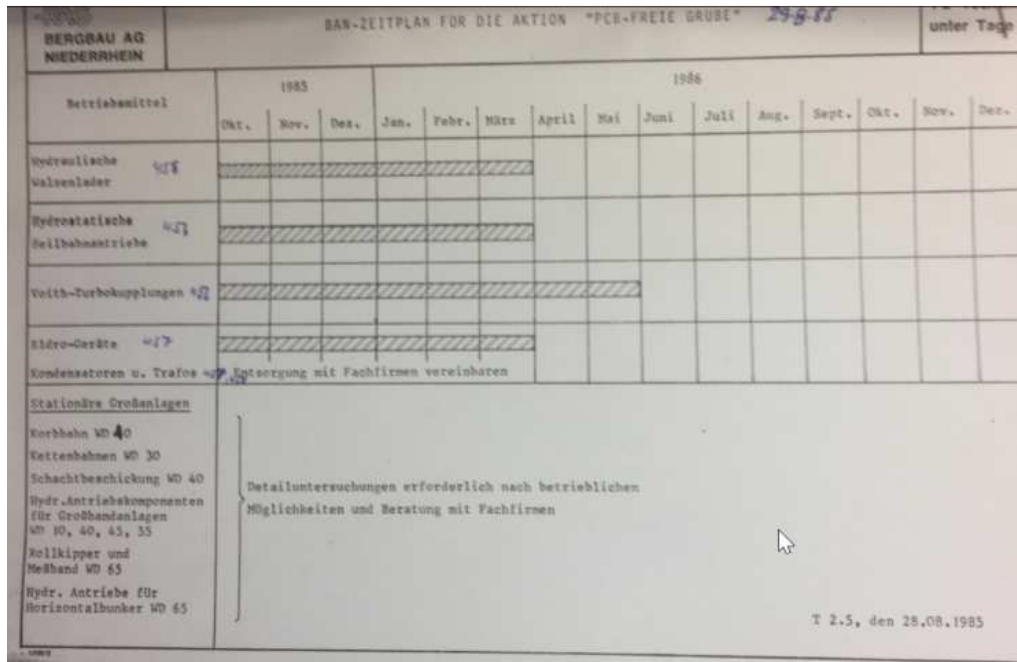


Abb. 7: Zeit- und Maßnahmenplan „PCB freie Grube“ der Bergbau AG Niederrhein (Quelle: RAG)

Die Umstellung verlief in drei Bereichen:

1. Einsatz unkritischer Flüssigkeiten

- Turbokupplungen mit Wasser
- PCB-Freie Hydraulikflüssigkeiten

2. Einsatz von flüssigkeitsfreien Techniken

- Mechanische Kupplungen statt Turbokupplungen (Voith-Kupplung)
- Walzenschrämlader mit elektromechanischem Vorschub statt hydraulischem Vorschub
- Elektrische Antriebe für Seilbahnen
- Verzicht auf Eldrogeräte (hydraulische Bremsen)

3. Wartung und Betrieb

- Schulung, Betriebsanweisungen
- Technische Voraussetzungen bei Reparaturen, Ölwechseln etc.
- Einbeziehung der Fremdfirmen (Verfügung LOBA 12.3.86)

4. Die Umstellung erforderte es, dass die Maschinen zerlegt und gereinigt wurden, da bei einer einfachen Nachbefüllung mit PCB-freien Flüssigkeiten es zur Kontamination der PCB-freien Flüssigkeiten kam. So ergaben Versuche, dass nach der 4. Spülung immer noch PCB-Gehalte von 380 ppm auftraten. Die vollständige Reinigung konnte jedoch vielfach nur über Tage erfolgen. Auch führte der Einsatz bei der „Hauptverbrauchsgruppe“ den Walzenschrämladern zunächst zu Schäden und Ausfällen in den hydrostatischen Baugruppen, was insgesamt den Austausch vor allem bei den stationären Maschinen, die schlecht über Tage gebracht werden konnten, verzögerte (Abb. 8 und Abb. 9).

Untertage wurde bei Maschinen PCB zunächst durch Ersatzstoffe wie Ugilec ersetzt (Tab. 7). Die Haupteinsatzjahre waren 1985 bis 1988 bis Alternativen

gefunden worden waren. Da Ugilec vergleichbare Stoffeigenschaften hat wie PCB, wurde in 1992 auch der Einsatz von Ugilec verboten. Der Verbrauch war schon vorher deutlich zurückgegangen.

Tab. 7: Gemeldeter Einsatz PCDM-belasteter Hydrauliköle in t (Quelle: RAG)

	Saar	RAG	Preussag	Sophia Jacoba	Auguste Victoria	Summe
1984	479	294	10	89	48	920
1985	561	1014	38,3	101	71	1.785
1986	412	677	23,6	133	54	1.300
1987	410	525	18	108	59	1.120
1988	431	443	10,3	89	77	1.050
1989	366	174	2,1	52	42	635
1990	284	43	0,7	29	37	394
1991	195	3	0	7	1	206
Summe	3.138	3.173	103	607	389	7.410

Am 20.12.1988 erfolgte von der RAG eine Anweisung an die Bergbau AG Niederrhein, Bergbau AG Lippe und Bergbau AG Westfalen die Entsorgung der untertägigen Abfälle in die Betriebspläne aufzunehmen. Hierzu war mit dem LOBA ein Betriebsplanentwurf abgestimmt worden.

Gemäß der Planung sollte die Umstellungen auf HFD-frei Flüssigkeiten bis Ende 1989 i. W. abgeschlossen sein. Die Umsetzung ist in den Abb. 8 (Stand 31.12.1985-31.12.1986) und Abb. 9 (Stand 03.12.1988-31.12.1988) dokumentiert.

Danach war Ende 1988 die Umstellung bei den „Hauptverbrauchsquellen“ für PCB – den Walzenschrämladern – zu 100 % und den Turbokupplungen zu 96 % abgeschlossen. Bei den Seilbahnmaschinen, Kupplungen und stationäre Anlagen bestand das Problem, das selbst nach mehrmaligem Spülen immer noch Reste von PCB im Hydraulikkreislauf enthalten waren.

Umstellung der Betriebsmittel von PCB-haltiger auf PCB-freie Hydraulikflüssigkeit									
- Zusammenfassung RAG Zeitvergleich -									
Betriebsmittel	Einsatz Anzahl	davon befüllt mit						Bemerkungen	
		PCB-freier Flüssigkeit umgestellt		PCB-haltiger Flüssigkeit		PCB-freier Flüssigkeit mit PCB kontaminiert			
Stand		Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Hydraulische Walzenlader									
Stand: 31.12.85	39	22	56 %	-	-	17	44 %		
31.03.86	29	15	52 %	-	-	14	48 %		
30.06.86	22	13	59 %	-	-	9	41 %		
30.09.86	22	15	68 %	-	-	7	32 %		
31.12.86	20	15	75 %	-	-	5	15 %		
2. Seilbahmaschinen									
Stand: 31.12.85	518	63	12 %	-	-	455	88 %		
31.03.86	611	94	15 %	-	-	517	85 %		
30.06.86	533	113	21 %	-	-	420	79 %		
30.09.86	529	183	35 %	-	-	346	65 %		
31.12.86	522	207	40 %	-	-	315	60 %		
3. Turbokupplungen									
Stand: 31.12.85	6.208	2.677	43 %	1.531	25 %	2.000	32 %	davon Turbokupplungen mit Wasserfüllung Anteil vom Gesamteinsatz	
31.03.86	5.685	2.777	49 %	1.288	23 %	1.620	28 %	1.518 24 % 6.208	
30.06.86	5.646	3.476	62 %	953	17 %	1.217	21 %	2.247 40 % 5.685	
30.09.86	5.598	4.090	73 %	679	12 %	829	15 %	2.892 51 % 5.646	
31.12.86	5.406	4.158	77 %	606	11 %	642	12 %	3.434 61 % 5.598	
4. Eldrogeräte									
Stand: 31.12.85	1.611	421	26 %	1.190	74 %	-	-	3.590 66 % 5.406	
31.03.86	1.628	628	39 %	1.000	61 %	-	-		
30.06.86	1.651	787	48 %	864	52 %	-	-		
30.09.86	1.732	973	56 %	759	44 %	-	-		
31.12.86	1.511	1.058	70 %	453	30 %	-	-		
5. Stationäre Anlagen und Sonstige									
Stand: 31.12.85	96	5	5 %	1	1 %	90	94 %		
31.03.86	107	26	24 %	1	1 %	80	75 %		
30.06.86	63	21	33 %	1	1 %	41	66 %		
30.09.86	40	6	15 %	-	-	34	85 %		
31.12.86	52	19	37 %	-	-	33	63 %		

Seite 1

Blatt 1

Abb. 8: RAG-weite Umstellung Stand 31.12.1986 (Quelle: RAG)

Betriebsmittel	Stand	Einsatz Anzahl	davon befüllt mit						Bemerkungen
			PCB-freier Flüssigkeit umgestellt		PCB-haltiger Flüssigkeit		PCB-freier Flüssigkeit mit PCB kontaminiert		
			Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1. Hydraulische Walzenlader									
Stand: 31.03.88	18	18	100 %	-	-	-	-		
30.06.88	17	17	100 %	-	-	-	-		
30.09.88									
31.12.88									
2. Seilbahmaschinen								davon Maschinen mit HFC Anteil vom Gesamteinsatz	
Stand: 31.03.88	519	349	67 %	-	-	170	33 %	79 15 % 519	
30.06.88	517	340	66 %	-	-	117	34 %	76 15 % 517	
30.09.88									
31.12.88									
3. Turbokupplungen								davon Turbokupplungen mit Wasserfüllung Anteil vom Gesamteinsatz	
Stand: 31.03.88	4.577	4.322	94 %	169	4 %	86	2 %	4.151 91 % 4.577	
30.06.88	4.569	4.394	96 %	116	3 %	59	1 %	4.228 93 % 4.569	
30.09.88									
31.12.88									
4. Eldrogeräte									
Stand: 31.03.88	1.282	1.101	86 %	181	14 %	-	-		
30.06.88	1.192	1.035	87 %	157	13 %	-	-		
30.09.88									
31.12.88									
5. Stationäre Anlagen und Sonstige									
Stand: 31.03.88	63	35	56 %	-	-	28	44 %		
30.06.88	61	33	54 %	-	-	28	46 %		
30.09.88									
31.12.88									

Blatt 1b

Abb. 9: RAG-weite Umstellung Stand 31.12.1988 (Quelle: RAG)

3.5 Entsorgung 11/84 - 7/85

Im November 1984 wurde von der Umweltministerkonferenz eine PCB-Grenze in Altölen von 50 ppm (50 mg/L) vorgeschlagen. Ab 1988 sollte der Wert auf 10 ppm gesenkt werden. Mit dem MURL-Erlass vom 03.09.1985 wurde dies auch in NRW umgesetzt. Die RAG betrachtete diese Empfehlungen als für sich verbindlich.

Bei höheren Gehalten handelte es sich fortan um Sonderabfall. Die Analysen erfolgten in der Regel durch den abgebenden Bergbaubetrieb. Dies bedeutet auch, dass in den PCB-Bilanzen alle Öle mit einem höheren Gehalt als 50 ppm als „PCB-haltige Öle“ deklariert worden waren. Da aber die eingesetzten Hydrauliköle überwiegend ausschließlich aus PCB bestanden, kann somit die Bilanz der entsorgten PCB-haltigen Öle nicht direkt mit der Bilanz der eingesetzten PCB verglichen werden.

Seit dem 01.07.1984 lieferte BP nur noch PCB-freie Hydrauliköle. Der Lagerbestand wurde zunächst aber noch bis ungefähr Ende 1984 – auch mangels zugelassener Alternativen – weiter verbraucht. Am 23.07.1985 erfolgte durch das LOBA die erste Zulassung eines PCB-freien Hydrauliköles (BP Olex SF-D 0207). Später wurde noch Hydrocor 25/A 3 (Fa. Theunissen) zugelassen.

Am 28.01.1985 erfolgte ein Erlass des Ministeriums für Mittelstand und Wirtschaft (MWMW) mit Hinweisen auf eine zwischenzeitlich eingerichtete LWA Arbeitsgruppe, die Empfehlungen zur Verminderung der PCB-Verunreinigungen von Altöl erarbeitet hatte.

3.6 Entsorgung ab 7/1985: Altölstau

Über Tage führte die Einordnung der PCB-haltigen Öle (zunächst > 50 ppm, bzw. 50 mg/L später > 20 ppm, bzw. 20 mg/L) als Sondermüll schnell zu einem Entsorgungsengpass, da die Analysekapazitäten und Verbrennungskapazitäten begrenzt waren. Die Entsorgungskosten lagen 1985 bei ca. 2.000 DM/t, Tendenz steigend.

Es gab zwei Entsorgungswege (beide im Abfallbegleitscheinverfahren)

- Entsorgung des **Altöls** über Fa. Hebben, Dr. Mayer AG
- Entsorgung des **PCB-belasteten Altöls** über Fa. Buchen, Fa. Bayer AG

So wurden 1984 oberirdische Lagerbestände von ca. 350 t PCB und PCB-haltigen Öle gemeldet. Im August 1985 betrug der oberirdische Lagerbestand – gemäß einem Zwischenbericht des LOBA – 359,47 t, die erst nach und nach abgebaut wurden. Um das Altöl zwischengelagern zu können, wurden auch Tankwagen etc. auf den BW angemietet.

Auf den BW wurden ab 1984/1985 Fasslager als Zwischenlager neu errichtet bzw. es wurden die vorhandenen Zwischenlager überprüft und bei Bedarf umgebaut und erweitert. Grundlage war ein alle BW umfassender Kontrollbericht der RAG bei dem die bestehenden Zwischenlager überprüft wurden. Es wurde vielfach festgestellt, dass diese nicht den gesetzlichen Anforderungen

genüigten (fehlende Überdachung, fehlende Zugangssperren, mangelhafte oder keine Untergrundabdichtungen etc.). In der Folge wurden die Fasslager an den BW ertüchtigt und teilweise auch zu Tanklagern ausgebaut. Die Kosten lagen zwischen 100 und 150 TDM je Standort. Vereinzelt noch vorhandene Akten über die Bauaktivitäten an einzelnen BW wurden in den Akten aus dem Zentralarchiv eingesehen. Beispiele sind:

- Oktober 1983 Antrag Bau einer Entsorgungsanlage für Hydraulikflüssigkeiten BW Walsum (noch kein Bezug zu PCB)
- Dezember 1985 Antrag auf Erweiterung BW Friedrich Heinrich
- Juli 1986 Erweiterung Walsum (zusätzlicher Altlötlagertank 30 m³)
- April 1987 Erweiterung Fasslager Walsum
- Oktober 1987 Fertigstellung BW Radbod
- März 1988 Antrag Bau Fasslager BW Lohberg
- Dezember 1989 Erweiterung BW Walsum
- Überdachung Altlötlagerplatz BW Pattberg (5/1990).

Am 06.03.1985 erfolgte eine Rundverfügung des LOBA „die Maßnahmen (Verminderung der PCB-Verunreinigungen von Altöl) unverzüglich verbindlich zu machen“. Altöle durften nur nach vorheriger Analytik, die zeitweise über 6 Wochen dauerte, abgegeben werden.

Die RAG reagierte auf den Entsorgungsengpass am 25.02.1986 mit einer Anordnung an die BAG, dass bei nachgewiesener PCB-Freiheit Altöle als Ausnahme weiter in den Altlölmarkt abgegeben werden durften.

Am 23.04.1986 erfolgte die Anweisung der RAG an die BAG die Entsorgung ausschließlich über die Bayer AG in Brunsbüttel zu handhaben, da es zu Anschuldigungen gegen die RAG wg. unerlaubter Untermischung PCB-haltiger Altöle bei einem Entsorger (Dr. Mayer AG) gekommen war. Diese Anschuldigungen erwiesen sich jedoch als haltlos (s. unten).

Über die Fa. Buchen wurden die PCB-haltigen Altöle an die Bayer AG in Brunsbüttel weitergeliefert, wo sie in geeigneten Hochtemperaturanlagen als Sondermüll verbrannt wurden. In 1985 konnten ca. 60 t / Monat verbrannt werden (bis max. 10 % PCB-Gehalt). Diese Obergrenze konnte auch durch die Mischung höher belasteter Chargen auf den BW erreicht werden.

Der Transport erfolgte mit der Bahn. Dieser Entsorgungsweg war über das Begleitscheinverfahren dokumentiert (Abb. 10).

Begleitschein Beleg zum Nachweis der Beseitigung von Abfällen

Nr.: 6700 338041 5

Dieser Beleg (altgold) ist vom Abfallbeseitiger zu unterschreiben und an den Abfallerzeuger zu senden.

1 Abfallart												2 Abfallschlüsselnummer				3 Abfallmenge																			
kontaminierte Metalleballagen												3 5 1 0 6				m ³ 22 23 t 29																			
4 Konsistenz: fest = 1 stichfest = 2 pastös/schlammig/breiig = 3 staubförmig = 4 flüssig = 5 1																																			
5 Amtl. Kennzeichen des Fahrzeuges: SO-2-899												6 Art des Fahrzeuges: Lkw/Container = 1 Tankfahrzeug = 2 Bahn/Kesselwagen = 3 sonstiges Fahrzeug = 4 1																							
7 Betriebsnummer								8 Beförderernummer								9 Beseitigernummer																			
E 9 1 5 0 7 1 5								E 9 7 4 8 0 0 2								E 9 1 3 0 2 7 1																			
10 Abfallerzeuger (Name, Anschrift oder Stempel) Bergbau AG Westfalen Schacht Franz 4700 Hamm-Herringen												11 Abfallbeförderer (Name, Anschrift oder Stempel) Schreiber Städte- reinigung GmbH & Co. KG Berlinger Weg 5 4773 Möhnesee												12 Abfallbeseitiger (Name, Anschrift oder Stempel) Bergbau AG Westfalen WD Zentrale Dienste ZW Fürst Hardenberg Lindner Str. 4600 Dortmund-Linden- horst											
Datum der Ausstellung 55 Tag Monat Jahr 85 09 06 85												Datum der Übernahme 61 Tag Monat Jahr 85 09 06 85												Datum der Annahme 67 Tag Monat Jahr 85 09 06 85											
13 Versicherung der richtigen Deklaration												14 Versicherung der ordnungsgemäßen Beförderung												15 Versicherung der Annahme zur ordnungsgemäßen Beseitigung											
i.v. Sandelke												Staller												Dum											
Unterschrift												Unterschrift												Unterschrift											
Frei für betriebsinterne Vermerke " " "Ruhrkohle-Inter-Transport" " "																																			

6701.3.85 / ORG-DELTA / 7813 Rückzugssch

Abb. 10: Beispiel für einen Abfallbegleitschein (09.06.1988, Quelle: RAG)

Am 06.05.1985 erfolgte nochmals eine Rundverfügung des LOBA, um den Grenzwert von 50 ppm für Altöl verbindlich zu machen.

Mehrere Versuche der RAG – auch europaweit – alternative Entsorgungswege bei der Hochtemperaturverbrennung zu gehen scheiterten (z. B. Ciba Geigy, Frankreich, STEAG, Mannesmann, Bayer Uerdingen).

Mit der Rundverfügung vom 18.07.1985 hat das LOBA alle Bergämter gebeten „ab sofort...verstärkt Sorge für die ordnungsgemäße Entsorgung der im Bergbau eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten der Gruppe D zu tragen“.

Eine weitere Rundverfügung des LOBA zur Entsorgung der Hydrauliköle wurde am 03.10.1985 erlassen.

Mit Schreiben vom 21.08.1985 wies die RAG die BAG an, so schnell wie möglich den Austausch der PCB-belasteten Hydrauliköle vorzunehmen.

Mit Schreiben vom 26.08.1985 teilte die RAG dem BW Niederrhein AG mit, dass Bayer ab August 1985 vorrangig PCB-haltige Öle entsorgen würde.

Ab Ende 1985 werden die BW verpflichtet, quartalsweise Meldung an das LOBA über die Mengen, Kontaminierungsgrade und Entsorgungswege der PCB-belasteten Hydrauliköle (HFD) Bericht zu erstatten (Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 13).

Anfall und Entsorgung (t)									
Betrieb	niedriger Schlammanteil						hoher Schlammanteil		
	HFA	HFC	HFD	Mineral- öl	Vermischte Flüssigk.	Gesamt- anfall	Entsorgung	Ölabscheider- inhalte	Entsorgung
Haus Aden	-	-	-	8,86	10,9	19,76	Nach Reduzierung des Wasseranteils im Altöl um ca. 20 %. Entsorgung durch Bayer AG Brunsbüttel	18,36	Altöl: Bayer AG Brunsbüttel Feststoff: UTD Herfa Neurolde Abwasser: Vorfluter Enscher
Heinrich Robert	-	0,48	-	3,94	-	4,42		25,14	
Monopol	-	-	-	3,35	1,3	4,65		24,14	
Min. Achenbach	-	-	0,32	-	2,4	2,72		13,90	
Radbod	-	-	-	-	-	-		5,9	
Stillst. GN	-	-	-	-	-	-		-	
Stillst. MS	-	-	-	-	-	-		-	
ZW Derne	-	-	-	-	-	-		12,32	
ZW Werne	-	-	-	-	-	-		-	
ZW + ZBL Lünen	-	-	-	2,24	0,8	3,04		10,44	
ZW F. Hardenberg	-	-	-	-	0,3	0,3		49,36	
ZW Achenbach	-	-	-	-	3,5	3,5		29,16	
ZW KÖ 2/5	-	-	-	-	2,14	2,14		-	
KÖ GN	-	-	-	-	-	-		-	
KÖ HA	-	-	-	-	-	-		-	
KÖ MS	-	-	-	-	-	-		-	
KÖ KA	-	-	-	-	-	-		-	
Altölsammelst. Prosper	-	-	-	-	-	428,60*		-	
BAN	-	-	-	-	-	-		124,00	
BAL	-	-	-	-	-	-		440,52	
Ölabscheidentrennanlage	Ölanteil aus Ölabscheidern						99,62**		
F. Hardenberg									
Fremde	-	-	-	-	16,92	16,92			
Gesamt						498,11		859,54	

* davon 25,91 t der BAW
** Wasseranteil aus Altölentwässerung

T 3.U, den 12.10.1988
Eh/Go *01.10.88*

Abb. 11: Beispiel für die quartalsweise Meldung der BAG Westfalen an das LOBA (Quelle: RAG)

[illegible]

Abb. 12: Beispiel für die quartalsweise Meldung: Lagerbestand und Entsorgung in den Bergwerken (Quelle: RAG)

-RAG		Entsorgung von Kontaminierten Altölen - 1/4 jährliche Meldung zum 15. des Folgemonats										Stand: 30.06.1988				
Betriebe		Lagerbestand im Meldezeitraum (t)				Entsorgung (t)										
BAG Westfalen	Unge- prüft	PCB - Gehalt		CI - Gehalt	Gesamt- menge	Zur Abfuhr verbrachte Mengen nach PCB (50 ppm) - CI (1000 ppm) - Gehalt, Termin und Firmen										
		<50 ppm	>50 ppm			>1000 ppm	<50 ppm	Termin	Firma	>50 ppm >1000 ppm	Termin	Firma	Teil- menge	Datum	Gesamt- menge	
Kokerei Gneisenau		—	—	—	Lagermengen werden auf Abruf termingerecht zur Altsammel- stelle (ZW Prosper) abgefahren	—	—	Bayer AG Brunsbüttel 2242 Brunsbüttel	—	—					2,76	
Kokerei Hansa		—	—	—		—	—		—	—	—					5,62
Kokerei Heinr. Rob.		—	—	—		—	—		—	—	—					./.
Kokerei Min. Stein		—	—	—		—	—		—	—	—					1,86
Kokerei Kaiserstuhl		—	—	—		—	—		—	—	—					./.
		—	—	—		—	—		—	—	—					
		—	—	—		—	—		—	—	—					
		—	—	—		—	—		—	—	—					
		—	—	—		—	—		—	—	—					
		—	—	—		—	—		—	—	—					
		<u>Übernahme Fürst Hardenberg</u>														
BAW BAN	21,52 23,12															
BAL	355,84	(davon 56,23 t der BAW)														
Ulabscheider RAG (5% v. 625,0 t)	31,25															
Gesamt	431,73 t															
										<u>Entsorgung in Brunsbüttel</u>						
										Nach Reduzierung des Wasser- anteils im Altöl um ca. 20 %						
										Gesamt					347,98	

Abb. 13: Beispiel für die quartalsweise Meldung: Lagerbestand und Entsorgung in den Kokereien (Quelle: RAG)

3.6.1 Gab es eine illegale PCB-Entsorgung?

Im August und September 1985 behauptete der WDR mehrfach, dass die RAG bis 1984 jährlich tausende Tonnen an PCB unter das Altöl gemischt habe. Daraufhin veranlasste am 18.09.1985 die Staatsanwaltschaft Bochum eine Untersuchung in deren Verlauf 16 Ermittlungsverfahren eingeleitet wurden. Das Verfahren wurde ergebnislos eingestellt.

Im November 1985 wurde ein weiteres staatsanwaltschaftliches Verfahren eingeleitet, weil die RAG – laut WDR – weiterhin über die Entsorgungsfirma Dr. Mayer versuche PCB-haltige Öle, die als PCB-frei deklariert sind, in den Altölmarkt einzuschleusen. Das Verfahren wird ergebnislos eingestellt und die Fa. Mayer bietet der RAG am 10.07.1986 wieder an, jährlich bis zu 3.000 t PCB-belastete Altöle aufzubereiten. Die RAG beschließt jedoch, die Entsorgung PCB-belastete Altöle in Zukunft ausschließlich über die Bayer AG in Brunsbüttel zu handhaben.

Am 07.04.1986 berichtete ein anonymen Anrufer dem WDR, dass mehrere 1.000 L PCB in ca. 50 Fässern (à 200 L) im BW Consolidation hinter dem Damm 9327, 9. Sohle in 950 m Tiefe, illegal entsorgt wurden. Es erfolgte durch die Staatsanwaltschaft Essen eine Untersuchung des Vorgangs. Eine Zusammenfassung des Ermittlungsstandes vom 10.04.1986 ist in der Dokumentation im Gutachten Teil 1 enthalten. Das Ergebnis war:

- „Nach den bisherigen Ermittlungen – und 5 Zeugenaussagen – muss davon ausgegangen werden, dass ausschließlich leere Fässer und Kanister eingestapelt wurden“
- „nach übereinstimmenden Aussagen von 5 Zeugen waren die Fässer und Kanister leer“
- „Möglicherweise ist eine unbestimmte Anzahl von Fässern und Kanistern vormals mit PCB-haltigen Flüssigkeiten gefüllt gewesen“

Zur Frage, ob die Fässer hinter dem Damm verbleiben können, wurde ein Gutachter eingeschaltet. Der Gutachter, die Westfälische Berggewerkschaftskasse (WBK), Prof. Dr. Schmidt, kam 24.06.1986 zu dem Schluss:

- „Die leeren Fässer und Kanister können somit ...verbleiben, ohne daß eine schädliche Verunreinigung des Wassers und des Grubenwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu besorgen ist (s. Dokumentation im Gesamtgutachten)“

3.7 Entsorgung ab 10/1985

Am 22.10.1985 wurde durch das LOBA verfügt, dass auch Maschinenteile, die PCB-haltige Öle enthalten und an Fremdfirmen zur Reparatur und Wartung übergeben wurden, gesondert zu kennzeichnen waren, damit die PCB-haltigen Öle ordnungsgemäß entsorgt werden konnten. Weiterhin mussten die BA dem LOBA alle Fremdfirmen nennen, die für Reparatur und Wartung beauftragt wurden.

Der Austausch der PCB unter Tage war 1986 überwiegend abgeschlossen; seit Mitte 1986 waren z. B. alle Walzenschrämlader PCB-frei (Abb. 9).

Mit der Rundverfügung vom 26.02.1987 wies das LOBA die BA an, Maßnahmen zur Verringerung des PCB/PCDM (= Ugilec 141) Eintrages in die Gewässer zu veranlassen. Hierzu gehörte auch weiterhin die quartalsweise Berichterstattung über den Austausch und die Entsorgung der PCB-haltigen Öle.

Die BW waren zudem gemäß der Altölverordnung (AltölV 27.10.1987) angewiesen unter Tage die PCB-haltigen Altöle von den übrigen Altölen zu trennen. Ausnahmen waren nur nach Antrag und Genehmigung durch die BA zugelassen, wenn ein unverhältnismäßig hoher Aufwand begründet werden konnte und das Altöl in eine gemäß § 7 AbfG oder § 4 BimSchG oder Altölverordnung § 4 Abs. 1 Satz 2 zugelassene Altölentsorgungsanlage übergeben wurde (z. B. Antrag Bergbau AG Niederrhein an BA Dinslaken 15.09.1988, Akte 16).

3.7.1 Zentrale Altölsammelstellen

3.7.1.1 Friedrich Thyssen 2/5

Mitte 1985 bis 1.7.1987 wurde zunächst das Zentrallager Friedrich Thyssen 2/5 betrieben. Die Aufgaben waren:

- Lagerung und Entleerung der Fässer

- Absieben der Flüssigkeiten bis $< 0,5$ mm bzw. < 2 mm
- Lagerung der Flüssigkeiten in Großtanks bis zur Entsorgung
- Reinigung der 200 L-Fässer oder Entsorgung über eine Fasspressanlage
- Lagerung der 60 L-Gebinde für die Siebrückstände bis zur Entsorgung über die Fa. Buch zur Verbrennung bei der Fa. Bayer AG

Im April 1986 beschloss die RAG zukünftig nur noch eine zentrale Ölsammelstelle zu betreiben. Dies war zunächst die ZW Prosper (auf dem Betriebsgelände der Zentralwerkstatt Prosper). Das Ziel war die zentrale Annahme fester und flüssiger Abfälle der Bergwerke und Betriebe der RAG.

Nach dem Muster-Betriebsplan „Entsorgung“ waren alle Bergwerke/Betriebe verpflichtet die Sammlung über die Zentralen Sammelstellen und den weiteren Entsorgungsvorgang einzuhalten. Ein weiteres Ziel war die Abkopplung vom Altölmarkt.

3.7.2 ZW Prosper

Ab 1.10.1987 wurde ausschließlich die zentrale Altölsammelstelle ZW Prosper betrieben. Diese wurde mehrfach erweitert (z. B. Halle 11 in 1988/1989) und modernisiert. Das Konzept sah eine Trennung der angelieferten Fässer in Mineralöl, verschiedene PCB kontaminierte Hydraulikflüssigkeiten, Waschwässer, Farbspritzwasser und Mischflüssigkeiten vor.

Geschätzte Rückflußmengen aufgebrauchter Betriebsflüssigkeiten in der RAG

Summe aus Bergwerken, Kokereien, Werkstätten, Zu.H und Fuhrpark)

	BAL t/a	BAN t/a	BAW t/a	RAG t/a
Mineralöl	550	225	500	1.275
HFD	40	20	5	65
HFC	110	90	-	200
HFA (Emulsion)	360	10	70	440
Waschwasser	660	80	25	765
Farbspritzwasser	120	5	-	125
Mischflüssigkeiten	-	560	-	560
Summe	1.840	990	600	3.430


BERGBAU AG LIPPE

Zentr. Altölsammelstelle
ZW Prosper

Abteilung T3.1
Transparent-Nr.: 03017
3.7.1988 Sch/Pov

Abb. 14: Bilanz ZW Prosper für das Jahr 1986 (Quelle: RAG)

Ende 1995 erfolgte die Stilllegung der Anlage ZW Prosper.

3.7.2.1 ZW Fürst Hardenberg

Die moderne und leistungsfähigere Anlage ZW Fürst Hardenberg (ehemaliges Bergwerk Fürst Hardenberg) übernahm ab 1986 bereits teilweise die Aufgaben der ZW Prosper. Der maximale „Jahresdurchsatzsatz“ der Anlage ZW Fürst Hardenberg betrug ca. 12.000 t, der maximale Tagesdurchsatz 55 t. Die Anlage war geeignet feste und flüssige PCB haltige Abfälle aufzubereiten.

- 1993 erfolgte die Übernahme der Betriebsführung der Industrieabfallbehandlungsanlage (IAB) Fürst Hardenberg durch die Ruhrkohle Öl und Gas.
- 1993 erteilte befristete Genehmigung gemäß Abfallrecht.
- 1994 erteilte unbefristete Genehmigung gemäß BImSchG.
- 15.05.1997 Antrag auf unbefristete Genehmigung an das LOBA gemäß § 4 BImSchG.
- Ende 1997 Stilllegung der Anlage IAB Fürst Hardenberg

Der grundsätzliche Entsorgungsweg war ab der Inbetriebnahme der ZW Fürst Hardenberg die Sammlung der Altöle untertage in vorgesehenen Gebinden gemäß den Betriebsplänen für jedes Bergwerk, der Transport zu besonders hergerichteten Bereitstellungsplätzen über Tage und die Weiterleitung an die beiden Zentralen Sammelstellen und von da der (ausschließliche) Bahntransport und die Entsorgung über die Hochtemperaturverbrennung der Bayer AG in Brunsbüttel.

Die Aufbereitung der PCB/PCDM-haltigen Flüssigkeiten in der ZW Fürst Hardenberg erfolgte mit einem 3-Phasen-Dekanter zur Trennung zweier nicht mischbaren Flüssigkeiten (Wasser und Öl) und der Feststoffe.

Die Abwasseraufbereitung erfolgte zweistufig durch eine Ultrafiltration und eine Entspannungsflotation. Das aufbereitete Abwasser wurde an den Werkskanal der RBAG abgegeben und in die Verbandskläranlage der Emschergenossenschaft eingeleitet. Die damaligen Grenzwerte wurden für PCB, PCDM und KW wurden eingehalten (quartalsweise wechselnd: monatliche und wöchentliche Kontrolle).

Die Entsorgung der anfallenden Abfälle aus der Aufbereitung erfolgte für feste Abfälle (max. ca. 4.500 t) in die UTD Herfa Neurode und für die flüssigen PCB/PCDM haltige Altöle (max. 4.000 t) in der nach § 7 AbfG zugelassenen Hochtemperaturverbrennung der Bayer AG in Brunsbüttel in Brunsbüttel.

Im Antrag von 15.05.1997 wurde nur noch von einer Gesamtmenge an „reinen“ PCB von 55 kg/a ausgegangen. Dadurch unterlag die Anlage aber weiterhin der Störfallverordnung.

Mit der Stilllegung der IAB Fürst Hardenberg im Jahre 1997, aufgrund der stark rückläufigen Altölmengen mit PCB, wurde die Entsorgung von der Zentralen Altölaufbereitung des BW Auguste Victoria übernommen. Diese war als zertifizierter Entsorgungsfachbetrieb zugelassen und wurde 12/2015 ebenfalls stillgelegt.

Mit der Rundverfügung des LOBA vom 03.08.1990 „Technische und organisatorische Maßnahmen beim untertägigen Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten“ wurde die RAG zu einer jährlichen Dokumentation (vormals quartalsweise) der eingesetzten und entsorgten Mengen an Hydraulikflüssigkeiten verpflichtet. Diese Rundverfügung wurde ergänzt durch eine Verfügung des LOBA vom 04.12.1990.

Die RAG führte mit dem 27.08.1990 für ihre BW die aktuelle „Handlungsanweisung zur Umsetzung der Abfall- und Reststoffverordnung vom 03.04.1990 auf BW, Werksdirektionen und sonstigen Betrieben“ ein.

Nach 1994 wurde die Entsorgung anhand der PCB- Konzentration in den Altölen differenziert und PCB-freie Altöle in den Altölmarkt z. B. auch über die Firma Schöning entsorgt.

3.8 Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten ab 1990: Kügler Richtlinie

Am 03.08.1990 wurde vom LOBA in der sog. „Kügler Richtlinie“ („technische und organisatorische Maßnahmen beim untertägigen Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten“) der zukünftige Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten umfangreich geregelt. Dies betraf v. a.:

- Umgang im Sinne der Richtlinie bedeutete: Gebrauch, Aufbewahren, Lagern, Bereithalten, Abfüllen, Mischen, Transport, Verluste und Unfälle
- Allgemeine Anforderungen wie
 - o Vermeidung von unkontrolliertem Entweichen
 - o Ursachenbehebung bei Verlusten
 - o Außerbetriebnahme von Anlagen bei Schäden
 - o Sanierung bei Verlusten
- Transport (Verwendung von öldichten Spezialbehältern)
- Anforderungen an Maschinen
 - o Möglichst wenig Schlauchverbindungen
 - o Schutz von Schlauchverbindungen
 - o Selbstschließende Kupplungen
- Dokumentation der untertage eingesetzten HFD Flüssigkeiten und Bericht an das LOBA
- Betriebsanweisungen
- Betriebsbeauftragter

Das Grubenwasser und das Kohlewaschwasser wurden vierteljährlich auf PCB und PCDM (Ugilec und andere Ersatzstoffe) untersucht (Abb. 15). Die Art der Probenahme und der Aufbereitung (Filtration) ist nicht dokumentiert, so dass es schwierig ist, die Ergebnisse mit heutigen Ergebnissen zu vergleichen.

Die Quartalsergebnisse der Analysen sind nur noch vereinzelt in den Akten vorhanden.

Es bestätigt jedoch, die im Gutachten vertretene These, dass über das Grubenwasser, die Kohlen und die Berge PCB ausgetragen wurde, ohne dass dies valide quantifiziert werden kann.

Untersuchungsergebnisse von PCB und PCDM (µg/l)				
IV. Quartal 1991				
Anlage	Grubenwasser		Kohlenwaschwasser	
	PCB	PCDM	PCB	PCDM
Friedrich Heinrich	0,04	< 0,1	< 0,01	< 0,1
Hoerstgen	0,03	< 0,1	-	-
Niederberg	0,02	0,1	0,31	4,4*
Pattberg	-	-	< 0,01	< 0,1
Rossenray	0,12	0,6	-	-
Rheinpreussen 4	< 0,01	< 0,1	-	-
Rheinpreussen 9	-	-	-	-
Lohberg	< 0,01	0,2	< 0,01	< 0,1
Osterfeld	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,1
Sterkrade	0,02	< 0,1	-	-
Walsum	0,12	0,4	< 0,01	< 0,1
Prosper II	-	-	< 0,01	0,2
Prosper IV	0,03	0,3	-	-
Haniel	0,03	0,7	-	-
Fürst Leopold	-	-	-	-
Wulfen	-	-	-	-
Westerholt	0,04	0,8	< 0,01	< 0,1

* Eine Nachbeprobung wurde veranlaßt

Abb. 15: Beispiel für die vierteljährliche Überwachung des Grubenwassers und des Kohlenwaschwassers (Quelle: RAG)

Weiterhin wurde in Jahresberichten des Gewässerschutzbeauftragten in einem Absatz kurz über die PCB/PCDM-Untersuchungen berichtet (Abb. 16). Es wurden jedoch nur noch die Jahresberichte von 1987 und 1990 in den Akten gefunden.

2. PCB und PCD M

Die freiwilligen vierteljährlichen Untersuchungen der Grubenwässer und Abwässer der Aufbereitungen auf PCB und PCD M wurden auch 1987 fortgeführt. Die Ergebnisse wiesen gegenüber den Meßwerten des Jahres 1986 keine Besonderheiten auf.

Die Untersuchungen sollen auch 1988 fortgesetzt werden.

In den neueren wasserrechtlichen Erlaubnissen für das Heben und Einleiten von Grubenwasser wird seitens des LOBA NW die vierteljährliche Untersuchung des Grubenwassers auf PCB und PCD M gefordert. Die Untersuchungsergebnisse sind anschließend dem zuständigen Bergamt und Staatlichen Amt für Wasser- und Abfallwirtschaft mitzuteilen.

Abb. 16: Auszug aus dem Jahresbericht 1987 zum Thema PCB/PCDM
(Quelle: RAG)

4 POTENTIELLE PCB VERTEILUNG UNTERTAGE (AHU AG)

Im Rahmen der Risikoabschätzung gehen die Gutachter davon aus, dass sich ein Großteil der PCB-haltigen Betriebsmittel noch unter Tage befindet. In Folge wird betrachtet, wo sich diese PCB befinden können und welche Art der Dokumentation darüber vorliegt. Für die Risikoanalyse wird zwischen drei Arten von potentiellen PCB Verteilungen unterschieden:

1. Disperse Verteilung

a. Sediment (partikuläres Material) im Alten Mann

Wie im Gutachten Teil 1 dargestellt, wurde ein Großteil der eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten unter Tage beim Kohlenabbau und der Kohlenförderung verbraucht und somit freigesetzt. Ein Großteil davon wird im Alten Mann vermutet. Diese Bereiche sind heute nicht mehr zugänglich.

b. Sediment (partikuläres Material) im Bereich offener Strecken (Wasserwege)

Die offenen Strecken sind das heutige (in den bereits gefluteten Grubenbereichen) und zukünftige Grubenwasserfließsystem (Röhrensystem). In den offenen Strecken werden im Vergleich zu den abgeschätzten Belastungen im Alten Mann und ausgesprochenen Punktquellen niedrigere PCB-Belastungen vermutet.

Hier wurden in Teil 2 des Gutachtens weitere Proben in den 5 noch zugänglichen BW genommen (s. Kap. 6.1).

2. Punktuelle PCB-Belastungen

Standorte von:

a. Infrastruktureinrichtungen (wie Lokschuppen, Werkstätten mit Tanklagern, Fasslagern, Ölsammelstellen)

In der Regel waren diese Infrastruktureinrichtungen pro Sohle jeweils einmal in der Nähe der großen Schächte vorhanden, über die die Maschinen und Bauteile transportiert worden waren. Hierzu wurde eine umfassende Recherche in den Grubenrissen durchgeführt (s. Kap. 1.4). Der Schwerpunkt lag dabei auf dem BW Hansa, weil hier erst ca. 50 % der Abbaue aus der PCB-Zeit geflutet wurden und die restlichen ca. 50 % der Abbaue auch bei einem Grubenwasserstand von -600 mNHN nicht geflutet werden. Es kann somit abgeschätzt werden, wie viele potentielle punktuelle PCB-Belastungen nach wie vor der Erosion ausgesetzt sind.

b. Pumpensümpfe/Sumpfstrecken

Hierbei handelt es sich um Teile der Grubenbaue an den tiefsten Stellen der Bergwerke, an denen sich die Grubenwässer sammelten, ehe sie an die Tagesoberfläche gepumpt wurden. In den Sumpfstrecken sedimentierten die in den Grubenwässern enthaltenen Schwebstoffe. Auch hier ist zu vermuten, dass höhere PCB-Gehalte in den Schlämmen auftreten. Viele Pumpensümpfe/ Sumpfstrecken aus der „PCB-Zeit“ sind heute nicht mehr zugänglich. Aus der Auswertung der Unterlagen liegt eine Analysenkampagne aus dem Jahr 1985/1986 auf PCB und PCDM-Gehalte in 35 Pumpensümpfen vor. Hiernach liegen die Gehalte an mg/kg Feststoff bei

- maximalen Gehalte PCB bei 365
Durchschnittswert PCB bei 97
- maximalen Gehalte PCDM bei 1.530 (Niederberg, 4. Sohle)
Durchschnittswert PCDM bei 196 (mit 4. Sohle Niederberg)
Durchschnittswert PCDM bei 143 (ohne 4. Sohle Niederberg)

PCB wurden in allen Pumpensümpfen; PCDM in 29 Pumpensümpfen festgestellt. Bei einer übertägigen Entsorgung und einem Grenzwert von 20 ppm hätte dies in 90 % der Fälle eine übertägige Entsorgung erfordert,

Da PCDM um 1985/1986 seit ca. 2 Jahren als Ersatz für die PCB im Einsatz war, lagen die Gehalte in den Pumpensümpfen wahrscheinlich höher. Die großen Mengen an PCB, die in den Jahren davor eingesetzt waren, konnten aber immer noch in den Pumpensümpfen festgestellt werden.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse enthielt 1 m³ Schlamm in der PCB-Zeit ca. 0,2 kg PCB und ca. 0,3 kg PCDM (entspricht ca. 80.000 µg/kg PCB).

Bei den aktuellen Analysen aus mehreren Pumpensümpfen wurden keine extrem hohen Gehalte festgestellt. Ein wahrscheinlicher Grund dafür ist, dass die Pumpensümpfe regelmäßig ausgekoffert werden und die aktuellen Schlämme nicht so hoch belastet sind. So wurden im Pumpensumpf auf Auguste Victoria (Nr. 11) und Ibbenbüren (Nr. 4 und Nr. 5) – als einige der wenigen Proben – keine PCB festgestellt (bei der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/kg). In den Big Packs (Nr. 12) in denen auf Prosper Haniel die getrockneten Schlämme aus Pumpensümpfen an die Tagesoberfläche transportiert werden, lagen die PCB-Gehalte mit 485 mg/kg vgl. niedrig.

Es gibt allerdings auch Pumpensümpfe (Prosper Haniel, Nr. 8) wo die PCB-Gehalte bei 6.135 µg/kg liegen. Dies wäre ca. 13-mal geringer als die PCB-Gehalte der Schlämme zur PCB-Zeit.

Das Risswerk wurde für das BW Hansa hinsichtlich der Lage der Pumpensümpfe und Sumpfstrecken ausgewertet.

c. Umgelagerte Schlämme aus Pumpensümpfen/ Sumpfstrecken

Wenn das Fassungsvermögen einer Sumpfstrecke erschöpft war, wurden die Schlämme in andere, nicht mehr benötigte Grubenbaue umgelagert. Für die Zugänglichkeit gilt dasselbe wie für die Pumpensümpfe/Sumpfstrecken.

Das Risswerk wurde für das BW Hansa hinsichtlich der Lage der Pumpensümpfe und Sumpfstrecken ausgewertet (s. Auswertung IFM in Kap. 1.5.1).

d. Unfälle

Nur im Bergwerk West ist ein Unfall dokumentiert, bei dem größere Mengen PCB ausgetreten sind. Der Bereich wurde mit Beton abgedeckt. Angaben über die damalige Sedimentbelastung mit PCB liegen nicht vor, sondern nur Analysen der Grubenwässer.

3. Umschlossene Quellen

a. Zurückgelassene Maschinen/Maschinenwartung

Zurückgelassene Maschinen (wie Tunnelbohrmaschinen) sind gemäß den Sonderbetriebsplänen zu entleeren und zu reinigen. In den ausgewerteten

Unterlagen der BR Arnsberg und im Zentralarchiv der RAG gibt es keine Hinweise auf ein abweichendes Verhalten.

Allerdings ist auch zu vermuten, dass es bei Wartung oder Reparaturen zu erheblichen Verlusten von Hydraulikflüssigkeiten kam. Ein Hinweis ist die Tatsache, dass es bei frühen Modellen der Walzenschrämlader auf Grund der Bauweise und der Enge in den Kohlestreben keine Möglichkeit gab, abgelassenes Öl aufzufangen.

b. Transformatoren/Kondensatoren

Mit dem Erlass des Innenministeriums vom 30.12.1982 wurden Maßnahmen verfügt, die PCB-haltigen Trafos auszutauschen und zu entsorgen.

Das LOBA reagierte u. a. mit zwei Rundverfügungen vom 29.09.1983 (Bilanzierung der Anzahl, Typen und Standorte der Trafos) und vom 17.05.1984 (Bilanzierung der Betriebsmittel in den Trafos).

Als Sofortmaßnahme wurden die übertägigen Trafos ausgetauscht. Das BW Niederrhein AG meldete z. B. am 12.06.1985, dass der übertägige Austausch abgeschlossen war.

Als mittelfristige Maßnahme sollte zunächst die PCB-haltigen Trafos von den anderen Trafos ohne PCB-Belastung durch eine F-90 Brandschutzwand getrennt werden. Für die Umsetzung dieser Maßnahmen wurde ein Zeitraum von 5 bis 7 Jahren veranschlagt.

Aus dem Juni 1984 liegt ein Kataster des LOBA vor: Für den Zeitraum 1983/1984 wurden 7.042 Trafos und 30.736 Kondensatoren sowie weitere 729 Geräte mit einer PCB-Füllung von insgesamt 143.629 Liter erfasst. Gemäß der Aktenlage wurden diese Geräte durch die Firmen BBC, ASEA und Siemens geordnet entsorgt und die Entsorgung wurde nachgewiesen.

Das LOBA erließ am 03.06.1988 eine erneute Verfügung, gemäß der die BW unter Angabe der Typen die Anzahl der sich im Einsatz befindlichen PCB-Trafos zu melden hatten und inwieweit der Erlass des Innenministeriums vom 30.12.82 umgesetzt worden war. Hierzu wurde den BA vierteljährlich mit detaillierten Listen über den Bestand und die ersetzten Trafos Bericht erstattet.

Statt PCB wurde ab 1988 PCDM (= Ugilec 141) eingesetzt.

In der Risikoanalyse wird auch der Fall berücksichtigt, dass es unter Tage noch „PCB-gefüllte umschlossene Quellen“ zu denen auch Trafos gehören, gibt.

c. Gefüllte Fässer, Tanks

In den ausgewerteten Unterlagen (BR Arnsberg, RAG) gibt es keine Hinweise auf den Verbleib von „PCB-gefüllten umschlossenen Quellen“ unter Tage.

In der Risikoanalyse wird auch der Fall berücksichtigt, dass es unter Tage noch „PCB-gefüllte umschlossene Quellen“, zu denen auch Fässer und Tanks gehören, gibt.

In den Kap. 3.6.1 wird auf die vermutete illegale Entsorgung von Fässern eingegangen. In mehreren Kapiteln wurde zuvor auf die Praxis der Entsorgung von leeren und teilentleerten Fässern eingegangen.

5 ZUSAMMENFASSUNG AKTENRECHERCHE PCB (AHU AG)

Die Auswertung der Akten ist abgeschlossen.

Es ist zwar nicht ausgeschlossen, dass es unter den ca. 80.000 Akten des Zentralarchivs der RAG und den mehreren hundert Betriebsakten der BR Arnsberg noch Zufallsfunde mit vereinzelt Bezügen zu PCB geben kann.

Die grundsätzliche Vorgehensweise beim Umgang mit PCB ist jedoch aufgeklärt und kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Erst zu Beginn der 1980er Jahre wurde PCB thematisiert.
- Gegenüber den eingesetzten Mineralölmengen im Bergbau ist die Menge der PCB sehr klein, so dass PCB – wenn es nicht betriebsbedingt verloren ging – in den Altölströmen „unterging“.
- Die „Entsorgungsquote“ ab Mitte der 1980er Jahre von PCB ist vernachlässigbar.
- Es ist davon auszugehen, dass das eingesetzte PCB überwiegend unter Tage verblieben ist. Ein wahrscheinlich relevanter, aber nicht quantifizierbarer Anteil wurde auch über die Kohlen und Berge wieder über Tage verbracht.
- Der untertägige Verbleib beruht v. a. auf nicht vermeidbaren betriebsbedingten Verlusten und nicht auf unsachgemäßer Abfallbeseitigung.
- Es gibt keine Hinweise auf die direkte Entsorgung von PCB-belasteten Altölen (z. B. in Fässern) unter Tage.
- Es gibt keine Hinweise auf die Verbringung von PCB-belasteten Altölen unter Tage, weil z. B. über Tage ab Mitte der 1980er Jahre über mehrere Jahre ein Engpass bei der Entsorgung von PCB-belasteten Altölen bestand. Nachdem PCB einmal zum Thema geworden war, erfolgte nach der Aktenlage eine genaue Erfassung und Dokumentation der PCB-belasteten Altölströme und Aggregate wie Trafos.
- Die Risikoanalyse PCB berücksichtigt jedoch auch solche, nicht nachgewiesenen Punktquellen.
- Die Recherche der großen Infrastruktureinrichtungen (Auswertung der Grubenrisse) bestätigt die bisherige Annahme in Teil 1 des Gutachtens und hat keinen Einfluss auf die Ergebnisse der bisherigen Risikoanalyse PCB.
- Eine Bilanzierung der übertägigen Altölströme der beiden zentralen Altölsammelstellen ZW Prosper und ZW Fürst Hardenberg ist 20 Jahre nach der Stilllegung der beiden Anlagen nicht mehr möglich.

6 BODEN UND WASSERUNTERSUCHUNGEN AUF PCB

Für die Bewertung des Gefährdungs-, Freisetzungs-, und Ausbreitungspotenzials der PCB erfolgten mehrfach untertägige Beprobungen.

Es war nicht Ziel der Untersuchungen, gegebenenfalls punktuelle PCB-Belastungen und/oder eine diffuse, repräsentative PCB-Belastung zu ermitteln. Dafür ist der noch zugängliche Bereich aus der PCB-Zeit in den fünf BW Auguste Victoria, BW Haus Aden/Monopol, BW Zollverein, BW Prosper Haniel und BW Ibbenbüren – gemessen an der ursprünglichen Ausdehnung – zu klein.

6.1 Untersuchungsziele und Anforderungen der Probenahme (ahu AG)

6.1.1 Bodenproben

Von den Gutachtern wurden nachfolgende Untersuchungsziele und Anforderungen an die Probenahmeorte definiert. Gemäß den Anforderungen und Möglichkeiten der Probenahme wurden in den fünf noch zugänglichen BW Probenahmeorte ausgewählt, die nach Aktenlage vier verschiedenen PCB - Einsatzbereichen zugeordnet werden können. Die Arbeitshypothese war, dass sich dies auch in unterschiedlichen PCB-Belastungen widerspiegelt.

Die Bodenprobenahme erfolgt durch die Probennehmer des LANUV in der gleichen Vorgehensweise wie bei der Probenahme am 18.02.2016 im BW Haus Aden/Monopol (siehe Teil 1 des Gutachtens).

Bodenproben partikuläres Material aus vier verschiedenen PCB-Einsatzbereichen

- I. **Grubenbaue aus der PCB-Zeit** (Kohleabfuhrstrecken, Standorte von großen Maschinen mit PCB-Einsatz).
- II. **Verschleppungsbereich PCB:** Grubenbaue, die nach 1992 aufgefahren wurden, aber transport-/wassertechnisch mit Grubenbauen aus (I) in Verbindung stehen.
- III. **Punktquellen:** Grubenbaue, die ggf. punktuell höher mit PCB belastet sind (z. B. Werkstätten, Lokschruppen, Sumpfstrecken) aus der PCB-Zeit oder kurz danach.
- IV. **Hintergrundbelastung:** Grubenbaue, die nicht wassertechnisch mit Grubenbauen aus (I) in Verbindung stehen: Nullbereich bzw. Bereich von Belastungen durch ubiquitäre PCB-Verschleppung (z. B. wegen Grundbelastung in den angesaugten Wetter, zulässige Restkonzentrationen in als PCB-frei geltenden Betriebsstoffen etc.).

6.1.2 100 L-Wasserproben

PCB wird im Grubenwasser an Partikel (Schwebstoff) gebunden und grundsätzlich zu einem geringen Anteil auch gelöst³ transportiert. Um auch den „gelösten Anteil“ in seiner Größenordnung besser einordnen zu können, wurde erstmalig am 18.02.2016 im Rahmen der Gutachtenerstellung zu Teil 1 aus der Grubenwassereinleitung auf Haus Aden eine 100 L-Wasserprobe genommen (Probe Haus Aden A).

Die hohe Probenmenge von 100 L ist erforderlich, da die gelösten Konzentrationen an PCB sehr gering sind (pg/L_-Bereich für einzelne Kongenere). Das Probenmaterial wurde dann zur Anreicherung der PCB in Aliquoten zu 1 L mit Dichlormethan flüssig/flüssig extrahiert. Die quantitative Analyse des Extrakts erfolgte mittels GC/MS im SIM Modus (single ion monitoring) im Labor des LEK an der RWTH Aachen (Prof. Schwarzbauer).

Bei der ersten 100 L-Probe Haus Aden A erfolgte nach der Probenahme zunächst im Labor von UCL zur Abtrennung des partikulären Materials (Schwebstoff) eine Filtration. Das Filtrat wurde dann am nächsten Tag für die Analyse nach Aachen in das Labor des LEK transportiert. Der Gehalt an PCB gelöst war mit 1,6 ng/L (Gesamt-PCB) sehr gering.

Bezogen auf dieses Ergebnis (in ng/L), den Schwebgehalt im Grubenwasser (in mg/L) und die Belastung des Schweb mit PCB (in µg/kg) ergab sich für das Grubenwasser in der Zentralen Wasserhaltung Haus Aden ein Anteil von ca. 1/8 der gelöst und ein Anteil von ca. 7/8 der über den Schweb (partikulär gebunden) transportiert wird.

Nach der erstmaligen Analyse einer 100 L-Wasserprobe blieben eine Reihe von Fragen offen, die durch weitere Untersuchungen im Teil 2 des Gutachtens geklärt werden sollten. Diese Fragen sind:

1. Gibt es eine Abhängigkeit der Höhe des gelösten Anteils von der Probenaufbereitung/Filtration?
2. Gibt es eine Abhängigkeit des gelösten Anteils von unterschiedlichen Grubenwässern (u. a. Gehalte an Schwefelverbindungen, Eisen, Barium, Natriumchlorid)
3. Gibt es eine Abhängigkeit des gelösten Anteils bei unterschiedlichen Einzugsgebieten (u. a. Grubenwassermengen und Erosionspotential, Anzahl der gefluteten und nicht gefluteten Abbaue aus der PCB-Zeit)
4. Kann das singuläre Ergebnis der ersten 100 L-Probe bestätigt werden?

Nach einer Bewertung des LANUV aller Grubenwassereinleitungen stellten sich nur die Grubenwassereinleitungen auf Haus Aden und die beiden Einleitungen auf Zollverein als sinnvoll dar. Die Proben wurden analog zur ersten 100 L analytisch bearbeitet, es wurde jedoch statt einer Filtration im Labor eine Vor-Ort

³ Unter „gelöst“ wird per Definition auch der Feinstschweb < 45 µ verstanden.

Filtration direkt an den Grubenwasserentnahmestationen durchgeführt. Die Abstimmung der Vorgehensweise bei der Probenahme und Aufbereitung der 100 L-Probe ist in der Dok. 4 enthalten.

6.2 Probenahme Wasser (ahu AG)

Vor Ort wurde durch eine Apparatur der DMT (im Auftrag der RAG) 200 L Grubenwasser filtriert ($< 45 \mu$). Der Filtrerrückstand wurde von UCL auf PCB untersucht. Die gewonnene Menge an Schweb (mg/L) ist nicht unbedingt vergleichbar mit der Menge an Schweb die bei der Probenahme mit Zentrifugen gewonnen wird.

100 L abfiltriertes Wasser wurde in vorgereinigten Behältern nach Aachen in das Labor des LEK transportiert. Hier erfolgte die Bestimmung der gelösten Anteile an PCB. Die Analytik wurde – wie auch für die Probe in Teil 1 des Gutachtens – durch das Labor des LEK, RWTH Aachen (Prof. Schwarzbauer) durchgeführt.

Durch UCL erfolgte (im Auftrag der RAG) eine parallele Bestimmung des gelösten Anteils in einer 100 L-Wasserprobe.

6.2.1 Filtration

Wie bereits erwähnt, wurden die 100 L Wasserproben für den Teil 2 des Gutachtens jeweils vor Ort filtriert (Abb. 25 und Abb. 26). Es wurden abwechselnd 10 L-Aliquote für die beiden Labore filtriert:

- Filterwechsel alle 12 bis 16 L.
- Filterpapier: Cellulosenitrat, Ø 100 mm, Porenweite $0,45 \mu\text{m}$.
- Dauer für ein Aliquote: Haus Aden 16L/20min, ZV Stinnesdamm 16/10min, ZV Süd 12L/10min.
- Angelegter Überdruck bei der Filtration: Haus Aden 0,65 bar, ZV Stinnesdamm 1,6 bar, ZV Süd 1,0 bar.



Abb. 17: Vor-Ort Filtration Haus Aden am 30.08.2017 (Quelle: ahu AG)

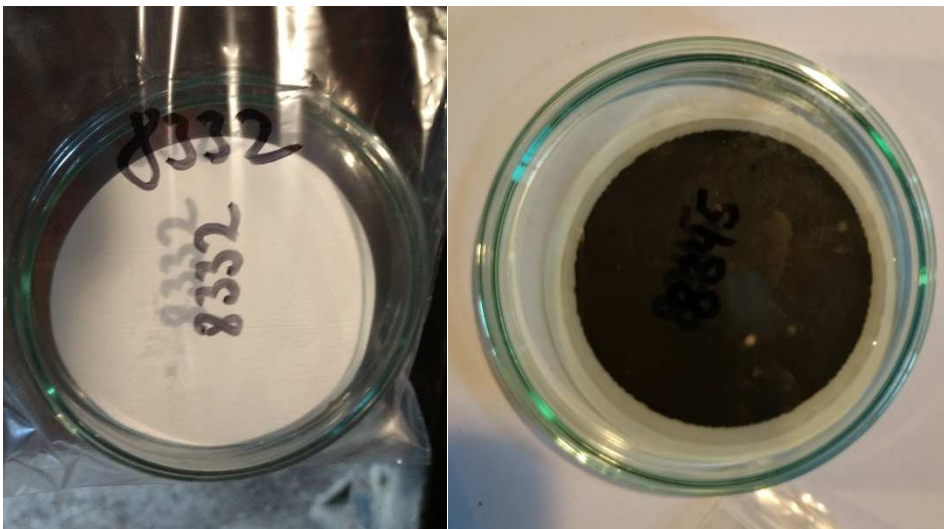


Abb. 18: Filter unbeladen (links) und nach ca. 12 L Wasserdurchsatz (rechts) (Quelle: ahu AG)

6.2.2 Teileinzugsgebiet Haus Aden

Das Einzugsgebiet der Wasserprovinz Haus Aden wurde im Teil 1 des Gutachtens detailliert beschrieben. Es ist wie folgt gekennzeichnet:

- Die Größe des Teileinzugsgebietes beträgt 129 km².
- Das Potentialgefälle zwischen dem höchst gelegenen Abbau (-240 m NHN) aus der PCB-Zeit und dem Niveau der Wasserhaltung -960 m NHN beträgt 720 m.

- Die gehobene Grubenwassermenge beträgt seit 1995 22 m³/min aus dem Teileinzugsgebiet Victoriadam. Im Teileinzugsgebiet Ost ist das Grubenwasser noch im Anstieg begriffen.
- Bezogen auf die Fläche sind dies **0,17 m³/km²/min**.
- Der Grubenwasseranfall ist absolut und relativ gesehen hoch. Dies liegt darin begründet, dass beim sehr oberflächennahen Abbau im BW Kurl das Deckgebirge angeschnitten wurde und das Deckgebirge im Süden generell geringmächtiger ist.

6.2.3 Zollverein

Die Abb. 15 gibt einen Überblick über die Einzugsgebiete in der Wasserprovinz Zollverein. In dem Teileinzugsgebiet Emscher Mulde Ost ist das Grubenwasser noch im Anstieg begriffen. Ein Übertritt von Grubenwasser wird erst dann erfolgen, wenn das Niveau von -696 m NHN erreicht ist.

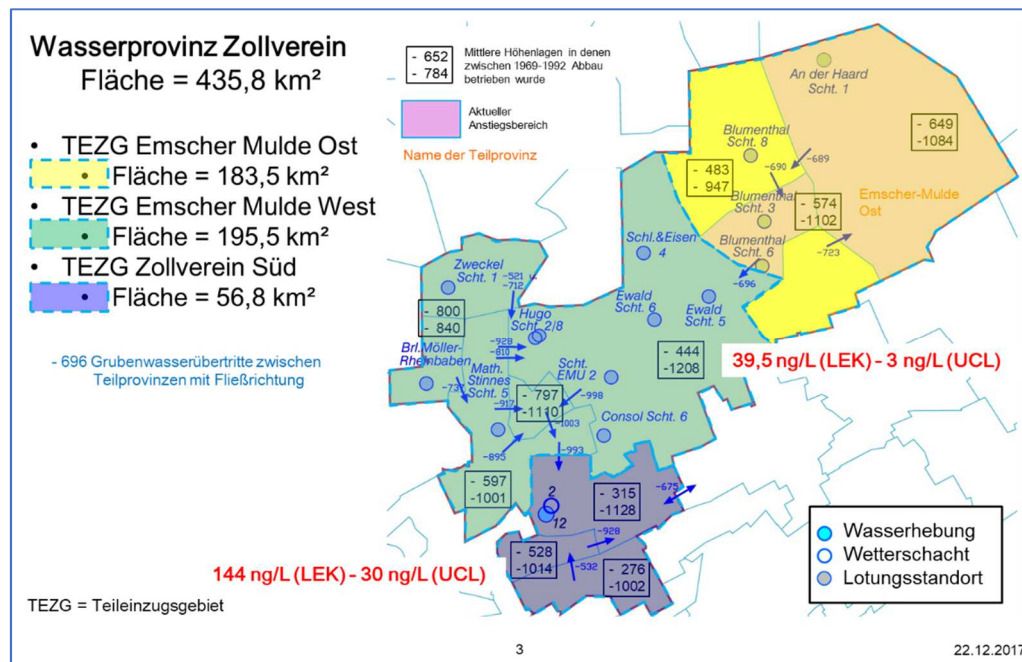


Abb. 19: Teileinzugsgebiete in der Wasserprovinz Zollverein

6.2.3.1 Teileinzugsgebiet Emscher Mulde West (Stinnesleitung)

Das Teileinzugsgebiet Emscher Mulde West (Stinnesleitung) ist wie folgt gekennzeichnet:

- Die Größe des Teileinzugsgebietes beträgt 196 km².
- Das Potentialgefälle zwischen dem höchst gelegenen Abbau (-444 mNHN) aus der PCB-Zeit und dem Niveau der Wasserhaltung 960 mNHN beträgt 516 m.
- Die gehobene Grubenwassermenge beträgt seit 2010 5,3 m³/min.
- Bezogen auf die Fläche sind dies **0,03 m³/km²/min**.

6.2.3.2 Teileinzugsgebiet Zollverein Süd (Zollvereinsleitung, 2/12)

Das Teileinzugsgebiet Zollverein Süd (Zollvereinsleitung) ist wie folgt gekennzeichnet:

- Die Größe des Teileinzugsgebietes beträgt 57 km².
- Das Potentialgefälle zwischen dem höchst gelegenen Abbau (-276 m NHN) aus der PCB-Zeit und dem Niveau der Wasserhaltung -940 m NHN beträgt 664 m.
- Die gehobene Grubenwassermenge beträgt seit 1998 8 m³/min.
- Bezogen auf die Fläche sind dies **0,14 m³/km²/min**, also 4,6-mal mehr als im Teileinzugsgebiet Emscher Mulde West bezogen auf die gleiche Flächeneinheit. Dies liegt darin begründet, dass in dem südlichen Teileinzugsgebiet das Deckgebirge geringmächtiger ist und der erste Abbau oberflächennäher stattgefunden hat. Zudem ist die Größe des Teileinzugsgebietes erheblich kleiner.

6.3 Probenahmen Boden (ahu AG)

Die zuvor nach Aktenlage ausgewählten Bereiche wurden untertage aufgesucht und geeignete Bereiche ausgewählt an denen ausreichend Sediment vorhanden war, um eine Mischprobe zu erstellen (Abb. 20). Es wurde nach Möglichkeit Sediment aus tieferen Schichten ausgewählt, da dieses älteren Datum ist.



Abb. 20: Homogenisierung einer Schlammprobe aus einem Absetzbecken (rechts im Bild, Punkt 10 in Abb. 23) auf AV (Quelle: RAG)

Gerade in den potentiellen Punktquellen wie Werkstätten konnten oft keine Proben genommen werden, da in diesen Bereichen der Boden betoniert und praktisch sedimentfrei ist (Abb. 21).



Abb. 21: Werkstattbereich auf AV: keine Probenahme (Punkt 8, Abb. 23)
(Quelle: RAG)

Die untertägig angefertigten Mischproben wurden untertägig geteilt, so dass durch die RAG (über das Labor UCL) eine Vergleichsanalyse erstellt wurde.

Die Probenahmepunkte und die Probenahme sind in der Dok. 5 (erstellt durch das LANUV) beschrieben.

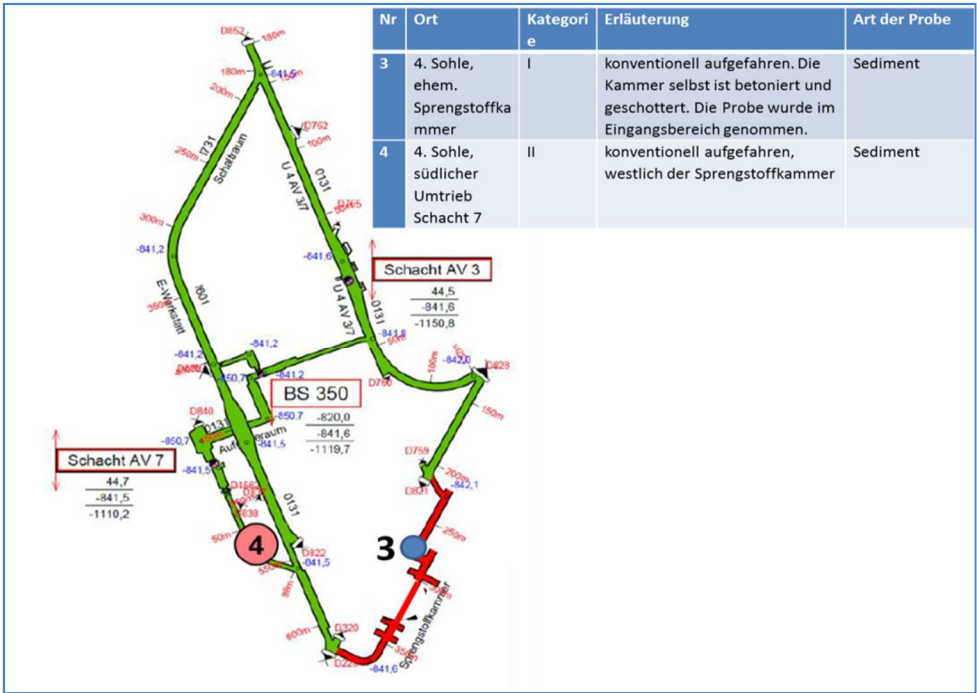


Abb. 22: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 4. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)

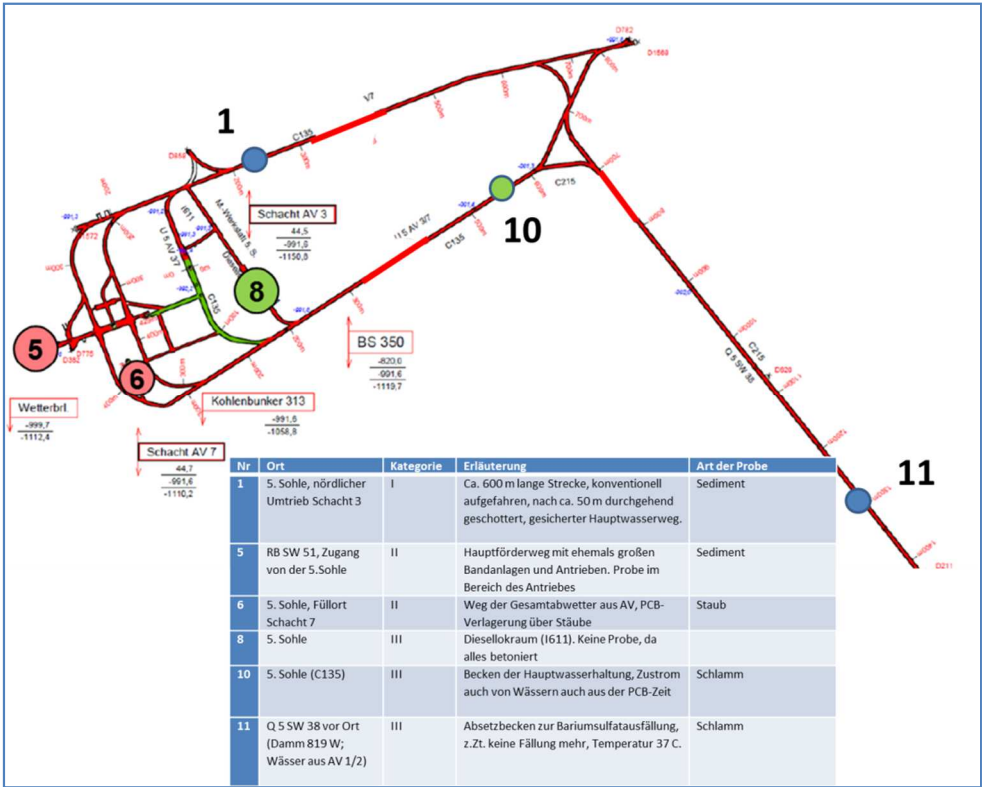


Abb. 23: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 5. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)

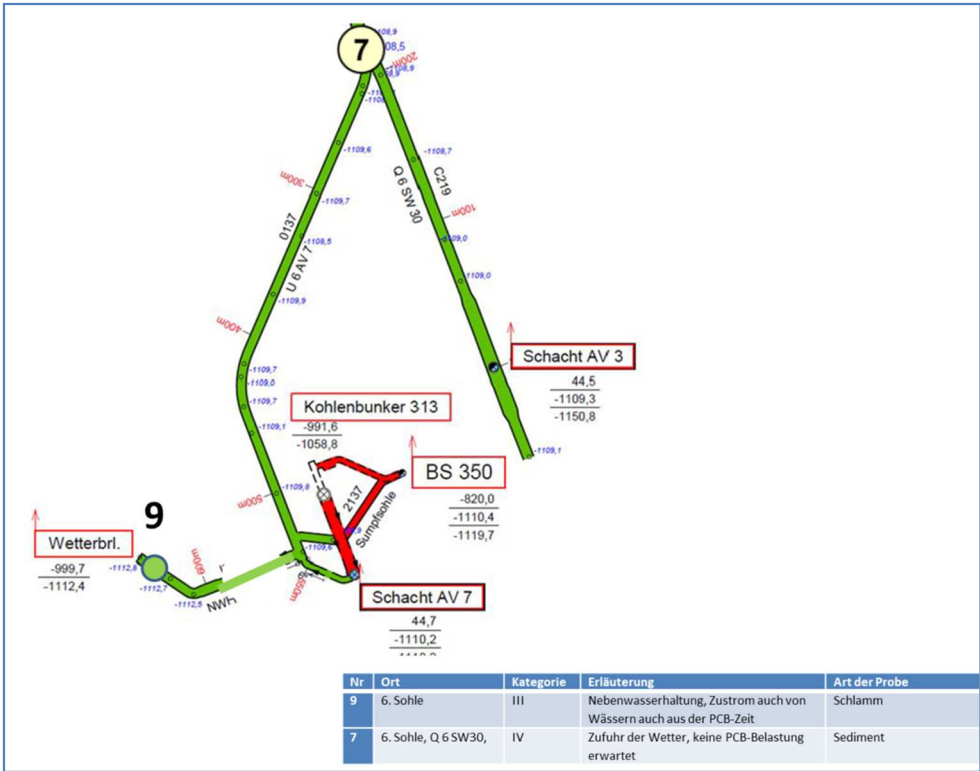


Abb. 24: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Auguste Victoria 6. Sohle (Quelle: BR Arnsberg)

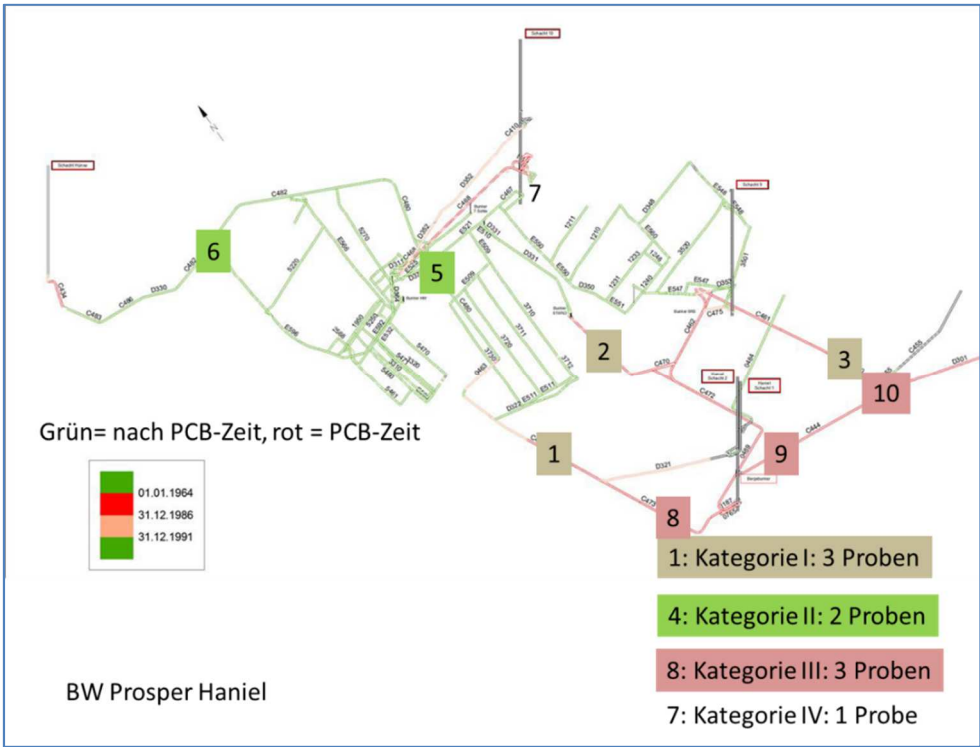


Abb. 25: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Prosper Haniel (Quelle: BR Arnsberg)

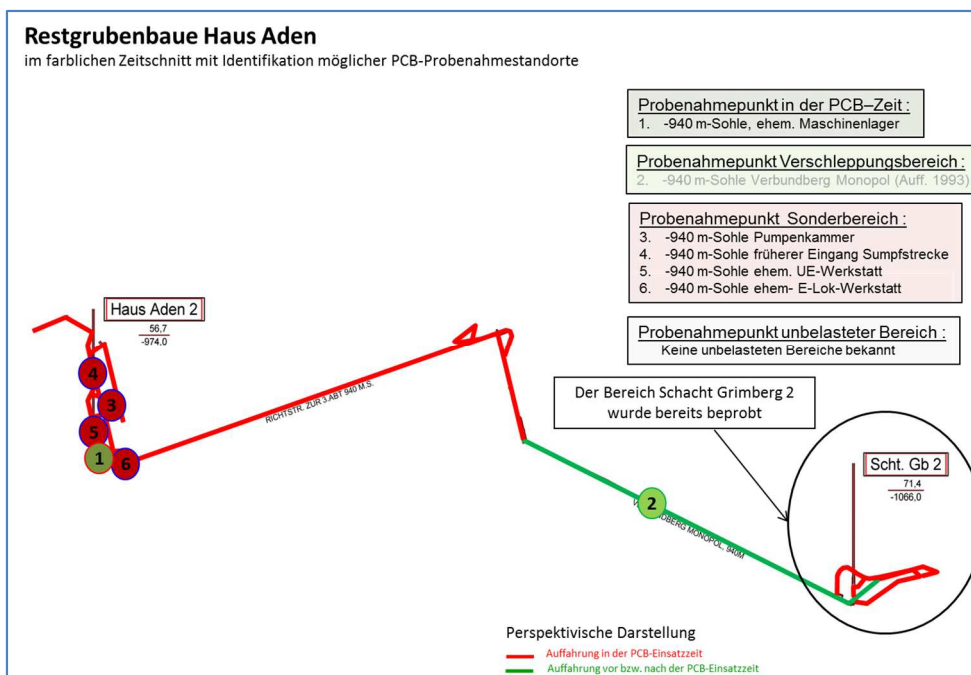


Abb. 26: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Haus Aden (Quelle: BR Arnsberg)



Abb. 27: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Zollverein (Quelle: BR Arnsberg)

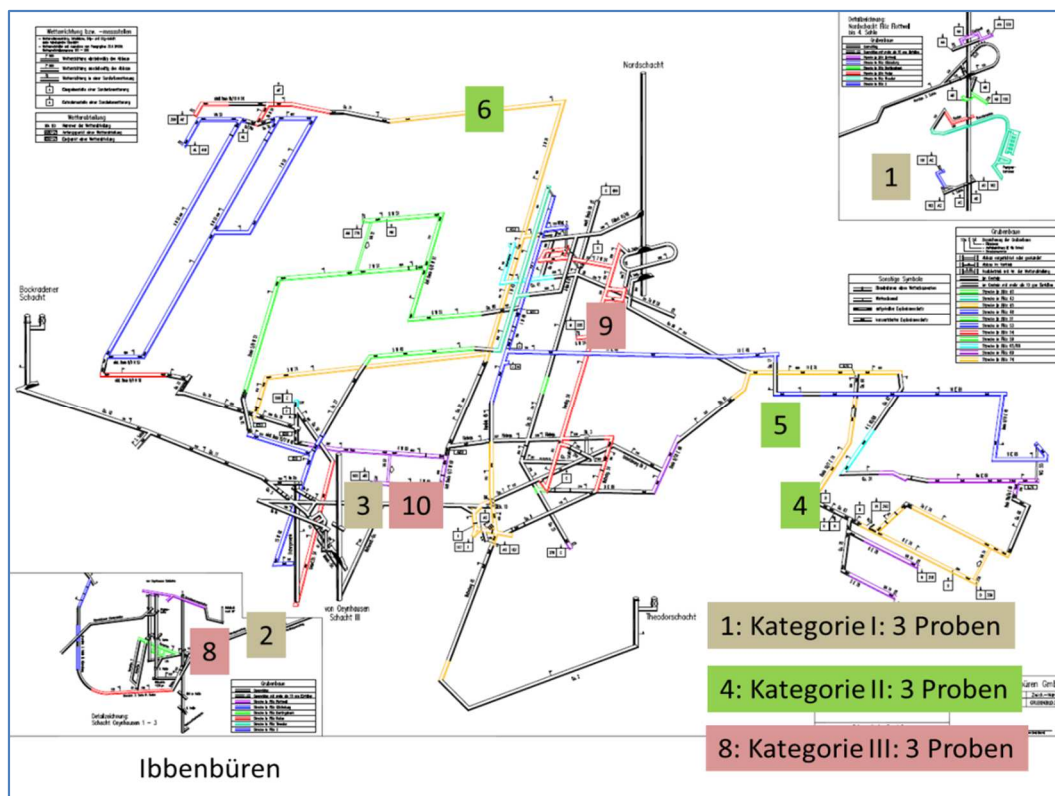


Abb. 28: Übersicht über die Orte der Probenahme im BW Ibbenbüren (Quelle: BR Arnsberg)

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Ergebnisse der Bodenproben (ahu AG)

Die bisherigen 5 Analysen aus dem BW Haus Aden/Monopol ergaben Gehalte zwischen 3.800 und 31.000 µg/kg. Aus diesen 5 Proben ergibt sich ein rechnerischer Mittelwert von 13 mg/kg bzw. 1,3 t/km².

Mit den jetzt zusätzlich genommenen 35 Proben sollte dieser Mittelwert besser abgesichert werden (obwohl auch jetzt noch nicht von einer repräsentativen Beprobung gesprochen werden kann) und es sollten ggf. unterschiedliche Mittelwerte für die einzelnen Bereiche I, II, III und IV angegeben werden.

Die folgende Tab. 8 zeigt die Ergebnisse der Probenahme für die einzelnen BW (ausführliche Beschreibung in Dok. 6).

Tab. 8: Ergebnisse der Bodenproben auf PCB (µg/kg) aus den BW

Auguste Victoria											Mittelwert (µg/kg)
	Nr.	1	3	4	5	6	7	8	10	11	
GTR	Gew %	97,63	97,24	96,8	94,44	98,52	93,43	65,11	43,65	70,72	
PCB-28	µg/kg	81	80	600	11	280	7,8	8,5	14	<5,0	120
PCB-52	µg/kg	38	28	360	10	180	<5,0	6,8	9,1	<5,0	70
PCB-101	µg/kg	12	5,3	130	<5,0	44	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	21
PCB-118	µg/kg	15	7	190	<5,0	36	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	28
PCB-138	µg/kg	<5,0	<5,0	49	<5,0	13	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	7
PCB-153	µg/kg	<5,0	<5,0	37	<5,0	13	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	6
PCB-180	µg/kg	<5,0	<5,0	17	<5,0	6,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	3
Summe * 5		730	602	6.915	105	2.863	39	76,5	115,5	0	1.272
Mittelwerte		666			3.294		39		64		

Prosper (14.03.2017 und 17.03.2017)												Mittelwert (µg/kg)
	Nr.	1	2	3	5	6	7	8	9	10	12	
GTR	Gew %	57,1	31,98	72,43	49,13	66,1	57,1	71,15	82,09	68,85	73,84	
PCB-28	µg/kg	310	90	157	16	31,98	14	120	6800	440	42	802
PCB-52	µg/kg	420	160	134	31	<5	33	560	13000	1600	45	1.598
PCB-101	µg/kg	100	65	42	8,8	<5	14	190	7100	1400	10	893
PCB-118	µg/kg	99	63	43	9,4	<5	16	160	6200	2400	<10	899
PCB-138	µg/kg	24	8	11	<5	<5	<5	22	2100	320	<10	249
PCB-153	µg/kg	21	8,6	11	<5	<5	<5	94	2200	200	<10	253
PCB-180	µg/kg	7,5	<5	6	<5	<5	<5	81	1300	67	<10	146
Summe * 5		4.908	1.973	2.020	326	159,9	385	6.135	193.500	32.135	485	24.203
Mittelwerte		2.967			243		385	9.689				

Haus Aden (20.03.2017)								Mittelwert (µg/kg)
	Nr.	1*	2*	3*	4*	5*	6*	
GTR	Gew %	94,44	75,81	72,75	56,69	95,87	82,65	
PCB-28	µg/kg	510	110	410	110	110	360	268
PCB-52	µg/kg	540	94	260	89	40	200	204
PCB-101	µg/kg	260	24	160	29	24	81	96
PCB-118	µg/kg	360	23	220	33	60	120	136
PCB-138	µg/kg	84	<5	54	6,7	15	36	33
PCB-153	µg/kg	78	<5	43	6	12	37	29
PCB-180	µg/kg	46	<5	25	<5	9,8	29	18
Summe * 5		9.390	1.255	5.860	1.369	1.354	4.315	3.924
Mittelwerte		9.390	1.255	3.224				

* halbquantitativ, Anforderungen QS nicht erfüllt.

	Zollverein (29.03.2017)				
	Nr.	3*	4*	5*	Mittelwert (µg/kg)
GTR	Gew %	69,24	95,15	91,38	
PCB-28	µg/kg	1300	1900	1100	1.075
PCB-52	µg/kg	2000	2200	1100	1.325
PCB-101	µg/kg	1100	700	430	558
PCB-118	µg/kg	1400	860	440	675
PCB-138	µg/kg	240	130	78	112
PCB-153	µg/kg	170	120	60	88
PCB-180	µg/kg	59	47	27	33
Summe * 5		31.345	29.785	16.175	25.768
Mittelwerte		25.768			

* halbquantitativ, Anforderungen QS nicht erfüllt.

Ibbenbüren (2.3.2017 und 28.03.2017)									Mittelwert (µg/kg)
	Nr.	1	2	3	4	5	9	10	
GTR	Gew %	65	74,5	98,9	50,59	49,88	98,7	84	
PCB-28	µg/kg	230	500	94	<5,0	<5,0	720	250	256
PCB-52	µg/kg	140	350	47	<5,0	<5,0	630	170	191
PCB-101	µg/kg	79	150	19	<5,0	<5,0	180	23	64
PCB-118	µg/kg	100	150	23	<5,0	<5,0	200	14	70
PCB-138	µg/kg	49	45	5,4	<5,0	<5,0	37	<5,0	19
PCB-153	µg/kg	48	57	<5,0	<5,0	<5,0	31	<5,0	19
PCB-180	µg/kg	44	34	<5,0	<5,0	<5,0	13	<5,0	13
Summe * 5		3450	6.430	942	<5,0	<5,0	9.055	2.285	3.166
Mittelwerte		3.607			5		5.670		

Vor-Einschätzung der PCB-Probenahmen	
I	PCB-Zeit
II	Verschleppungsbereich
III	Punktquellen
IV	Hintergrundbelastung

6.4.1.1 Bewertung der Bodenproben

Die Analysenergebnisse bestätigen die Vor-Klassifizierung der Probenahme-standorte nicht immer:

- In den erwarteten Hot-Spots (Schlammstrecken, Werkstätten) wurden vielfach geringe bis keine PCB festgestellt. Dies ist insofern erklärlich, dass die „PCB-Zeit“ fast 30 Jahre zurückliegt und die anfallenden Schlämme zwischenzeitlich mehrfach in abgeworfene Grubenteile abgepumpt wurden. Diese Grubenteile sind heute nicht mehr erreichbar.
- In den Werkstätten war eine Probenahme vielfach nicht möglich bzw. sinnvoll, weil diese Bereiche betoniert sind.

Bei Betrachtung aller 35 Analysen ergibt sich dennoch ein Trend. Die „Mittelwerte“⁴ wurden als arithmetisches Mittel der 7 PCB-Kongenere (28, 52, 101, 118, 138, 153 und 180 * 5) aus den einzelnen Proben, die den unterschiedlichen vier PCB-Belastungsbereichen zugeordnet waren, berechnet und ergeben sich wie folgt (s. Dok. 6):

Anzahl Proben	9	8	16	2	Alle Proben 35
Mittelwerte µg/kg	4.157	1.199	8.883	212	3.613

- Im Durchschnitt zeigen diese Proben (rot) aus den möglichen Punktquellen auch die höchsten Belastungen. Der höchste gemessene Wert mit 193 mg/kg wurde auf dem BW Prosper Haniel aus dem Gleisbett (Kohleabfuhrstrecke) auf der 5. Sohle am nördlichen Damm 267 genommen, ein Bereich der zuvor als mögliche Punktquelle eingeordnet wurde (s. Dok. 5 Seite 12, Dok. 6).
- Die Proben aus der PCB-Zeit (orange) sind ungefähr halb so hoch belastet.
- Die Proben aus den Verschleppungsbereichen (gelb) liegen noch einmal deutlich darunter.
- Eine Hintergrundbelastung (grün) besteht praktisch flächendeckend, obwohl es auch einige wenige PCB-freie Proben gibt (die gemäß der Vor-Klassifizierung jedoch in einem Verschleppungsbereich liegen)
- **Bei Berücksichtigung aller 35 Proben aus den 5 BW ergibt sich ein „Mittelwert“⁴ von 3.613 µg/kg bzw. 0,36 t/km²⁵.**

6.4.1.2 Schlussfolgerungen für die Risikoanalyse

Für die Risikoanalyse ist die Verringerung der durchschnittlichen PCB-Belastung um ca. 75 % nicht relevant, da

⁴ Aufgrund der geringen Probenzahl sind dies **keine** statistisch abgesicherten Mittelwerte.

⁵ Anhand der 5 Proben aus dem BW Haus Aden war in Teil 1 des Gutachtens ein „Mittelwert“⁴ von 13.420 µg/kg bzw. 1,3 t/km² abgeschätzt worden.

- selbst bei zunächst unterschiedlichen Schwebbelastungen ($\mu\text{g/kg TS}$) aus punktuell höher belasteten Bereichen diese sich über die langen Verweilzeiten, die großen Flächenanteile außerhalb der PCB-Zeiten und die großen Mengen an Grubenwasser angleichen werden.
- 98 bis 99 % der noch in den BW verbliebenen PCB im Alten Mann und nicht in den Strecken vermutet werden.

6.4.2 Ergebnisse der 100 L Wasserproben (LEK)

Die Tab. 9 zeigt die Ergebnisse der 100 L-Grubenwasseruntersuchung auf PCB, sowie allgemeine Informationen zu den jeweiligen Einzugsgebieten.

Tab. 9: Ergebnisse der 100 L Wasserproben

Datum	18.02.16	30.08.17		13.11.17		14.11.17	
Einzugsgebiet Teileinzugsgebiet	Victoriadamm Haus Aden A	Victoriadamm Haus Aden B		Zollverein Süd Zollvereins- leitung 2/12 (57 km²)		Zollverein Em- scher Mulde Stinnesleitung (196 km²)	
Gefälle im Grubengebäude	720 m			664 m		516 m	
Grubenwasser- förderung	Seit ca. 1995 22 m³/min 0,17 m³/km²/min			Seit 1998 8 m³/min 0,14 m³/km²/min		Seit 2010 5,3 m³/min 0,03 m³/km²/min	
Probenaufbereitung	Filtration UCL Labor	Vor-Ort-Filtration					
Labor	LEK	LEK	UCL	LEK	UCL	LEK	UCL
Einheit	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L	ng/L
PCB-28	0,167	2,39	1,59	9,75	1,8	1,07	<0,1
PCB-52	0,137	2,49	2,43	18,2	4,2	5,87	0,61
PCB-101	0,005	0,37	<0,1	0,73	<0,1	0,81	<0,1
PCB-138	0,004	0,37	<0,1	0,059	<0,1	0,075	<0,1
PCB-153	0,006	0,34	<0,1	0,086	<0,1	0,073	<0,1
PCB-180	<0,004	0,43 3	<0,1	< BG*	<0,1	< BG*	<0,1
Summe 6 DIN- Kongeneren x Faktor 5	1,6	32,1	20,1	144,1	30	39,5	3,1
Filterrückstände µg/kg x Faktor 5	980		5.750		20.975		1.100
Kastenprobe LANUV*** x Faktor 5					188,5		

* 0,01 ng/L BG LEK; ** 0,1 ng/L BG UCL, ***27.07 bis 25.10.2017

Die Tab. 10 listet eine Auswahl der auf Grundlage des ersten Gutachtens sowie der im Zuge dieses Gutachtens gemessenen Konzentrationen ermittelten K_D -Werte bzw. der analogen Konzentrationsverhältnisse gelöst/partikelgebunden auf.

Tab. 10: K_D -Werte

	K_D Werte					
	nach Duinker	Probe 1	Probe 2	100 L Haus Aden A	100 L ZV Süd	100 L ZV Stinnes
PCB-28		$2,5 \times 10^6$	$2,4 \times 10^4$	$6,6 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$ ($1,5 \times 10^6$)*	$1,0 \times 10^5$
PCB-52	$5,2 \times 10^4$	$1,2 \times 10^6$	$1,8 \times 10^4$	$4,5 \times 10^5$	$7,7 \times 10^4$ ($3,3 \times 10^5$)*	$1,9 \times 10^4$
PCB-101	$8,8 \times 10^4$	$3,1 \times 10^6$	$5,8 \times 10^4$	$4,9 \times 10^6$	$1,3 \times 10^5$	

* unter Verwendung der Messergebnisse von UCL für die gelöste Phase

6.4.2.1 Bewertung der 100 L-Wasserproben

Die Tab. 11 stellt das Verhältnis PCB-Austrag zwischen gelösten und Partikel gebundenen PCBs dar. Wie auch schon vorab angenommen spielt der Schwebstoffgehalt einen maßgeblichen Anteil im Hinblick auf den PCB Austrag über gehobenes Grubenwasser.

Tab. 11: Verhältnis zwischen gelösten und Partikel gebundenen PCBs

Probe	Labor	Datum	PCB	Schwebstoff- gehalt	Konz		Verhältnis
					Schweb	gelöst	
			ng/kg	kg/L	ng/L	ng/L	
ZV Süd	LEK, UCL	13.11.2017	20.975.000	0,000001363*	28,59	144,35	1/5
	UCL					30,00	1/1
ZV Stinnesdamm	LEK, UCL	14.11.2017	1.100.000	0,000007347*	8,08	39,52	1/5
	UCL					3,10	3/1
Haus Aden B	LEK, UCL	30.08.2017	5.750.000	0,000002308*	13,27	32,05	1/2
	UCL					20,10	1/2
Haus Aden A	LEK	18.02.2016	980.000	0,000011	10,78	1,63	7/1

* Schwebstoffgehalt bezieht sich auf die von UCL analysierte 100 L-Probe. Da für die vom LEK untersuchte Probe kein exakter Schwebstoffgehalt bestimmt wurde, wird als Näherung der Wert von UCL genutzt.

Haus Aden

Die Ergebnisse Haus Aden A und Haus Aden B (Tabelle 7) sind auf Grund der unterschiedlichen Probenbehandlung nicht miteinander vergleichbar. Bei der

Probe Haus Aden B stimmen die Ergebnisse beider Labore mehr oder weniger überein (PCB-Gehalte gelöst). Beim LEK wurden höhere Konzentrationen festgestellt (Faktor 1,6).

Für die Bewertung der Diskrepanz der Werte von der ersten und zweiten Probenahme sollte man zwei verschiedene Aspekte beachten:

a) Es sind unterschiedliche Probenahmetechniken angewendet worden. Ob dies u. U. die Konzentrationen beeinträchtigt haben könnte (durch Mitfällung, Druck etc.), ist zu diskutieren. Ebenfalls ist zu prüfen, ob die Probenahmetechnik (Vor-Ort-Filtration) kontaminationsfrei erfolgt ist. Für die analytischen Bearbeitungsschritte nach der Probenahme ist am LEK ein Blindwert ermittelt worden (hier kein Nachweis von PCB).

Aufgrund der sehr ähnlichen Ergebnisse bei UCL gehen die Gutachter hier von einer kontaminationsfreien Analyse im UCL-Labor aus. Ein entsprechender Blindwert für die Probenahme ist nach Kenntnis der Gutachter nicht ermittelt worden.

b) Hier liegen nur zwei, zeitlich deutlich auseinanderliegende Analysen in einem sehr geringen Konzentrationsbereich und einem sehr großen Probenvolumen (also abseits der Routineanalytik) mit unterschiedlicher Probenahmetechnik vor. Hier lassen sich keine statistisch belastbaren Unterschiede oder gar Trends ablesen. Für eine Interpretation der Werte müsste man zunächst die reguläre Varianz der Konzentrationen kennen. Aus Sicht der Gutachter sind die 100 L-Analysen aber immer lediglich als Ermittlung der Dimension der PCB-Gehalte/Konzentrationen initiiert gewesen.

Zollverein

Bei den Proben Emschermulde Süd und Emschermulde West sind die Nachweise durch das LEK ebenfalls höher als bei UCL, allerdings hier um den Faktor 4,8 bzw. 12,7. Für diese Unterschiede gibt es keine Erklärung. Grundsätzlich treten im Bereich der Ultraspurenanalytik unvermeidbare Unterschiede zwischen verschiedenen Laboren auf. Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass es sich beim Labor des LEK um das Forschungslabor einer Hochschule und beim UCL um ein akkreditiertes Labor nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 handelt. Die Gutachter sind deshalb der Auffassung, dass eine grundsätzliche Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen der beiden Labore, trotz der Unterschiede in den absoluten Werten, besteht.

In der gelösten Fraktion sowie im Filtrerrückstand liegt in der Probe Emschermulde Süd, vom 14.11.2017, nachweislich eine höhere PCB-Fracht (gelöst und partikulär gebunden) bei quasistationären Konzentrationsverhältnissen vor. Es kann mit der einmaligen Stichprobe nicht geklärt werden, ob dies ein singuläres Ereignis war. Im Langzeitmonitoring des LANUV über die Schwebstoffsammelkästen sind allerdings keine auffallend höheren Gehalte dokumentiert. Die Korngrößenanalysen zeigen, dass mit den Schwebstoffsammelkästen auch die relevanten Kornfraktionen aufgefangen werden.

Für erhöhte singuläre Gehalte kann es mehrere Gründe geben, die wahrscheinlich nicht aufzuklären sind:

- Das Einzugsgebiet Zollverein Süd ist dadurch charakterisiert, dass hier – im Vergleich zum Einzugsgebiet Emscher Mulde West – fast 5-mal mehr Wasser pro Flächeneinheit aus dem Deckgebirge die noch nicht gefluteten Abbaue aus der PCB-Zeit durchströmt. Dies kann auch – z. B. bei Starkregen, Wassereinbrüchen etc. zu einer singulär höheren PCB-Fracht führen.
- In den gefluteten Grubengebäuden und vor allem in Grubengebäuden, die in Flutung begriffen sind, können durch singuläre Ereignissen abgelagerte Schlämme aufgewirbelt werden (herabfallende Steine, Grubenausbaue, Bewegungen in den Grubenbauen etc.). Diese aufgewirbelten Partikel bewegen sich als Partikelwolke durch das Grubengebäude zur Wasserhaltung und werden aufgrund der geringen Korngrößen auch nicht mehr sedimentiert. Falls es sich um Partikel aus höher belasteten Bereichen handelt, ist auch eine solche Grubenwasserprobe zeitweise höher belastet. Aufgrund des strömenden Grubenwassers ist die Zeit dann nicht ausreichend, damit sich die Konzentrationen (gelöst und partikulär gebunden) über Adsorption an die feinverteilten Kohlen wieder verringern (Wirkung als „Flächenfilter“).

6.4.3 Validität der Laborergebnisse (LEK)

Die Ergebnisse in wurden bei den beiden Laboren UCL und LEK mehrfach überprüft und sind plausibel. Die mitgeführten Kontrollanalysen (Blanks) zeigen, dass es keine Kontaminationen mit PCB in den Laboren gegeben hat. Die aus den bisherigen Analysen berechneten, experimentell ermittelten und in der Literatur genannten K_d-Werte (Verhältnis der Konzentrationen im Feststoff und gelöst) stimmen überein (s. Teil 1). **Es wäre daher zukünftig auch zulässig aus den bestimmten Größen (gelöst, Feststoffgehalte) die nicht gemessenen Parameter in ihrer Größenordnung abzuleiten**

6.4.4 Plausibilität Faktor 5 (LEK)

Um näherungsweise die Gesamtkonzentration an PCB einer Probe zu bestimmen, wird die Summe der sechs Leitkongenere mit 5 multipliziert (häufig als „PCB-Gesamtgehalt nach LAGA“ bekannt). Dieser Faktor wurde empirisch bestimmt und beruht auf einem Mischungsverhältnis von Clophen A30:A50:A60 von 2:1:1 (Brank und Wentrup 1985). Der Faktor 5 stellt eine hinreichend genaue Näherung dar und wurde 1989 in nationales Recht übernommen (BMU 1989). Bei anderen Mischungsverhältnissen kann es jedoch zu Abweichungen des Faktors kommen (4,9-5,9; Lechnik-Habrink et al. 2005). Nach Schulz et al. 1989 ergeben sich für Clophen A30 und Clophen A40 Faktoren von 7,6 bzw. 6,3.

Die Analyse der Ionenspuren zeigt, dass die Wasserphase das Extraktionsmuster verändert: Die höheren Peaks des Clophen A30 (technisches Gemisch) tauchen bei den Analysen in den Grubenwässern nicht mehr bzw. nur stark reduziert auf.

Folglich ist die Verwendung des Faktor 5 bei technischen Gemischen sinnvoll bei denen keine Veränderung durch die Wasserphase erfolgt ist. In den Beispielen in Abb. 29 (PCB 28) und Abb. 30 (PCB 52) hingegen würde der Faktor 5 zu einer Unterschätzung bzw. zu einer Überschätzung führen.

Für zukünftige Analysen und Vergleiche wäre es also eindeutiger, die Gesamtfläche der einzelnen Ionenspuren anzugeben (und auch die Ionenspuren zu dokumentieren).

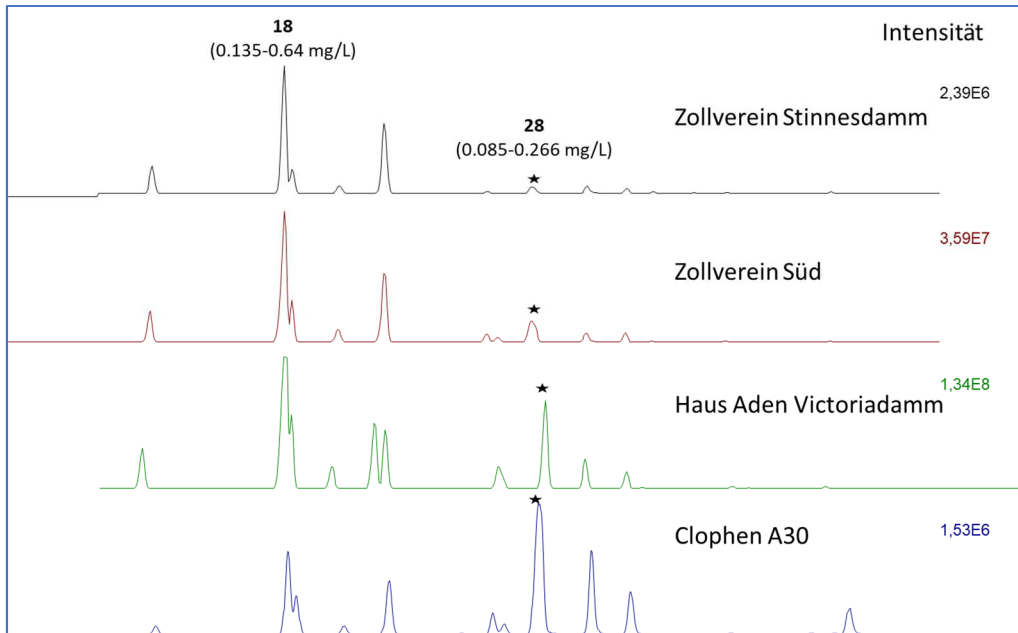


Abb. 29: Ionenspur 258 - PCB 28 und PCB 18 inklusive Wasserlöslichkeiten

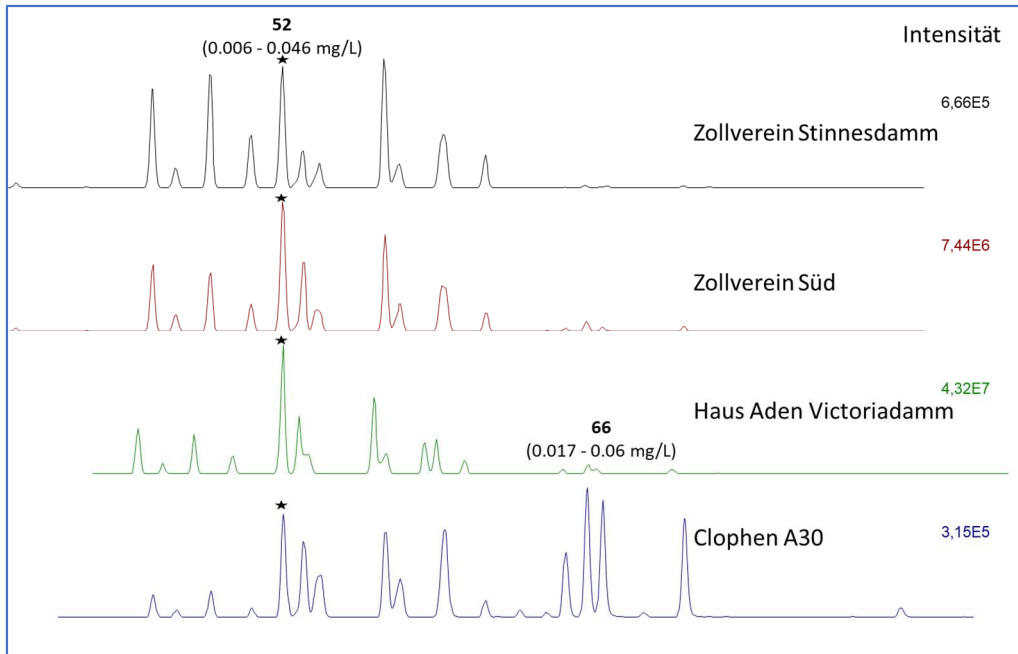


Abb. 30: Ionenspur 292 – PCB 52 und PCB 66 inklusive Wasserlöslichkeiten

6.5 Vorschläge für das weitere Vorgehen und das Monitoring (LEK)

Die 100 L-Wasserproben sind kein Analyseverfahren für das Grubenwassermonitoring, sondern dienen der Aufklärung grundsätzlicher Zusammenhänge zwischen dem PCB-Frachtanteil über Schweb und den gelösten Anteil.

Das Monitoring der Grubenwassereinleitungen wird durch das LANUV durchgeführt. Nachdem hier zunächst Zentrifugen eingesetzt wurden, die sich als wenig geeignet für einen Monitoring-Regelbetrieb erwiesen haben (Bericht des LANUV auf dem 5. AK PCB vom 07.09.2017) wird zurzeit in einer Probephase die Ergänzung bzw. Ersatz der punktuellen Zentrifugenprobe durch die dauerhafte Probenahme mit Schwebstoffsammelkästen geprüft. Die bisherigen Ergebnisse sind positiv (5. AK PCB vom 07.09.2017).

Die maßgebliche Umweltqualitätsnorm wird bei allen Grubenwasser-Einleitungen eingehalten.

- Für das Monitoring der Grubenwassereinleitung haben sich derzeit die Schwebstoffsammelkästen als sinnvolle Methode gezeigt, um über einen Messzeitraum Aussagen zu erhalten. Die Schwierigkeit besteht darin, bei den sehr geringen Schwebstoffgehalten (1-2 mg/L in stillgelegten BW) eine ausreichende Menge an repräsentativem Schweb zu sammeln.
- Die durchgeführten 100 L-Wasserproben sind sehr aufwändig und nicht für ein Monitoring der Grubenwassereinleitung geeignet. Sie haben aber die Bedeutung des gelösten Anteils und die Abhängigkeit des Nachweises von Stoffausfällungen (wie z. B. eine Filtration) gezeigt. Ebenso

konnte eine quasi-Gleichgewichtseinstellung zwischen gelöster und partikulär-gebundenen PCB bestätigt werden.

- Weitere 100 L-Proben sind zum derzeitigen Stand nicht erforderlich.
- Für die Frage der Grubenwassereinleitung ist die Gesamtfracht von Bedeutung (gelöst und partikulär gebunden).
- Zum derzeitigen Kenntnisstand ist es ausreichend, die Gesamtfracht über eine Gesamtextraktion mit Dichlormethan aus einer größeren Probe ohne vorherige Filtration (z. B. 10 L) zu bestimmen. Auf Grundlage der über die 100 L-Proben ermittelten mittleren K_d -Werte kann auch der gelöste Anteil größenordnungsmäßig abgeschätzt werden.
- Bei den geplanten Pilotversuchen zur Aufbereitung von Grubenwasser kann so begleitend ermittelt werden, inwieweit sich durch eine Eisen- und ggf. Bariumfällung die Gesamtfracht an PCB reduziert.
- Für die Monitoringmaßnahmen ist eine Dokumentation und digitale Archivierung der Ionenspuren zusätzlich zu den erhaltenen Konzentrationen unbedingt zu empfehlen.

7 ANAEROBES UND AEROBES ABBAUVERHALTEN VON PCB (LEK)

7.1 Allgemein

Soweit bekannt werden PCBs in Böden und aquatischen Milieus ausschließlich durch Mikroorganismen abgebaut (Borja et al. 2005). Dieser Abbau kann dazu führen, dass die von den PCBs ausgehenden negativen Effekte minimiert werden. Mittels Enzymen werden die einzelnen Moleküle zerlegt. Beim biologischen Abbau kann zwischen Mineralisierung und Kometabolismus unterschieden werden (McEldowney et al. 1993; Dobbins 1995; LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997)). Findet Mineralisierung statt, dient das PCB-Molekül als Kohlenstoff- und Energiequelle und wird im Zuge dessen in ihre entsprechenden Elemente zerlegt. Im Falle der Kometabolisierung wird neben PCB-Molekül eine weitere Substanz benötigt, welche als Kohlenstoff- und Energiequelle dient. Das PCB-Molekül wird transformiert. Die transformierte Zielsubstanz wird entweder solange transformiert bis sie mineralisiert werden kann oder aber der Abbau bleibt unvollständig. Gegebenenfalls führt der Kometabolismus zu einer Anreicherung von Transformationsprodukten, welche eine toxischer wirken als ihre Ausgangsstoffe.

PCBs sind in der Natur nur schwer abbaubar (Alef 1994). Sofern entsprechende Kulturen vorhanden sind, kann der Abbau durch Mikroorganismen sowohl im aeroben als auch im anaeroben Milieu stattfinden (Borja et al. 2005). Abbauraten im aeroben Bereich sind höher als die in anaeroben Milieus (Borja et al. 2005). Anzahl sowie die Position der Chloratome sind entscheidend für die Abbaubarkeit von PCB, da die Organismen Kongenerspezifisch agieren. Je nach Chlorierungsgrad lassen sich PCBs durch Rein und/oder Mischkulturen vollständig mineralisieren, wobei der Abbau höher chlorierter PCBs (> 4 Cl-Atome) unter Anwesenheit syntropher Kulturen zu erwarten ist (Alef 1994). So können Mikroorganismen, welche im aeroben Milieu leben effektiver PCBs-Kongenere abbauen, die weniger als 5 Chloratome besitzen (PCB 28, PCB 52). Wohingegen anaerober Abbau bevorzugt an Kongeneren mit mehr als 4 Chloratomen stattfindet (Alef 1994; Borja et al. 2005).

Folgend werden beispielhaft chemische, physikalische und biologische Faktoren aufgelistet, welche sich auf den PCB-Abbau auswirken können und Grund für die Unvorhersehbarkeit der biologischen Abbaurate führen (LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997)).

Tab. 12: Faktoren, die den biologischen Abbau von PCB im Boden beeinflussen (LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997))

Eigenschaft	Wirkung
Sorption	Inhibiert den Bioabbau im Allgemeinen
Phys.-chem. Eigenschaften (z. B. Löslichkeit, Dampfdruck, Ladung, Polarität)	Einfluss auf Sorption und Verfügbarkeit und somit den Bioabbau
Konzentration der Substanz	Ansteigende Anfangskonzentration, keine toxischen Wirkungen, verstärken den Bioabbau
Temperatur	Steigende Temperaturen können Bioabbau beschleunigen oder verlangsamen, je nach Auswirkungen auf Wachstum der Mikroorganismen und Enzymkinetik
Druck des Sauerstoffs	Bioabbau kann unter aeroben und/oder anaeroben Bedingungen erfolgen
pH-Wert des Bodens	Steigender pH kann Bioabbau beschleunigen oder verlangsamen durch Einfluss auf Sorption und Enzymkinetik
Organische Bestandteile im Boden	Allgemein erhöht ein hoher organischer Anteil in mineralischen Böden den Bioabbau durch größere Anzahl vorhandener mikrobieller Populationen
Art des Bodens	Erhöhter Bioabbau in mineralischen Böden gegenüber organischen
Zusatzstoffe im Boden (Dung, Klärschlamm Dünger, organische Chemikalien)	Verstärken oder Verlangsamen den Bioabbau
Partikel/Oberflächen	Mangel an Substraten

7.2 Anaerobes Abbauverhalten

Dechlorierung in Sedimenten unter anaeroben Bedingungen wurde bereits im Zuge vieler Untersuchungen auf der ganzen Welt beobachtet (Abramowicz 1990). Anaerobe Transformation von PCBs findet mittels reduktiver Dehalogenierung statt. In diesem Vorgang dient das PCB als Elektronenakzeptor. Die Verfügbarkeit von Elektronenakzeptoren ist in der Regel der limitierende Faktor in anaeroben Milieus. Dementsprechend besäße ein Organismus, welcher PCBs transformieren kann, einen selektiven Vorteil.

Kongenerspezifische Abbauraten konnten zuerst in Sedimenten des Hudson Rivers beobachtet werden, wobei der anaerobe Abbau vor allem die höher chlorierten PCB-Kongeneren betrifft und langfristig zu einem relativen Anstieg niedrigchlorierter PCBs führt (Brown 1984; Abramowicz 1990). Bevorzugt werden Chloratome in meta- und para-Stellung degradiert, wodurch ein maßgeblicher

Anteil der für die hohe Toxizität verantwortlichen Kongenere abgebaut wird (Abramowicz 1990). Als dominierenden Mechanismus für diesen Abbau wurde von Quensen et al. (1988) die reduktive Dechlorierung identifiziert. Außerdem berichtet Quensen et al. (1988), dass die Abbauraten maßgeblich von den PCB Konzentrationen abhängen. So wurde bei der Konzentration von 700 mg/kg des technischen Gemischs Aroclor 1242 im Sediment ein deutlicher Abbau beobachtet, während bei 14 mg/kg von Aroclor 1242 im Sediment kein Abbau beobachtet werden konnte.

Mit steigendem Chlorierungsgrad nimmt die Abbaugeschwindigkeit ab (Borja et al. 2005). Prozess der Dechlorierung verläuft langsam. Im Labor Wochen bis Monate und unter Feldbedingungen Monate bis einige Jahre (LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997); Borja et al. 2005).

Im Sandboden sind die Verluste durch Abbau und Verlagerung höher als im Lehmboden. In Böden mit relativ hohem Anteil an organischer Substanz (51 % Sand, 30 % Schluff, 10,8 % organische Substanz) war auch nach 12 Monaten noch das Ausgangsmuster des applizierten Aroclor 1254 vollständig erhalten (BGA 1983; LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997)).

Sind Sedimente bereits über einen längeren Zeitraum mit bestimmtem technischen PCB Gemischen kontaminiert, sind die Mikroorganismen bereits auf diese Gemische adaptiert. Dies zeigt sich daran, dass in derartigen Sedimenten der Abbau des jeweiligen PCB Gemisches (z. B. Aroclor 1242) schneller von statten geht, als bei Zugabe eines anderen Aroclors (z. B. Aroclor 1260) (Quensen III et al. 1990).

7.3 Aerobes Abbauverhalten

In den meisten kontaminierten Sedimenten konnten Organismen nachgewiesen werden, welche PCBs abbauen können. Diese Mikroorganismen arbeiten kongenerspezifisch wodurch der Abbau von Kongener zu Kongener unterschiedlich schnell abläuft (Abramowicz 1990).

Ein vollständiger Abbau von PCB unter aeroben Bedingungen ist nur bei einer Substitution mit weniger als 5 Cl-Atomen und mindestens zwei benachbarten unsubstituierten C-Atomen möglich. Sonst überwiegt der Cometabolismus, und es werden Metabolite angereichert (Alef 1994).

Weder für Aroclor 1260 noch Clophen A60 konnte aerober Abbau von PCB-Kongeneren mit mehr als 5 Cl-Atomen beobachtet werden (Abramowicz 1990). Es konnten jedoch aerobe Bakterien isoliert werden, welche PCB-Kongenere mit mehr als sieben Cl-Atomen angreifen (Abramowicz 1990).

LITERATUR

Abramowicz, D.A., (1990): Aerobic and Anaerobic Biodegradation of PCBs: A Review. *Biotechnology*, Vol. 10, Issue 3, 241-251.

Alef, K. (1994): Ökotoxikologische Verfahren. *Biologische Bodensanierung: Methodenbuch*, 171-185.

BGA/UBA – Bundesgesundheitsamt und Umweltbundesamt (1993): Erste BGA/UBA-Auswertung des Internationalen Dioxin-Symposiums und der Fachöffentlichen Anhörung vom 09.-13.11.1992, Berlin (Entwurf).

Borja, J., Taleon, D. M., Auresenia, J., & Gallardo, S. (2005): Polychlorinated biphenyls and their biodegradation. *Process biochemistry*, 40(6), 1999-2013.

Dobbins, D. C. (1995): Biodegradation of pollutants. *Encyclopedia of Environmental Biology*, 1.

LANDESANSTALT, F. U. B. W. (1997): Stoffbericht Polychlorierte Biphenyle (PCB). *Texte und Berichte zur Altlastenbearbeitung*, 16, 95.

McEldowney, S., Hardman, D. J., & Waite, S. (1993): Pollution: ecology and biotreatment. Longman Scientific & Technical.

Quensen III, J. F., Tiedje, J. M., & Boyd, S. A. (1988): Reductive dechlorination of polychlorinated biphenyls by anaerobic microorganisms from sediments. *Science*, 242(4879), 752.