

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

Detailbericht 3:

Hydrogeochemische Systemanalyse

Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie, RWTH Aachen University

Univ.-Prof. Dr. Thomas R. Rüde

Dipl.-Geol. Marion Kalde

Timm Reisinger M. Sc.

Uwe Boester M. Sc.

Andreas Heiming M. Sc.

Lisa Konefke B. Sc.

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	10
0.1	Aufbau des Gutachtens und der Detailberichte	10
0.2	Untersuchungsräume	12
1	Einleitung und Aufgabenstellung	13
2	Tiefengrundwasser	14
2.1	Datenerfassung und Literaturrecherche	14
2.2	Zusammensetzung des Tiefengrundwassers während der Bruchhohlraumverfüllung	14
2.3	Tiefengrundwasser Bergwerk Walsum	26
2.3.1	Chemische Zusammensetzung	27
2.3.2	Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)	28
2.4	Tiefengrundwasser Bergwerk Hugo/Consolidation	32
2.4.1	Chemische Zusammensetzung	32
2.4.2	Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)	33
2.5	Tiefengrundwasser der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung	37
2.5.1	Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)	37
2.6	Vergleich der für die immissionsneutrale Verbringung angenommenen Tiefengrundwässer und ihrer Zusammensetzung	43
2.7	Bewertung und Diskussion der Ergebnisse	46
3	Grubenwasser	47
3.1	Datenerfassung	47
3.2	Auswertung der Analysen	47
3.2.1	Untertägige Grubenwasserproben aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllungen	47
3.2.2	Grubenwasserproben die nach der Bruchhohlraumverfüllung gewonnen wurden	55
3.3	Bewertung und Diskussion der Ergebnisse	64
4	Versatzmaterialien	65
4.1	Datenerfassung und Literaturrecherche	65

4.2	Art, Herkunft und Menge der verbrachten Reststoffe	69
4.3	Metallinventar der bergbaufremden Versatzmaterialien	80
4.3.1	Bergwerk Walsum	81
4.3.2	Bergwerk Hugo/Consolidation	84
4.3.3	Vergleich der verbrachten HMVA-Massen und des Metallinventars	87
4.3.4	RAA-Schlämme	89
4.3.5	BW mit immissionsneutraler Verbringung	95
4.4	Zustand der Bruchhohlraumverfüllungen	98
4.4.1	Vollständiger Einschluss	98
4.4.2	Immissionsneutrale Verbringung	99
4.5	Störfälle während des Betriebs	99
4.6	Zusammenfassende Bewertung und Diskussion der Ergebnisse	99
5	Literatur	102
	Anhang 1	103
	Anhang 2	107
	Anhang 3	118
	Anhang 4	123
	Anhang 5	127
	Anhang 6	129

ABBILDUNGEN:

Abbildung 1	Aufbau und Inhalt des Gutachtens (ahu AG). Hier Detailbericht 3	10
Abbildung 2	Teufenabhängigkeit der Abdampfdruckstände der Tiefengrundwässer aller von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke mit Markierung der mittleren Abdampfdruckstände der Bergwerke Hugo/Consolidation, Walsum und Haus Aden sowie des Abdampfdruckstandes der Probe Z2 aus Haus Aden.	17
Abbildung 3	Teufenabhängigkeit der Abdampfdruckstände der Tiefengrundwässer aller von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke aufgeteilt nach ihrer Lage mit allgemeiner Trendlinie des Abdampfdruckstandes.	18
Abbildung 4	Teufenabhängigkeit des pH-Wertes der Tiefengrundwässer aller von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke.	19
Abbildung 5	Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten BW.	20
Abbildung 6	Teufenabhängige Darstellung der NaCl-Gehalte der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten BW.	21
Abbildung 7	Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke.	22
Abbildung 8	Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke.	23
Abbildung 9	Teufenabhängige Darstellung des Abdampfdruckstandes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	29
Abbildung 10	Teufenabhängige Darstellung des pH-Wertes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	29
Abbildung 11	Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	30
Abbildung 12	Teufenabhängige Darstellung des NaCl-Gehaltes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	30
Abbildung 13	Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	31
Abbildung 14	Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum.	31
Abbildung 15	Teufenabhängige Darstellung des Abdampfdruckstandes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.	34
Abbildung 16	Teufenabhängige Darstellung des pH-Wertes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.	34

Abbildung 17	Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer der von Wedewardt (1995) analysierten Proben des Bergwerkes Hugo/Consolidation.	35
Abbildung 18	Teufenabhängige Darstellung des NaCl-Gehaltes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.	35
Abbildung 19	Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.	36
Abbildung 20	Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.	36
Abbildung 21	Teufenabhängigkeit des Abdampfdruckstandes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	38
Abbildung 22	Teufenabhängigkeit des pH-Wertes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	39
Abbildung 23	Teufenabhängigkeit der Temperatur der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	40
Abbildung 24	Teufenabhängigkeit des NaCl-Gehaltes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	41
Abbildung 25	Teufenabhängigkeit der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	42
Abbildung 26	Teufenabhängigkeit der Dichte der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.	43
Abbildung 27	Abdampfdruckstände der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum. 52	
Abbildung 28	Bleikonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum. 53	
Abbildung 29	Cadmiumkonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum.	54
Abbildung 30	Zinkkonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum. 55	

Abbildung 31	Diagramm der Abdampfrückstände aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum.	61
Abbildung 32	Diagramm der Bleikonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum.	62
Abbildung 33	Diagramm der Cadmiumkonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum.	63
Abbildung 34	Diagramm der Zinkkonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum.	64
Abbildung 35	Histogramm der Zink-Konzentrationen in mg kg^{-1} (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum); die auffällige Probe „30-V-93“ ist rot umkreist	82

TABELLEN:

Tabelle 1	Inhaltliche Schwerpunkte der Bearbeitung durch das Konsortium in den Detailberichten.	11
Tabelle 2	Untersuchungsräume für die Detailberichte.	12
Tabelle 3	Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerken im Tiefenbereich der Verbringungstiefen der BW Walsum und Hugo-Consolidation (-770 m NHN bis -1212 m NHN).	15
Tabelle 4	Zusammensetzung des Tiefengrundwassers nach RAG-Wasser, Probe Z2 aus Wedewardt (1995), Mittelwerte für Haus Aden/Monopol, BW Walsum, BW Hugo/Consolidation und von allen von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerken.	24
Tabelle 5	Vergleich zwischen dem Z2-Wasser (Teufe -938 m NHN) und der mittleren Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für den Bereich der Bruchhohlraumverfüllung im BW Walsum und Hugo/Consolidation.	26
Tabelle 6	Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für das Bergwerk Walsum für den Bereich der Bruchhohlraumverfüllung (-770 m NHN bis -889 m NHN); Auswertung auf Grundlage von Wedewardt (1995).	27
Tabelle 7	Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für das BW Hugo/Consolidation im Verbringungstiefenbereich (-1016 m NHN bis -1212 m NHN); Auswertung auf Grundlage von Wedewardt (1995).	32
Tabelle 8	Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Walsum.	47
Tabelle 9	Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Hugo/Consolidation.	49

Tabelle 10	Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Haus Aden/Monopol.	50
Tabelle 11	Gehobene Grubenwässer von Bergwerk Haus Aden/Monopol von 2008 bis 2015 (Daten: RAG).	56
Tabelle 12	Gehobene Grubenwässer von Bergwerk Walsum von 2008 bis 2009 (Daten: RAG).	57
Tabelle 13	Gehobene Grubenwässer von Friedrich/Heinrich von 2008 bis 2013 (Daten: RAG).	58
Tabelle 14	Gehobene Grubenwässer von Auguste/Victoria von 2008 bis 2015 (Daten: RAG).	59
Tabelle 15	Termine der Datenerhebung durch das LFH.	65
Tabelle 16	Übersicht über die verfügbare Datengrundlage im Themenbereich immissionsneutrale Verbringung für die einzelnen BW und Aussagen zur Auswertbarkeit der Daten.	67
Tabelle 17	Vergleich der in den BW Walsum und Hugo/Consolidation verbrachten Reststoffmassen (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).	69
Tabelle 18	Verbrachte Reststoffmassen im BW Walsum, alle Angaben in t (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).	71
Tabelle 19	Verbrachte Reststoffmassen im BW Hugo/Consolidation, alle Angaben in t (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).	75
Tabelle 20	Vergleich der Massenangaben zu „besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss“ MWEIMH & MKULNV (2013) und der hier bzw. im Teil 1 des Gutachtens ermittelten Massen auf Grundlage der Abschlussberichte.	79
Tabelle 21	Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg ⁻¹ (i. Tr.) für das Bergwerk Walsum.	81
Tabelle 22	Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Walsum.	83
Tabelle 23	Vergleich der aus den Reststoffanalysen der BW-Berichterstattung und aus den Deklarationsanalysen der Verwertungs- und Entsorgungsnachweise berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der im BW Walsum verbrachten HMVA-Rückstände.	84
Tabelle 24	Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg ⁻¹ (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation.	84
Tabelle 25	Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation.	85
Tabelle 26	Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg ⁻¹ (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation bei Verwendung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation, Walsum und Haus Aden/Monopol als Berechnungsgrundlage.	86

Tabelle 27	Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation bei Verwendung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation, Walsum und Haus Aden/Monopol als Berechnungsgrundlage.	87
Tabelle 28	Vergleich der in den BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation verbrachten Massen an HMVA-Rückständen (Blei, Cadmium und Zink).	88
Tabelle 29	Verbrachte Blei-, Cadmium- und Zinkmassen in den BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation auf Basis der Massenangabe für „besonders überwachungsbedürftige Abfälle“ (MWEIMH & MKULNV (2013).	88
Tabelle 30	Übertrag der RSN in EAK-Nummern als Reststoffschlüssel für die ordnungsgemäße Verwertung der Reststoffe (Abfallverzeichnis-Verordnung 2001).	89
Tabelle 31	Mittlere Zusammensetzung der im BW Walsum verbrachten RAA-Schlämme (RSN 31613 und 31620).	90
Tabelle 32	Mittlere Zusammensetzung der im BW Walsum verbrachten Reststoffe mit der RSN 31314.	92
Tabelle 33	Mittlerer Gehalt an Kupfer, Nickel und Quecksilber in RAA-Schlämmen (RSN 31613 und 31620) und Reststoffen aus der Gasreinigung (RSN 31314), die im BW Walsum verbracht wurden.	94
Tabelle 34	Vergleich der Stoffkonzentrationen von Blei, Cadmium und Zink in ausgewählten Reststoffgruppen für das BW Walsum.	94
Tabelle 35	Blei-, Cadmium- und Zink-Metallinventar für das BW Walsum, eingebracht über RAA-Schlämme und HMVA-Rückstände, und der relative Anteil des RAA-Schlamm-Metallinventars gegenüber dem Gesamt-Metallinventar.	95
Tabelle 36	Teilbilanz der im BW Walsum immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen für den Zeitraum III/1998 bis IV/2000.	95
Tabelle 37	Nach dem Prinzip der immissionsneutralen Verbringung verbrachten Reststoffmassen im BW Ewald/Schlägel & Eisen; Auswertung auf Basis der Quartalsmeldungen/-berichte im Zeitraum 1992 bis 1996.	97
Tabelle 38	Vergleich der auf Basis der Quartalsmeldungen/-berichte berechneten immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen mit den Reststoffmassen, die im Bericht der Landesregierung NRW zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken (MWEIMH & MKULNV 2013) genannt werden.	98

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 Abbildung 1 dargestellt sind. Die Federführung hat die ahu AG.

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

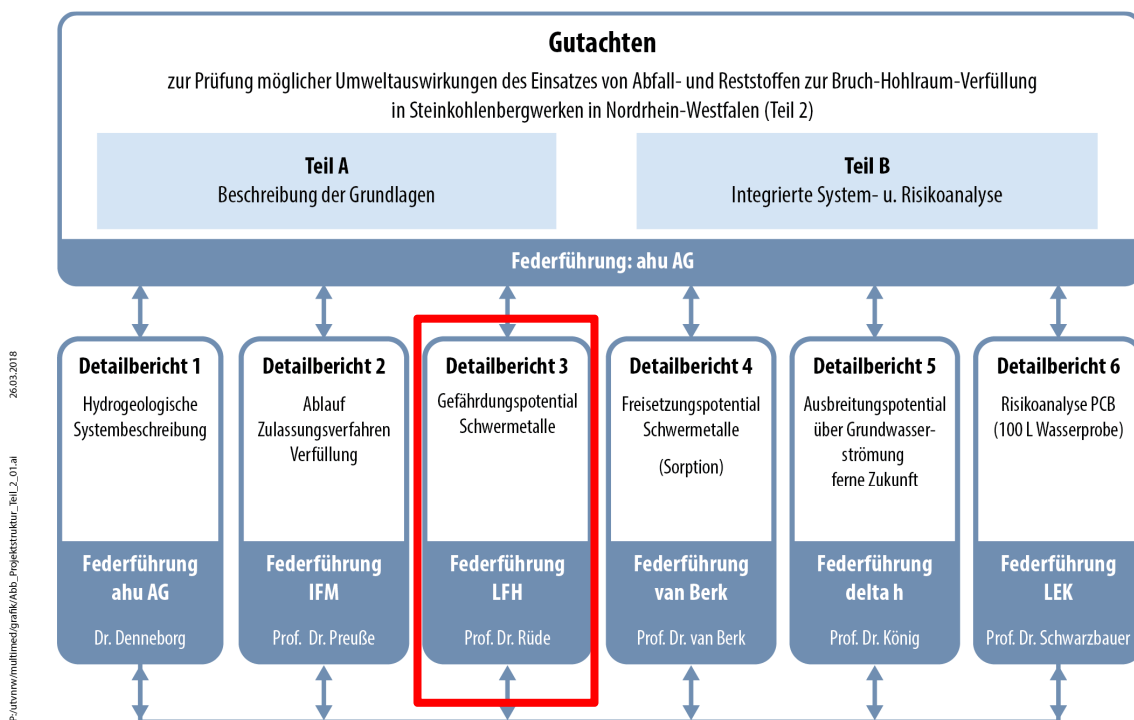


Abbildung 1 Aufbau und Inhalt des Gutachtens (ahu AG). Hier Detailbericht 3

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

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

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.

Tabelle 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 vorliegende Bericht ist der Detailbericht 3 für den Teil 2 des Gutachtens.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Der Teil 2 des Gutachtens behandelt die Bergwerke Walsum, Hugo/Consolidation und 8 weitere Bergwerke, in denen Reststoffe ausschließlich nach dem Prinzip der „Immissionsneutralität“ verbracht wurden.

Das Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie bearbeitet vorrangig den Teilbereich „Hydrogeochemische Systemanalyse“. Der Bereich wurde mit den Ergebnissen der „Hydrochemischen Modellierung - Freisetzungspotential“ (Prof. van Berk) und der „Transportmodellierung – Stoffausbreitung“ (delta h) sowie den Ergebnissen der „Hydrogeologischen Systemanalyse“ der ahu AG abgestimmt.

Die hydrogeochemischen Aspekte der verbrachten Stoffe zur Bruchhohlraumverfüllung werden zusammengestellt. Dabei werden die Beschreibung des Ablaufs der begleitenden Prüfung, die Validierung des Verfahrens der begleitenden Prüfung und die Bewertung der Einhaltung der Anforderungen der Machbarkeitsstudie im Zuge des Zulassungsverfahrens berücksichtigt. Ein besonderer Schwerpunkt gemäß Aufgabenbeschreibung ist die Reststoffeinlagerung im Rahmen des Abbaus der entsprechenden Bauhöhen der Bergwerke.

Die Auswertung umfasst (i) die eingebrachten bergbaufremden Reststoffe, (ii) ihr anorganisches Stoffinventar, insbesondere das Schwermetallinventar, (iii) vorhandene wässrige Lösungen, und (iv) die Hydrochemie der Tiefengrundwässer. Die geochemischen Eigenschaften der Gesteine im Nahfeld der Bruchhohlraumverfüllung wurden bereits im Teil 1 des Gutachtens behandelt.

Die eingebrachten Reststoffe werden hinsichtlich ihres hydrogeochemischen Verhaltens auf der Basis der bekannten Daten (Menge und Stoffzusammensetzung) und diese im Hinblick auf Konsistenz und Vollständigkeit einer Bewertung unterzogen.

Die hydrogeochemische Systembeschreibung behandelt mit allen relevanten Parametern entsprechend der im Teil 1 für BW Aden/Monopol entwickelten Vorgehensweise die Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation. Die Vorgehensweise wird auf die Bergwerke mit immissionsneutraler Verbringung auf der Basis der verfügbaren Daten übertragen.

2 Tiefengrundwasser

Tiefengrundwasser ist das Grundwasser, das bereits vor dem Auffahren der Bergwerke (BW) in den Klüften und Poren des Steinkohlengebirges vorhanden war und aufgrund der weiträumigen Überdeckung durch gering durchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Zusickerung aus der Grundwasserneubildung ergänzt wird. Es sickert auch heute noch dem BW zu und wird nach einer Flutung langfristig das Wasser sein, das mit der Bruchhohlraumverfüllung (BHV) in Kontakt kommt. Dieses Tiefengrundwasser ist immer hoch mineralisiert und die Mineralisation nimmt mit der Teufe zu.

Um die Wechselwirkungen der eingebrachten bergbaufremden Versatzstoffe mit dem Tiefengrundwasser prognostizieren und beurteilen zu können, ist es notwendig die hydrogeochemischen Eigenschaften des Tiefengrundwassers spezifisch für die Teufe zu ermitteln.

2.1 Datenerfassung und Literaturrecherche

Die vorliegenden Wasseranalysen und deren Nachvollziehbarkeit im Hinblick auf die Probenahme wurden in ihrem Informationsgehalt bezüglich des geogenen Ursprungs und damit auf die Verwertbarkeit zur Beschreibung des Tiefengrundwassers, das dem Grubengebäude zufließt, geprüft.

Als primäre Datenquellen für Aussagen über die Hydrochemie der Tiefengrundwässer wurde die Dissertation von Wedewardt (1995) identifiziert. Die Daten von Wedewardt (1995) werden daher als geogene Hintergrundwerte für die weiteren Betrachtungen herangezogen. Dies wird ausführlich in Teil 1 des Gutachtens dargelegt.

Von Wedewardt (1995) liegen gut dokumentierte Analysen von zutretendem, weitgehend unbeeinflusstem Tiefengrundwasser vor. Der untersuchte Parameterumfang bei Wedewardt (1995) ist deutlich größer als in anderen Studien.

Aufgrund der damals verfügbaren bzw. ausgewählten Analyseverfahren sind die hohen Nachweisgrenzen für Schwermetalle und Metalloide, insbesondere Blei, begründet. Wedewardt (1995) bezeichnet die Angabe „< xxx“ in seinem Datenmaterial als Nachweisgrenze. Es ist in der Retrospektive nicht mehr entscheidbar, ob hiermit die Bestimmungsgrenze unter Verwendung eines überkommenen, heute obsoleten, Wortgebrauches bezeichnet wurde. In diesem Bericht wird die Bezeichnung „Nachweisgrenze“ beibehalten. Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

Die Analysedaten wurden zur weiteren Auswertung händisch in ein Excel-Format übertragen.

2.2 Zusammensetzung des Tiefengrundwassers während der Bruchhohlraumverfüllung

Auf Grundlage der von Wedewardt (1995) erstellten Tiefengrundwasseranalysen wurde die Zusammensetzung des Tiefengrundwassers, im Bereich der Bruchhohlraumverfüllung sowohl für sämtliche von Wedewardt (1995) untersuchten Bergwerke (siehe Tabelle

3), als auch für die BW Walsum (siehe Tabelle 6) und Hugo-Consolidation (siehe Tabelle 7) im Einzelnen, in Bezug auf minimale, maximale und durchschnittliche Werte zusammengestellt.

Nicht berücksichtigt wurden dabei Proben, deren geringe Abdampfdruckstände fachlich darauf schließen lassen, dass Beprobungs- und Herkunftstiefe nicht identisch sind. Diese Proben sind als schwarze Kreuze in den Abbildungen kenntlich gemacht.

Die betrachteten Teufenbereiche für die Mittelwertbildung orientieren sich an den Verbringungstiefen in den Bergwerken Walsum und Hugo/Consolidation. Die Verbringungstiefen wurden dem Bericht der Landesregierung zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken (MWEIMH & MKULNV 2013) entnommen. Diese sind dort als Werte der Überdeckung unter GOK angegeben (BW Walsum: 800-919 m u. GOK; BW Hugo/Consolidation: 1066-1262 m u. GOK). Für die weitere Auswertung wurden für beide BW-Standorte ein mittlerer Wert für die GOK ermittelt (BW Walsum: ca. 30 m NHN; BW Hugo/Consolidation: ca. 50 m NHN). Eine Verrechnung der Überdeckungsmächtigkeit mit den ermittelten Höhenlagen der GOK ergibt die jeweiligen Verbringungstiefen in m NHN (BW Walsum: -770 m NHN bis -889 m NHN; BW Hugo/Consolidation: -1016 m NHN bis -1212 m NHN).

Für die Berechnung der mittleren Tiefengrundwasserzusammensetzung für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke im Tiefenbereich der Verbringungstiefen der BW Walsum und Hugo-Consolidation (-770 m NHN bis -1212 m NHN) (siehe Tabelle 3) wurde ebenfalls die Analyse der Probe V6, trotz einer Beprobungstiefe von -768 m NHN, (siehe Anhang 1, Tabelle 2) verwendet, da hierdurch die nutzbare Datenmenge für das BW Walsum erhöht werden konnte und die Höhendifferenz zum beschriebenen Verbringungstiefenbereich mit 2 m unerheblich ist.

Für die Vergleichstabellen (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5) mit dem RAG-Wasser und dem Z2-Wasser aus dem Bergwerk Haus Aden/Monopol wurden bergwerksspezifisch Mittelwerte der BW Haus Aden, Hugo/Consolidation und Walsum im Teufenbereich der Bruchhohlraumverfüllung berechnet. Da die Datenkohorte sehr klein ist (Haus Aden/Monopol: 7 Analysen, Hugo/Consolidation: 3 Analysen; Walsum: 4 Analysen), wurden ergänzend Mittelwerte aus den Daten aller von Wedewardt beprobten Bergwerke, einschließlich der drei vorgenannten, im Teufenbereich der Bruchhohlraumverfüllung berechnet.

Die Original-Daten der Analysen aus Wedewardt (1995) zu den Bergwerken Walsum und Hugo/Consolidation, die im Bereich der Verbringungstiefen genommen und für die Berechnung der Mittelwerte verwendet wurden, befinden sich im Anhang 1 in Tabelle 1 und 2.

Tabelle 3 Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerken im Tiefenbereich der Verbringungstiefen der BW Walsum und Hugo-Consolidation (-770 m NHN bis -1212 m NHN). Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Temperatur (in situ)	°C	34,3	33,5	20,0	58,0
pH-Wert		6,50	6,71	3,62	8,54

spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	178.291	159.500	1.194	217.000
Abdampfdruckstand	mg/L	144.806	141.500	56.200	232.500
Dichte	g/cm ³	1,0900	1,0903	1,0370	1,138
freies CO ₂	mg/L	34,7	30,0	1,00	146
aggressives CO ₂	mg/L	6,33	1,00	1,00	35,0
Chlorid	mg/L	80.453	80.600	33.500	128.000
Iodid	mg/L	6,52	4,20	0,10	50,0
Bromid	mg/L	98,5	100	4,00	256
Sulfat	mg/L	363	10,0	5,00	3.500
Hydrogencarbonat	mg/L	101	89,5	1,00	400
Nitrat	mg/L	24,2	10,0	5,00	174
Ammonium	mg/L	43,6	44,5	0,50	111
Bor	mg/L	3,91	3,60	0,10	11,0
Silizium	mg/L	4,56	4,10	0,50	13,0
Lithium	mg/L	19,2	17,0	1,50	53,0
Natrium	mg/L	43.983	44.250	17.500	73.000
Kalium	mg/L	501,3	483	66	1.180
Magnesium	mg/L	1.515	1.290	153	13.808
Calcium	mg/L	5.003	5.170	252	10.800
Strontium	mg/L	521	538	4,80	1.530
Barium	mg/L	748	622	0,14	2.550
Aluminium	mg/L	0,61	0,50	0,10	< 5
Arsen	mg/L	0,002	0,002	0,001	< 0,005
Blei	mg/L	0,39	0,50	0,01	0,60
Cadmium	mg/L	< 0,05	0,05	0,01	< 0,05
Chrom	mg/L	0,06	0,05	0,01	0,26
Eisen	mg/L	21,0	13,5	0,10	158
Kupfer	mg/L	0,06	0,05	0,01	0,27
Mangan	mg/L	3,07	2,05	0,05	12,8
Molybdän	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05
Nickel	mg/L	0,07	0,05	0,02	0,62
Quecksilber	mg/L	0,0006	0,0005	0,0005	0,001
Selen	mg/L	0,01	0,005	0,005	0,006
Vanadium	mg/L	< 0,05	0,05	0,005	< 0,05
Zink	mg/L	0,98	0,1	0,01	32,0

Abdampfdruckstand

Die gemessenen Abdampfdruckstände steigen mit der Entnahmetiefe der Proben an. Wie in Abbildung 2 zu sehen, liegt der Abdampfdruckstand des für die Modellierungen genutzten Z2-Wassers (Entnahmetiefe: -938 m NHN) im oberen Bereich der von Wedewardt (1995) für Tiefengrundwässer ermittelten Abdampfdruckstände. Eine Aufteilung der Bergwerke in Gruppen, die nördlich und südlich der Emscher (siehe Abbildung 3) bzw. östlich von Dortmund und westlich des Rheins liegen, zeigt keinen direkten Zusammenhang zwischen der Lage der Bergwerke und den gemessenen Abdampfdruckständen.

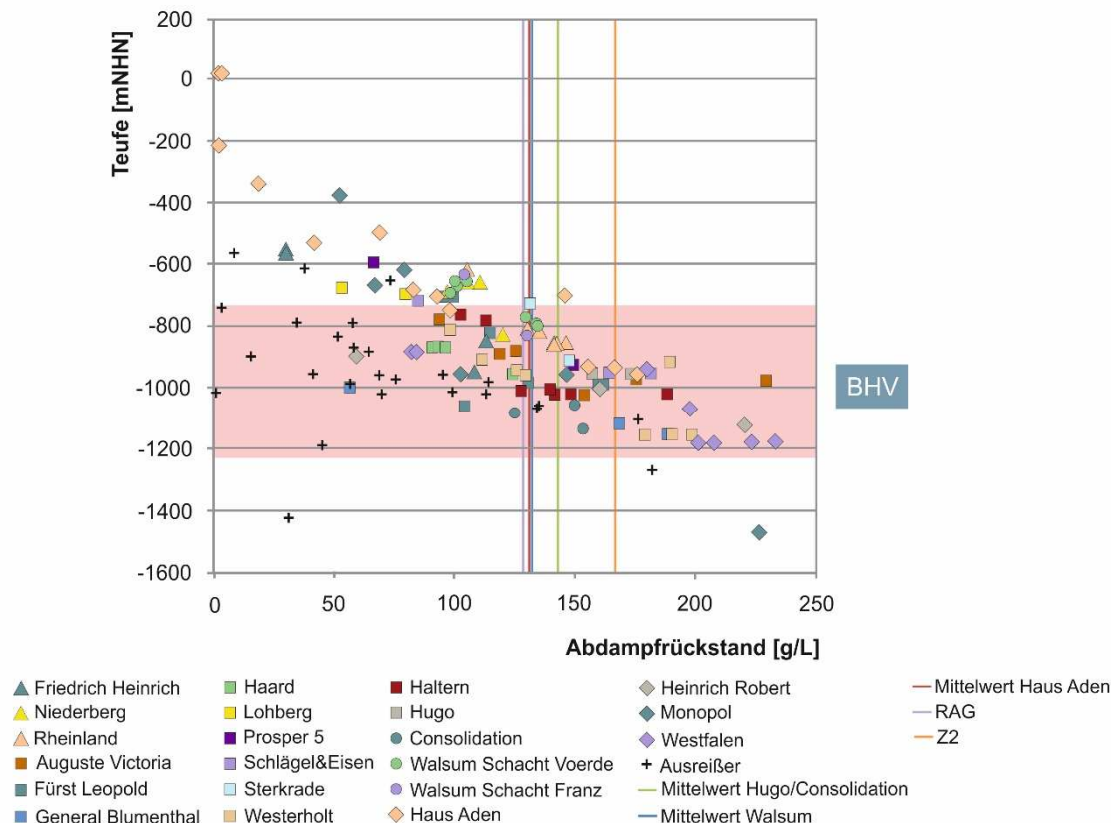


Abbildung 2 Teufenabhängigkeit der Abdampfdruckstände der Tiefengrundwässer aller von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke mit Markierung der mittleren Abdampfdruckstände der Bergwerke Hugo/Consolidation (Mittelwertbildung im Tiefenbereich -1016 m NHN bis -1212 m NHN), Walsum (Mittelwertbildung für Tiefenbereich -770 m NHN bis -889 m NHN) und Haus Aden (der Mittelwert wurde aus 7 Proben aus Teufen von -689 bis -957 mNHN nach Wedewardt (1995) berechnet), sowie des Abdampfdruckstandes der Probe Z2 aus Haus Aden. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

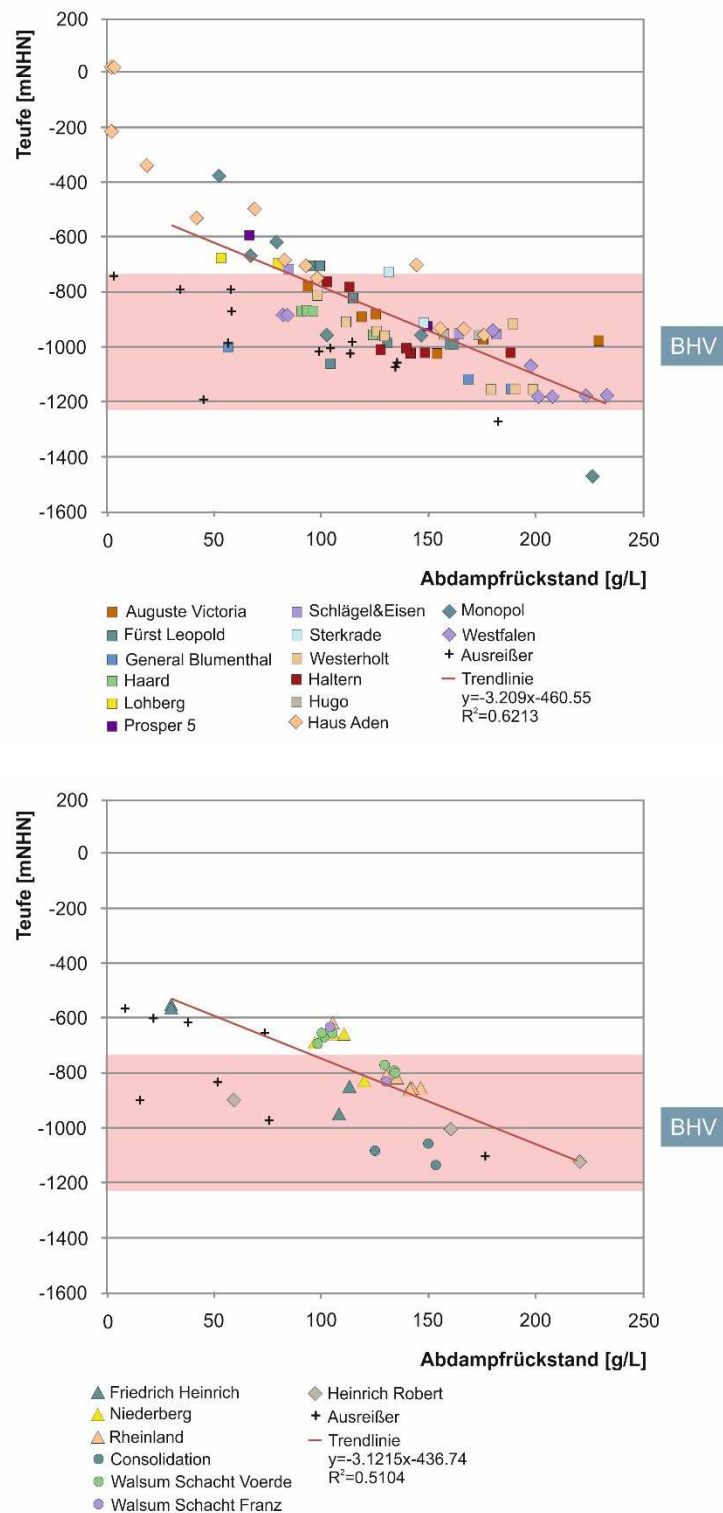


Abbildung 3 Teufenabhängigkeit der Abdampfrückstände der Tiefengrundwässer aller von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke aufgeteilt nach ihrer Lage mit allgemeiner Trendlinie des Abdampfrückstandes in g/L. Obere Darstellung: Werte für Bergwerke nördlich der Emscher. Untere Darstellung: Werte für Bergwerke südlich der Emscher.

pH-Wert

Die gemessenen pH-Werte für alle Bergwerke in den Verbringungstiefen für BW Walsum und Hugo/Consolidation bilden ein Cluster zwischen Werten von 6,21 und 7,57 (siehe Abbildung 4). Für den Großteil der Bergwerke ist ein Trend von alkalischen Wässern zum leicht sauren Wässern mit zunehmender Teufe zu erkennen. Vor allem im Bereich östlich von Dortmund befinden sich bei zunehmender Teufe etwas saurere Wässer bis pH 3,5.

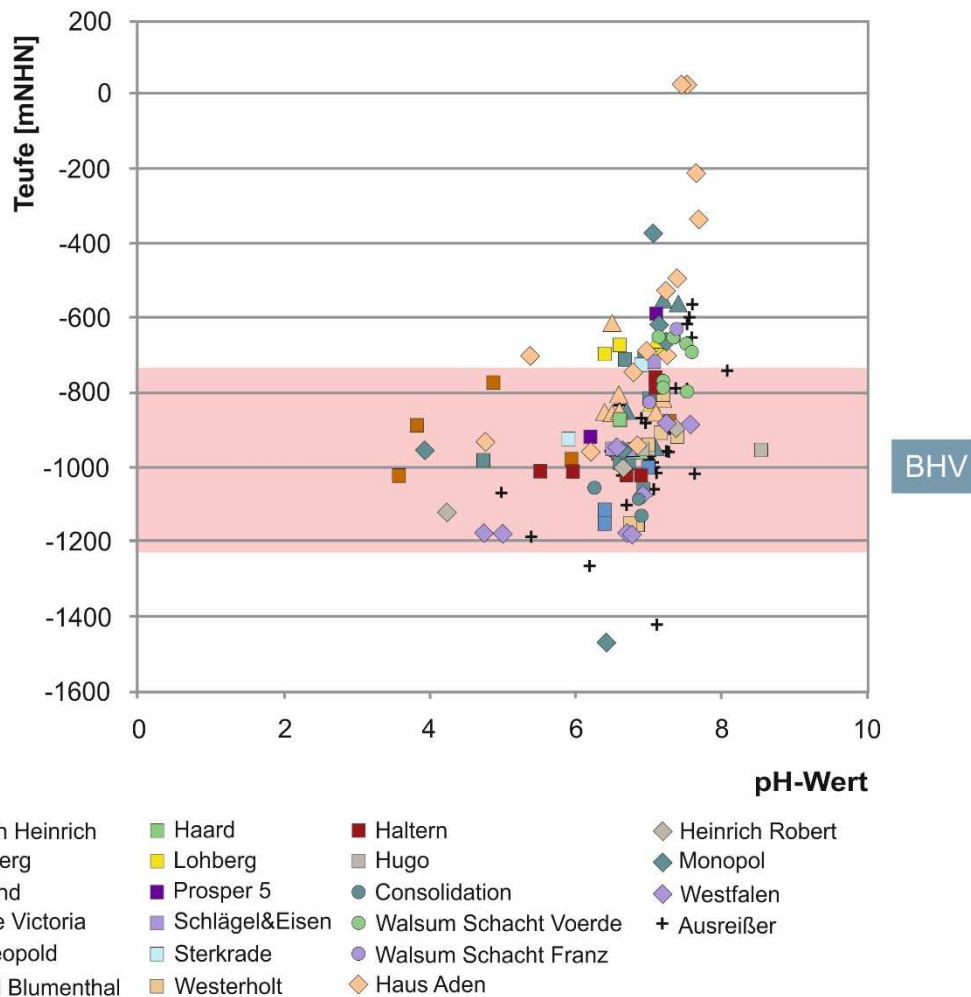


Abbildung 4 Teufenabhängigkeit des pH-Wertes der Tiefengrundwässer aller von Wedwardt (1995) beprobten Bergwerke. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

Temperatur

Die Temperatur nimmt mit steigender Tiefe zu (siehe Abbildung 5). Der Temperaturgradient wird mit zunehmender Tiefe ebenfalls etwas größer.

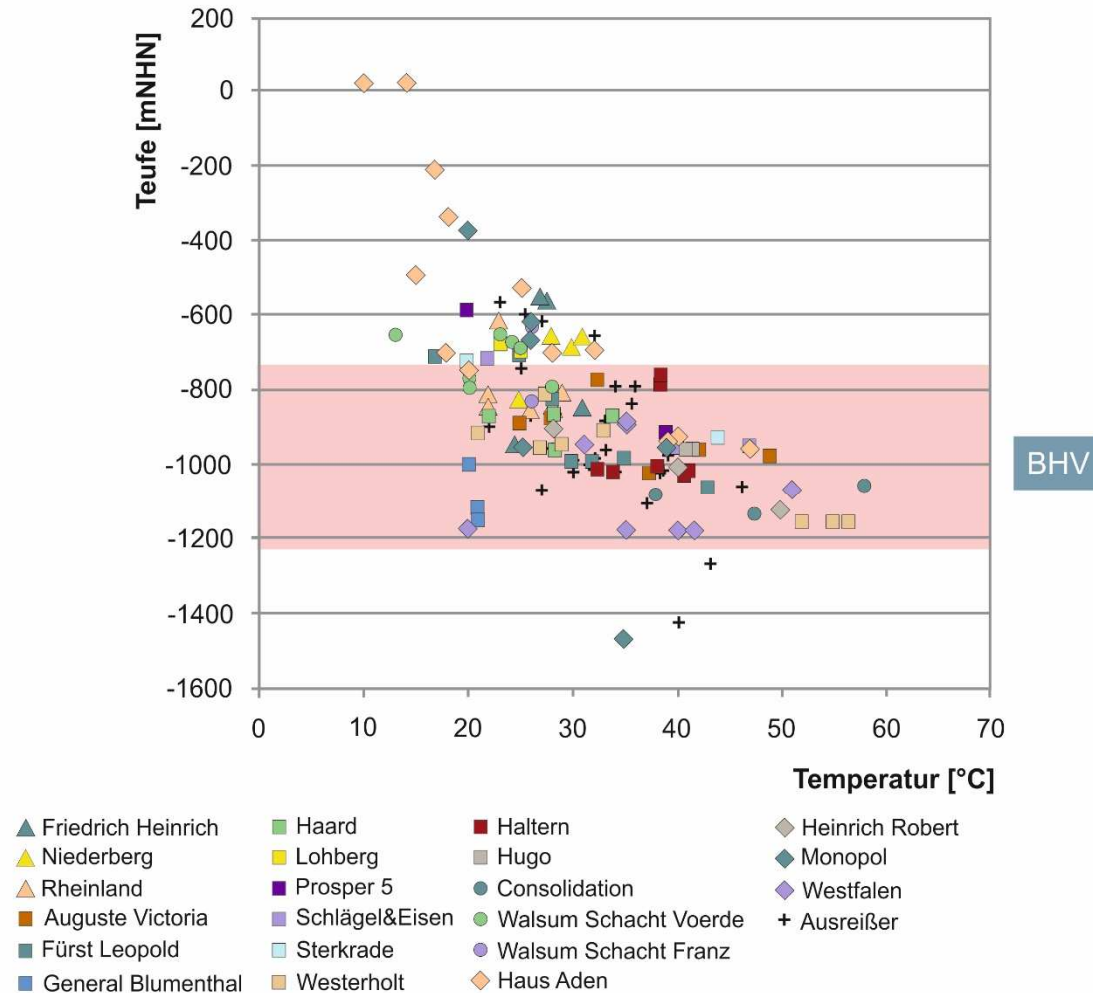


Abbildung 5 Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten BW. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

Gehalt an NaCl

Die NaCl-Gehalte wurden aus den Analysen von Wedewardt (1995) berechnet. Dazu wurden zunächst über die molare Masse die Stoffmengen berechnet. Da für die Bildung von Natriumchlorid der jeweils in geringerer Konzentration vorliegende Stoff begrenzend wirkt, wurden in einem weiteren Schritt die tatsächlich nutzbaren Natrium- und Chloridkonzentrationen berechnet. Für 4 Proben ist die gemessene Chloridmenge begrenzend, für die übrigen ist die berechnete Stoffmenge an Natrium geringer. Aus diesen tatsächlich für die Bildung von NaCl nutzbaren Natrium- und Chloridkonzentrationen wurden die NaCl-Gehalte berechnet.

Ebenso wie die Temperatur nehmen auch die NaCl-Gehalte mit der Teufe zu (siehe Abbildung 6). Für die Verbringtiefen im BW Walsum und Hugo/Consolidation (-770 m NHN bis -1212 m NHN) liegen die meisten Werte zwischen 71,6 g/L und 139 g/L.

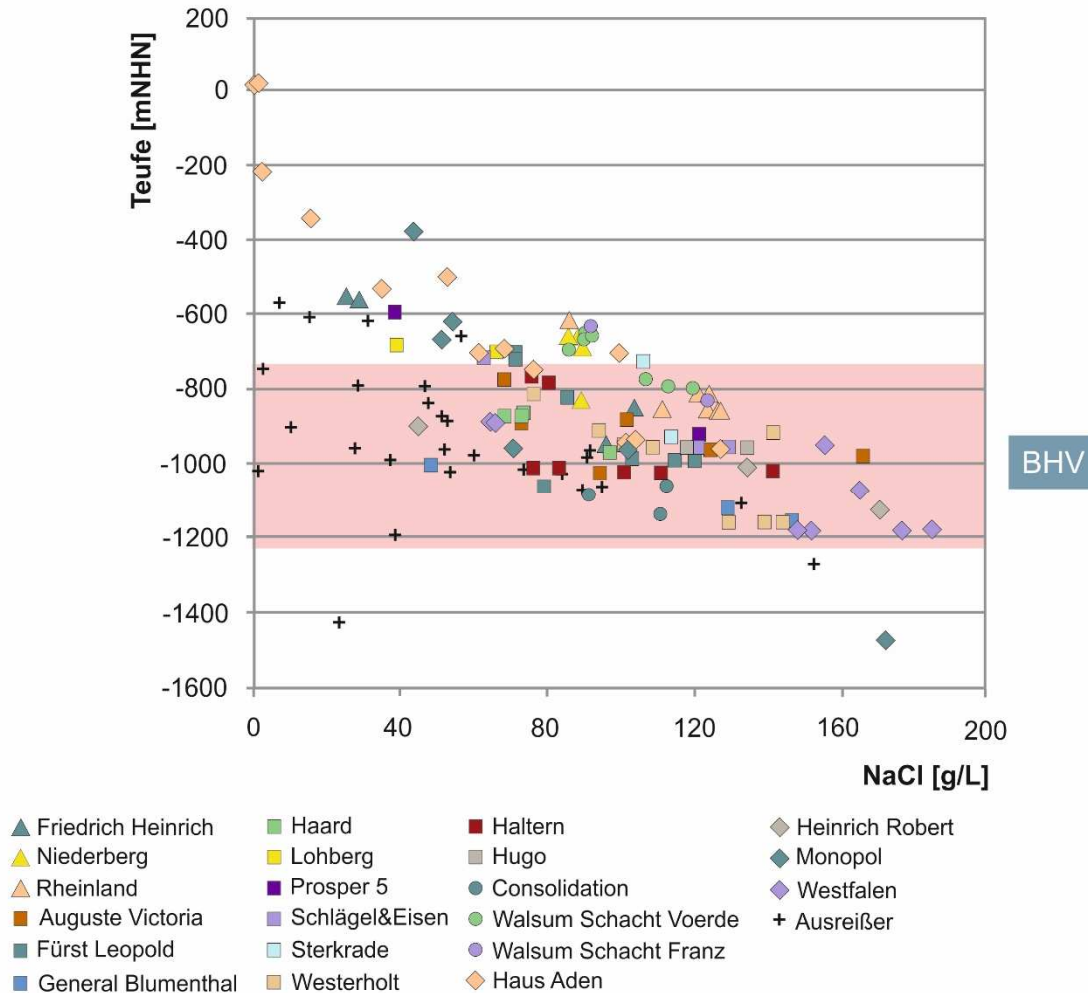


Abbildung 6 Teufenabhängige Darstellung der NaCl-Gehalte der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten BW. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

Spezifische elektrische Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit nimmt mit der Tiefe zu (siehe Abbildung 7).

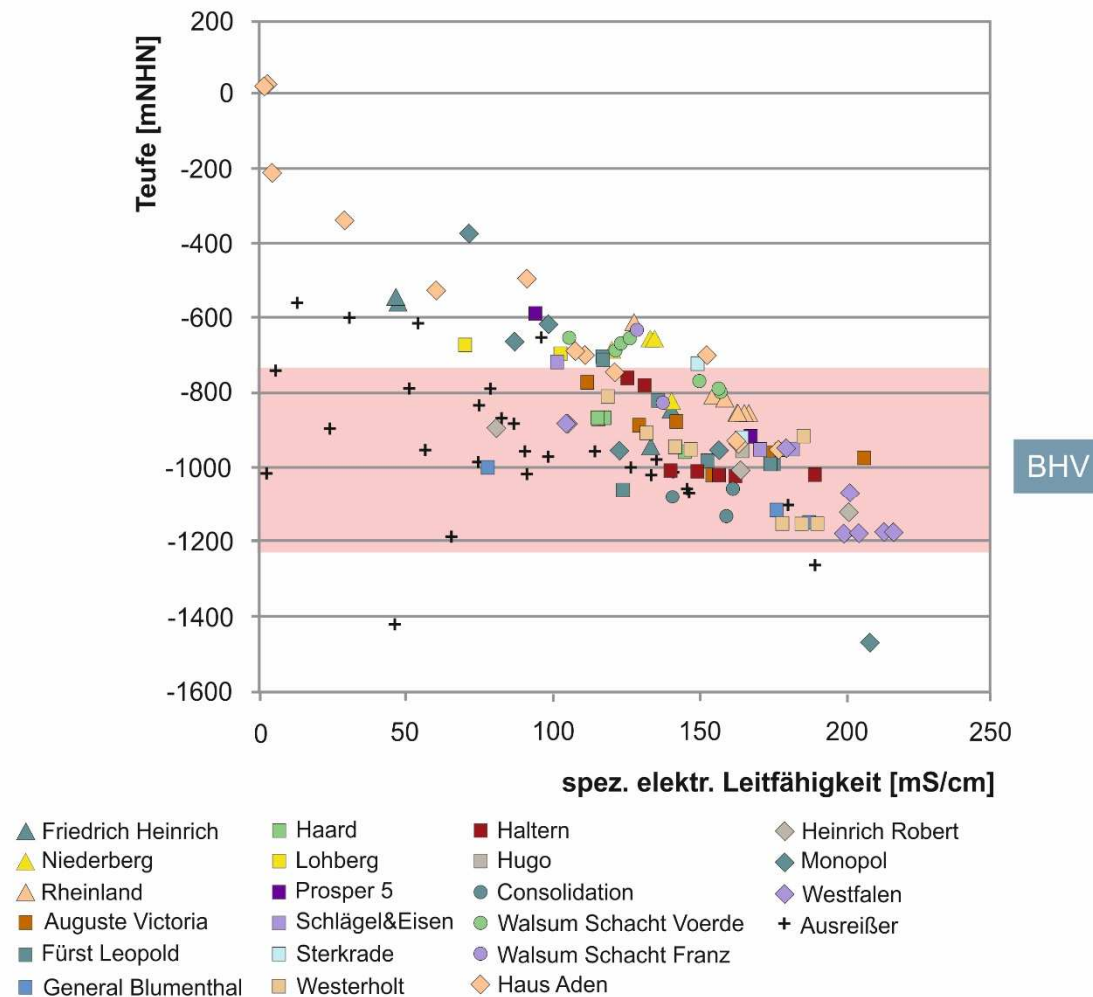


Abbildung 7 Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefen Grundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

Dichte

Die Dichte nimmt mit der Teufe zu (siehe Abbildung 8).

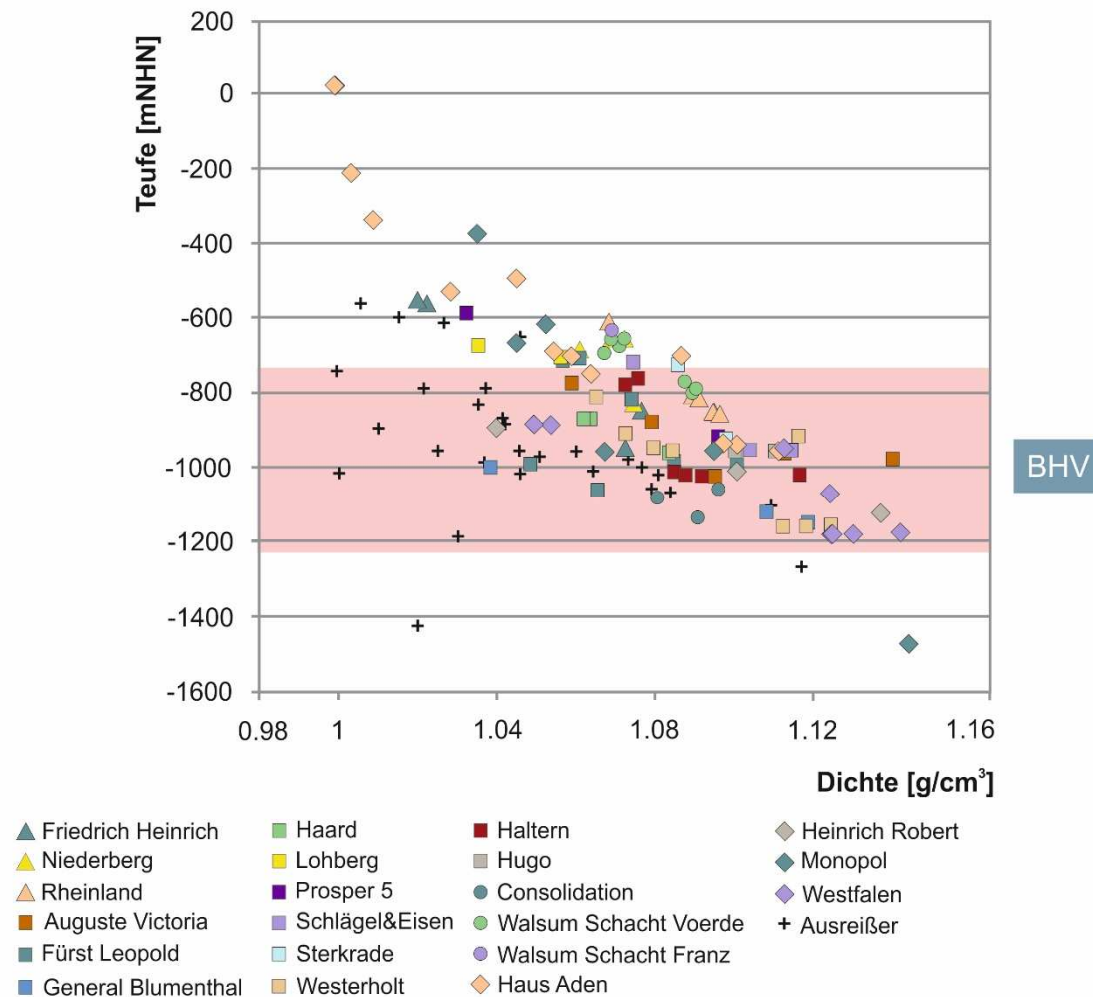


Abbildung 8 Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer für alle von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerke. Mit Dreiecken markierte Bergwerke befinden sich westlich des Rheins, als Quadrate markierte nördlich der Emscher, als Kreise markierte südlich der Emscher und als Rauten markierte östlich von Dortmund.

Die nachfolgende Tabelle 4 und Tabelle 5 stellen die im Teufenbereich der Bruchhohlraumverfüllung ermittelten arithmetischen Mittelwerte für die drei Bergwerke mit einer Bruchhohlraumverfüllung nach dem Prinzip „vollständiger Einschluss“ und den arithmetischen Mittelwert aller von Wedewardt (1995) untersuchten Bergwerke den beiden Wässern „RAG-Wasser“ (zur Definition siehe Teil 1 des Gutachtens) und „Z2-Wasser“ vergleichend gegenüber. Der Chemismus der Wässer ist vergleichbar. „RAG-Wasser“ und „Z2-Wasser“ sind geeignete Näherungen an die Mittelwerte der Tiefenwässer bezüglich ihrer durch die Hauptinhaltsstoffe ausgedrückten Charakteristik.

Größere Unterschiede bestehen bei den durch Carbonat- und Sulfatfällung beeinflussten Hauptionen Magnesium, Calcium, Strontium und Barium. Dies wird z.B. an den geringen

Sulfatkonzentrationen im BW Hugo/Consolidation bei zugleich hohen Bariumkonzentrationen deutlich.

Die Unterschiede der Temperaturen wurden bereits von Wedewardt (1995) festgestellt. Die westlichen Bergwerke (hier Walsum) weisen kühlere Temperaturen auf. Dies ist in lokalen geologischen Gegebenheiten, der Bewetterung und möglicher Abkühlung bei den Probenahmen begründet. Die niedrigen Temperaturen sind kein Hinweis auf zusetzende Wässer aus dem Deckgebirge, wie die Haptionen anzeigen.

Die Konzentrationen in „RAG-Wasser“ und „Z2-Wasser“ sind hinreichend gute Näherungen der gemessenen Tiefengrundwässer.

Tabelle 4 Zusammensetzung des Tiefengrundwassers nach RAG-Wasser, Probe Z2 (Teufe -938 m NHN) aus Wedewardt (1995), Mittelwerte für Haus Aden/Monopol (der Mittelwert der einzelnen Parameter wurde aus 7 Proben aus Teufen von -689 bis -957 m NHN nach Wedewardt (1995) berechnet), BW Walsum (Teufe -770 m NHN – -889 m NHN), BW Hugo/Consolidation (Teufe -1016 – -1212 m NHN) und von allen von Wedewardt (1995) beprobten Bergwerken (siehe Kap. 2.5, Teufe -770 m NHN bis -1212 m NHN); Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		RAG- Wasser	Wedewardt (1995)				
			Probe	Mittelwerte			
				Z2	Haus Aden/ Monopol	BW Walsum	BW Hugo/Conso- lidation
Temperatur (in situ)	°C		39,0	32,0	23,5	47,8	34,3
pH-Wert		7,10	6,84	6,30	7,24	6,68	6,50
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	141.000	165.200	142.957	150.800	154.533	178.291
Abdampf- rückstand	mg/L	127.920	166.200	130.529	131.700	142.400	144.806
Dichte	g/cm³		1,0976	1,0790	1,0860	1,0900	1,0900
freies CO ₂	mg/L		26,0	28,0	17,0	23,5	34,7
aggressives CO ₂	mg/L		keine Angabe	12,0	13,0	9,33	6,33
Chlorid	mg/L	78.000	86.200	70.614	75.450	77.000	80.452
Iodid	mg/L		7,90	19,0	2,53	3,90	6,52
Bromid	mg/L		147	93,0	60,7	95,0	98,5
Sulfat	mg/L		< 5	63,0	773	< 5	363
Hydrogen-car- bonat	mg/L	60,0	62,0	87,0	115	110	101

		RAG- Wasser	Wedewardt (1995)				
			Probe	Mittelwerte			
				Z2	Haus Aden/ Monopol	BW Walsum	BW Hugo/Conso- lidation
Nitrat	mg/L		36,0	76,0	28,0	32,7	24,2
Ammonium	mg/L		45,0	29,0	13,7	54,0	43,6
Bor	mg/L		0,81	3,00	2,97	4,37	3,91
Silizium	mg/L		3,90	4,00	2,40	8,40	4,56
Lithium	mg/L		13,0	16,5	6,85	33,7	19,2
Natrium	mg/L	46.000	40.000	35.929	45.800	41.467	43.983
Kalium	mg/L		426	450	643	567	501
Magnesium	mg/L	1.020	2.200	3.136	661	1.183	1.515
Calcium	mg/L	2.000	9.090	5.581	1.641	5.100	5.003
Strontium	mg/L	175	475	566	39,5	585,3	521
Barium	mg/L	275	2.460	1.041	47,4	1.070	748
Aluminium	mg/L		< 0,5	0,70	< 0,5	0,23	0,61
Arsen	mg/L		< 0,005	< 0,005	< 0,001	0,003	0,002
Blei	mg/L		< 0,5	< 0,5	0,38	0,35	0,39
Cadmium	mg/L		< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,04	< 0,05
Chrom	mg/L		< 0,05	< 0,05	0,045	0,04	0,06
Eisen	mg/L		35,0	22,8	< 0,25	10,8	21,0
Kupfer	mg/L		0,27	0,15	< 0,04	0,04	0,06
Mangan	mg/L		1,20	1,40	0,69	2,65	3,07
Molybdän	mg/L		< 0,05	< 0,05	< 0,05		0,05
Nickel	mg/L		< 0,05	< 0,05	0,048	0,09	0,07
Quecksilber	mg/L		< 0,001	< 0,001	< 0,0005	< 0,0005	0,0006
Selen	mg/L		< 0,005	< 0,005	< 0,005		0,01
Vanadium	mg/L		< 0,05	< 0,05	< 0,05		< 0,05
Zink	mg/L		< 0,05	0,50	< 0,04	0,43	0,98

Tabelle 5 Vergleich zwischen dem Z2-Wasser (Teufe -938 m NHN) und der mittleren Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für den Bereich der Bruchhohlraumverfüllung im BW Walsum (Teufe -770 m NHN – -889 m NHN) und Hugo/Consolidation (Teufe -1016 – -1212 m NHN), auf Grundlage der Messungen von Wedewardt (1995).

		Probe (Wedewardt 1995)	Mittelwerte (Wedewardt 1995)			
		Z2	Walsum	Abweichung bezogen auf Z2 [%]	Hugo/Consolidation	Abweichung bezogen auf Z2 [%]
pH		6,84	7,24	5,77	6,68	-2,34
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	165.200	150.800	-8,72	154.533	-6,46
Abdampf- rückstand	mg/L	166.200	131.700	-20,8	142.400	-14,3
Chlorid	mg/L	86.200	75.450	-12,5	77.000	-10,7
Hydrogen- carbonat	mg/L	62	115	85,1	110	76,9
Natrium	mg/L	40.000	45.800	14,5	41.467	3,67
Kalium	mg/L	426	642	50,9	567	33,0
Magnesium	mg/L	2.200	661	-69,9	1.183	-46,2
Calcium	mg/L	9.090	1.640	-81,9	5.100	-43,9
Strontium	mg/L	475	39,5	-91,7	585	23,2
Barium	mg/L	2.460	47,4	-98,1	1070	-56,5

2.3 Tiefengrundwasser Bergwerk Walsum

Die Daten zum Tiefengrundwasser im Bereich des Bergwerkes Walsum stammen aus Wedewardt (1995).

Zwei der genommenen Proben aus dem Schacht Franz werden aufgrund ihrer niedrigen Abdampfrückstände nicht in der Auswertung bewertet, da davon auszugehen ist, dass entweder keine Beprobung des reinen Tiefengrundwassers gelungen ist oder das Tiefengrundwasser einem höheren geologischen Niveau als die angegebene Beprobungstiefe zuzurechnen ist. Diese zwei Proben sind als schwarze Kreuze in den Abbildungen des Kapitels kenntlich gemacht.

2.3.1 Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung des Tiefengrundwassers für das Bergwerk Walsum in der Verbringungstiefe der Reststoffe von -770 m NHN bis -889 m NHN ist in Tabelle 6 dargestellt.

Für die Berechnung des Mittelwertes im Bereich der Verbringungstiefe wurde ebenfalls die Analyse der Probe V6 (siehe Anhang 1, Tabelle 2) verwendet, obwohl diese bei einer Probenahmetiefe von -768 m NHN knapp außerhalb des beschriebenen Verbringungs-tiefenbereiches von -770 m NHN bis -889 m NHN liegt. Hierdurch konnte die Anzahl der Proben, die für die Mittelwertberechnung verwendet wurden, von 3 auf 4 Proben erhöht werden.

Tabelle 6 Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für das Bergwerk Walsum für den Bereich der Bruchhohlraumverfüllung (-770 m NHN bis -889 m NHN); Auswertung auf Grundlage von Wedewardt (1995).

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Temperatur (in situ)	°C	23,5	23,0	20,0	28,0
pH-Wert		7,24	7,20	7,03	7,52
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	150.800	153.800	138.000	157.600
Abdampfrückstand	mg/L	131.700	131.750	129.200	134.100
Dichte	g/cm ³	1,0860	1,0865	1,0840	1,0870
freies CO ₂	mg/L	17,0	16,0	13,0	22,0
aggressives CO ₂	mg/L	13,0	13,0	13,0	13,0
Chlorid	mg/L	75.450	76.350	72.000	77.100
Iodid	mg/L	2,53	2,50	2,30	2,80
Bromid	mg/L	60,7	61,0	60,0	61,0
Sulfat	mg/L	772,8	248	25,0	2.570
Hydrogencarbonat	mg/L	115	112	92,0	143
Nitrat	mg/L	28,0	25,0	14,0	45,0
Ammonium	mg/L	13,7	9,10	0,50	36,0
Bor	mg/L	2,97	2,86	1,84	4,22
Silizium	mg/L	2,40	2,50	1,10	3,60
Lithium	mg/L	6,85	4,60	2,20	16,0
Natrium	mg/L	45.800	46.000	42.300	48.900

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Kalium	mg/L	643	597	565	812
Magnesium	mg/L	661	731	153	1.030
Calcium	mg/L	1.641	1.735	252	2.840
Strontium	mg/L	39,5	31,5	25,0	70,0
Barium	mg/L	47,4	2,8	0,14	184
Aluminium	mg/L	< 0,5	< 0,50	< 0,5	< 0,5
Arsen	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Blei	mg/L	0,38	< 0,5	< 0,01	< 0,5
Cadmium	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Chrom	mg/L	0,05	0,06	< 0,01	0,06
Eisen	mg/L	0,25	< 0,20	< 0,1	< 0,5
Kupfer	mg/L	0,04	< 0,05	< 0,01	< 0,05
Mangan	mg/L	0,69	0,72	0,12	1,20
Molybdän	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nickel	mg/L	0,05	< 0,05	0,04	< 0,05
Quecksilber	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Selen	mg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Vanadium	mg/L	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Zink	mg/L	< 0,04	< 0,05	< 0,01	< 0,05

2.3.2 Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)

In der teufenabhängigen Betrachtung der Parameter Abdampfdruckstand, Dichte und NaCl-Gehalt, sowie in Ansätzen für die spezifische elektrische Leitfähigkeit, ist die Aufteilung in zwei Cluster entsprechend der Entnahmetiefen zu beobachten (-768 m NHN bis -827 m NHN und -630 m NHN bis -690 m NHN).

Abdampfdruckstand

Die gemessenen Abdampfdruckstände des BW Walsum in Schacht Voerde und Franz liegen zwischen 21,6 g/L und 134 g/L (siehe Abbildung 9). Es ist eine generelle Zunahme mit der Teufe zu beobachten. Innerhalb dieser Verteilung bilden sich zwei Punktwolken aus, für die Teufen oberhalb der Bruchhohlraumverfüllung mit Abdampfdruckständen von 21,6 g/L bis 105 g/L und innerhalb der Bruchhohlraumverfüllung (Abdampfdruckstände von 129 g/L bis 134 g/L).

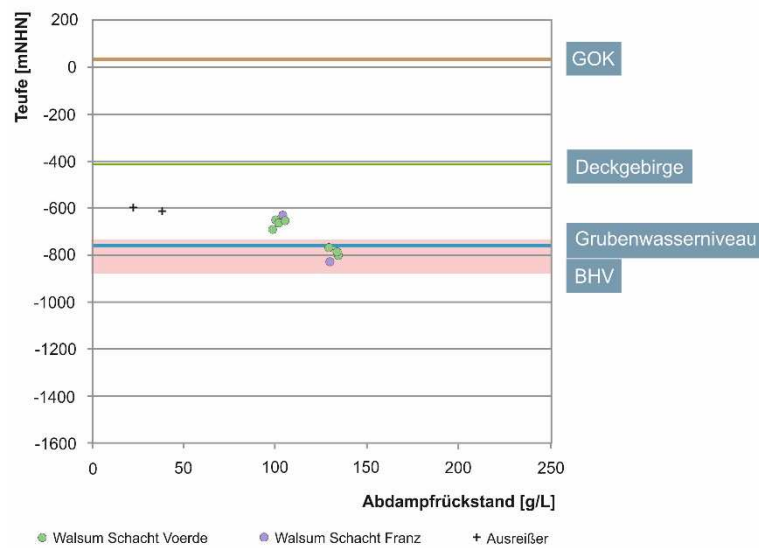


Abbildung 9 Teufenabhängige Darstellung des Abdampfdruckstandes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

pH-Wert

Der pH-Wert liegt zwischen 7,0 und 7,6 (siehe Abbildung 10). Eine Teufenabhängigkeit des pH-Wertes kann anhand dieser Daten nicht festgestellt werden.

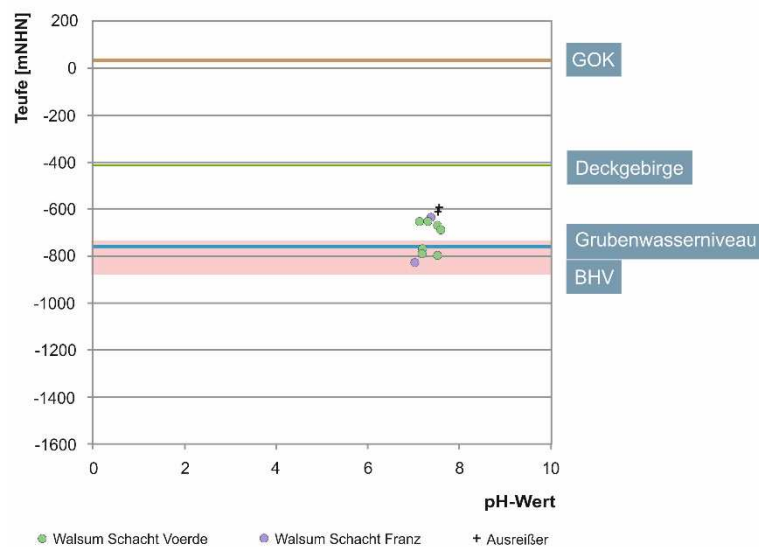


Abbildung 10 Teufenabhängige Darstellung des pH-Wertes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

Temperatur

In diesem Datensatz besteht kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Entnahmetiefe und Temperatur (siehe Abbildung 11).

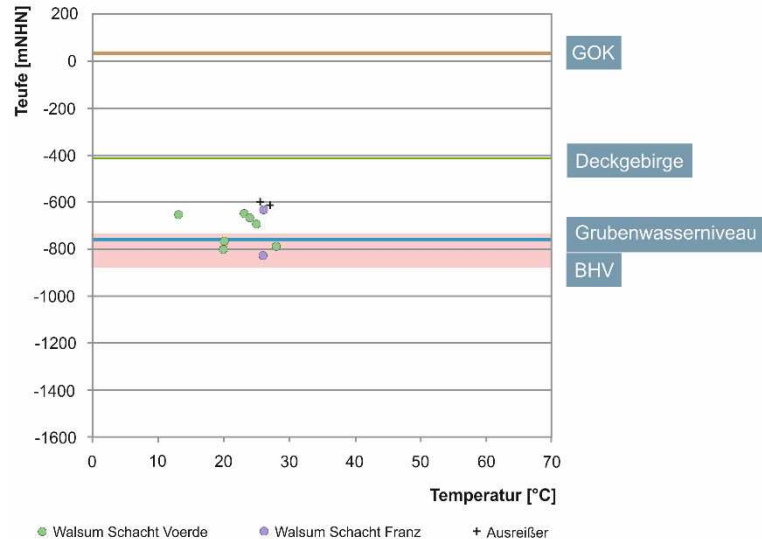


Abbildung 11 Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

Gehalt an NaCl

Der NaCl-Gehalt nimmt mit der Teufe zu (siehe Abbildung 12).

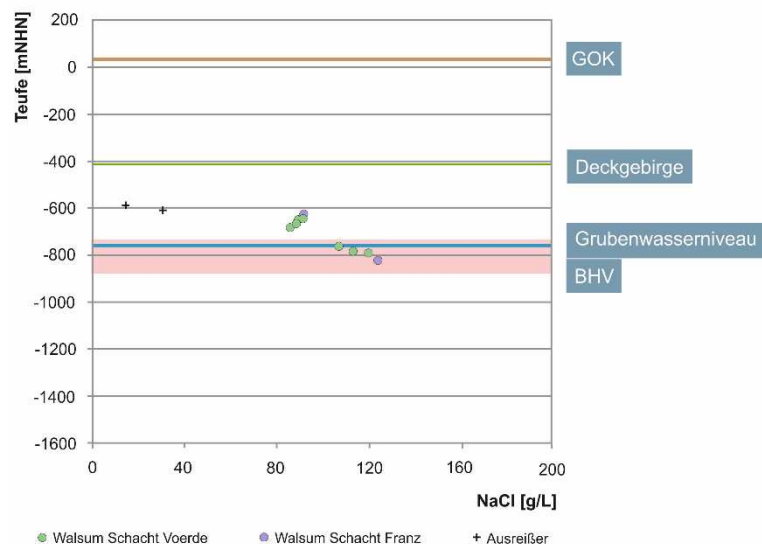


Abbildung 12 Teufenabhängige Darstellung des NaCl-Gehaltes der Tiefen-grundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

Spezifische elektrische Leitfähigkeit

Mit zunehmender Teufe steigt die spezifische elektrische Leitfähigkeit (siehe Abbildung 13).

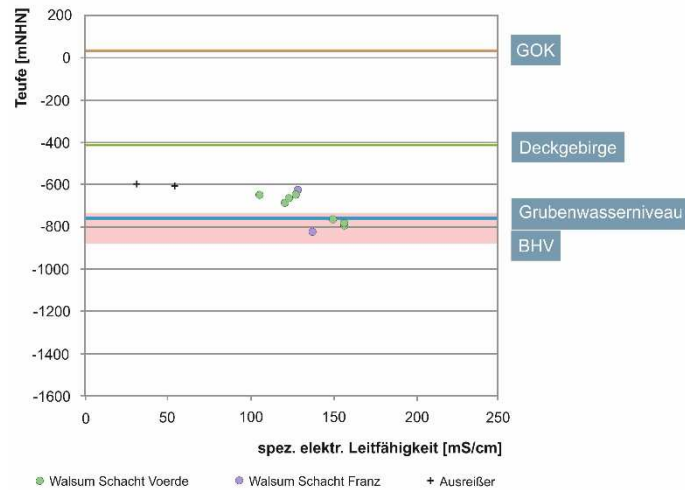


Abbildung 13 Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

Dichte

Die Dichte nimmt mit zunehmender Teufe zu (siehe Abbildung 14). Die kleine Datenkohorte bildet zwei Punktwolken bei $1,065 \text{ g/cm}^3$ bis $1,07 \text{ g/cm}^3$ und bei $1,085 \text{ g/cm}^3$ bis $1,087 \text{ g/cm}^3$.

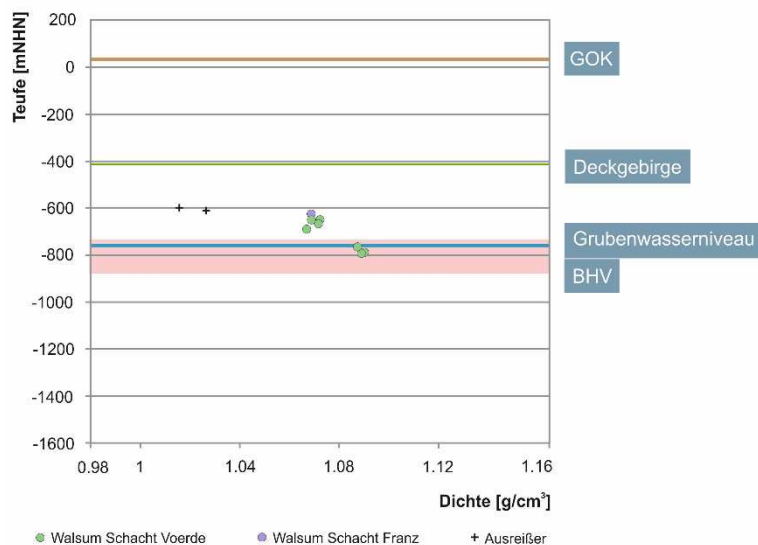


Abbildung 14 Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Walsum. Ausreißer sind als schwarze Kreuze dargestellt.

2.4 Tiefengrundwasser Bergwerk Hugo/Consolidation

Die Daten zum Tiefengrundwasser im Bereich des Bergwerkes Walsum stammen aus Wedewardt (1995).

Für die Daten aus Wedewardt wurden keine Messungen aufgrund des Abdampfdruckstandes eliminiert. Die gemessenen Parameter der Probe C3 (siehe Anhang 1, Tabelle 1) aus dem BW Consolidation weisen geringere Werte auf, als die übrigen Proben aus diesem Bergwerk. Die Probe wurde dennoch zur Berechnung des mittleren Tiefengrundwassers für das BW Hugo/Consolidation herangezogen, da die Abweichungen gering sind.

2.4.1 Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung des Tiefengrundwassers für das Bergwerk Hugo/Consolidation in der Verbringungstiefe der Reststoffe von -1016 m NHN bis -1212 m NHN ist in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7 Zusammensetzung der Tiefengrundwässer für das BW Hugo/Consolidation im Verbringungstiefenbereich (-1016 m NHN bis -1212 m NHN); Auswertung auf Grundlage von Wedewardt (1995).

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Temperatur (in situ)	°C	47,8	47,5	38	58
pH-Wert		6,68	6,88	6,26	6,9
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	154.533	160.000	141.500	162.100
Abdampfdruckstand	mg/L	142.400	149.500	124.700	153.000
Dichte	g/cm ³	1,090	1,0879	1,078	1,093
freies CO ₂	mg/L	23,5	23,5	22	25
aggressives CO ₂	mg/L	9,33	11	< 1	16
Chlorid	mg/L	77.000	80.200	68.000	82.800
Iodid	mg/L	3,9	3,2	3,2	5,3
Bromid	mg/L	95,0	100	83	102
Sulfat	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5
Hydrogencarbonat	mg/L	110	115	87	127
Nitrat	mg/L	32,7	43	10,0	45,0
Ammonium	mg/L	54,0	52,0	39,0	71,0
Bor	mg/L	4,37	4,1	2,4	6,6
Silizium	mg/L	8,40	9,1	5,10	11,0
Lithium	mg/L	33,7	31,9	22,0	47,1
Natrium	mg/L	41.467	43.800	36.100	44.500

		Mittelwerte	Median	Minimum	Maximum
Kalium	mg/L	567	615	469	616
Magnesium	mg/L	1.183	1.120	1.050	1.380
Calcium	mg/L	5.100	5.430	4.380	5.490
Strontium	mg/L	585	547	529	680
Barium	mg/L	1.070	1.000	911	1.300
Aluminium	mg/L	0,23	< 0,1	< 0,1	< 0,5
Arsen	mg/L	0,003	< 0,003	< 0,002	0,004
Blei	mg/L	0,35	0,35	< 0,1	0,6
Cadmium	mg/L	0,04	< 0,05	< 0,01	< 0,05
Chrom	mg/L	0,04	< 0,05	< 0,01	< 0,05
Eisen	mg/L	10,7	9,2	< 0,1	23,0
Kupfer	mg/L	0,04	< 0,05	< 0,02	< 0,05
Mangan	mg/L	2,65	2,64	2,60	2,70
Molybdän	mg/L				
Nickel	mg/L	0,09	0,07	< 0,05	0,14
Quecksilber	mg/L	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005
Selen	mg/L				
Vanadium	mg/L				
Zink	mg/L	0,43	0,4	0,33	0,57

2.4.2 Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)

Die kleine Probenzahl ermöglicht es nicht eine Teufenabhängigkeit der hydrochemischen Charakteristik der Tiefengrundwässer spezifisch für dieses Bergwerk zu ermitteln. Die nachfolgenden Abbildungen stellen die Daten der Vollständigkeit halber dar.

Abdampfdruckstand

Die Abdampfdruckstände der tiefer entnommenen Proben aus dem BW Consolidation sind geringer im Vergleich zu Proben des BW Hugo (siehe Abbildung 15).

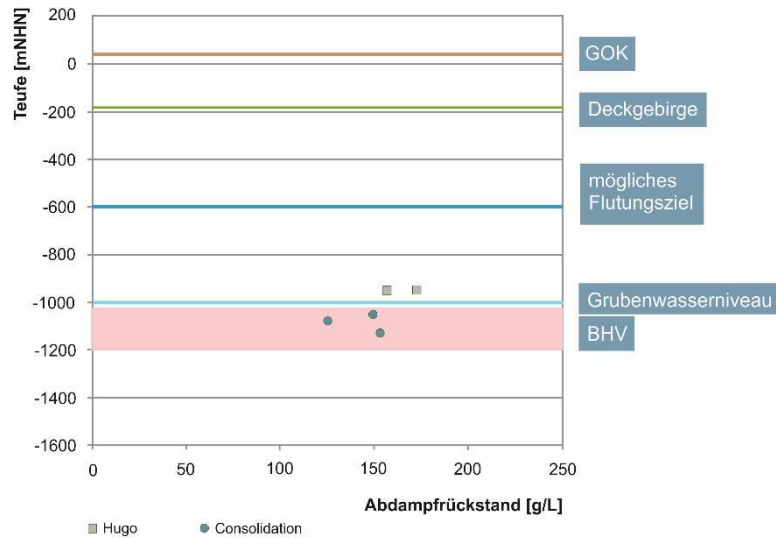


Abbildung 15 Teufenabhängige Darstellung des Abdampfdruckstandes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.

pH-Werte

Die pH-Werte der Proben C1 bis C3 (grüne Kreise) liegen mit pH 6,26 bis pH 6,9 am Übergang vom alkalischen Bereich in den leicht sauren Bereich (siehe Abbildung 16). Die Probe HU1 liegt mit pH 8,54 eindeutig im alkalischen Bereich und weist gegenüber der Probe HU2 (pH 6,94) (braune Quadrate) einen erhöhten pH Wert auf.

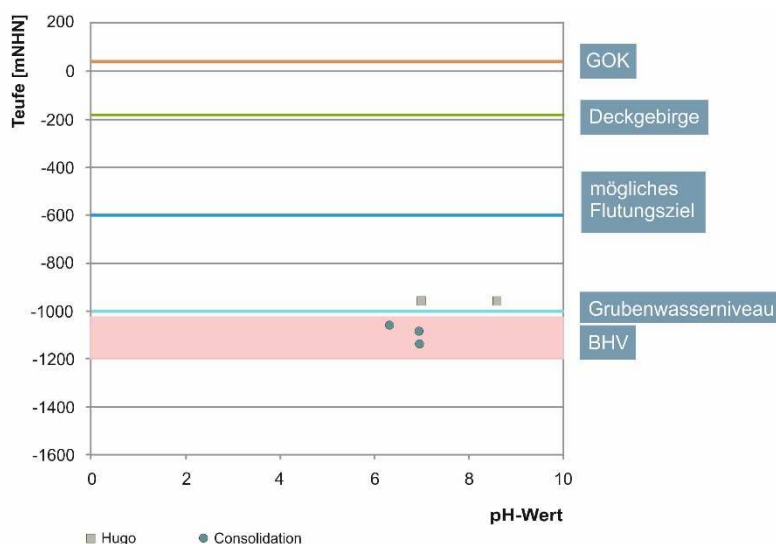


Abbildung 16 Teufenabhängige Darstellung des pH-Wertes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.

Temperatur

Im BW Hugo/Consolidation kann keine Teufenabhängigkeit der Temperatur aus den wenigen Daten abgeleitet werden (siehe Abbildung 17).

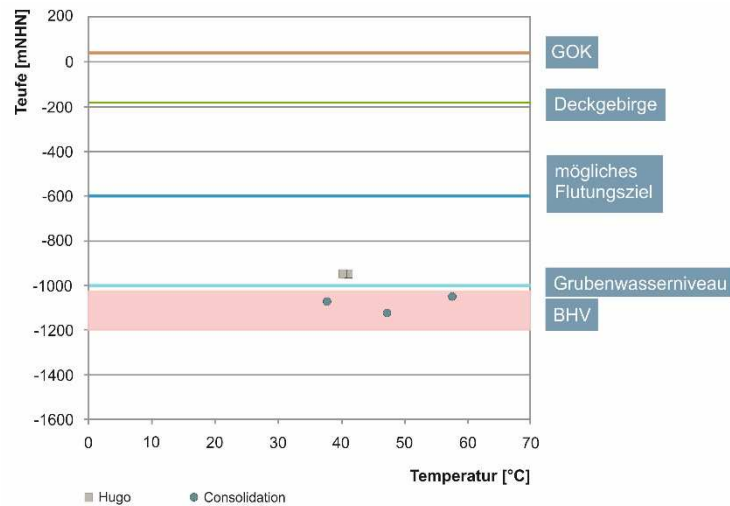


Abbildung 17 Teufenabhängige Darstellung der Temperatur der Tiefengrundwässer der von Wedewardt (1995) analysierten Proben des Bergwerkes Hugo/Consolidation.

Gehalt an NaCl

Es ist kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Zunahme der Teufe und der Zunahme der NaCl-Gehalte zu erkennen (siehe Abbildung 18).

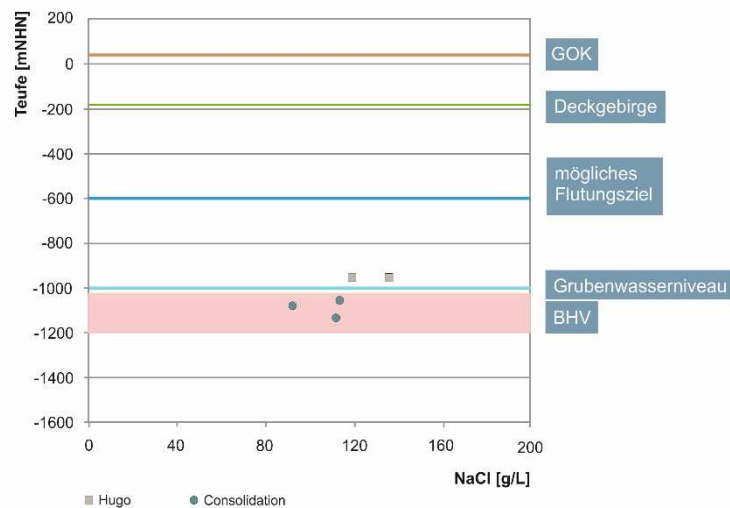


Abbildung 18 Teufenabhängige Darstellung des NaCl-Gehaltes der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.

Spezifische elektrische Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Proben variieren zwischen 141 mS/cm und 179 mS/cm (siehe Abbildung 19).

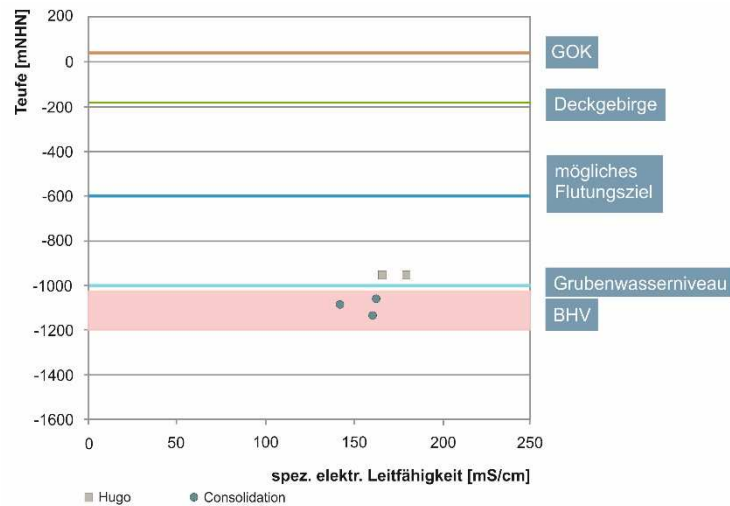


Abbildung 19 Teufenabhängige Darstellung der spez. elektr. Leitfähigkeit der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.

Dichte

Die Dichten für die Proben des BW Hugo liegen oberhalb der Dichten für das BW Consolidation (siehe Abbildung 20).

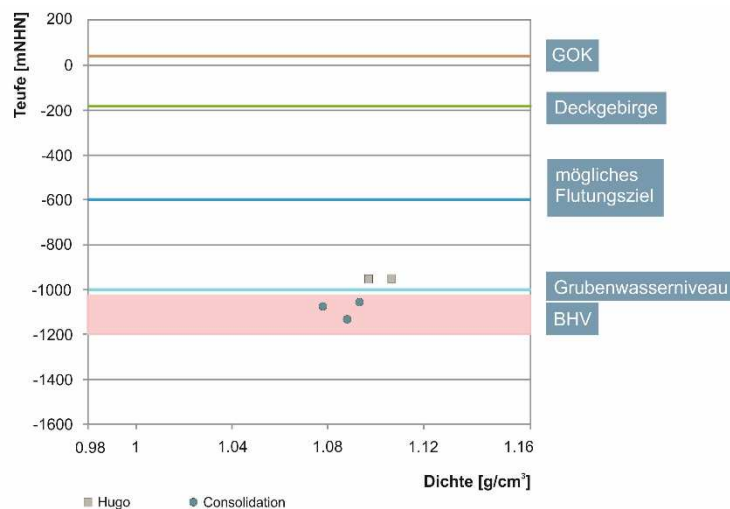


Abbildung 20 Teufenabhängige Darstellung der Dichte der Tiefengrundwässer nach den Analysen von Wedewardt (1995) im BW Hugo/Consolidation.

2.5 Tiefengrundwasser der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung

Im Folgenden sind alle Bergwerke mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung aufgelistet:

1. Ewald/Schlägel & Eisen (Herten)
2. Friedrich Heinrich (Kamp-Lintfort)
3. Fürst Leopold/Wulfen (Dorsten)
4. Auguste Victoria (Marl)
5. Blumenthal/Haard (Recklinghausen)
6. Lohberg Osterfeld (Oberhausen)
7. Emil Mayrisch (Alsdorf)
8. Lippe (Dorsten)

Die Bergwerke 1 bis 6 wurden durch Wedewardt (1995) beprobt. Nachfolgende Angaben zur chemischen Zusammensetzung beruhen auf diesen Messungen. Zu den BW 7 und 8 konnten trotz intensiver Literaturrecherche keine Daten ermittelt werden.

2.5.1 Teufenabhängigkeit der Parameter (Abdampfdruckstand, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl, spezifische elektrische Leitfähigkeit, Dichte)

Abdampfdruckstand

Die Abdampfdruckstände zeigen eine deutliche Zunahme mit der Teufe (siehe Abbildung 21). Die Probe G3 (BW General Blumenthal) zeigt einen geringen Abdampfdruckstand von 56,2 g/L bei einer Teufe von -998 m NHN, während die Probe AV3 (BW Auguste Victoria) einen besonders hohen Abdampfdruckstand von 229 g/L bei ähnlicher Teufe aufweist.

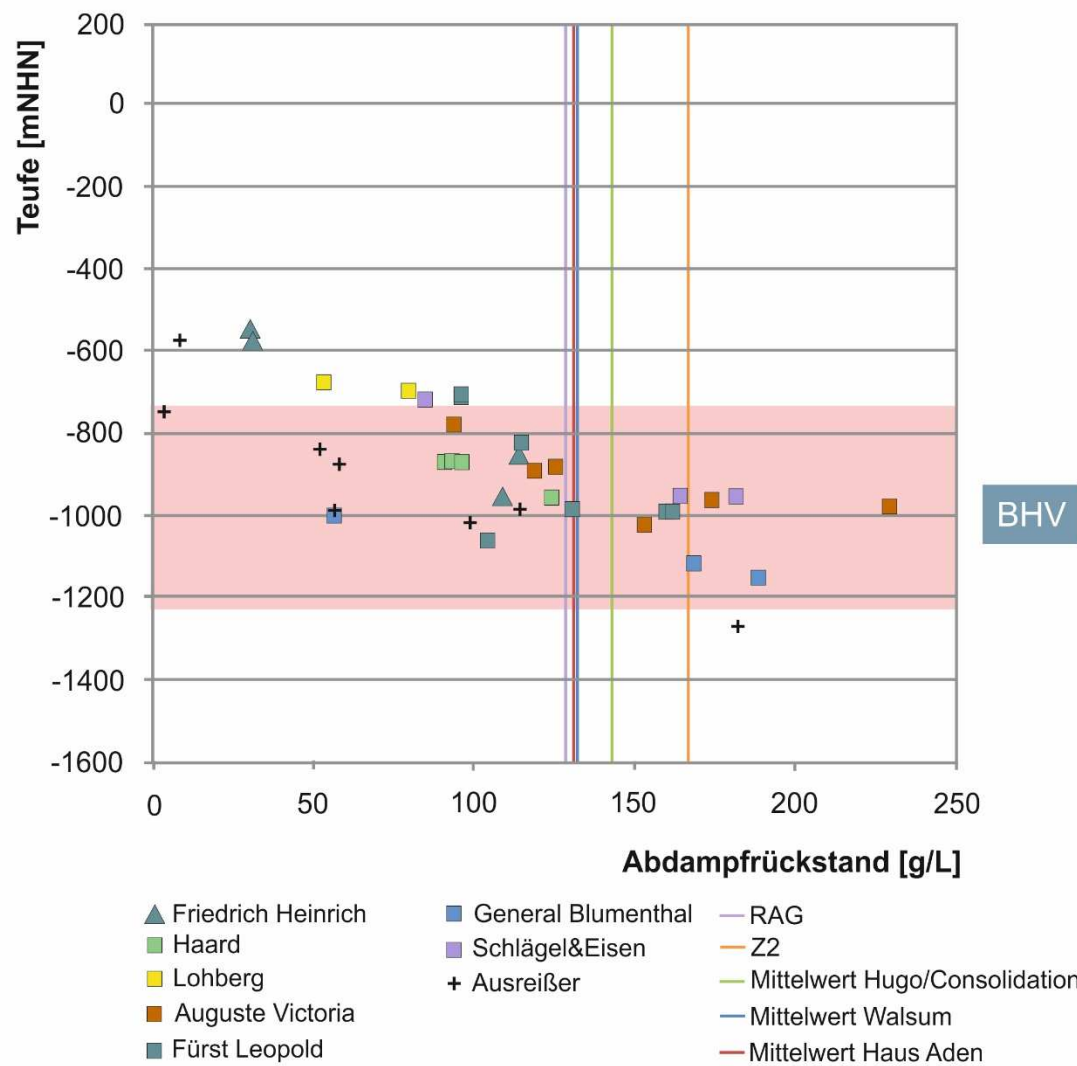


Abbildung 21 Teufenabhängigkeit des Abdampfrückstandes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.

pH-Wert

Die pH-Werte konzentrieren sich hauptsächlich auf ein Cluster zwischen 6,2 und 7,5 bei Teufen von -600 m NHN - -800 m NHN (siehe Abbildung 22). Leicht saure Wässer mit einem pH-Wert < 6 zeigen die Probe FL6 vom BW Fürst Leopold sowie die Proben AV2, AV3, AV7 und AV8 des BW Auguste Victoria. Besonders sauer sind dabei die beiden letzteren Proben mit pH-Werten von 3,62 bzw. 3,83.

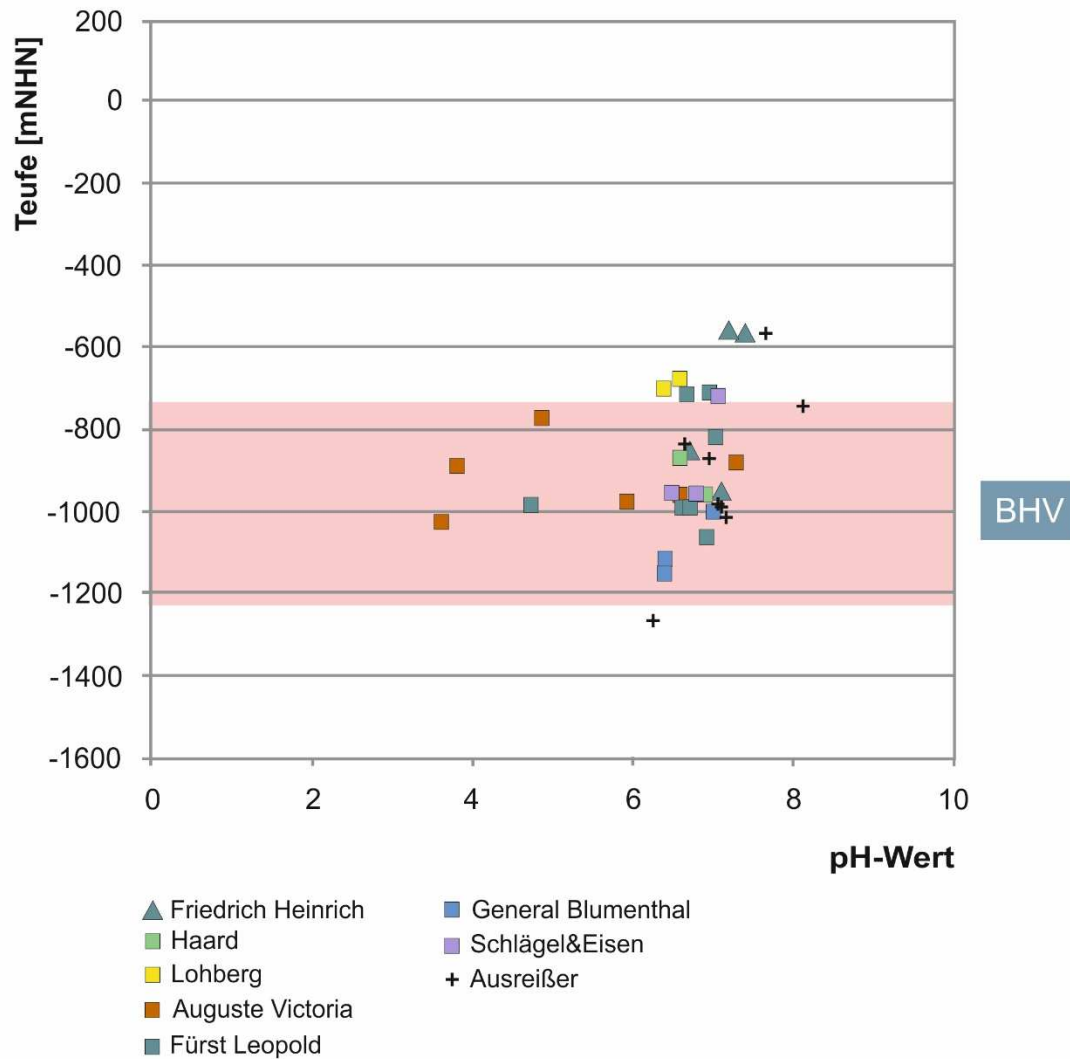


Abbildung 22 Teufenabhängigkeit des pH-Wertes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immis-sionsneutraler Verbringung.

Temperatur

Es ist keine Teufenabhängigkeit der Temperatur zu erkennen (siehe Abbildung 23). Die Werte liegen hauptsächlich zwischen 20°C und 40°C, auffallend wärmere Temperaturen bis 50°C zeigen die Proben AV3 und AV5 (BW Auguste Victoria) sowie S2 aus dem BW Schlägel & Eisen.

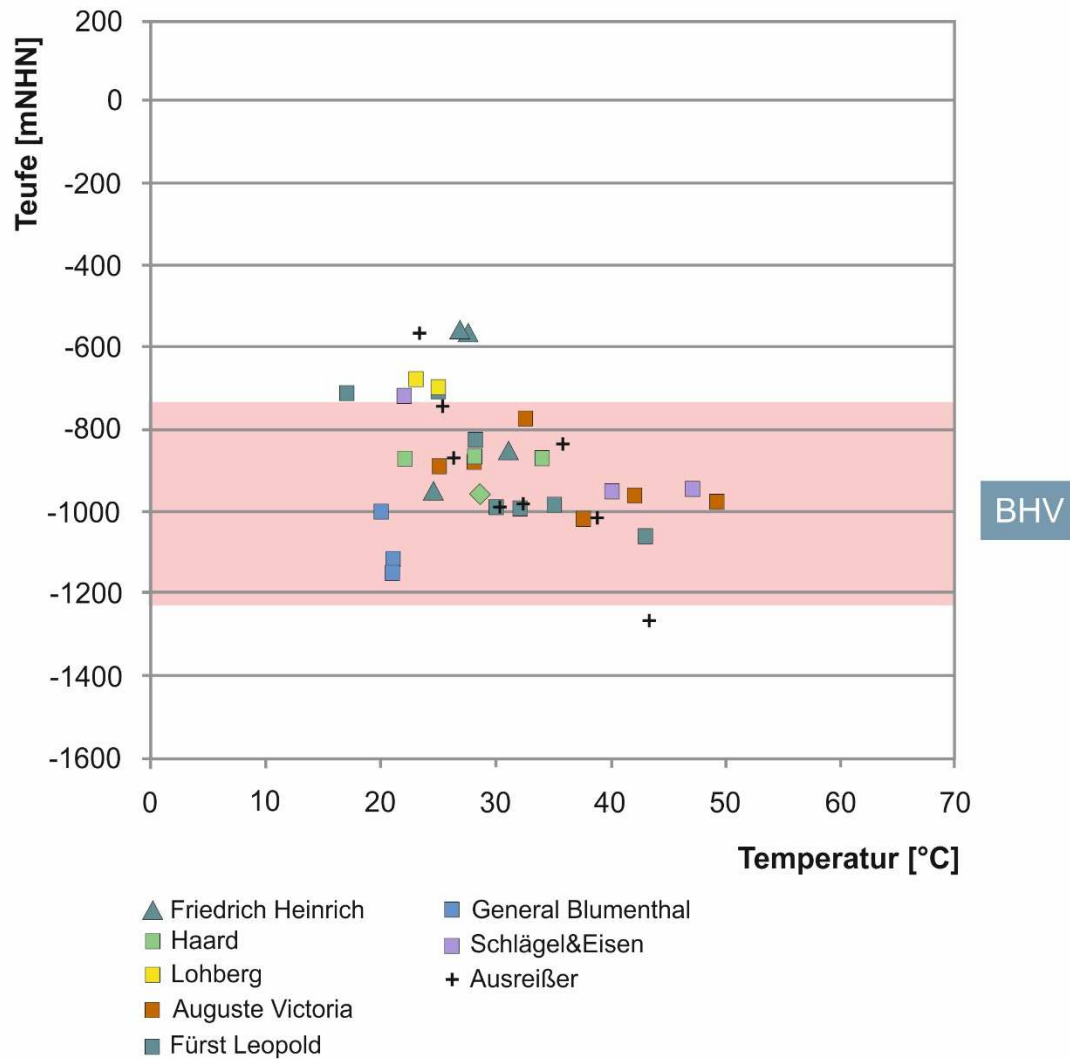


Abbildung 23 Teufenabhängigkeit der Temperatur der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immis-sionsneutraler Verbringung.

Gehalt an NaCl

Der NaCl-Gehalt nimmt mit der Teufe zu (siehe Abbildung 24). Eine Ausnahme stellt die Probe G3 aus BW General Blumenthal dar, welche bei einer Teufe von -998 m NHN einen verhältnismäßig geringen NaCl-Gehalt von 48,3 g/L aufweist. Die Probe AV3 (BW Auguste Victoria) dagegen hat bei ähnlicher Teufe (-975 m NHN) den insgesamt höchsten NaCl-Gehalt von 167 g/L.

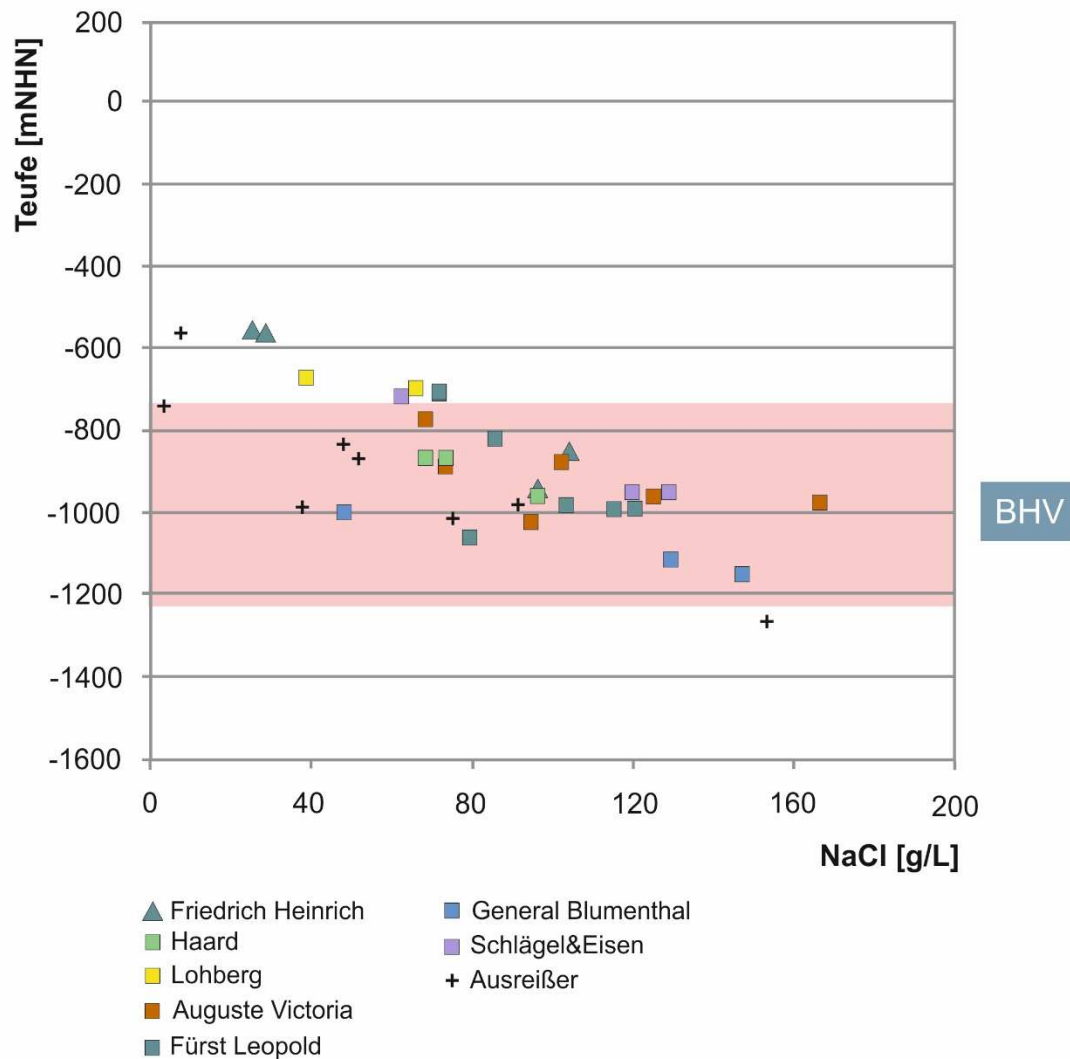


Abbildung 24 Teufenabhängigkeit des NaCl-Gehaltes der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.

Spezifische elektrische Leitfähigkeit

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit nimmt mit der Teufe zu (siehe Abbildung 25). Die Probe G3 (BW General Blumenthal) zeigt eine auffallend geringe spezifische elektrische Leitfähigkeit von 78,3 mS/cm bei einer Teufe von -998 m NHN, bei gleichzeitig recht geringen Abdampfungsrückständen. Dies könnte an einer Verdünnung durch Betriebswässer liegen, sodass der Wert möglicherweise als Ausreißer bewertet werden müsste. Aufgrund fehlender Vergleichswerte aus diesem Bergwerk wurde auf eine solche Bewertung verzichtet.

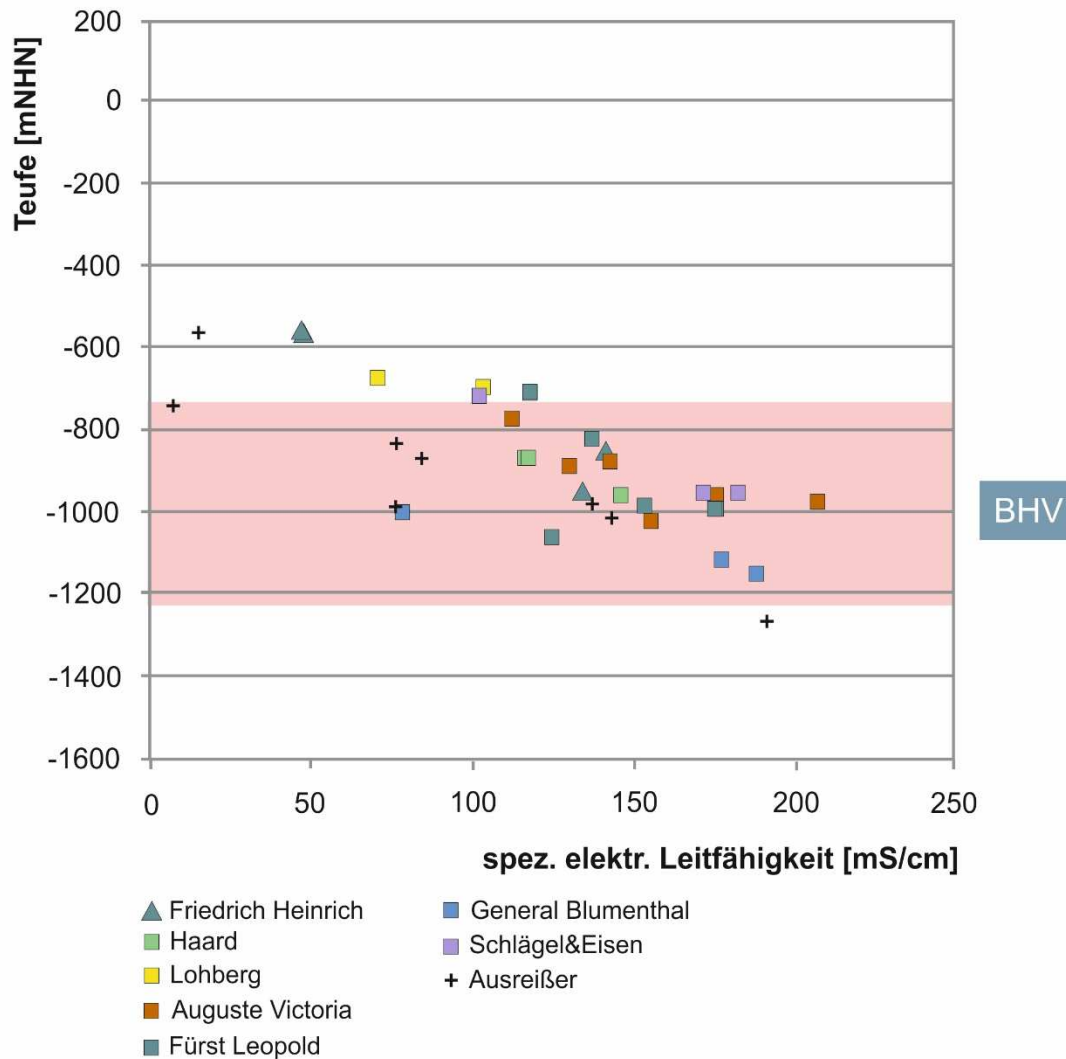


Abbildung 25 Teufenabhängigkeit der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.

Dichte

Es ist ein allgemeiner Trend in Form einer Zunahme der Dichte mit der Tiefe zu erkennen (siehe Abbildung 26). Einige Werte lassen sich mit diesem Trend nicht beschreiben: Die Probe G3 (BW General Blumenthal) hat eine verhältnismäßig geringe Dichte von $1,037 \text{ g/cm}^3$ (s.o.: möglicherweise Ausreißer), ebenso die Probe FL8 (BW Fürst Leopold) mit $1,0469 \text{ g/cm}^3$ bei einer Tiefe von -990 m NHN. Die Probe AV3 (BW Auguste Victoria) zeigt eine auffallend hohe Dichte von $1,1358 \text{ g/cm}^3$ bei einer Tiefe von -975 m NHN.

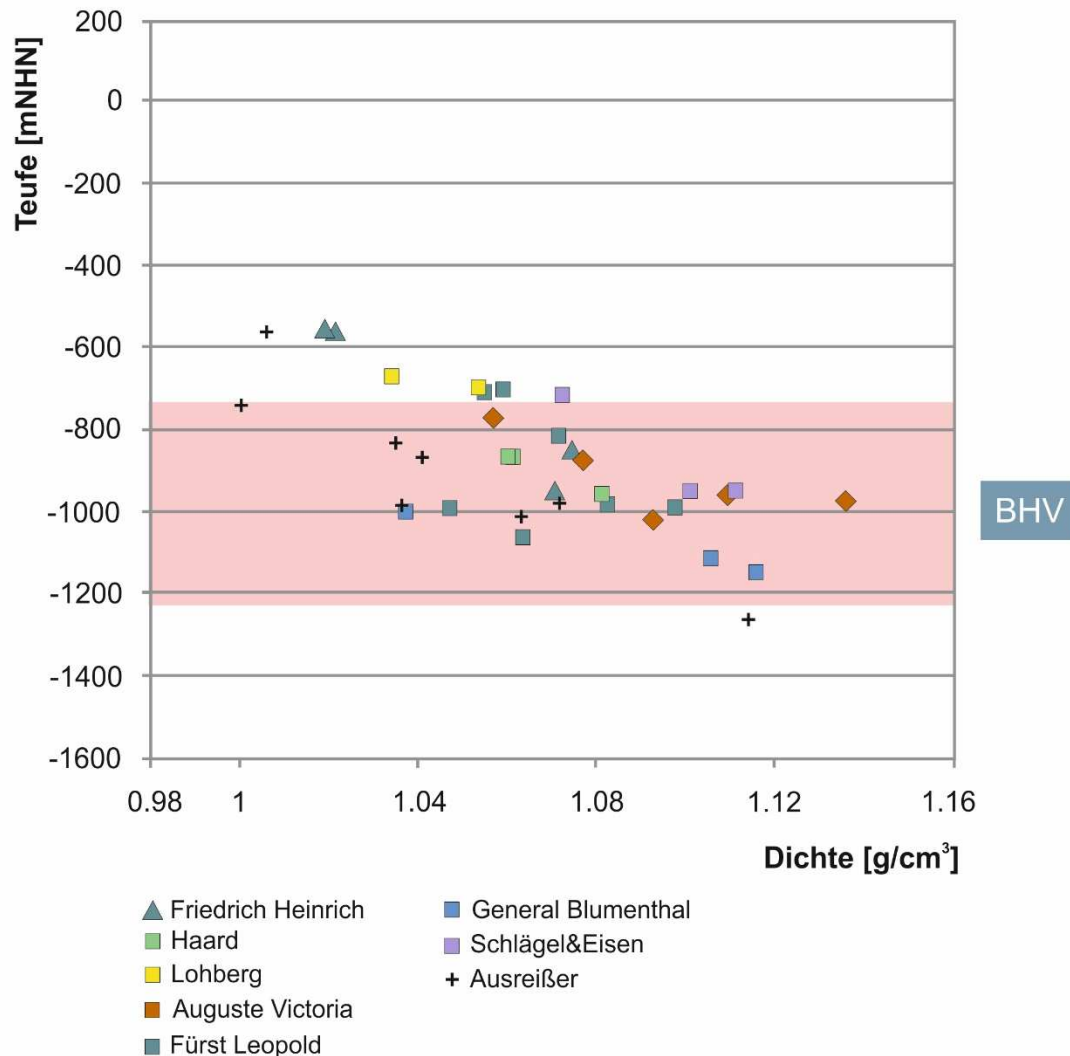


Abbildung 26 Teufenabhängigkeit der Dichte der von Wedewardt (1995) analysierten Tiefengrundwässer der BW mit ausschließlich immissionsneutraler Verbringung.

2.6 Vergleich der für die immissionsneutrale Verbringung angenommenen Tiefengrundwässer und ihrer Zusammensetzung

In den gutachterlichen Beurteilungen des Geologischen Instituts der Universität Bonn wurden Reststoffe, die neu in den „Entsorgungskatalog“ aufgenommen werden sollten

untersucht. Aus diesen Gutachten ist der Vorgang zur Zulassung von Reststoffen zur Verbringung nach der Immissionsneutralität zu entnehmen:

- *„Die Beurteilung der neuen Abfälle erfolgt auf der Basis der „Studie zur Eignung von Steinkohlebergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlenbezirk zur Untertageverbringung von Abfall- und Reststoffen“ („Machbarkeitsstudie“) vom 01.08.1990, sowie der „Technischen Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Reststoffen/Abfällen als Versatz“ (Stand 1996).*

Hierbei wird für mineralische Stoffe, die die Anforderungen für den uneingeschränkten Versatz aufgrund teilweise höherer Belastungen nicht erfüllt, d.h. Versatzstoffe, deren Eluate im Bezug auf die Stoffkonzentrationen geogener Grundwässer nicht zu einer zusätzlichen Schadstoffbelastung führen („Verschlechterungsverbot“), das Verbringen nach dem Prinzip der „Immissionsneutralität“ vorgesehen.“

- *„Immissionsneutral werden in größerem Maßstab u.a. Elektrofilterflugaschen (EFA), Rauchgasentschwefelungsgipse (REA) und Wirbelschichtaschen aus steinkohlenbefeuerten Kraftwerken verbracht.“*
- *„Die Beurteilung der Immissionsneutralität eines Abfalles und die Bewertung seiner Umweltauswirkungen muss an der geogenen Hintergrundbelastung der Gesteine im Verbringungsraum sowie insbesondere an der Zusammensetzung der hier zirkulierenden Gruben- und Grundwässer gemessen werden. Letztere sind im Bereich der Verbringungsorte im Ruhrkarbon generell hochmineralisierte Steinsalzsolen mit einem mehr oder weniger hohen Anteil an Barium bzw. Sulfat. Die vorliegenden hydrochemischen Analysen von geogenen Grubenwässern (siehe vor allem Wedewardt, 1995) können als Beurteilungsgrundlage für vorgesehene Versatzmaßnahmen herangezogen werden. Den Daten liegen angeblich Analysen von mehr als 100 Wasserproben zugrunde. Sie stellen sicherlich einen repräsentativen Querschnitt der geologischen, natürlichen Hintergrundbelastungen dar, wie sie im Sinne der „Immissionsneutralität“ zu verstehen ist.“*
- *„Für die Stoffe liegen Ergebnisse von Untersuchungen durch das Hygiene-Institut des Ruhrgebiets zu Gelsenkirchen (...) vor. Diese umfassen neben Substanzanalysen die Untersuchung der Eluierbarkeit nach DEV S4 (Schütteln mit destilliertem Wasser im Feststoff-Lösungsverhältnis 1:10) sowie die Untersuchung der Eluierbarkeit mit Hilfe des abgewandelten DEV-S4-Verfahrens (Schütteln mit synthetischem Grubenwasser). Das letztgenannte Verfahren soll die veränderte Löslichkeit einiger Inhaltsstoffe in hochsalinaren chloridischen Lösungen berücksichtigen (z.B. Bildung von mobilen Metall-Chlorokomplexen). Für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit wird daher im folgenden vor allem auf die Ergebnisse der Eluation im Schütteltest mit synthetischem Grubenwasser zurückgegriffen.“*

Zunächst wurde als Beurteilungsgrundlage in der Machbarkeitsstudie (JÄGER et al. 1990) ein geogener Grubenwasserzufluss des Bergwerkes Consolidation herangezogen. In einer gutachterlichen Beurteilung des Geologischen Instituts der Universität Bonn vom 02.03.1995 heißt es hierzu:

- „Die stoffliche Zusammensetzung, insbesondere auch die Spurenelementzusammensetzung des „Consolwassers“ ist für die Zusammensetzung von Grubenwässern des Karbons nicht repräsentativ, sondern stellt vielmehr nur einen Einzelfall dar. Zwischenzeitlich liegen auf Basis zahlreicher hydrochemischer Analysen von geogenen Grubenwässern aller Teufen, regional über das gesamte Abbaurevier der Ruhr und des Niederrheins verteilt, ausreichend Daten vor, die es erlauben, die natürliche Hintergrundbelastung für zahlreiche Inhaltsstoffe realistischeinzuschätzen. Die Daten wurden im Rahmen einer kurz vor dem Abschluß stehenden Dissertation an der Universität Bonn und bei der DMT erhoben (Wedewardt, 1995) und können als Bemessungsbasis für Versatzmaßnahmen herangezogen werden (...).“

In der „Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen als Versatz unter Tage (Technische Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Abfällen als Versatz, 1996)“ ist zur immissionsneutralen Verbringung folgendes zu entnehmen:

- „Soweit sich nicht bei der Einzelprüfung niedrigere Zuordnungswerte ergeben, können als Orientierungswerte, die im Rahmen der immissionsneutralen Einbringung eingehalten werden sollen, die Zuordnungswerte der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) für die Deponieklasse II herangezogen werden“ (s. Tabelle 6.9.2.2).“ Im vorliegenden Detailbericht sind die Werte der „Tabelle 6.9.2.2“ in Anhang 2 in Tabelle 5 eingetragen.
- „Für den eingeschränkten Versatz nach dem Prinzip der immissionsneutralen Einbringung kommen nur Abfälle in Frage, deren Eluatwerte die Orientierungswerte der Tabelle I 6.9.2.2 einhalten.“
- „Werden die Orientierungswerte (Eluatkriterien) der Tabelle I 6.9.2.2 überschritten, ist nur eine Verwertung nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses zulässig.“

Im Folgenden wurden die durch die RAG genutzten geogenen Hintergrundwerte (nach den gutachterlichen Beurteilungen des Geologischen Instituts der Universität Bonn auf über 100 Werten beruhende Datengrundlage) nach Wedewardt (siehe Anhang 2, Tabelle 4) mit Konzentrationswerten verglichen, welche auf der Grundlage von 114 Analysen aus dem DMT-Bericht 39 von Wedewardt berechnet wurden. Die Minimal-, Maximal- und Mittelwerte wurden nach drei verschiedenen Methoden ermittelt. Auf Grundlage des Gesamtdatensatzes, des Gesamtdatensatzes ohne Berücksichtigung der Werte kleiner Bestimmungsgrenze und des Datensatzes aus dem die Ausreißer bereits ausgefiltert wurden. Für alle drei Berechnungsmethoden ergeben sich Abweichungen zu den geogenen Hintergrundwerten. Zwischen den Konzentrationswerten ermittelt auf der Grundlage des Gesamtdatensatzes ohne Berücksichtigung der Werte kleiner Bestimmungsgrenze ergibt sich die größte Übereinstimmung. Jedoch legt die Abweichung der Mittelwerte für den Tiefenbereich >1000 m bei gleichzeitiger Übereinstimmung aller Minimal- und Maximalwerte sowie zum Beispiel der maximale pH-Wert des Tiefenbereiches <600 m nahe, dass für die Berechnung der geogenen Hintergrundwerte weitere Analysen zur Verfügung standen. So kann der maximale pH-Wert von 11,2 für den Tiefenbereich <600 m dem DMT-Bericht 39 nicht entnommen werden.

Im Vergleich der geogenen Hintergrundwerte mit dem „Consolwasser“ fällt auf, das As, Pb und Zn im Consolidationswasser geringere Konzentrationen aufweisen als die Minima des entsprechenden Tiefenbereiches der geogenen Hintergrundwerte. Dies liegt auch hier an der Tatsache, dass die Werte die kleiner als die Nachweisgrenze waren für die Berechnung der geogenen Hintergrundwerte nicht berücksichtigt wurden.

Ein Vergleich der geogenen Hintergrundwerte mit den Anforderungen für immissionsneutrale Verbringung (Zuordnungswert V1) nach Tabelle I6.9.2.2 TR Versatz 1996 gestaltet sich schwierig, da für letztere kein Tiefenbereich angegeben ist. Für den Großteil der Wertepaare liegen die Werte aus den Anforderungen für immissionsneutrale Verbringung (Zuordnungswert V1) nach Tabelle I6.9.2.2 TR Versatz 1996 oberhalb der geogenen Hintergrundwerte.

Alle Tiefengrundwässer und Grenzwerte im Zusammenhang mit der immissionsneutralen Verbringung sind in Anhang 2 aufgeführt.

2.7 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse

Ziel dieses Kapitels ist es eine quantitative Aussage zur Tiefengrundwasserzusammensetzung. Auch wenn viele Literaturstellen richtig von einem hochsalinaren Tiefengrundwasser ausgehen, ermöglichen nur wenige Arbeiten eine in der Retrospektive nachvollziehbare Bewertung der Probenahme.

Die Wahl der Beprobungsstelle ist schwierig, da vom Grubengebäude aus repräsentative Proben für das unverritzte Gebirge gewonnen werden sollen. Nicht mehr nachvollziehbar ist, warum nicht versucht wurde, an ausgewählten Lokalisationen Bohrungen mit den in Gruben verfügbaren Geräten in das Unverritzte abzusetzen, um Wasserproben mit einem sicheren Teufenbezug zu gewinnen.

Bei genauer Auswertung ergibt sich eine systematische Teufenabhängigkeit der durch den Salzgehalt gesteuerten Parameter (Abdampfdruckstand, Dichte, etc.) für die Bergwerke. Wedewardt (1995) enthält die umfänglichste Analyse von Halb- und Schwermetallen. Aus heutiger Sicht sind die als Nachweisgrenzen bezeichneten Angaben in den analytisch schwierigen, hochsalinaren Wässern zu hoch. Der Ansatz aus dieser Auswertung Hintergrundwerte der Metalle zu erhalten, ist für einige Metalle, insbesondere Blei und Cadmium, aufgrund dieser hohen Werte aus dem Datensatz von Wedewardt (1995) nicht umsetzbar.

Die Auswertung der Tiefengrundwasseranalysen aus Wedewardt (1995) zeigt, dass trotz großer räumlicher Abstände zwischen den Bergwerken keine signifikanten Abweichungen der Inhaltsstoffe der Tiefengrundwässer auftreten. Daher kann ein mittleres Tiefengrundwasser für die Teufe der verbrachten Reststoffe herangezogen werden (siehe Tabelle 3). Eine hydrochemische Differenzierung der Tiefengrundwässer im Ruhrgebiet ist im Teufenbereich der verbrachten Reststoffe nicht notwendig.

3 Grubenwasser

Grubenwasser ist das Wasser, das untertägig gefasst wird und eine Mischung aus Tiefengrundwasser und Betriebswasser ist.

3.1 Datenerfassung

In den Abschluss- und Quartalsberichten der Bergwerke Walsum sowie Hugo/Consolidation liegen Grubenwasseranalysen zu den verschiedenen Bauhöhen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung vor. Diese analog vorhandenen Daten wurden durch das LFH händisch in das Excel-Tabellenformat überführt, um die digitalisierten Daten im Anschluss an diesen Arbeitsschritt auszuwerten.

Die von der Bezirksregierung Arnsberg in 2013 in einem Sonderprojekt zur Grubenwassereinleitung im Ruhrgebiet erhobene Analytik wurde ebenfalls digitalisiert und liegt im Excel-Tabellenformat vor.

Die von der RAG übergebenen Grubenwasseranalysen von 2008 bis 2015 lagen bereits im Excel-Tabellenformat vor und konnten somit zur weiteren Auswertung direkt aufbereitet werden.

3.2 Auswertung der Analysen

Grundsätzlich wurden Tabellen mit den Mittelwerten, Medianen, Minima und Maxima der gemessenen Parameter für die einzelnen Bergwerke erstellt. Zusätzlich wurden der Abdampfdruckstand, Cadmium-, Blei- und Zinkkonzentrationen über die Probennahmezeit aufgetragen, um Vergleiche durchzuführen und extreme Werte (Spikes) herauszufiltern.

3.2.1 Untertägige Grubenwasserproben aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllungen

Bei den folgenden Tabellen 8 bis 10 sind die Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima für die Grubenwasseranalysen aus den Bergwerken, in denen Reststoffe nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht wurden (Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation), zusammengestellt. Die Grubenwässer wurden während des Prozesses der Bruchhohlraumverfüllung gehoben. Die Werte der Tabellen beruhen für das Bergwerk Haus Aden/Monopol auf 111 Grubenwasseranalysen, für das Bergwerk Walsum auf 358 Grubenwasseranalysen und für das Bergwerk Hugo/Consolidation auf 190 Analysen.

Tabelle 8 Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Walsum. Im Falle von

Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Absetzbare Stoffe nach 2h	ml/L	1,731	0,1	0	60
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	622,7	35	5	55.400
Abdampfdruckstand (errechnet)	mg/L	16.606	5.918	275	122.304
Spez. el. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	23.812	9.430	504	305.000
Dichte bei 20°C	g/mL	1,010	1,002	1,000	1,082
pH-Wert bei 20°C		7,7	7,6	5,7	11,5
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L	0,011	0	0	2,18
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	3,098	3,05	0,34	7,59
Summe Erdalkalien (errechnet)	mg/L	765,1	285	35	7.845
Natriumchlorid (errechnet)	mg/L	13.989	4.931	3	111.527
Ammonium	mg/L	2,109	0,5	<0,02	21
Natrium	mg/L	5.548	1.940	1	43.874
Kalium	mg/L	117,5	33	5	5.620
Calcium	mg/L	666,2	244	32	7.418
Magnesium	mg/L	97,56	34	3,4	2.430
Barium	mg/L	2,39	1	0,035	9,4
Strontium	mg/L	4,36	4,5	0,97	54
Eisen (gesamt/homogenisiert)	mg/L	5,9	1,2	0,014	303
Mangan (gesamt/homogenisiert)	mg/L	0,477	0,2	0	17
Zink	mg/L	1,4	0,86	<0,02	26
Kupfer	mg/L	0,09	0,05	<0,001	3,1
Arsen	mg/L	0,009	0,005	<0,001	0,32
Quecksilber	mg/L	0,004	0,001	<0,001	0,61
Cadmium	mg/L	0,004	0,003	<0,001	0,14
Blei	mg/L	0,062	0,04	<0,001	2,6
Chrom (gesamt)	mg/L	0,037	0,05	<0,001	0,84
Chrom VI	mg/L	0,014	0,01	<0,001	0,977
Nickel	mg/L	0,035	0,027	<0,001	0,5
Nitrat	mg/L	2,67	2,6	<0,1	50
Nitrit	mg/L	6,33	0,04	0,004	1.610
Chlorid	mg/L	9.692,5	3.055	3,8	79.560
Bromid	mg/L	18,63	18,625	0,25	37

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Sulfat	mg/L	351,92	152	1,9	17.770
Hydrogencarbonat (errechnet)	mg/L	186,93	186	0	463
Carbonat (errechnet)	mg/L	0,448	0	0	76
Hydroxid (errechnet)	mg/L	0,062	0	0	16
Gesamtposphat	mg/L	0,037	0,02	0,003	0,69
Cyanid (gesamt)	mg/L	0,018	0,01	<0,001	0,32

Tabelle 9 Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Hugo/Consolidation. Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“ wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Wassertemperatur	°C	32,9	31,6	28	38
Absetzbare Stoffe nach 2h	mL/L	0,66	0,8	0,2	1
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	305,4	122	39	1.110
Abdampfdruckstand (errechnet)	mg/L	51.338	47.634,5	4.913	133.116
Spez. el. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	53.169	53.415	236	150.600
Dichte bei 20°C	g/mL	1,041	1,0365	1	1,087
pH-Wert bei 20°C		7,9	7,4	6	13
Redoxpotential	mV	291	181,5	170	631
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L	0,535	0	0	6,67
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	1,84	1,245	0,39	7,87
Basenkapazität bis pH 8,2	mmol/L	2,3	2,085	1,83	3,21
Summe Erdalkalien	mmol/L	137,11	85,1	11,25	425
Summe Erdalkalien (errechnet)	mg/L	5.448,7	3.293	453	1.7021
Natriumchlorid (errechnet)	mg/L	47.553	43.017,5	7.493	107.180
Ammonium	mg/L	18,5	14	<0,02	139
Natrium	mg/L	17.206	15.853	<1	43.000
Kalium	mg/L	339,57	229,5	<0,2	1.150
Calcium	mg/L	3.249,33	2.188	<1	16.778
Magnesium	mg/L	470,78	425	<0,2	1.070
Barium	mg/L	44,62	5	0,061	1.036
Strontium	mg/L	216,43	139	14	1.098
Eisen (gesamt/homogenisiert)	mg/L	7,21	1,3	0,07	26
Mangan	mg/L	1,721	1,92	0,103	4,09

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
(gesamt/homogenisiert)					
Zink	mg/L	2,31	0,373	0,0067	75
Kupfer	mg/L	0,099	0,0165	<0,001	4,93
Silicium	mg/L	1,59	1,3	0,05	3,7
Arsen	mg/L	0,005	0,002	<0,0002	0,08
Quecksilber	mg/L	0,001	0,001	<0,0002	0,02
Cadmium	mg/L	0,026	0,004	0,00072	2,36
Blei	mg/L	1,24	0,038	<0,001	80
Chrom (gesamt)	mg/L	0,025	0,003	<0,001	0,45
Chrom VI	mg/L	0,015	0,01	<0,001	0,45
Nickel	mg/L	0,174	0,017	<0,001	20
Antimon	mg/L	0,014	0,0131	0,0068	0,025
Selen	mg/L	0,057	0,002	<0,0003	0,533
Thallium	mg/L	0,009	0,0014	<0,0001	0,037
Aluminium	mg/L	1	<1	<1	<1
Bor	mg/L	1,6	1	<1	3,4
Molybdän	mg/L	0,278	0,0525	0,005	1
Vanadium	mg/L	0,016	0,0055	0,003	0,05
Nitrat	mg/L	2,24	1,9	<0,3	7
Nitrit	mg/L	6,96	0,44	0,25	32
Ammoniak (gesamt)	mg/L	29,01	29,01	<0,02	58
Ammoniak (frei)	mg/L	53	53	53	53
Chlorid	mg/L	30.311	24.420	<1	198.500
Bromid	mg/L	210,67	264	35	333
Fluorid	mg/L	0,800	0,86	0,48	1
Sulfat	mg/L	470,5	112	0,3	9.236
Sulfit	mg/l	0,500	0,5	0,5	0,5
Hydrogencarbonat (errechnet)	mg/L	72,43	63,5	0	273
Carbonat (errechnet)	mg/L	7,11	0	0	72
Hydroxid (errechnet)	mg/L	7,11	0	0	93
Gesamtphosphat	mg/L	0,03	0,02	<0,02	0,06
Cyanid (gesamt)	mg/L	0,016	0,01	<0,01	0,08

Tabelle 10 Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung für das Bergwerk Haus Aden/Monopol. Im Falle von Messwerten mit der Angabe „kleiner Nachweisgrenze“

wurde zur Berechnung von statistischen Werten der Zahlenwert dieser Angabe genutzt.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Absetzbare Stoffe nach 2h	ml/L	1,26	0,3	<0,1	27
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L	301,27	65	<0,5	9.400
Abdampfdruckstand (errechnet)	mg/L	33.895	9.206	157	161.491
Spez. el. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	34.230	9.880	302	141.000
Dichte bei 20°C	g/mL	1,021	1,005	1	1,107
pH-Wert bei 20°C		7,45	7,5	5,6	9
Säurekapazität bis pH 8,2	mmol/L	0,003	0	0	0,16
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/L	2,33	2,05	0,4	8,72
Summe Erdalkalien (errechnet)	mg/L	2.660,3	534	33	18.070
Natriumchlorid (errechnet)	mg/L	24.614	7.390	15	126.471
Ammonium	mg/L	10,4	2,8	<0,02	49
Natrium	mg/L	9.684,16	2.907	6	49.753
Kalium	mg/L	173,22	54	2	1.560
Calcium	mg/L	2.020,77	437	30	16.000
Magnesium	mg/L	513,66	85	3,4	2.830
Barium	mg/L	39,53	5	<1	741
Strontium	mg/L	90,23	13	<1	687
Zink	mg/L	7,02	1,5	<0,02	118
Kupfer	mg/L	0,046	0,023	<0,001	1,5
Arsen	mg/L	0,003	0,002	<0,001	0,04
Quecksilber	mg/L	0,001	0,001	<0,0005	0,002
Cadmium	mg/L	0,074	0,0015	<0,001	4,2
Blei	mg/L	0,072	0,028	<0,001	0,529
Chrom (gesamt)	mg/L	0,016	0,0025	<0,001	0,08
Chrom VI	mg/L	0,012	0,01	<0,001	0,2
Nickel	mg/L	0,059	0,02	<0,001	0,638
Chlorid	mg/L	19.762	4.930	21	99.620
Bromid	mg/L	67,51	17	0,25	1.070
Fluorid	mg/L	130	130	130	130
Sulfat	mg/L	347,9	82	0,02	1.990
Sulfid	mg/L	2,2	0,02	<0,02	6,6
Hydrogencarbonat (errechnet)	mg/L	139,1	125	0	532

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum
Carbonat (errechnet)	mg/L	0,188	0	0	10
Hydroxid (errechnet)	mg/L	0,000	0	0	0,02
Cyanid (gesamt)	mg/L	0,013	0,01	<0,01	0,12

Neben den bereits den Tabellen zu entnehmenden Maximalwerten wurden weitere Spikes herausgearbeitet, indem die Abdampfdruckstände, Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentrationen über den jeweiligen Probenahmezeitpunkt aufgetragen wurden.

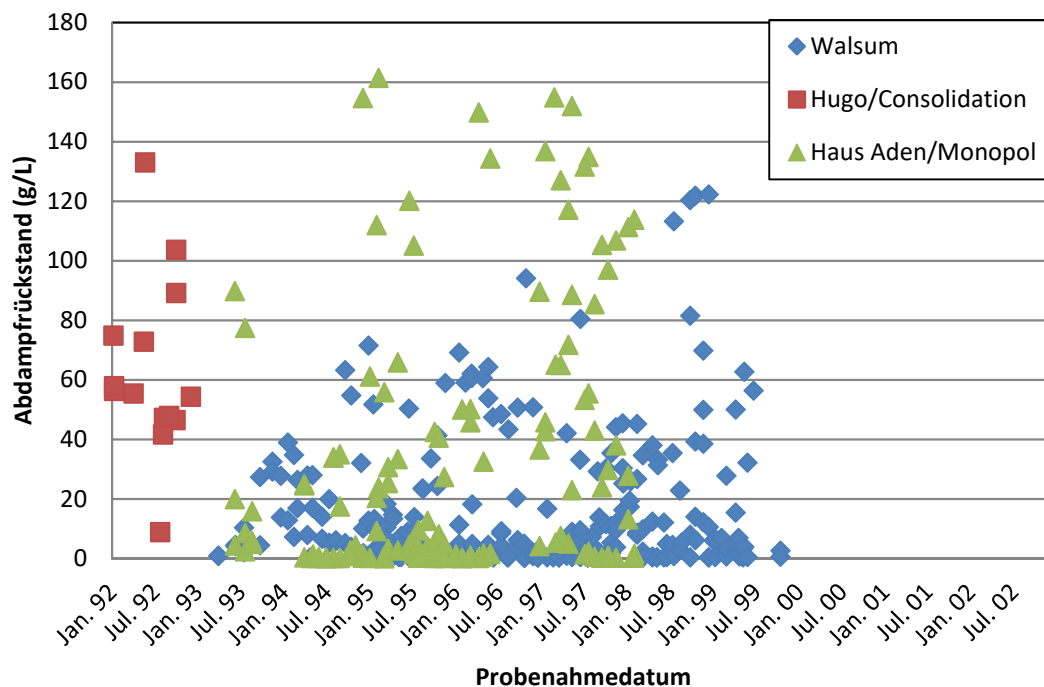


Abbildung 27 Abdampfdruckstände der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum.

In Abbildung 27 sind die Abdampfdruckstände der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung dargestellt. Während im BW Walsum die Mehrheit der Werte unter 60 g/L liegen, erreichen Ausreißer etwa 120 g/L. In den anderen Bergwerken erreichen die Werte bis zu 140 g/L (BW Hugo/Consolidation) bzw. bis etwa 160 g/L (Haus Aden/Monopol) und auch die mittleren Werte dieser Bergwerke liegen höher im Vergleich zum Bergwerk Walsum.

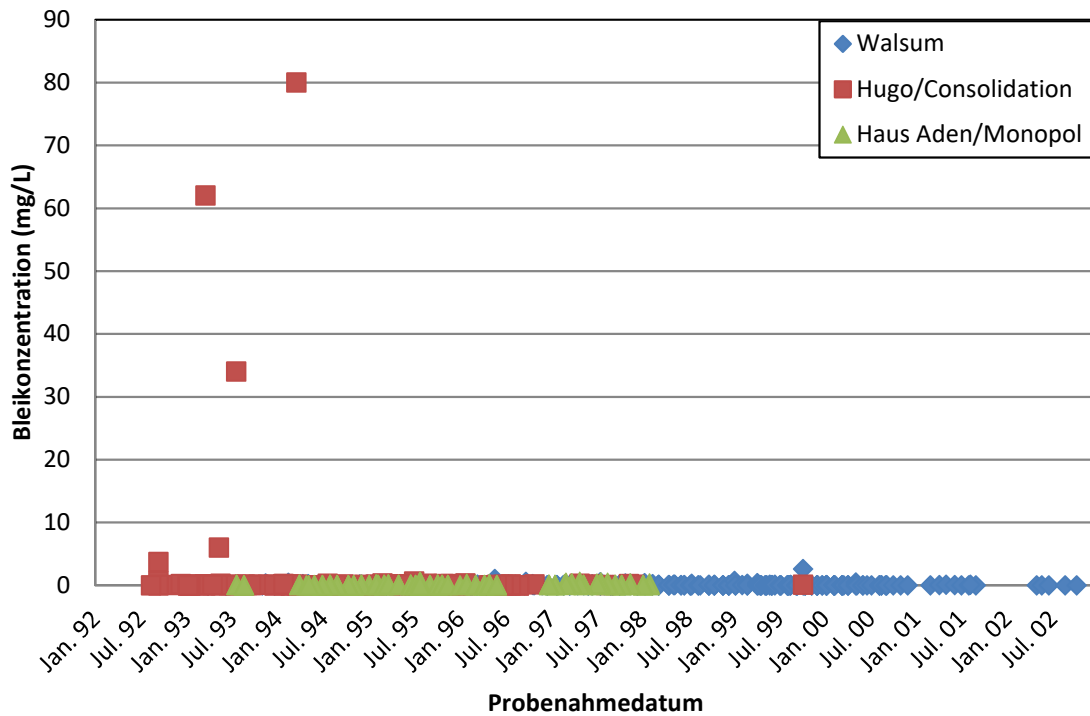


Abbildung 28 Bleikonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum.

Die in Abbildung 28 dargestellten Bleikonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung liegen fast alle in eine Bereich $<0,5$ mg/L. Einzelne starke Ausreißer wurden für das BW Hugo/Consolidation mit maximal 80 mg/L gemessen.

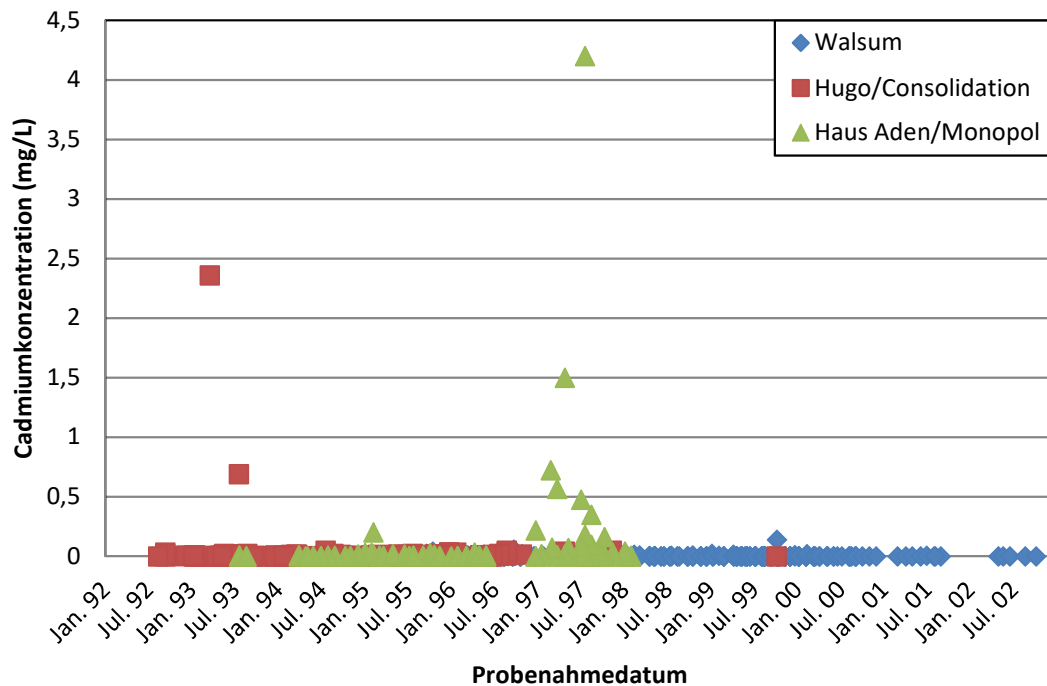


Abbildung 29 Cadmiumkonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum.

Für Cadmium liegen die in Abbildung 29 dargestellten Konzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung im Mittel unter 0,1 mg/L. Ausreißer gibt es nur vereinzelt mit maximal 2,36 mg/L bei BW Hugo/Consolidation und 4,2 mg/L bei BW Haus Aden/Monopol.

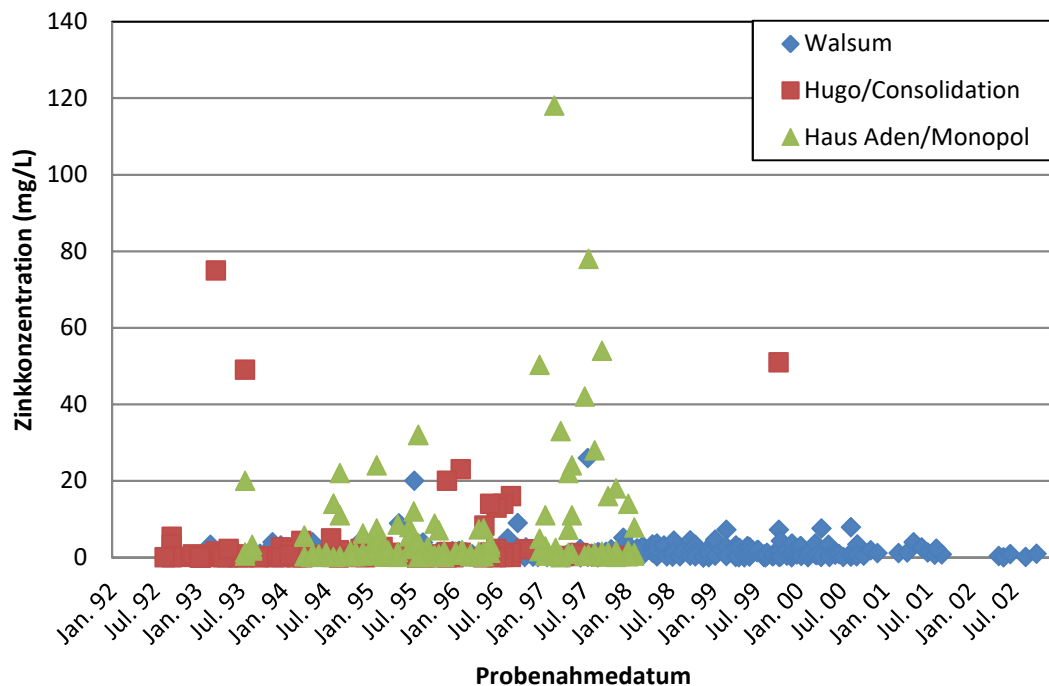


Abbildung 30 Zinkkonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung der Bergwerk Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol aufgetragen über das Probenahmedatum.

Die Zinkkonzentrationen der Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung sind deutlicheren Schwankungen unterlegen (siehe Abbildung 30). Besonders starke Ausreißer finden sich bei BW Haus Aden/Monopol mit maximal 118 mg/L und BW Hugo/Consolidation mit maximal 75 mg/L. Der Mittelwert liegt bei allen Bergwerken unter 8 mg/L und ist beim BW Walsum mit 1,4 mg/L am geringsten.

3.2.2 Grubenwasserproben die nach der Bruchhohlraumverfüllung gewonnen wurden

Die Bezirksregierung Arnsberg hat in einem Sondermessprogramm im Jahr 2013 die Grubenwassereinleitungen im Ruhrgebiet untersucht (Bezirksregierung Arnsberg 2013) (siehe Anhang 3). Arsen-, Cadmium-, Chrom- und Quecksilberkonzentration sind für alle beprobten Wasserhaltungsstandorte unter der Bestimmungsgrenze bzw. sehr niedrig und somit unbedeutend. Die Bleikonzentrationen erreichen am Wasserhaltungsstandort Walsum 1/2 0,04 mg/L und im Standort Heinrich 3 sogar 0,11 mg/L. Die Kupferkonzentrationen sind bis auf den Wasserhaltungsstandort Walsum 1/2 mit 0,56 mg/L relativ gering. Nickel überschreitet nur am Wasserhaltungsstandort Auguste Victoria 3/7 die Bestimmungsgrenze mit einer Konzentration von 0,02 mg/L. Im Gegensatz zu den anderen Metallen liegen die Konzentrationen von Zink bis auf einen Wert durchweg über der Bestimmungsgrenze. In den Wasserhaltungsstandorten Heinrich 3 und Auguste Victoria 3/7 werden Konzentrationen von 5,1 mg/L bzw. 5,5 mg/L erreicht. Unter anderem über die Abdampfdruckstände ist eine große Varietät der Mineralisierung der Proben an den verschiedenen Wasserhaltungsstandorten zu erkennen. Der Abdampfdruckstand variiert zwischen 1.520 mg/L (Friedlicher Nachbar) und 100.000 mg/L (Zollverein 2/12 -> auch Consolidation).

Aus den von der RAG übergebenen Grubenwasseranalysen von 2008 bis 2015 wurden Bergwerke, in denen eine Verbringung von Reststoffen nach dem vollständige Einschluss (Walsum und Haus Aden/Monopol) oder nach der immissionsneutralen Verbringung (Friedrich Heinrich und Auguste Victoria) verbracht wurden, herausgesucht. Neben den Mittelwerten, Medianen, Minima und Maxima wurden Abdampfdruckstände, Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentrationen für die Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum über die Zeit aufgetragen (siehe Abbildung 31 bis 34).

Tabelle 11 Gehobene Grubenwässer von Bergwerk Haus Aden/Monopol von 2008 bis 2015 (Daten: RAG). Für die Berechnung des Mittelwertes wurde in den Fällen, bei denen der gemessene Wert "< Nachweisgrenze" ist, der Wert der Nachweisgrenze verwendet.

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Wassertemperatur	°C	27,1	27,4	23,5	28,7
Abdampfdruckstand	mg/L	9.162	8.965	5.121	13.133
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	19.339	15.100	12.400	181.000
Dichte	g/cm ³	1,005	1,005	0,994	1,008
pH-Wert	-	7,5	7,5	6,9	8,1
Natriumchlorid	mg/L	7.693	7.378	5.992	10.998
Chlorid	mg/L	5.133	5.045	2.320	7.570
Bromid	mg/L	14	9	4	228
Sulfat	mg/L	158	151	16	334
Hydrogencarbonat	mg/L	590	585	348	929
Nitrit-Stickstoff	mg/L	0,062	0,04	< 0,01	0,33
Nitrat-Stickstoff	mg/L	0,4	0,3	< 0,3	2,3
Ammonium	mg/L	2,2	1,9	0,35	7,8
Bor	mg/L	1,1	1,1	0,49	1,7
Natrium	mg/L	2.991	2.901	1.453	4.327
Kalium	mg/L	33	31	22	75
Magnesium	mg/L	111	108	64	158
Calcium	mg/L	342	346	3,4	507
Strontium	mg/L	26	25	15	37
Barium	mg/L	2,2	2,0	0,5	3,9
Blei	mg/L	0,01	0,01	< 0,01	0,02
Cadmium	mg/L	0,001	0,001	< 0,001	0,02
Chrom (gesamt)	mg/L	0,01	0,01	< 0,01	0,02

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Eisen	mg/L	0,57	0,55	< 0,1	1,1
Kupfer	mg/L	0,01	0,01	< 0,01	0,02
Mangan	mg/L	0,3	0,2	0,1	3,6
Nickel	mg/L	0,01	0,01	< 0,01	0,03
Zink	mg/L	0,057	0,03	< 0,01	0,2
TOC	mg/L	2	2	< 1	5
DOC	mg/L	2	2	< 1	4

Vergleicht man für das BW Haus Aden/Monopol) die Mittelwerte der Grubenwasseranalysen von 2008 bis 2015 (siehe Tabelle 11) mit denen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung (siehe Tabelle 10), so stellt man im Allgemeinen eine deutliche Abnahme der Werte fest. Während Abdampfdruckstände und Leitfähigkeit sich im Mittel mehr als halbiert haben, sind die Konzentrationen einiger Kationen wie beispielsweise Kalium um mehr als 80 % zurückgegangen sind.

Tabelle 12 Gehobene Grubenwässer von Bergwerk Walsum von 2008 bis 2009 (Daten: RAG). Für die Berechnung des Mittelwertes wurde in den Fällen, bei denen der gemessene Wert "< Nachweisgrenze" ist, der Wert der Nachweisgrenze verwendet.

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Wassertemperatur	°C	26,02	25,4	23,7	29
Abdampfdruckstand	mg/L	53.071	53.722	47.025	59.697
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	76.740	78.700	68.700	83.700
Dichte	g/cm ³	1,035	1,036	1,03	1,0394
pH-Wert	-	7,1	7,1	6,9	7,3
Natriumchlorid	mg/L	48.134	48.747	42.718	54.220
Chlorid	mg/L	30.700	31.100	27.100	34.700
Bromid	mg/L	47,2	45	41	55
Sulfat	mg/L	1.756	1.750	1.660	1.820
Hydrogencarbonat	mg/L	240	240	220	259
Nitrit-Stickstoff	mg/L	0,312	0,18	0,12	0,91
Nitrat-Stickstoff	mg/L	0,7	0,7	0,7	0,9
Ammonium	mg/L	6,5	5,5	4,7	10
Bor	mg/L	2,8	2,8	2,4	3,2
Natrium	mg/L	18.934	19.176	16.805	21.330
Kalium	mg/L	225	227	194	255

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Magnesium	mg/L	383	383	338	426
Calcium	mg/L	903	914	761	1.020
Strontium	mg/L	25	27	20	29
Barium	mg/L	0,414	0,37	0,3	0,6
Blei	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02
Cadmium	mg/L	0,0024	0,001	<0,001	0,007
Chrom (gesamt)	mg/L	0,01	0,01	<0,01	0,01
Eisen	mg/L	9,4	8,7	2	20
Kupfer	mg/L	0,025	0,025	<0,01	0,04
Mangan	mg/L	1,6	1,5	1,4	1,9
Nickel	mg/L	0,02	0,02	<0,01	0,03
Zink	mg/L	0,364	0,33	0,26	0,48
TOC	mg/L	2,4	2	2	3
DOC	mg/L	2	2	2	2

Ganz anders sieht dies beim BW Walsum aus: Hier nehmen die Mittelwerte des Abdampfdruckstandes, der spez. el. Leitfähigkeit sowie einiger wesentlicher Ionen wie Chlorid, Natrium, Calcium, etc. von der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung (siehe Tabelle 8) bis 2008/2009 (siehe Tabelle 12) deutlich zu. Gleichzeitig nehmen die Konzentrationen einiger Schwermetalle sowie die TOC- und DOC-Gehalte deutlich ab.

Tabelle 13 Gehobene Grubenwässer von Friedrich/Heinrich von 2008 bis 2013 (Daten: RAG). Für die Berechnung des Mittelwertes wurde in den Fällen, bei denen der gemessene Wert "< Nachweisgrenze" ist, der Wert der Nachweisgrenze verwendet.

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Wassertemperatur	°C	22,3	22,6	8,8	28,9
Abdampfdruckstand	mg/L	28.696	23.440,5	4.260	54.403
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	46.503	37.500	7.100	78.100
Dichte	g/cm³	1,02	1,015	1	1,036
pH-Wert	-	7,6	7,5	7,2	8,2
Natriumchlorid	mg/L	26.584	21.252,5	3.203	48.979
Chlorid	mg/L	17.649	13.900	1.960	32.800
Bromid	mg/L	28,5	23	4	52

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Sulfat	mg/L	446	420	38	730
Hydrogencarbonat	mg/L	290	354	122	387
Nitrit-Stickstoff	mg/L	0,427	0,215	<0,01	1,4
Nitrat-Stickstoff	mg/L	1,3	1	<0,3	4,3
Ammonium	mg/L	8,39	6,75	0,2	17
Bor	mg/L	2,25	2,4	0,8	2,8
Natrium	mg/L	10.458	8.360,5	1.260	19.268
Kalium	mg/L	204	171	1,5	371
Magnesium	mg/L	291	229	66	485
Calcium	mg/L	550	411	217	1.090
Strontium	mg/L	16,1	9,55	2,2	47
Barium	mg/L	1,03	0,9	<0,1	2,9
Blei	mg/L	0,0113	0,01	<0,01	0,03
Cadmium	mg/L	0,0038	0,001	<0,001	0,04
Chrom (gesamt)	mg/L	0,0104	0,01	<0,001	0,03
Eisen	mg/L	1,54	1,3	0,17	3,6
Kupfer	mg/L	0,011	0,01	<0,001	0,03
Mangan	mg/L	0,91	0,595	0,13	2
Nickel	mg/L	0,012	0,01	<0,001	0,04
Zink	mg/L	0,619	0,575	0,06	1,8
TOC	mg/L	2,58	2	<1	8
DOC	mg/L	2,41	2	<1	6

Tabelle 14 Gehobene Grubenwässer von Auguste/Victoria von 2008 bis 2015 (Daten: RAG). Für die Berechnung des Mittelwertes wurde in den Fällen, bei denen der gemessene Wert "< Nachweisgrenze" ist, der Wert der Nachweisgrenze verwendet.

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Wassertemperatur	°C	26,5	26,8	21,6	30,8
Abdampfdruckstand	mg/L	61.331	65.131,5	23.761	84.176
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	82.372	90.200	37.400	116.000
Dichte	g/cm ³	1,042	1,044	1,016	1,058
pH-Wert	-	6,5	6,5	5,3	7,6
Natriumchlorid	mg/L	49.724	51.843	18.614	68.137

Parameter	Einheit	Mittelwert	Median	Min	Max
Chlorid	mg/L	35.269	37.300	14.500	51.700
Bromid	mg/L	47,6	50	21	66
Sulfat	mg/L	84,8	75	10	290
Hydrogencarbonat	mg/L	103	98	74	157
Nitrit-Stickstoff	mg/L	0,535	0,43	0,08	1,2
Nitrat-Stickstoff	mg/L	2,82	2,8	1	5,6
Ammonium	mg/L	19	22	<0,1	32
Bor	mg/L	2,4	2,2	0,79	13
Natrium	mg/L	18.267	19.902	6.730	26.805
Kalium	mg/L	222	231	86	357
Magnesium	mg/L	695	726,5	332	973
Calcium	mg/L	2.898	3.000	1.260	3.990
Strontium	mg/L	194	210	0	300
Barium	mg/L	11,1	8,9	1,6	64
Blei	mg/L	0,017	0,01	<0,01	0,06
Cadmium	mg/L	0,003	0,002	<0,001	0,016
Chrom (gesamt)	mg/L	0,011	0,01	<0,01	0,02
Eisen	mg/L	8,9	10	0,18	19
Kupfer	mg/L	0,025	0,02	<0,01	0,06
Mangan	mg/L	5	5,5	0,9	9,2
Nickel	mg/L	0,021	0,015	<0,01	0,09
Zink	mg/L	6	6,4	1,1	14
TOC	mg/L	3,91	3,45	2	9
DOC	mg/L	3,3	3	2	8

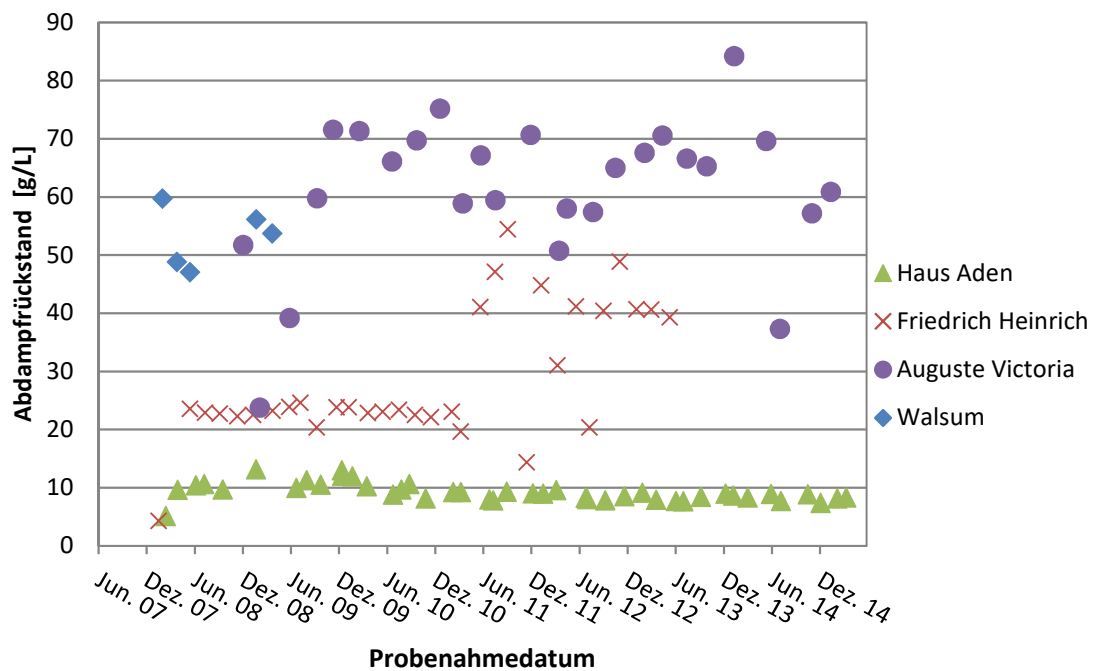


Abbildung 31 Diagramm der Abdampfrückstände aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum.

Beim Bergwerk Friedrich Heinrich kommt es in den Monaten Mai 2011 bis Juli 2012 zu starken Unterschieden, anschließend pendelt sich der Abdampfrückstand auf einem höheren Niveau ein (siehe Abbildung 31).

Im Bergwerk Haus Aden verbleibt die Konzentration der Abdampfrückstände über die gesamte Beobachtungsdauer weitestgehend bei 10 g/L.

Bei dem Bergwerk August Victoria kommt es zwischen Januar und Juli 2014 zu einem starken Rückgang der Abdampfrückstände mit einem Höchstwert im Januar.

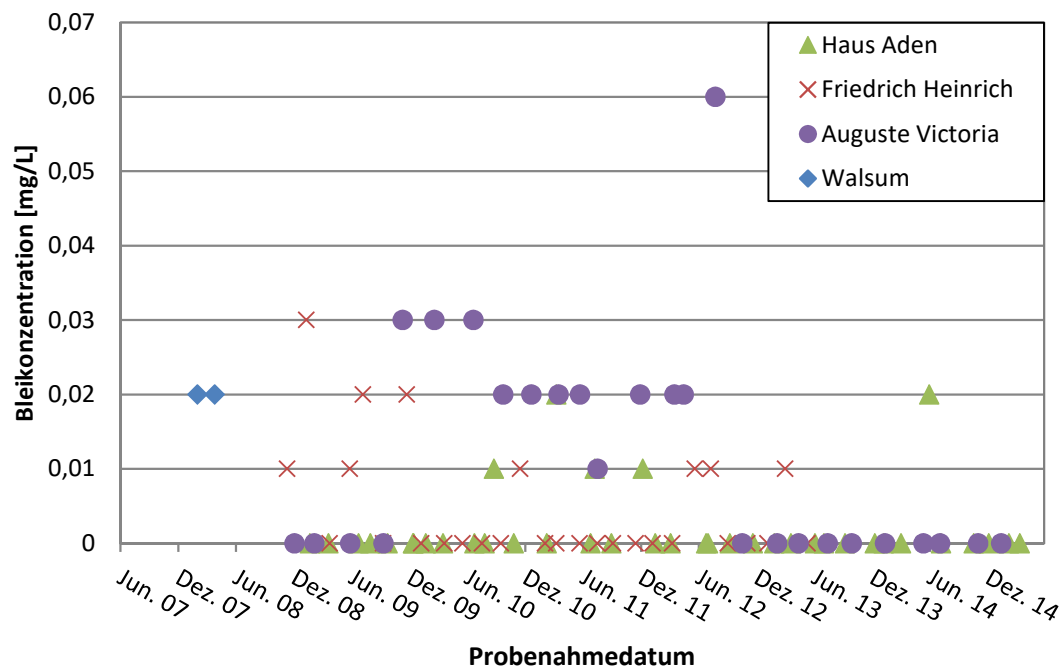


Abbildung 32 Diagramm der Bleikonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum. Die Proben, die mit einer Konzentration von 0 mg/L dargestellt sind, liegen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Im Bergwerk Auguste Victoria kommt es im Juli 2012 zu einem Peak mit einer Bleikonzentration von 0,6 mg/L (siehe Abbildung 32).

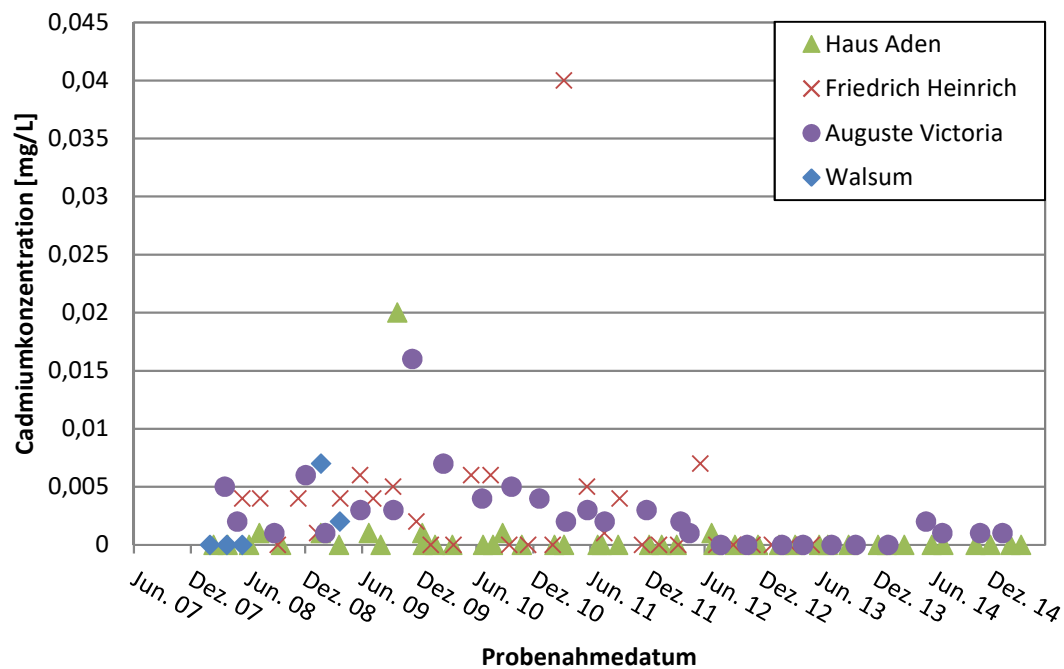


Abbildung 33 Diagramm der Cadmiumkonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum. Die Proben, die mit einer Konzentration von 0 mg/L dargestellt sind, liegen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Im März 2011 gibt es einen starken Peak in der Cadmiumkonzentration im Bergwerk Friedrich Heinrich (0,04 mg/L). Haus Aden und Auguste Victoria zeigen ebenfalls im September und November 2009 Spitzen bei den Cadmiumkonzentrationen (siehe Abbildung 33).

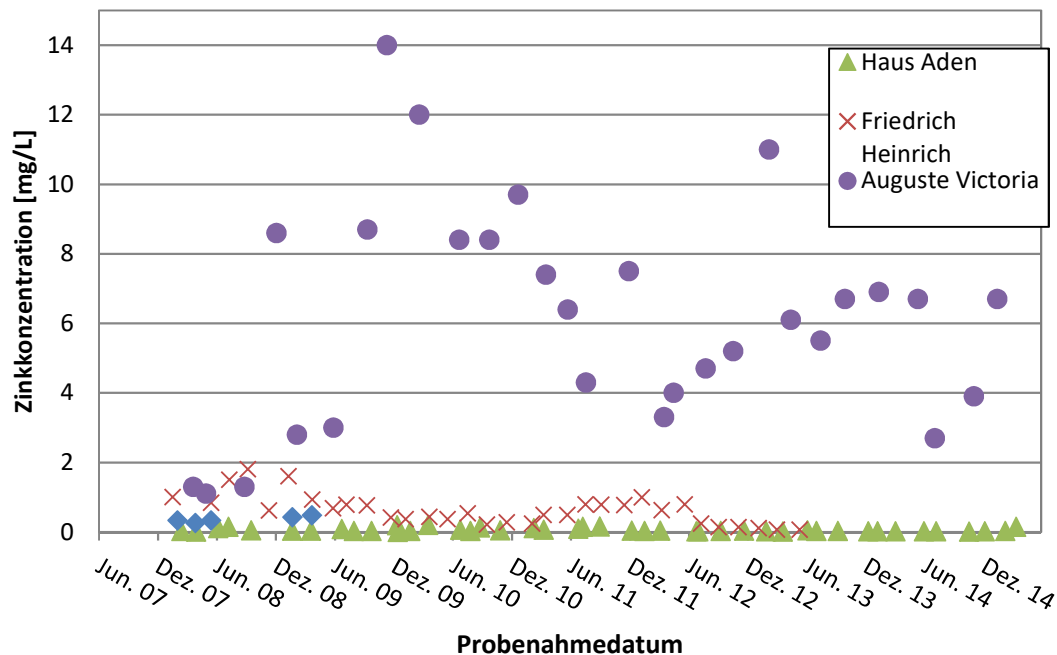


Abbildung 34 Diagramm der Zinkkonzentration aus Grubenwasserproben von 2008 bis 2015 der Bergwerke Haus Aden/Monopol, Friedrich Heinrich, Auguste Victoria und Walsum. Die Proben, die mit einer Konzentration von 0 mg/L dargestellt sind, liegen unter der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

Bei dem BW Auguste Victoria treten teilweise erheblichen Schwankungen zwischen aufeinander folgenden Messwerten auf (siehe Abbildung 34).

3.3 Bewertung und Diskussion der Ergebnisse

Der Vergleich der Grubenwässer wird auf Grund von nicht bedingt dokumentierten Angaben zu den Grubenwasserentnahmestellen erschwert. Festzuhalten ist, dass es vor allem bei den Grubenwasseranalysen, die zur Zeit der Bruchhohlraumverfüllung in den Bergwerken Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation erstellt worden sind, in den Konzentrationen der Schwermetalle einzelne erhöhte Konzentrationen auftreten. Auch eine vergleichende Auswertung über diese drei Bergwerke erbrachte in der Retrospektive keine Hinweise auf die Ursachen.

Die Abdampfdruckstände der gewonnen Grubenwässer sind weitaus niedriger im Zeitraum von 2008 bis 2015 als zur Zeit der Bruchhohlraumverfüllung, Erklärung hierfür können einige Faktoren sein. Es kann zu einer größeren Mischung mit Betriebswässern gekommen sein, das Grubenwasser wird aufgrund der Flutung aus einem höheren Niveau gehoben und ist entsprechend geringer mineralisiert und aus der Datengrundlage ist nicht auszuschließen, dass es zusätzlich noch zu einer Vermischung mit Wässern aus benachbarten Bergwerken gekommen ist.

4 Versatzmaterialien

Zwischen der Mitte der 1980er Jahre und dem Jahr 2006 wurden 1,6 Mio. t bergbau-fremde Abfälle (v. a. industrielle Massenreststoffe, Filterstäube und Rauchgasreini-gungsrückstände) in 11 Bergwerken (BW) des Ruhrgebietes als Versatz eingebracht (MWEIMH & MKULNV, 2013).

Von den 1,6 Mio. t Abfällen bzw. Reststoffen waren ca. 578.000 t besonders überwa-chungsbedürftige Abfälle gemäß Abfallgesetz (AbfG 1986), die gemäß dem Prinzip des vollständigen Einschlusses in drei Bergwerken zum Nachversatz genutzt wurden. Die nicht überwachungsbedürftigen Abfälle gemäß AbfG 1986, wie Aschen aus der Kohle-verbrennung, wurden in diese drei und acht weiteren Bergwerken nach dem Prinzip der immissionsneutralen Verbringung verbracht (ca. 1 Mio. t).

4.1 Datenerfassung und Literaturrecherche

Im Zuge der Datenerhebung wurden die vom Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen (GD NRW), der Bezirksregierung Arnsberg (BR Arnsberg) und der RAG zur Verfügung gestellten Akten gesichtet, ausgewertet und in der Folge digitalisiert (Überführung in das pdf-Format). Die Akteneinsicht fand an vier Terminen statt (siehe Tabelle 15). Die Akten des GD NRW wurden im Rahmen des Gutachtens zu Haus Aden/Monopol vor Ort ge-sichtet. Die für diesen zweiten Teil des Gutachtens relevanten Akten des GD NRW lagen bereits in digitaler Form vor und wurden dem Konsortium zur Verfügung gestellt.

Tabelle 15 Termine der Datenerhebung durch das LFH.

Datum	Institution	Eingesetztes Personal
13.12.2016	BR Arnsberg*	Hr. Boester (M. Sc.), Fr. Konefke (B. Sc.), Hr. Reisinger (M. Sc.)
31.01.2017	RAG	Hr. Boester (M. Sc.), Fr. Kalde (Dipl.-Geol.), Hr. Reisinger (M. Sc.)
14.02.2017	RAG	Hr. Boester (M. Sc.), Hr. Heiming (M. Sc.), Fr. Kalde (Dipl.-Geol.), Fr. Soltek (B. Sc.), Hr. Thielen (B. Sc.)
06.04.2017	BR Arnsberg*	Hr. Boester (M. Sc.), Hr. Heiming (M. Sc.), Hr. Reisinger (M. Sc.)

*Über die durch das LFH erhobenen Unterlagen hinaus wurden dem Hauptgutachter von der BR Arnsberg ergänzende Unterlagen zur Verfügung gestellt.

Als Ergebnis der Datenerhebung liegen dem LFH insgesamt über 1200 Dokumente im pdf-Format vor, welche zum Teil mehrere Akten enthalten. Da die Datenerhebung bei drei Institutionen (GD NRW, BR Arnsberg, RAG) durchgeführt wurde, die zum Teil über die gleichen Akten verfügen, sind in den digital vorliegenden Dokumenten schätzungs-weise ein Drittel der Dokumente Dubletten.

Im Rahmen der sich anschließenden Datensichtung wurde jedes der über 1200 Dokumente gesichtet und hinsichtlich der Fragestellungen des Gutachtens ausgewertet. Insbesondere die Berichterstattung der Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation in Form von Abschluss-, Quartals-, Sachstands- und Zwischenberichten wurde als wesentliche Grundlage für die Auswertung aus den Dokumenten herausgefiltert.

Zum Teil enthalten die Abschlussberichte der verschiedenen Bauhöhen keine Analysen zu Grubenwasser- bzw. Reststoffproben. In solchen Fällen sind stattdessen oftmals Verweise auf Quartalsberichte enthalten, in denen die zugehörigen Analysen hinterlegt sind. Diese Verweise wurden mit Hilfe eines Vergleichs des genannten Aktenzeichens und –datums nachvollzogen. Aktenzeichen und –datum konnten des Weiteren herangezogen werden, um Dokumentdubletten erkennen zu können.

Für die Aufstellung der Massenbilanz der verbrachten Reststoffe sowie zur Auswertung und Interpretation der vorliegenden Analysen wurden die in den pdf-Dateien enthaltenen Massen- und Analyse-Daten händisch in das Excel-Tabellenformat überführt. Eine automatische Texterkennung (OCR) konnte aufgrund der zum Teil schlechten Aktenqualität nicht verwendet werden.

Ergänzend zur Berichterstattung des BW Walsum, liegen über 130 Verwertungs- und Entsorgungsnachweise des Entsorgungsfachbetriebs BW Walsum vor. Diese Verwertungs- und Entsorgungsnachweise enthalten neben Angaben zum Abfallerzeuger und zum Abfallentsorger sogenannte Deklarationsanalysen, welche die Zusammensetzung der Abfälle bzw. Reststoffe wiedergeben. Die vorliegenden Nachweise wurden gesichtet und die enthaltenen Reststoffanalysen digitalisiert, im Hinblick auf die angegebene Reststoffschlüsselnummer (RSN) sortiert und ausgewertet.

Die aus den Verwertungs- und Entsorgungsnachweisen stammenden Deklarationsanalysen stellen eine zusätzliche Informationsquelle zur Reststoffzusammensetzung dar und ergänzen die aus der Berichterstattung des BW (insbesondere Abschluss- und Quartalsberichte) stammenden Reststoffanalysen.

Datengrundlage zur immissionsneutralen Verbringung

Die nachfolgende Tabelle 16 stellt eine Übersicht über die verfügbare Datengrundlage dar und bewertet spezifisch für die Bergwerke die Auswertbarkeit der Daten. Eine grüne Zellenmarkierung weist auf eine für eine Auswertung hinreichende Datengrundlage hin. Eine rote Zellenmarkierung stellt eine fehlende bzw. nicht hinreichende, da lückenhafte Datengrundlage dar, so dass keine ausreichende Betriebsdatengrundlage für eine Gesamtbilanzierung vorlag. Datengrundlagen, die für eine begrenzte Zeitspanne hinreichend auswertbar waren, sind in Kapitel 4.3.5 dargestellt, können aber nicht für Extrapolation zu einer Gesamtbilanz herangezogen werden.

Tabelle 16 Übersicht über die verfügbare Datengrundlage im Themenbereich immis-sionsneutrale Verbringung für die einzelnen BW (mit Angabe des Verbringungszeitraums (VE = vollständiger Einschluss)) und Aussagen zur Auswertbarkeit der Daten.

Bergwerk	Verfügbaren Datengrundlage			
	Zusammensetzung			Reststoff-Mas-senbilanz (im-missionsneut-ral)
	Tiefengrund-wasser	Grubenwasser	Reststoff (im-missionsneut-ral)	
Haus Aden/ Mo-nopol (1989-1998; VE: 1993-1998)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	Datengrundlage hinreichend (Be- richterstattung: Abschlussbe- richte, etc.)	Keine zusätzli- che Datengrund- lage in Gutach- ten Teil 2	Keine zusätzli- che Datengrund- lage in Gutach- ten Teil 2
Walsum (1991-2004; VE: 1993-2004)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	Datengrundlage hinreichend (Be- richterstattung: Abschlussbe- richte, etc.)	Eingeschränkt möglich	Eingeschränkt möglich (nur Zeitraum 1998- 2000 vorhan- den)
Hugo/ Consoli- dation (1989-1996/ 1998; VE: 1989- 1996)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	Datengrundlage hinreichend (Be- richterstattung: Abschlussbe- richte, etc.)	Eingeschränkt möglich	Eingeschränkt möglich (nur Zeitraum 1995- 1996 vorhan- den, nur ange- lieferte Massen)
Ewald/ Schlägel & Eisen (1992-1997)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	keine Daten- grundlage	Eingeschränkt möglich	Eingeschränkt möglich (nur Zeitraum 1992- 1996 vorhan- den)
Friedrich Hein- rich (1994-1995)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	Eingeschränkt möglich (nur Zeitraum 2008- 2013 vorhan- den)	nicht hinrei- chend (nur 1 Analyseproto- koll)	keine Daten- grundlage
Fürst Leopold/ Wulfen (1994-1996/ 1998)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	keine Daten- grundlage	keine Daten- grundlage	keine Daten- grundlage

Bergwerk	Verfügbaren Datengrundlage			
	Zusammensetzung			Reststoff-Massenbilanz (immissionsneutral)
	Tiefengrundwasser	Grubenwasser	Reststoff (immissionsneutral)	
Auguste Victoria (1996/1998)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	Eingeschränkt möglich (nur Zeitraum 2008-2015 vorhanden)	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage
Blumenthal/Haard (1995)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage
Lohberg Osterfeld (2005)	Datengrundlage hinreichend (Wedewardt 1995)	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage
Emil Mayrisch (1990-1991)	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage
Lippe (1999-2001/2005)	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage	keine Datengrundlage

Eine Auswertung der Tiefengrundwasser-Zusammensetzung ist, mit Ausnahme der BW Emil Mayrisch und Lippe, für alle übrigen BW, in denen immissionsneutral verbracht wurde, auf Basis der Arbeit von Wedewardt (1995) möglich. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in Kapitel 2 aufgeführt.

Die verfügbare Datengrundlage ermöglicht weiterhin eine Auswertung der Grubenwasser-Zusammensetzung aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung in den BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation. Hierfür wurden Grubenwasseranalysen aus der Berichterstattung der BW (Abschluss-, Quartalsberichte, etc.) herangezogen und ausgewertet. Die Ergebnisse der Auswertung befindet sich in Kapitel 3 bzw. für Haus Aden/Monopol im Detailbericht 3, Gutachten Teil 1.

Die Grubenwasser-Zusammensetzung der BW Friedrich Heinrich und Auguste Victoria kann nur eingeschränkt ausgewertet werden, da für diese BW keine Grubenwasseranalysen aus der Zeit der Bruchhohlraumverfüllung, sondern lediglich Grubenwasseranalysen aus der Wasserhaltung aus den späten 2000er- bzw. frühen 2010er-Jahren vorliegen (siehe Kapitel 3.2.2). Für diesen Zeitraum liegen ebenfalls Analysen aus der Wasserhaltung für die BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation vor.

Für alle übrigen BW, in denen immissionsneutral verbracht wurde, ist keine Datengrundlage zur Grubenwasser-Zusammensetzung verfügbar.

Die Aufstellung und Bewertung einer Massenbilanz für die immissionsneutral verbrachten Reststoffe ist auf Basis der Datengrundlage lediglich eingeschränkt für die BW Walsum, Hugo/Consolidation und Ewald/Schlägel & Eisen möglich. Die Einschränkung beruht darauf, dass die vorliegenden Daten zur verbrachten Masse nur zeitliche Ausschnitte aus dem Gesamtverbringungszeitraum wiedergeben und somit keine vollständige Bilanzierung möglich ist.

So sind beispielsweise für das BW Walsum Quartalsberichte zur immissionsneutralen Verbringung aus den Jahren 1998 bis 2000 vorhanden. Da der Gesamtverbringungszeitraum jedoch von 1991 bis 2004 andauerte, kann die Auswertung dieser Quartalsberichte nur eine Teilbilanz der immissionsneutral verbrachten Massen ergeben. Die insgesamt immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen sind daher nicht bilanzierbar.

Darüber hinaus kommt beim BW Hugo/Consolidation ergänzend hinzu, dass die verfügbare Datengrundlage nur die angelieferten und nicht die verbrachten Reststoffmassen dokumentiert.

Für die übrigen BW liegen keine Massendaten zur immissionsneutralen Verbringung vor.

Für die BW Walsum, Hugo/Consolidation und Ewald/Schlägel & Eisen liegen jeweils Dokumente aus dem Reststoff-Zulassungsprozess vor. Dabei handelt es sich insbesondere um Anträge zur Verbringung eines spezifischen Reststoffes, welchen wiederum eine Reststoffanalytik sowie eine gutachterliche Stellungnahme und Empfehlung, ob der Reststoff immissionsneutral oder nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht werden sollte, beigelegt ist.

4.2 Art, Herkunft und Menge der verbrachten Reststoffe

Die Berechnung der Reststoffmassen, die in den Bergwerken Walsum sowie Hugo/Consolidation verbracht wurden, erfolgt auf Basis der vorliegenden Abschlussberichte der einzelnen Bauhöhen. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind für das Bergwerk Walsum in Tabelle 18 und für das Bergwerk Hugo/Consolidation in Tabelle 19 dargestellt. Die Tabellen listen jeweils die verbrachten Reststoffmassen, sortiert nach Reststoffart, Reststoffherzeuger und Bauhöhe, auf. Tabelle 17 vergleicht die für die BW Walsum und Hugo/Consolidation ermittelten Reststoffmassen.

Die Aufstellung der BR Arnsberg wurde vom Hauptgutachter und Konsortialführer positiv auf Plausibilität geprüft.

Tabelle 17 Vergleich der in den BW Walsum und Hugo/Consolidation verbrachten Reststoffmassen (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).

	HMVA [t]	RAA [t]	Weitere Reststoffarten [t]	Summe [t]
BW Walsum	291.746	56.183	39.748	387.677

	HMVA [t]	RAA [t]	Weitere Reststoffarten [t]	Summe [t]
BW Hugo/Consolidation	87.080	*)	95.100	182.180
Summe [t]	378.826	56.183	134.848	569.857

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

Nach Auswertung der Abschlussberichte der Bauhöhen des Bergwerks Walsums ergibt sich, dass dort insgesamt 387.677 t Reststoffe verbracht wurden. Neben Rückständen aus Hausmüllverbrennungsanlagen (HMVA) und Schlämmen aus der Rauchgas-Abwasser-Aufbereitung (RAA) handelt es sich bei den verbrachten Reststoffarten insbesondere um Klärschlammverbrennungaschen (KVA) und Eisenhydroxidschlämme (EHS).

Insgesamt wurden in den Bauhöhen des Bergwerks Walsum 291.746 t HMVA-Rückstände sowie 56.183 t RAA-Schlämme verbracht.

Die Auswertung der Abschlussberichte des Bergwerks Hugo/Consolidation zeigt, dass dort insgesamt 182.180 t Reststoffe verbracht wurden. Bei 87.080 t der Gesamtmasse handelt es sich um HMVA-Rückstände. Von Bedeutung sind außerdem Rückstände aus kohlegefeuerten Kraftwerken und Feuerungsanlagen sowie KVA. Rauchgasreinigungsprodukte sind in den vorliegenden Abschlussberichten textlich angeführt, dezidierte Massen sind aber nicht gelistet.

Anhand der Abschlussberichte für beide Bergwerke ist es nicht möglich, eine eindeutige Trennung derjenigen Reststoffmassen, die nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht wurden, von denen, die immissionsneutral verbracht wurden, vorzunehmen.

Tabelle 18 Verbrachte Reststoffmassen im BW Walsum, alle Angaben in t (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).

Art	Erzeuger	Anna 701	Anna 25	Anna 26	Anna 28	Hermann-Gustav 67	Hermann-Gustav 68	Zollverein 21	Zollverein 33	KA-S. Zollverein 33 - nördl. Bs. Zollverein	Zollverein 36	Zollverein 39	Zollverein 40	Zollverein 43	Summe [t]
HMVA	Asdonkshof			x	x			x	x			x	x	172,71	
	Berlin	4.622,12	574,10	x									x	3.426,28	
	Bonn												x		
	Bremen		3.185,57	x			x				x		x	3.648,46	
	Düsseldorf	11.489,62	8.577,74	x			x				x		x	11.891,44	
	Düsseldorf-Nord													0,00	
	Essen	3.919,76	1.205,85	x	x		x	x			x	x	x	2.481,99	
	Hagen		2.047,69				x				x			1.733,25	
	Hamburg		888,67	x	x			x	x			x		2.947,71	
	Hamburg FS									x			x		
	Hamburg Gemisch									x			x		
	Hameln		2.380,79	x			x				x		x	717,10	
	Hamm	3.290,67	0,00				x				x		x		
	Herten			x	x			x	x	x		x	x	75,73	
	Ingolstadt		1.089,70											1.499,32	
	Iserlohn		501,62	x				x				x	x	706,57	
	Köln			x	x			x	x	x		x	x		
	Krefeld		3.641,96	x	x		x	x	x	x	x	x	x	4.474,15	
	Leverkusen	3.215,42	5.686,00	x	x	1.480,45	x	x	x	x	x	x	x	4.237,82	
	Ludwigshafen		610,42											2.543,55	
	Neufahrn		262,70											141,40	

Art	Erzeuger	Anna 701	Anna 25	Anna 26	Anna 28	Hermann-Gustav 67	Hermann-Gustav 68	Zollverein 21	Zollverein 33	KA-S. Zollverein 33 - nördl. Bs. Zollverein	Zollverein 36	Zollverein 39	Zollverein 40	Zollverein 43	Summe [t]
	Neustadt		331,40	x			x	x			x	x	x	221,02	
	Nürnberg	1.302,48	3.951,54			124,89	x				x			2.899,87	
	Oberhausen		609,51	x			x				x		x	1.320,82	
	Pinneberg		72,46	x			x	x			x	x	x	94,39	
	Solingen	111,42	0,00				x				x			471,45	
	Uerdingen		0,00				x				x				
	Weisweiler			x	x			x	x	x		x	x	775,83	
	Würzburg			x								x	x	134,08	
	Zirndorf		416,63	x			x				x		x		
	Zündorf													441,57	
	Summe HMVA [t]	27.951,49	36.034,35	34.746,79	10.624,99	1.605,34	10.346,20	6.660,98	17.782,33	9.851,58	16.192,39	31.116,38	41.776,29	47.056,51	291.745,62
RAA	Hamburg-Tiefstack			x				x				x	x		
	Henkel			x	x			x	x			x	x		
	Herne			x	x			x	x			x	x		
	Infracor			x	x							x			
	Lünen			x	x			x				x	x		
	Mannheim			x	x			x	x			x	x		
	Scholven			x	x			x	x			x	x		
	Uerdingen			x	x			x	x			x	x		
	Veltheim			x								x	x		
	Voerde			x	x			x	x			x	x		
	Wedel			x				x				x	x		
	Summe RAA [t]	0,00	0,00	14.470,64	5.748,14	0,00	0,00	3.277,04	8.808,59	0,00	0,00	17.089,21	6.789,35	0,00	56.182,97

Art	Erzeuger	Anna 701	Anna 25	Anna 26	Anna 28	Hermann-Gustav 67	Hermann-Gustav 68	Zollverein 21	Zollverein 33	KA-S. Zollverein 33 - nördl. Bs. Zollverein	Zollverein 36	Zollverein 39	Zollverein 40	Zollverein 43	Summe [t]
SPA	Düsseldorf												44,76		
	Düsseldorf/Lausward	340,99				547,58									
	EBV-Siersdorf	2.290,36				553,22									
	Summe SPA [t]	2.631,35	0,00	0,00	0,00	1.100,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,76	0,00	3.776,91
KVA	Bonn			x								x	x		
	Bottrop			x								x	x		
	Buchenhofen		81,52	x									x	59,80	
	Ciba-Geigy		339,16		53,39			176,96	229,40			x		866,22	
	Düsseldorf Nord		1.003,77				12,07				x			519,04	
	Grenzach-CG			x									x		
	Hoechst		137,82				536,24				x			0,00	
	Innovatherm									2.815,22					
	Neu-Ulm		615,93	x									x	1.184,32	
	Summe KVA [t]	0,00	2.178,20	4.269,47	53,39	0,00	548,31	176,96	229,40	2.815,22	296,97	1.734,73	3.344,56	2.629,38	18.276,59
GAS	Weso-Aurora			365,90											
	Summe GAS [t]	0,00	0,00	365,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	365,90
SA	Krupp-Hoesch			174,94									53,15		
	Summe SA [t]	0,00	0,00	174,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,15	0,00	228,09
EHS	Benrath			x				x				x	66,90		
	ESK-Kemten				x										
	Kempten			x				x	x			x			
	Meggen			x	x			x	x			x			

Art	Erzeuger	Anna 701	Anna 25	Anna 26	Anna 28	Hermann-Gustav 67	Hermann-Gustav 68	Zollverein 21	Zollverein 33	KA-S. Zollverein 33 - nördl. Bs. Zollverein	Zollverein 36	Zollverein 39	Zollverein 40	Zollverein 43	Summe [t]
	WDI-Hamm			x	x			x	x			x			
	Summe EHS [t]	0,00	0,00	4.993,70	2.331,29	0,00	0,00	350,57	2.567,94	0,00	0,00	3.661,06	66,90	0,00	13.971,46
KTN	Bochum			701,60											
	Summe KTN [t]	0,00	0,00	701,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	701,60
WSA	Duisburg			52,78											
	Summe WSA [t]	0,00	0,00	52,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,78
UTR B	Gladbeck							865,99				1.509,23			
	Summe UTR B [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	865,99	0,00	0,00	0,00	1.509,23	0,00	0,00	2.375,22
	Gesamtsumme [t]	30.582,84	38.212,55	59.775,82	18.757,81	2.706,14	10.894,51	11.331,54	29.388,26	12.666,80	16.489,36	55.110,61	52.075,01	49.685,89	387.677,14

HMVA = Rückstände der Hausmüllverbrennungsanlage, RAA = Schlämmen aus der Rauchgas-Abwasser-Aufbereitung, SPA = Sprühabsorptionsasche, KVA = Klärschlammverbrennungsasche, GAS = Gießereialsande, EHS = Eisenhydroxidschlämme, WSA = Wirbelschichtasche, x = Reststoffherzeuger genannt, verbrachte Masse der Reststoffart jedoch nicht erzeugerspezifisch aufgeschlüsselt; rot = geringe Differenzen im Zahlenwerk der Abschlussberichte (siehe Text).

Tabelle 19 Verbrachte Reststoffmassen im BW Hugo/Consolidation, alle Angaben in t (Auswertung auf Basis der Abschlussberichte).

Art	Erzeuger	Baufeld Pluto	Fl. Ernestine - Fl. Röttgers- bank/Wilhelm	Baufeld Un- ser Fritz	Fl. Karl - Fl. Dickebank	Fl. Albert NW 91	Fl. Röttgersbank NW 91	Summe [t]
HMVA *)	Berlin				x			
	Berlin-Lichtenberg		x					
	Berlin-Ruhleben		x					
	Bonn		x		x			
	Bremen				x			
	Düsseldorf	605,30	x	10.384,92	x			
	Essen				x			
	Essen-Karnap	338,44		1.162,96				
	Hagen	18,50	x	511,88	x			
	Hamburg				x			
	Hameln				x			
	Ingolstadt				x			
	Iserlohn		x		x			
	Krefeld		x	853,50	x			
	Leverkusen	173,68	x	3.360,25	x			
	München				x			
	München-Nord		x					
	München-Süd		x					
	Neufahrn		x		x			
	Neustadt				x			
	Nürnberg		x		x			
	Oberhausen				x			

Art	Erzeuger	Baufeld Pluto	Fl. Ernestine - Fl. Röttgersbank/Wilhelm	Baufeld Unser Fritz	Fl. Karl - Fl. Dickebank	Fl. Albert NW 91	Fl. Röttgersbank NW 91	Summe [t]
	Solingen	39,84	x		x			
	Tornesch-Ahrenlohe				x			
	Wuppertal				x			
	Würzburg		x		x			
	Zirndorf		x		x			
	Summe HMVA [t]	1.175,76	33.222	16.273,51	36.409	0	0	87.080,27
Reststoffe aus kohlegefeuerten Kraftwerken und Feuerungsanlagen	?		30.303		?			
	Summe kohl. g. K. u. F. [t]	0	30.303	0	?	0	0	30.303
KVA	Bottrop				x			
	Buchenhofen				x			
	Ciba-Geigy				x			
	Düsseldorf-Nord				x			
	Frankfurt-Hoechst				x			
	Stuttgart				x			
	Summe KVA [t]	0	0	0	?	0	0	0
	Summe kgKuF/KVA [t]	0	30.303	0	44.305	0	0	74.608
REA-Gips	?					7.866	1.344	
	Summe REA-Gips [t]	0	0	0	0	7.866	1.344	9.210
Hydroxidschlamm	?					66	210	

Art	Erzeuger	Baufeld Pluto	Fl. Ernestine - Fl. Röttgers- bank/Wilhelm	Baufeld Un- ser Fritz	Fl. Karl - Fl. Dickebank	Fl. Albert NW 91	Fl. Röttgersbank NW 91	Summe [t]
	Summe Hydroxid- schlamm [t]	0	0	0	0	66	210	276
WSA	?					4.925		
	Summe WSA [t]	0	0	0	0	4.925	0	4.925
TAV	?					?	?	
	Summe TAV [t]	0	0	0	0	?	?	0
SPA	?					?	?	
	Summe SPA [t]	0	0	0	0	?	?	0
	Summe TAV/SPA [t]	0	0	0	0	4.130	1.951	6.081
	Gesamtsumme [t]	1.175,76	63.525	16.273,51	80.714	16.987	3.505	182.180,27

HMVA = Rückstände der Hausmüllverbrennungsanlage, KVA = Klärschlammverbrennungsasche, WSA = Wirbelschichtasche, TVA = Trockenadditivasche, SPA = Sprühabsorptionsasche, x = Reststoffherzeuger genannt, verbrachte Masse der Reststoffart jedoch nicht herzeugerspezifisch aufgeschlüsselt

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

Im Gegensatz zu den Abschlussberichten des Bergwerks Haus Aden/Monopol im ersten Teil des Gutachtens, ermöglicht die Grundlage der Abschlussberichte der Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation keine durchgängige, erzeugerspezifische Aufführung der verbrachten Reststoffmassen. In vielen Abschlussberichten werden zwar die Reststoffherzeuger genannt, jedoch erfolgt die Angabe der Masse meist als Summenangabe für eine bestimmte Reststoffart. In diesen Fällen ist in der Tabelle die Gesamtsumme für die verbrachte Reststoffart angegeben und die genannten Erzeuger sind mit einem „x“ markiert. In den Fällen, in denen eine Masse für den einzelnen Erzeuger angegeben ist, wird diese in der entsprechenden Tabellenzelle aufgeführt.

In der Ergebnistabelle (siehe Tabelle 18) des Bergwerks Walsum sind manche Massensummen rot hervorgehoben. In diesen Fällen existiert eine Differenz zwischen den Massen einer bestimmten Reststoffart, die im Abschnitt des Abschlussberichtes über die „Art, Herkunft und Menge der verbrachten Reststoffe“ angegeben sind und den Massen, die im Abschnitt über die „Rezeptur/Verfüllmasse“ angegeben sind. Dies wird im Folgenden am Beispiel des Abschlussberichts der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 des Bergwerks Walsum erläutert.

Für den Monat Mai des Jahres 1995 wird beispielsweise im Abschnitt des Abschlussberichtes zur „Art, Herkunft und Menge der verbrachten Reststoffe“ angegeben, dass insgesamt 1.685,56 t HMVA-Rückstände in der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 verbracht wurden (siehe Anhang 4). Im Abschnitt über die „Rezeptur/Verfüllmasse“ wird wiederum angegeben, dass im selben Monat 1.574,87 t HMVA-Rückstände verbracht wurden. Aus den unterschiedlichen Massenangaben innerhalb eines Abschlussberichtes resultiert eine Differenz von 110,69 t HMVA-Rückstände.

Zum Teil existieren zu den Abschlussberichten noch zugehörige erzeugerspezifische Massenaufstellungen in einem separaten Dokument, die zur Ergänzung der im Abschlussbericht enthaltenen Massenangaben verwendet werden können. Auch hier sind jedoch zum Teil Unterschiede zwischen den Massenangaben des Abschlussberichtes und der separaten Auflistung festzustellen, wie das Beispiel der „Auflistung MVA/KVA“ der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 zeigt (siehe Anhang 4). Im konkreten Beispiel ergibt die Auflistung „MVA/KVA“ eine Gesamtsumme an verbrachten HMVA-Rückständen von 10.264,10 t, während die verbrachte HMVA-Gesamtmasse laut Abschlussbericht 10.346,20 t beträgt. So ergibt sich in diesem Beispiel eine Massendifferenz von 82,10 t.

Die Ursachen für die beschriebenen Differenzen in den jeweiligen Massenangaben können auf Grundlage der vorliegenden Datengrundlage nicht nachvollzogen werden. Ein Vergleich der Summe der ermittelten Massendifferenzen mit der verbrachten Reststoffgesamtmasse des Bergwerks Walsum zeigt, dass diese ca. 2 % der verbrachten Reststoffgesamtmasse ausmachen und daher von untergeordneter Bedeutung sind.

Die in der Tabelle 18 aufgeführten Massen entsprechen stets den Massen, die im Abschnitt über die „Art, Herkunft und Menge der verbrachten Reststoffe“ genannt werden.

Die hier auf Basis der vorliegenden Abschlussberichte ermittelten Massen verbrachter HMVA sind etwas geringer als die in MWEIMH & MKULNV (2013) genannten Werte. Die Angaben sind in nachfolgender Tabelle 20 gegenübergestellt.

Tabelle 20 Vergleich der Massenangaben zu „besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss“ MWEIMH & MKULNV (2013) und der hier bzw. im Teil 1 des Gutachtens ermittelten Massen auf Grundlage der Abschlussberichte.

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

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

Nach MWEIMH & MKULNV (2013) wurden in den drei Bergwerken rund 580.000 t besonders überwachungsbedürftige Abfälle (nach damaliger Rechtslage Reststoffe zur Verwertung) nach dem Prinzip „vollständiger Einschluss“ verbracht.

Die Auswertung der Abschlussberichte weist rund 441.000 t verbrachte HMVA aus. In der Zahl für das BW Hugo/Consolidation ist ein unbekannter Anteil Rauchgasreinigungsprodukte aus Hausmüllverbrennungsanlagen enthalten. Entsprechend der im Teil 1 des Gutachtens entwickelten Methodik sind rund 162.000 t RAA hinzuzurechnen. Als Summe werden insgesamt 602.000 t ermittelt. Es wurde bereits angemerkt, dass anhand der Abschlussberichte für die Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation nicht immer eine eindeutige Trennung derjenigen Reststoffmassen, die nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbracht wurden, von denen, die immissionsneutral verbracht wurden, vorzunehmen.

Für die einzelnen Bergwerke bestehen zwar Unterschiede, die ermittelte summarische Masse bergbaufremder Stoffe, die nach dem Prinzip „vollständiger Einschluss“ in die drei Bergwerken verbracht worden sind, ist aber mit einer Abweichung von nur 4 % höchst vergleichbar zur Angabe in MWEIMH & MKULNV (2013).

4.3 Metallinventar der bergbaufremden Versatzmaterialien

Die Auswertung der Abschlussberichte (siehe Kapitel 4.2) zeigt, dass sowohl im Bergwerk Walsum als auch im Bergwerk Hugo/Consolidation die Masse an verbrachten HMVA-Rückständen den überwiegenden Anteil an der verbrachten Gesamtreststoffmasse darstellt.

Dementsprechend wurde analog zum 1. Teil des Gutachtens das Metallinventar an Blei, Cadmium und Zink der verbrachten HMVA-Rückstände für beide Bergwerke berechnet.

Die Berechnung des Metallinventars der HMVA-Rückstände beruht insbesondere auf den in den Abschluss- und Quartalsberichten der Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation vorhandenen Reststoffanalysen.

Die dem Gutachtern vorliegende Berichterstattung des Bergwerks Walsum umfasst Analyseprotokolle zu insgesamt 47 Proben von Rückständen aus Hausmüllverbrennungsanlagen. Die verschiedenen Rückstandsarten der Hausmüllverbrennungsanlagen, d.h. Filterstäube (RSN: 31309), feste Reaktionsprodukte der Abgasreinigung (RSN: 31312) und sogenannte „Rauchgasreinigungsrückstände“ wurden nach einem Vergleich untereinander aufgrund chemischer Ähnlichkeiten und gleicher Erzeuger zusammen betrachtet und ausgewertet.

Die Auswertung der Berichterstattung des Bergwerks Hugo/Consolidation ergab, dass den Gutachtern lediglich drei Analysen zu HMVA-Proben vorliegen.

Da im Gegensatz zum Bergwerk Haus Aden/Monopol keine durchgängigen erzeugerspezifischen Massenangaben in den Abschlussberichten existieren (siehe Tabelle 18 und Tabelle 19) und da nicht für jeden Erzeuger eine zugehörige Reststoffanalyse vorliegt, wurden die vorhandenen HMVA-Analysen mit Hilfe des arithmetischen Mittelwertes ausgewertet.

Diese mittleren Konzentrationen an Blei, Cadmium bzw. Zink werden mit der laut Abschlussberichten verbrachten Masse an HMVA-Rückständen multipliziert. Als Ergebnis erhält man die verbrachte Masse des jeweiligen Metalls. Die Ergebnisse dieser Berechnungen werden nachfolgend präsentiert und erläutert.

4.3.1 Bergwerk Walsum

Die in Tabelle 21 aufgeführten Mittelwerte für Blei, Cadmium und Zink basieren auf der Auswertung von insgesamt 47 HMVA-Analyseprotokollen.

Tabelle 21 Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg^{-1} (i. Tr.) für das Bergwerk Walsum.

Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der HMVA-Rückstände (BW Walsum)				Vergleichswerte Haus Aden (siehe Tabelle 19 Teil 1 des Gutach- tens)
Parameter	Einheit	Wert	Probenanzahl	Wert
Blei	mg kg^{-1} i. Tr.	4.338	44	6.586
Cadmium	mg kg^{-1} i. Tr.	249	44	415
Zink	mg kg^{-1} i. Tr.	13.680	45	22.510

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

Die Rauchgasreinigungsrückstands-Probe „30-V-93“ der Abfallwirtschaftsgesellschaft Leverkusen zeigt einen sehr hohen Wert für die Zinkkonzentration von $130.000 \text{ mg kg}^{-1}$, welcher deutlich (ca. Faktor 9) von den beobachteten Zinkkonzentrationen der übrigen HMVA-Rückstände abweicht (siehe Histogramm in Abbildung 35). Das Analyseprotokoll der Probe „30-V-93“ stammt aus dem 2. Quartalsbericht des Jahres 1993 der Bauhöhe Hermann-Gustav 67. In dieser Bauhöhe wurde laut zugehörigem Abschlussbericht insgesamt $1.605,34 \text{ t}$ an HMVA-Rückständen verbracht (siehe Tabelle 18). Da diese Masse lediglich einen Anteil von ca. $0,6 \%$ der verbrachten Gesamtmasse an HMVA-Rückständen von $291.745,62 \text{ t}$ im Bergwerk Walsum ausmacht, ist die Bedeutung dieses Extremwertes für die verbrachte Zinkmasse zu vernachlässigen. Daher wurde die Zinkkonzentration der Probe „30-V-93“ bei der Berechnung des arithmetischen Mittelwertes nicht berücksichtigt.

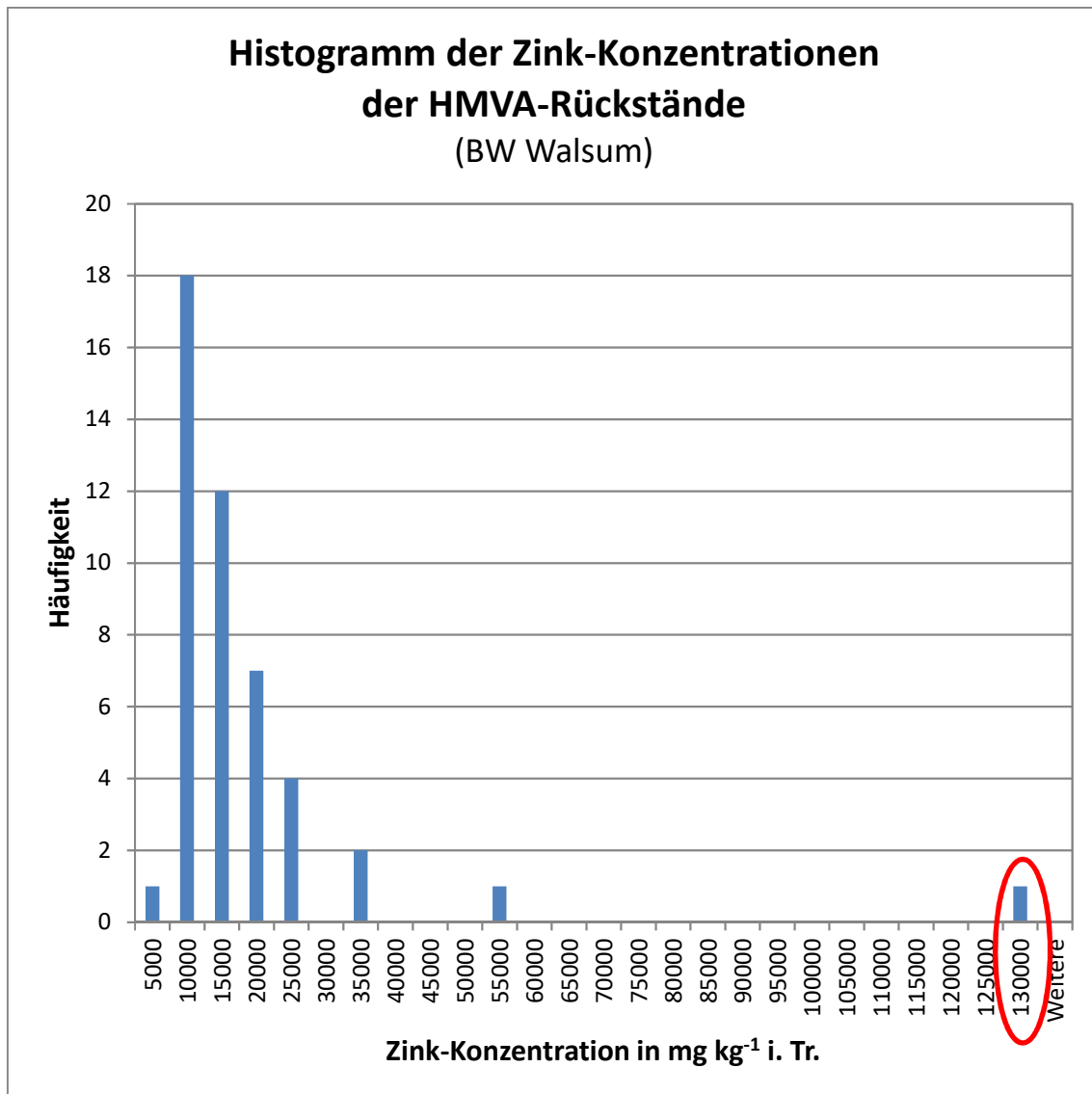


Abbildung 35 Histogramm der Zink-Konzentrationen in mg kg⁻¹ (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum); die auffällige Probe „30-V-93“ ist rot umkreist

Weitere Histogramme zu den Blei- und Cadmiumkonzentrationen befinden sich in Anhang 5.

Durch die Multiplikation der errechneten mittleren Metallkonzentrationen mit einer laut Abschlussberichte verbrachten HMVA-Masse von 291.746 t ergibt sich eine verbrachte Metallmasse von 1.266 t Blei, 73 t Cadmium und 3.991 t Zink (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22 Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Walsum.

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

Verwertungs-/Entsorgungsnachweise

Ergänzend zu den aus der Berichterstattung (Abschluss-/Quartalsberichte etc.) stammenden Reststoffanalysen des BW Walsums wurden die aus den Verwertungs- und Entsorgungsnachweisen verfügbaren Deklarationsanalysen (über 130 Analysen) ausgewertet. Das primäre Ziel dieser Auswertung ist die Überprüfung und ggf. Validierung der Auswertung der Reststoffanalysen aus der Berichterstattung des BW Walsum, welche zur Berechnung des Metallinventars der verbrachten HMVA-Rückstände verwendet wurde (siehe Kapitel 4.3.1).

Im Vorfeld der Auswertung wurden die Nachweise nach der angegebenen RSN sortiert und in Gruppen eingeteilt. Hierbei war die Umschlüsselung der RSN in Europäische Abfallkatalog-Nummern (EAK) zu beachten, welche während des laufenden Verbringungs-betriebs stattfand. Diese Umschlüsselung hat zur Folge, dass eine einzelne RSN mehreren EAK-Nummern entsprechen kann bzw. dass eine EAK-Nummer auf mehrere RSN zurückgeführt werden kann. Sofern eine eindeutige Zuordnung RSN zu EAK-Nummer möglich war, wurden diese als Reststoffgruppe zusammengefasst und ausgewertet.

Die Auswertung der Deklarationsanalysen erfolgte durch die Bestimmung mittlerer, minimaler und maximaler Konzentrationen sowie des Medians. Die Ergebnisse der Auswertung der einzelnen Reststoffgruppen sind in Anhang 6 aufgeführt.

Für die Berechnung des Metallinventars der HMVA-Rückstände (Pb, Cd, Zn) des BW Walsum wurden hierzu aufgrund chemischer Ähnlichkeit und gleicher Erzeuger Reststoffanalysen mit der RSN 31309 und 31312 zusammengefasst ausgewertet. Um diese Berechnung überprüfen zu können, wurden auch die Verwertungs- und Entsorgungsnachweise mit denselben RSN und den entsprechenden EAK-Nummern zusammengefasst und gemeinsam ausgewertet.

Tabelle 23 zeigt den Vergleich, der durch die Reststoffanalysen aus der Berichterstattung des BW Walsum berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen mit den Konzentrationen, die mithilfe der Auswertung der Verwertungs- und Entsorgungsnachweise ermittelt wurden.

Tabelle 23 Vergleich der aus den Reststoffanalysen der BW-Berichterstattung und aus den Deklarationsanalysen der Verwertungs- und Entsorgungsnachweise berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der im BW Walsum verbrachten HMVA-Rückstände.

Datenquelle	Mittlere Blei-Konzentration [mg kg ⁻¹ i. Tr.]	Mittlere Cadmium-Konzentration [mg kg ⁻¹ i. Tr.]	Mittlere Zink-Konzentration [mg kg ⁻¹ i. Tr.]
Berichterstattung (Abschluss-/ Quartalsberichte, etc.)	4.338	249	13.680
Verwertungs-/ Entsorgungsnachweise	5.272	224	15.760

Der Vergleich zeigt, dass die berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen, unabhängig von der verwendeten Datengrundlage, in einem vergleichbaren Größenbereich liegen. Somit validiert die Auswertung der Verwertungs- und Entsorgungsnachweise die Auswertung auf Basis der Reststoffanalysen und das in der Folge ermittelte Metallinventar an Blei, Cadmium und Zink.

4.3.2 Bergwerk Hugo/Consolidation

Im Gegensatz zur umfangreichen Datengrundlage des Bergwerks Walsum, stehen zur Ermittlung der mittleren Metallkonzentrationen der im Bergwerk Hugo/Consolidation verbrachten HMVA-Rückstände lediglich 3 Analyseprotokolle aus der zugehörigen Berichterstattung zur Verfügung. Die aus diesen Proben ermittelten mittleren Konzentrationen an Blei, Cadmium und Zink sind in Tabelle 24 aufgeführt.

Tabelle 24 Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg⁻¹ (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation.

Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der HMVA-Rückstände (BW Hugo/Consolidation)				Vergleichswerte Haus Aden (siehe Tabelle 19 Teil 1 des Gutachtens)
Parameter	Einheit	Wert	Probenanzahl	Wert
Blei	mg kg ⁻¹ i. Tr.	3.747	3	6.586
Cadmium	mg kg ⁻¹ i. Tr.	269	3	415
Zink	mg kg ⁻¹ i. Tr.	10.087	3	22.510

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

Die Multiplikation der berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen mit einer laut Abschlussberichte verbrachten HMVA-Masse von 87.080 t ergibt ein Metallinventar von 326 t Blei, 23 t Cadmium und 878 t Zink (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25 Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation.

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

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

Da die mittleren Metall-Konzentrationen und das daraus berechnete Metallinventar des Bergwerks Hugo/Consolidation lediglich auf drei Analysen aus der Berichterstattung des Bergwerks Walsum beruht, sind die berechneten Werte im Vergleich zum Ergebnis des Bergwerks Walsum mit einer größeren Unsicherheit verbunden. Daher wurde eine Ergänzung der Daten durch das Hinzuziehen erzeugerspezifischer Daten für den gleichen Zeitraum aus den Unterlagen der BW Walsum und Haus Aden/Monopol vom Berichtersteller geprüft.

Voraussetzung für die Nutzung einer Reststoffanalyse des BW Walsum bzw. des BW Haus Aden/Monopol zur Berechnung des Metallinventars des BW Hugo/Consolidation war einerseits, dass der Erzeuger der jeweiligen Reststoffprobe laut den Abschlussberichten beide Bergwerke mit dem Reststoff beliefert hat und andererseits, dass die Probe im Verbringungszeitraum nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses des BW Hugo/Consolidation (1989-1996) genommen wurde. Proben, die nach 1996 im BW Walsum bzw. BW Haus Aden/Monopol genommen wurden, wurden in der Folge nicht verwendet. Insgesamt erfüllen 26 Reststoffproben des BW Walsum und 65 Reststoffproben des BW Haus Aden/Monopol diese beiden Bedingungen. Mit den 3 ursprünglich verfügbaren Reststoffproben des BW Hugo/Consolidation kann somit die Probenanzahl zur Berechnung der mittleren Konzentrationen der HMVA-Rückstände an Blei, Cadmium und Zink auf insgesamt 94 Proben erhöht werden. Die so ermittelten mittleren Konzentrationswerte sind in Tabelle 26 aufgeführt.

Tabelle 26 Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände in mg kg^{-1} (i. Tr.) für das Bergwerk Hugo/Consolidation bei Verwendung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation (3 Proben), Walsum (26 Proben) und Haus Aden/Monopol (65 Proben) als Berechnungsgrundlage.

Mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der HMVA-Rückstände (BW Hugo/Consolidation) bei Nutzung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation, Walsum und Haus Aden/Monopol als Berechnungsgrundlage				Vergleichswert BW Hugo/Consolidation bei alleiniger Nutzung der 3 Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation (siehe Tabelle 24)
Parameter	Einheit	Wert	Probenanzahl	Wert
Blei	mg kg^{-1} i. Tr.	4.884	94	3.747
Cadmium	mg kg^{-1} i. Tr.	299	94	269
Zink	mg kg^{-1} i. Tr.	16.657	94	10.087

Wie bereits im Kapitel 4.3.1 diskutiert, wurde auch an dieser Stelle der Zinkkonzentrationswert der zum BW Walsum gehörige Reststoff-Probe „30-V-93“ als Ausreißer bewertet und aus diesem Grund nicht zur Berechnung der mittleren Zinkkonzentration herangezogen.

Die Multiplikation der durch das Hinzuziehen der Reststoffproben der BW Walsum und Haus Aden/Monopol berechneten mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der im BW Hugo/Consolidation verbrachten HMVA-Rückstände mit einer laut Abschlussberichte verbrachten HMVA-Masse von 87.080 t ergibt ein Metallinventar von 411 t Blei, 25 t Cadmium und 1.412 t Zink (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27 Blei-, Cadmium- und Zinkmasse der verbrachten HMVA-Rückstände in t für das Bergwerk Hugo/Consolidation bei Verwendung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation (3 Proben), Walsum (26 Proben) und Haus Aden/Monopol (65 Proben) als Berechnungsgrundlage.

Metallinventar der verbrachten HMVA-Rückstände (BW Hugo/Consolidation) bei Nutzung von Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation, Walsum und Haus Aden/Monopol als Berechnungsgrundlage			Vergleichswert BW Hugo/Consolidation bei alleiniger Nutzung der 3 Reststoffanalysen des BW Hugo/Consolidation (siehe Tabelle 25)
Parameter	Einheit	Wert	Wert
Blei	t	425	326
Cadmium	t	26	23
Zink	t	1.451	878

Im Vergleich zur Auswertung auf Grundlage der 3 Reststoffproben des BW Hugo/Consolidation führt das Hinzuziehen der Reststoffproben der BW Walsum und Haus Aden/Monopol dazu, dass die ermittelten mittleren Blei- und Zinkkonzentrationen sowie das daraus resultierende Metallinventar höher ausfallen.

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

4.3.3 Vergleich der verbrachten HMVA-Massen und des Metallinventars

Die nachfolgende Tabelle 28 zeigt im Vergleich die in den drei Bergwerken Haus Aden/Monopol (siehe Detailbericht 3, Teil 1), Walsum und Hugo/Consolidation verbrachten Massen an HMVA-Rückständen und die ermittelten Massen der drei dominierenden Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink.

Insgesamt wurden 8.300 t dieser drei Schwermetalle über HMVA in diese drei Bergwerke nach dem Prinzip „vollständiger Einschluss“ verbraucht.

Tabelle 28 Vergleich der in den BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation verbrachten Massen an HMVA-Rückständen (Blei, Cadmium und Zink).

	BW Haus A- den/Monopol	BW Walsum	BW Hugo/Con-so- lidation	Summe [t]
HMVA-Rückstände [t]	62.289	291.746	87.080	441.115
Blei [t]	403	1.266	326	1.995
Cadmium [t]	19	73	23	115
Zink [t]	1.321	3.991	878	6.190
Summe Metalle [t]	1.743	5.330	1.227	8.300

Es wurde in Tabelle 20 gezeigt, dass die in MWEIMH & MKULNV (2013) berichtete Gesamtmasse „besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss“ höchst vergleichbar zu den in diesem Gutachten ermittelten Werten ist. Es bestehen Unterschiede in den einzelnen Massenangaben zu den drei Bergwerken. Die Gutachter haben daher auch das Schwermetallinventar mit den Massenangaben aus MWEIMH & MKULNV (2013) berechnet (siehe Tabelle 29).

Dies geschieht unter der Annahme, dass die ermittelte mittlere Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentration der HMVA-Rückstände für die „besonders überwachungsbedürftigen Abfälle im vollständigen Einschluss“ anzusetzen ist. Diese Annahme ist nur teilweise gerechtfertigt, da als „besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss“ neben HMVA auch „Gipsschlamm mit schädlichen Verunreinigungen“ erfasst wurde. Letzteres ist eine Teilmenge der RAA-Schlämme. Die angesetzten Konzentrationen der drei Schwermetalle sind daher etwas zu hoch.

Diese Berechnungen ergeben eine Metallgesamtmasse von 10.800 t in den drei Bergwerken, die sich aus 2.600 t Blei, 160 t Cadmium und rund 8.040 t Zink zusammensetzt. Die so ermittelte Gesamtmasse ist 30 % größer als die 8.300 t, die in Tabelle 28 ausgewiesen sind. Unter Einbeziehung der methodischen Einschränkung (s.o.) sind beide Werte sehr ähnlich.

Tabelle 29 Verbrachte Blei-, Cadmium- und Zinkmassen in den BW Haus Aden/Monopol, Walsum und Hugo/Consolidation auf Basis der Massenangabe für

„besonders überwachungsbedürftige Abfälle“ (MWEIMH & MKULNV (2013).

	BW Haus A-den/Monopol	BW Walsum	BW Hugo/Con-so-lidation	Summe [t]
Besonders überwachungsbedürftige Abfälle [t]	75.600	355.064	147.307	577.971
Blei [t]	498	1.540	552	2.590
Cadmium [t]	31	88	40	159
Zink [t]	1.702	4.857	1.486	8.045
Summe Metalle [t]	2.231	6.486	2.077	10.794

4.3.4 RAA-Schlämme

RAA-Schlämme sind Reststoffe aus der Rauchgas-Abwasserreinanlage, die bei der Rauchgasentschwefelung der Kohleverbrennung entstehen (siehe Definition Detailbericht 3, Gutachten Teil 1). Solche Reststoffe bekamen zur Verbringung unter Tage eine so genannte Reststoffschlüsselnummer (RSN) zugewiesen, 31613 (Gipsschlamm) und 31620 (Gipsschlamm mit schädlichen Verunreinigungen). Die RSN wurden später in Europäische Abfallkatalog-Nummern (EAK) überführt. Reststoffe mit der RSN 31314 (Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Feuerungsanlagen, ohne REA-Gips), die ebenfalls verbracht wurden, stammen auch aus der Gasreinigung.

In Tabelle 30 sind die entsprechenden Reststoffschlüssel und ihre Übertragungen in das EAK-System dargestellt (Abfallverzeichnis-Verordnung 2001).

Tabelle 30 Übertrag der RSN in EAK-Nummern als Reststoffschlüssel für die ordnungsgemäße Verwertung der Reststoffe (Abfallverzeichnis-Verordnung 2001).

RSN	RSN-Bezeichnung	EAK-Nummer	EAK-Bezeichnung
31613	Gipsschlamm	101399	Abfälle a.n.g.
31620	Gipsschlamm mit schädlichen Verunreinigungen	061101	Gips aus der Titandioxidherstellung
		070109/070209/070309/ 070409/070509/070609/ 070709	halogenierte Filterkuchen, verbrauchte Aufsaugmaterialien

RSN	RSN-Bezeichnung	EAK-Nummer	EAK-Bezeichnung
		→ verschiedene EAK-Nummern für verschiedene Industriebranchen	
		070110/070210/070310/ 070410/070510/070610/ 070710	andere Filterkuchen, verbrauchte Aufsaugmaterialien
		→ verschiedene EAK-Nummern für verschiedene Industriebranchen	
		190201	Metallhydroxidschlämme und andere Schlämme aus der Metallfällung
31314	Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Feuerungsanlagen, ohne REA-Gips	100105	Reaktionsabfälle auf Calciumbasis aus der Rauchgasentschwefelung in fester Form
		100106	andere feste Abfälle aus der Gasreinigung
		100107	Reaktionsabfälle auf Calciumbasis aus der Rauchgasentschwefelung in Form von Schlämmen
		100108	andere Schlämme aus der Gasreinigung

Um den Anteil des Stoffinventars der RAA-Schlämme (RSN 31613 und 31620) an der Gesamtmasse an verbrachten Schwermetallen in HMVA-Rückständen und möglichen anderen Stoffen zu ermitteln, wurden 44 RAA-Schlamm-Reststoffanalysen des BW Walsum ausgewertet und die Ergebnisse der Auswertung in Tabelle 31 dargestellt, wobei ein Teil der ausgewerteten Analysen aus den zur Verfügung stehenden Verwertungs- und Entsorgungsnachweisen stammt.

Für die Metalle Blei, Cadmium und Zink liegen ausreichend viele Analysewerte vor, bei weiteren Parametern ist eine sinnvolle Auswertung hingegen nicht möglich, da nur wenige Messungen durchgeführt wurden.

Tabelle 31 Mittlere Zusammensetzung der im BW Walsum verbrachten RAA-Schlämme (RSN 31613 und 31620), berechnet aus insgesamt 44 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
pH- Wert	-	8,98	8,555	7,89	12,1	8
Leitfähigkeit	µS/cm	5.363,33	4.700	4.140	7.250	3
Trockensubstanz	%	45,97	45,695	28,58	66,24	36
Wassergehalt	%	52,44	54,04	<1	71,42	39
Trockenrückstand	%	71,75	71,75	44,5	>99	2

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Glührückstand	%	67,09	66,92	26,59	92,12	5
Glühverlust	%	25,07	19,4	2,5	73,41	15
TOC	%	4,22	0,6	<0,1	39,4	31
TIC	%	0,67	0,3	0,1	1,9	5
Wasserlöslicher Anteil	%	4,25	4,26	3,88	4,6	3
Säureunlöslicher Anteil	%	32,97	35,4	25,6	37,9	3
Dichte (Originalprobe)	g/cm ³	1,50	1,5	1,3	1,7	3
Dichte (Trockenmasse)	g/cm ³	2,50	2,7	2	2,8	3
SiO ₂	%	8,10	8,1	3,9	12,3	2
CaO	%	36,15	36,15	35,4	36,9	2
Al ₂ O ₃	%	3,95	3,95	1,4	6,5	2
P ₂ O ₅	%	0,30	0,3	0,3	0,3	1
Fe ₂ O ₃	%	5,45	5,45	1,5	9,4	2
SO ₃	%	28,40	28,4	12	44,8	2
MgO	%	12,00	12	8,7	15,3	2
K ₂ O	%	0,25	0,25	0,1	0,4	2
Na ₂ O	%	0,18	0,18	0,06	0,3	2
TiO ₂	%	0,20	0,2	0,1	0,3	2
MnO	%	2,00	2	1,1	2,9	2
P ₂ O ₅	%	0,20	0,2	0,1	0,3	2
Ammonium	mg/kg TS	0,80	0,8	0,8	0,8	1
Antimon	mg/kg TS	27,69	24,5	9	43,4	8
Arsen	mg/kg TS	178,44	88,65	<4,7	954	42
Beryllium	mg/kg TS	2,55	2,4	<0,23	4,95	5
Blei	mg/kg TS	406,67	227,5	7	2.230	44
Bor	mg/kg TS	8.554,00	8.554	8.554	8.554	1
Cadmium	mg/kg TS	14,82	12	<0,02	53,6	43
Chlorid	mg/kg TS	10.070,00	10.070	4140	16.000	2
Chromat	mg/kg TS	36,90	0,5	<0,2	183	5
Chrom, ges.	mg/kg TS	79,57	66,75	4	486	42
Chrom VI	mg/kg TS	0,30	0,3	<0,1	<0,5	2
Cyanid	mg/kg TS	0,07	0,05	<0,05	0,23	10
Eisen	mg/kg TS	113,00	113	113	113	1
EOX	mg/kg TS	1,22	1	<0,2	2,9	9
Fluorid	mg/kg TS	4,30	4,3	4,3	4,3	1
Kalium	mg/kg TS	2.520,00	2.520	2.280	2.760	2
Kobalt	mg/kg TS	24,86	27	<2,4	38	5
Kohlenwasserstoffe	mg/kg TS	57,00	57	<10	104	2
Kupfer	mg/kg TS	783,38	90,15	0,2	28.700	44
Mangan	mg/kg TS	8.631,60	3550	1.720	26.340	5

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Molybdän	mg/kg TS	16,50	16,5	13	20	2
Natrium	mg/kg TS	1.545,00	1545	1.380	1.710	2
Nickel	mg/kg TS	137,35	86,6	16	520	43
Quecksilber	mg/kg TS	62,33	48	<0,2	620	43
Selen	mg/kg TS	217,76	213	5,3	476	7
Sulfat	mg/kg TS	1.057,00	1.057	1.034	1.080	2
Tellur	mg/kg TS	1,80	1,8	<1,3	<2,3	2
Thallium	mg/kg TS	8,02	5,25	<0,39	<60	36
Vanadium	mg/kg TS	154,04	144	29	349	29
Zink	mg/kg TS	1.480,72	1.000	5,2	12.700	43
Zinn	mg/kg TS	288,88	2,7	<0,1	1.150	4

Die Auswertung der RAA-Schlämme zeigt, dass diese insgesamt deutlich geringere mittlere Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentrationen als die HMVA-Rückstände (siehe Tabelle 34) aufweisen. Da der Anteil der verbrachten RAA-Schlamm-Masse an der verbrachten Gesamtreststoffmasse geringer ist als der Anteil der HMVA-Rückstände und auch die Stoffgehalte der betrachteten Metalle in den RAA-Schlämmen im Vergleich geringer sind, geht von den RAA-Schlämmen nur ein geringes Gefahrenpotential aus.

Dies gilt auch für die Reststoffe mit der RSN 31314. Für diesen Reststofftyp liegen insgesamt 17 Analysen vor. Die Ergebnisse der Auswertung dieser Analysen sind in Tabelle 32 aufgeführt. Die Auswertung lässt für diesen Reststofftyp einen hohen Gips-Gehalt vermuten, die übrigen Stoffgehalte liegen in einem vergleichbaren Bereich wie die der RAA-Schlämme.

Tabelle 32 Mittlere Zusammensetzung der im BW Walsum verbrachten Reststoffe mit der RSN 31314, berechnet aus insgesamt 17 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	74,55	75,4	47,2	100	6
Wassergehalt	%	42,30	49,01	0	65,73	7
Trockenrückstand	%	51,86	54,53	34,27	64,09	4
Glühverlust	%	13,78	12,56	<1	23,16	7
TOC	%	2,15	0,3	<0,1	8,7	8
SiO ₂	%	10,07	4,3	3,5	22,4	3
CaO	%	41,00	41,3	18,7	63	3
Al ₂ O ₃	%	7,53	5	4,3	13,3	3
P ₂ O ₅	%	2,20	2,2	2,2	2,2	1
Fe ₂ O ₃	%	3,37	2,9	2	5,2	3
SO ₃	%	18,05	18,05	13,3	22,8	2
MgO	%	2,32	0,47	0,4	6,1	3
K ₂ O	%	0,99	0,985	0,57	1,4	2
Na ₂ O	%	1,55	1,55	0,8	2,3	2

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
TiO ₂	%	0,11	0,11	0,09	0,13	2
MnO	%	0,04	0,04	0,04	0,04	1
Cr ₂ O ₃	%	0,01	0,01	<0,01	<0,01	1
P ₂ O ₅	%	0,10	0,1	<0,1	<0,1	1
Ammonium	mg/kg TS	18,00	18	18	18	1
Antimon	mg/kg TS	11,60	4,7	0,2	41,6	5
Arsen	mg/kg TS	150,75	94	0,5	1.123	15
Barium	mg/kg TS	70,00	60	50	100	3
Beryllium	mg/kg TS	1,16	0,6	<0,2	2,3	5
Blei	mg/kg TS	322,93	190	14	1.650	15
Cadmium	mg/kg TS	21,19	6,1	0,6	117	15
Calcium	mg/kg TS	56.690,00	38	32	170.000	3
Chlorid	mg/kg TS	10.500,00	10.500	10.000	11.000	2
Chrom, ges.	mg/kg TS	45,64	31,5	5	152	14
Chrom VI	mg/kg TS	0,50	0,375	<0,25	<1	4
Cobalt	mg/kg TS	11,17	2,2	1,3	30	3
Cyanid	mg/kg TS	0,20	0,05	<0,05	<0,5	6
Eisen	mg/kg TS	3.133,33	2.800	2.100	4.500	3
EOX	mg/kg TS	0,81	1	<0,05	<1	5
Fluorid	mg/kg TS	190,00	190	140	240	2
Kobalt	mg/kg TS	20,30	20,3	16	24,6	2
Kupfer	mg/kg TS	141,65	58	17	626	13
Magnesium	mg/kg TS	4.150,00	4150	4.100	4.200	2
Mangan	mg/kg TS	910,00	325	200	2.790	4
Nickel	mg/kg TS	75,97	62,3	7	206	15
Quecksilber	mg/kg TS	67,59	20	<0,2	545	15
Selen	mg/kg TS	264,00	264	264	264	1
Strontium	mg/kg TS	74,00	74	69	79	2
Sulfat	mg/kg TS	68.500,00	68.500	61.000	76.000	2
Sulfit	mg/kg TS	257.500,00	257.500	247.000	268.000	2
Thallium	mg/kg TS	5,19	2,65	<0,2	15,7	10
Vanadium	mg/kg TS	116,60	136	17	274	5
Zink	mg/kg TS	804,23	500	160	2.846	13

Die im BW Walsum verbrachten RAA-Schlämme (RSN 31613 und 31620) haben eine mittlere Blei-Konzentration in der Trockenmasse (i. Tr.) von 406,67 mg kg⁻¹. Die mittlere Cadmium-Konzentration beträgt 14,82 mg kg⁻¹ (i. Tr.) und die mittlere Zink-Konzentration liegt bei 1.480,72 mg kg⁻¹ (i.Tr.).

Sowohl die RAA-Schlämme (siehe Tabelle 31) als auch die Reststoffe aus der Gasreinigung mit der RSN 31314 (siehe Tabelle 32) weisen recht hohe Konzentrationen an Nickel, Kupfer und Quecksilber auf. Für Quecksilber sind maximale Messwerte von 545

bzw. 620 mg/kg in der Trockenmasse festgestellt worden, die auf Einzelmessungen zurückgehen. Diese Einzelmessungen liegen um Faktor zehn über dem Mittelwert und sind daher eher als Ausreißer anzusehen, die die mittlere Quecksilber-Zusammensetzung nicht repräsentieren (siehe Tabelle 33). Diese Werte wurden bei der Berechnung des Mittelwertes mit einbezogen.

Tabelle 33 Mittlerer Gehalt an Kupfer, Nickel und Quecksilber in RAA-Schlamm (RSN 31613 und 31620) und Reststoffen aus der Gasreinigung (RSN 31314), die im BW Walsum verbracht wurden.

	Kupfer [mg/kg]	Nickel [mg/kg]	Quecksilber [mg/kg]
RAA-Schlamm (RSN: 31613/ 31620)	783,38	137,35	62,33
Reststoffen aus der Gasreinigung (RSN 31314)	141,65	75,97	67,59

Die RAA-Schlamm und auch die Reststoffe aus der Gasreinigung sind im Vergleich zu den HMVA-Rückständen ca. um den Faktor 10 in den Parametern Blei, Cadmium und Zink weniger stark belastet. Das Gefährdungspotential durch RAA-Schlamm und Reststoffe aus der Gasreinigung ist damit deutlich geringer im Vergleich zu dem der HMVA-Rückstände, die im BW Walsum verbracht wurden. In Tabelle 34 sind die ermittelten Feststoffkonzentrationen von HMVA-Rückständen, RAA-Schlamm und der Reststoffe aus der Gasreinigung für das BW Walsum gegenübergestellt.

Tabelle 34 Vergleich der Stoffkonzentrationen von Blei, Cadmium und Zink in ausgewählten Reststoffgruppen für das BW Walsum.

	Blei [mg/kg]	Cadmium [mg/kg]	Zink [mg/kg]
HMVA-Rückstände	4.338	249	13.680
RAA-Schlamm	406,67	14,82	1.480,72
Reststoffen aus der Gasreinigung	322,93	21,19	804,23

Aus diesen mittleren Blei-, Cadmium- und Zink-Konzentrationen der RAA-Schlamm werden auf Basis der im BW Walsum verbrachten RAA-Schlamm-Massen von 56.183 t die verbrachten Metallmassen berechnet (siehe Tabelle 35). Diese RAA-Schlamm-Metallmassen bezogen auf die über die HMVA-Rückstände und RAA-Schlamm im BW Walsum eingebrachten Gesamtmetallmasse (Blei: 1.289 t, Cadmium: 74 t, Zink: 4.074 t, gesamt: 5.437 t) machen nur geringe Anteile aus (siehe Tabelle 35). Für Blei sind es 1,8 %, Cadmium 1,1 % und Zink 2,0 %.

Tabelle 35 Blei-, Cadmium- und Zink-Metallinventar für das BW Walsum, eingebracht über RAA-Schlämme und HMVA-Rückstände, und der relative Anteil des RAA-Schlamm-Metallinventars gegenüber dem Gesamt-Metallinventar.

	Blei [t]	Cadmium [t]	Zink [t]	Gesamt [t]
RAA-Schlämme	22,85	0,83	83,19	106,87
HMVA-Rückstände	1.266	73	3.991	5.330
Summe	1288,85	73,83	4074,19	5436,87
Anteil RAA-Schlamm-Metallinventar am Gesamt-Metallinventar	1,8 %	1,1 %	2,0 %	2,0 %

Die im Vergleich zu den HMVA-Rückständen deutlich geringere verbrauchte Gesamtmasse an RAA-Schlämmen im BW Walsum und die im Vergleich ebenfalls deutlich geringeren Elementkonzentrationen der RAA-Schlämme führen zu einem sehr geringen Anteil der über die RAA-Schlämme eingebrachten Schwermetalle, so dass festzustellen ist, dass der Eintrag von Blei, Cadmium und Zink über die RAA-Schlämme vernachlässigbar ist.

4.3.5 BW mit immissionsneutraler Verbringung

Im Folgenden werden lediglich die Reststoff-Massenbilanzen der BW Walsum, Hugo/Consolidation und Ewald/Schlägel & Eisen bewertet, da für die übrigen BW, in denen immissionsneutral verbracht wurde, keine oder keine ausreichende Datengrundlage vorhanden ist (siehe Tabelle 16).

Walsum

Für den Zeitraum 3. Quartal 1998 bis 4. Quartal 2000 liegen für das BW Walsum Quartalsberichte vor, welche die Art, Herkunft und Menge der verbrachten Abfälle zur immissionsneutralen Verwertung in den Bereichen „alte 5. Abteilung nach Norden auf der 4. Sohle“, „südwestliche KO-Strecke Mathilde 21“ und „alte Kopfstrecke Z 36“ dokumentieren. Für den genannten Zeitraum kann eine Massenbilanz der verbrachten Reststoffe erstellt werden. Das Ergebnis dieser Auswertung ist in Tabelle 36 aufgeführt.

Tabelle 36 Teilbilanz der im BW Walsum immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen für den Zeitraum III/1998 bis IV/2000.

Lokalität	Zeitraum	Verpumpt	Ge- presste	Einge- dickte	RAA- Schlämme [t]	Summe Flotations- berge und RAA-
------------------	-----------------	-----------------	------------------------	--------------------------	----------------------------------	---

		Suspension [m³]	Flotationsberge [t]	Flotationsberge [t]		Schlämme [t]
4. Sohle, alte 5. Abt. n. N.	III/1998-IV/1998, III/1999-IV/2000	81.077,00	3.170,28	75.322,68	8.817,38	87.310,34
Südwestl. KO-Strecke Matilde 21	III/2000	475,00	81,08	440,28	38,43	559,79
Alte Kopfstrecke Z 36	IV/2000	6.483,00	280,37	5648,78	1.752,53	7.681,68
Summe	III/1998-IV/1998, III/1999-IV/2000	88.035,00	3.531,73	81.411,74	10.608,34	95.551,81

Im Zeitraum 3. Quartal 1998 bis 4. Quartal 2000 wurde demzufolge in den genannten Lokalitäten des BW Walsum insgesamt ca. 84.900 t Flotationsberge und ca. 10.600 t RAA-Schlamm immissionsneutral verbracht.

Es ist zu beachten, dass die aufgeführte Massenbilanz lediglich einen zeitlichen Ausschnitt der immissionsneutralen Reststoffverbringung im BW Walsum widerspiegelt, welche insgesamt von 1993 bis 2004 erfolgte. Auf der Basis der verfügbaren Datengrundlage kann die immissionsneutrale Reststoffverbringung im BW Walsum daher nur eingeschränkt ausgewertet und keine Gesamtbilanz erstellt werden.

Hugo/Consolidation

Für das BW Hugo/Consolidation liegen für den Zeitraum Januar 1995 bis Juni 1996 monatliche Wiegekarten vor, auf denen die angelieferte Massen an HMVA-Rückständen und Kraftwerksrestprodukten sowie die anliefernden Reststoffherzeuger aufgelistet sind.

Da nicht nachvollziehbar ist, ob die angegebenen angelieferten Reststoffmassen vollständig unter Tage verbracht wurden und da nur ein zeitlicher Ausschnitt der immissionsneutralen Reststoffverbringung in den Wiegekarten aufgezeichnet ist, wurde für das BW Hugo/Consolidation keine Teilbilanz der immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen für den genannten Zeitraum berechnet.

In den Wiegekarten ist die Anlieferung von „RAA-Schlamm“ an das BW Hugo/Consolidation dokumentiert. Dies ist ein Hinweis darauf, dass im BW RAA-Schlämme verbracht wurden. In den Abschlussberichten aus der Berichterstattung des BW werden „Rauchgasreinigungsprodukte“ ohne dezidierte Massenangaben aufgeführt.

Ewald/Schlägel & Eisen

Laut dem Bericht der Landesregierung NRW zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken (MWEIMH & MKULNV 2013) wurden im BW Ewald/Schlägel & Eisen im Zeitraum 1992 bis 1997 bergbaufremde Reststoffe nach dem Prinzip der immissionsneutralen Verbringung verbracht.

Die zur Verfügung stehende, zum BW Ewald/Schlägel & Eisen gehörige Datengrundlage, umfasst Quartalsmeldungen und -berichte für den Zeitraum 1992 bis 1996. Diese Datengrundlage ermöglicht es, die immissionsneutrale Verbringung von Reststoffen für den genannten Zeitraum nachzuvollziehen. Für das Jahr 1997 stehen dem Gutachter keine Daten zur Verfügung. Somit kann die Reststoffverbringung im BW Ewald/Schlägel & Eisen des Jahres 1997 nicht ausgewertet werden.

Die verbrachten Reststoffmassen sind einerseits in Quartalsmeldungen und andererseits in Quartalsberichten dokumentiert.

Die Quartalsmeldungen beziehen sich jeweils auf einen spezifischen Verbringungsort und listen und summieren die verbrachten Reststoffmassen an dem jeweiligen Verbringungsort, sortiert nach Quartalen, auf.

Quartalsberichte hingegen führen die verbrachten Reststoffmassen eines spezifischen Quartals sortiert nach den Verbringungsorten auf. Im Gegensatz zu den Quartalsmeldungen, sind in den Quartalsberichten zusätzlich die jeweiligen Reststoffherzeuger mit angegeben.

Die Ergebnisse der Auswertung der Quartalsmeldungen und -berichte sind in Tabelle 37 dargestellt.

Tabelle 37 Nach dem Prinzip der immissionsneutralen Verbringung verbrachten Reststoffmassen im BW Ewald/Schlägel & Eisen; Auswertung auf Basis der Quartalsmeldungen/-berichte im Zeitraum 1992 bis 1996.

	Zeitraum	Sprühabsorption [t]	Trockenadditive [t]	Wirbelschichtasche [t]	RAA-Schlamm [t]	Elektrofilterasche [t]	Summe [t]
Quartalsmeldungen	I/92-III/96	29.370	6.602	11.621	36	457	48.086
Quartalsberichte	I/92-III/96	29.370	6.602	11.621	0	493	48.086

Die Auswertung ergibt, dass im dokumentierten Zeitraum im BW Ewald/Schlägel & Eisen insgesamt 48.086 t Reststoffe verbracht wurden. Bei den Reststoffen handelt es sich um Sprühabsorption, Trockenadditive, Wirbelschichtasche, RAA-Schlamm und Elektrofilterasche.

Die in den Quartalsmeldungen und -berichten dokumentierte Massen an Sprühabsorption, Trockenadditiv und Wirbelschichtasche stimmen überein. Unterschiede wurden bei der Masse an RAA-Schlamm und Elektrofilterasche festgestellt.

In der Quartalsmeldung zur Reststoffverbringung in der KO-Strecke N7 der 7. Sohle des BW Ewald/Schlägel & Eisen vom 10.05.1994 ist aufgeführt, dass vom 21.12.1993 bis

zum 31.12.1993 36 t RAA-Schlamm und 0 t Elektrofilterasche im Bohrloch „Alter Mann MM 250“ verbracht wurde. Im 4. Quartalsbericht des Jahres 1993 vom 16.02.1994 ist wiederum dokumentiert, dass im selben Zeitraum im selben Bohrloch 0 t RAA-Schlamm und 36 t Elektrofilterasche verbracht wurde. Welche der beiden Angaben korrekt ist bzw. wie es zu dieser Abweichung in den Angaben gekommen ist, ist zum heutigen Zeitpunkt nicht mehr nachvollziehbar. Die fragliche Masse von 36 t ist jedoch im Vergleich zur verbrachten Gesamtreststoffmasse unerheblich.

Tabelle 38 vergleicht die anhand der verfügbaren Datengrundlage errechneten Reststoffmassen mit denen, die im Bericht der Landesregierung NRW zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken (MWEIMH & MKULNV 2013) genannt werden.

Tabelle 38 Vergleich der auf Basis der Quartalsmeldungen/-berichte berechneten immissionsneutral verbrachten Reststoffmassen mit den Reststoffmassen, die im Bericht der Landesregierung NRW zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken (MWEIMH & MKULNV 2013) genannt werden.

	1992 [t]	1993 [t]	1994 [t]	1995 [t]	1996 [t]	1997 [t]	Summe [t]	Summe 1992 bis 1996 [t]
Quartalsmeldungen/-berichte	5.038	15.574	3.499	18.010	5.965	*)	48.086	48.086
MWEIMH & MKULNV (2013)	5.038	15.574	3.500	18.021	3.380	99.891	145.404	45.513

*) keine Datengrundlage vorhanden

Dieser Vergleich zeigt, dass die auf Basis der Quartalsmeldungen/-berichte berechneten Massen in den Jahren 1992 bis 1995 nur minimal von den im Bericht der Landesregierung NRW genannten Massen abweichen (1994 und 1995) bzw. mit diesen identisch sind (1992 und 1993). Für das Jahr 1996 ergab die Auswertung der Quartalsmeldungen/-berichte eine um den Faktor ca. 1,8 höhere Masse an verbrachten Reststoffen. Für das Jahr 1997 liegen dem Gutachter keine Quartalsmeldungen/-berichte vor. Daher ist für dieses Jahr kein Vergleich möglich.

4.4 Zustand der Bruchhohlraumverfüllungen

4.4.1 Vollständiger Einschluss

Im Detailbericht 3 zum Teil 1 des Gutachtens wurde diese Frage eingehend behandelt. Dabei wurden auch Erkenntnisse aus Untersuchungen im BW Walsum verwendet. Das diesem Zwischenbericht zugrundeliegende eingehende Aktenstudium erbrachte keine neuen Erkenntnisse.

4.4.2 Immissionsneutrale Verbringung

Nach den „Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen als Versatz unter Tage (Technische Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Abfällen als Versatz, 1996)“ ist grundsätzlich zwischen nicht erhärtendem und erhärtendem Versatz zu unterscheiden.

Im Gegensatz zum Reststoffversatz nach dem Prinzip des vollständigen Einschluss, bei dem es sich um erhärtenden Versatz handelt, ist die immissionsneutrale Verbringung der nicht erhärtenden Versatzart zugeordnet. Für nicht erhärtenden Versatz gilt:

Nicht erhärtender Versatz „erfüllt zunächst nur die Aufgabe der Hohlraumminimierung“. „Nicht erhärtender Versatz erfüllt seine stützende Funktion gegenüber dem Deckgebirge erst infolge der Konvergenz des Gebirgskörpers bzw. durch eigene Verdichtung“ (TR Versatz 1996).

Aufgrund dieser Eigenschaften der immissionsneutralen Reststoffe als nicht erhärtender Versatz ist in der Folge keine Überprüfung der Erhärtung bzw. des Zustands dieser Reststoffe erforderlich.

4.5 Störfälle während des Betriebs

Die Bewertung der Störfälle während des Betriebs der Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation beruht auf der Auswertung der zugehörigen Berichterstattung (Abschluss-, Quartals-, Zwischen- und Sachstandsberichte).

Die in den Bergwerken aufgetretenen Störfälle wurden ausführlich dokumentiert. So werden einige der Störfälle zum Teil mehrfach auf verschiedenen Ebenen der Berichterstattung erwähnt und beschrieben.

In den meisten Fällen wurden die Störungsfälle durch Materialversagen verursacht. Beispielsweise kam es zu Reststoffaustritten durch das Platzen von Schläuchen bzw. Undichtigkeiten von Rohrleitungen, Klappen oder Dämmen. Außerdem sind Wasseraustritte durch defekte Pumpen dokumentiert. Zum Teil wurden Störfälle aber auch durch das verfrühte Verfestigen der Suspension verursacht.

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

4.6 Zusammenfassende Bewertung und Diskussion der Ergebnisse

Die Auswertung der Abschlussberichte der BW Walsum und Hugo/Consolidation ergibt, dass im BW Walsum insgesamt ca. 387.677 t und im BW Hugo/Consolidation ca. 182.180 t Reststoffe unter Tage verbracht wurde.

Dabei handelt es sich überwiegend um Rückstände aus Hausmüllverbrennungsanlagen (HMVA-Rückstände: BW Walsum: 291.746 t, BW Hugo/Consolidation: 87.080 t) und Schlämme aus der Rauchgas-Abwasser-Aufbereitung (RAA-Schlämme: BW Walsum: 56.183 t). Rauchgasreinigungsprodukte werden in den Abschlussberichten des BW

Hugo/Consolidation textlich aufgeführt, jedoch werden keine dezidierten Massen angegeben.

Es wurde ein Vergleich der mithilfe der Abschlussberichte bilanzierten verbrachten HMVA- und RAA-Schlamm-Massen der BW Walsum, Hugo/Consolidation und Haus Aden/Monopol mit den Massenangaben zu „besonders überwachungsbedürftige Abfälle im vollständigen Einschluss“, die durch das MWEIMH & MKULNV (2013) genannt werden, durchgeführt.

Der Vergleich ergibt, dass für die einzelnen Bergwerke zwar Unterschiede bestehen, dass die insgesamt ermittelte Summe an bergbaufremden Reststoffen, die nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses verbraucht wurden, höchst vergleichbar zu den Massenangaben in MWEIMH & MKULNV (2013) sind.

Analog zum 1. Teil des Gutachtens wurde für die BW Walsum und Hugo/Consolidation das über die HMVA-Rückstände verbrachte Metallinventar an Blei, Cadmium und Zink berechnet. Hierzu wurden mittlere Konzentrationen der jeweiligen Metalle auf Basis der in der verfügbaren Berichterstattung der BW enthaltenen Reststoffanalysen bestimmt und mit den laut Abschlussberichten in den BW verbrachten HMVA-Massen verrechnet. Demzufolge wurden im BW Walsum 5.330 t und im BW Hugo/Consolidation 1.227 t der drei genannten Schwermetalle verbraucht.

Da für das BW Walsum zusätzlich zu den Reststoffanalysen aus der gängigen Berichterstattung (Abschluss-/ Quartalsberichte etc.) Deklarationsanalysen der Reststoffe aus zugehörigen Verwertungs- und Entsorgungsnachweise zur Verfügung stehen, wurden diese ergänzend hinzugezogen und ausgewertet, um die anhand der Reststoffanalysen aus der Berichterstattung des BW Walsum ermittelten mittleren Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentrationen der verbrachten HMVA-Rückstände zu überprüfen. Dieser Vergleich zeigt, dass die ermittelten mittleren Metallkonzentrationen unabhängig von der verwendeten Datengrundlage in einem vergleichbaren Größenbereich liegen.

Um ein mögliches Gefährdungspotential der verbrachten RAA-Schlämme bewerten zu können, wurden RAA-Schlamm-Analysen, die für das BW Walsum zur Verfügung standen, hinsichtlich der mittleren Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentration untersucht und das zugehörige Metallinventar der im BW Walsum verbrachten RAA-Schlämme berechnet. Die Auswertung ergab, dass die mittleren Konzentrationen an Blei, Cadmium und Zink in den RAA-Schlämmen deutlich geringer sind als die Konzentrationen, die für die verbrachten HMVA-Rückstände ermittelt wurden. Insgesamt wurden im BW Walsum ca. 107 t der genannten Metalle über die RAA-Schlämme verbraucht. Somit ist der Metalleintrag durch die RAA-Schlämme im Vergleich zum Eintrag durch die HMVA-Rückständen als untergeordnet zu bewerten.

Die Bewertung des Zustands der Bruchhohlraumverfüllung nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses wurde im 1. Teil des Gutachtens im Detailbericht 3 eingehend durchgeführt. Die Auswertung der Datenbasis im 2. Teil des Gutachtens ergab diesbezüglich keine neuen Erkenntnisse.

Aufgrund dessen, dass immissionsneutrale Reststoffe als nicht erhärtender Versatz einzuordnen sind, ist keine Überprüfung der Erhärtung bzw. des Zustands dieser Reststoffe erforderlich.

Die in den BW Walsum und Hugo/Consolidation aufgetretenen Störfälle während des Betriebs wurden in der Berichterstattung der Bergwerke ausführlich dokumentiert. Die

Störfälle traten meist in der Folge von Materialversagen und zum Teil durch verfrühtes Verfestigen der eingebrachten Suspension auf. Ausgetretene Stoffe wurden umgehend aufgenommen und dem Versatzbetrieb erneut zugeführt bzw. entsorgt. Die ausgetretenen Volumina sind nicht relevant im Vergleich zur verbrachten Reststoffgesamtmasse.

Eine Bilanzierung der Reststoffmassen, die nach dem Prinzip der immissionsneutralen Verbringung in den Bergwerken verbracht wurden, ist auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Datenbasis nicht bzw. nur eingeschränkt, d. h. für gewisse Zeitabschnitte, möglich. **Daher konnte für die Bergwerke keine Gesamtbilanz der immissionsneutral verbrachten Reststoffe erstellt werden. Aufgrund der fehlenden Massenbilanz war eine Berechnung des zugehörigen Metallinventars nicht möglich.**

5 Literatur

AbfG (1986): Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallgesetz – AbfG). – Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1986, Teil I, Nr. 44: 1410-1420; Bonn.

Abfallverzeichnis-Verordnung (2001): Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung-AVV). – 31 S.

Bezirksregierung Arnsberg (2013): Ergebnisse Sondermessprogramm Grubenwassereinleitungen 2013 Steinkohle Ruhrrevier.

Jäger, B., Obermann, P. & Wilke, F. L. (1990): Studie zur Eignung von Steinkohlenbergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlenbezirk zur Untertageverbringung von Abfall- und Reststoffen. – „Machbarkeitsstudie“, Bd. 1-4: 795 S., 55 Zeichnungen als Anlage; Düsseldorf (im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW).

MWEIMH & MKULNV (2013): Erkenntnisse zum Zustand des Grund- und Oberflächenwassers im Bereich von Steinkohlenbergwerken, in denen bergbaufremde Abfälle eingesetzt wurden; Einsatz bergbaufremder Abfälle in Steinkohlenbergwerken. – Bericht: 26 S.; Düsseldorf (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen; Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen).

TR Versatz (1996): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen als Versatz unter Tage – Technische Regeln für den Einsatz von Bergbaufremden Abfällen als Versatz (Länderausschuß Bergbau). – 80 S.

Wedewardt, M. (1995): Hydrochemie und Genese der Tiefenwässer im Ruhr-Revier. – Dissertation: 250 S., 60 Abb., 10 Tab, 2 Anl.; Bonn (Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn).

zeitgleich erschienen in:

Wedewardt, M. (1995): Hydrochemie und Genese der Tiefengewässer im Ruhr Revier. – DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, 39: 250 S., 60 Abb., 10 Tab, 2 Anl.; Bochum (DMT).

gez. Rüde

Univ.-Prof. Dr. Thomas R. Rüde

Aachen, Mai 2018

Anhang 1

Tabelle 1 Originaldaten für Mittelwertsberechnung Bergwerk Hugo/Consolidation

Probenbezeichnung		C1	C2	C3
Entnahmedatum		11.05.1992	04.08.1993	04.08.1993
Entnahmestelle		Consolidation Revier 23, 10. S. NO105, Fl. Dickebank 1/2, Kopfst.	Consolidation Unser Fritz 4, NO 105 QU, GB nach Fl. Dickebank	Consolidation Unser Fritz 4, 10. S. Richtstrecke
r-Wert		2579419	2579273	2578417
h-Wert		5712930	5712693	5711930
Tiefe	m NN	-1.132,5	-1.080	-1.054,2
Temperatur (in situ)	°C	47,5	38	58
pH		6,9	6,88	6,26
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	160.000	141.500	162.100
Abdampfdruckstand	mg/L	153.000	124.700	149.500
Dichte	g/mL	1,0879	1,078	1,093
Zufluss	L/min	10	1	
freies CO ₂	mg/L		22	25
aggressives CO ₂	mg/L	16	<1	11
Natrium	mg/L	43.800	36.100	44.500
Kalium	mg/L	615	469	616
Calcium	mg/L	5.490	4.380	5.430
Magnesium	mg/L	1.380	1.050	1.120
Strontium	mg/L	680	529	547
Barium	mg/L	1.300	1.000	911
Ammonium	mg/L	52	39	71
Bor	mg/L	2,4	4,1	6,6
Silizium	mg/L	11	5,1	9,1

Probenbezeichnung		C1	C2	C3
Chlorid	mg/L	80.200	68.000	82.800
Sulfat	mg/L	<5	<5	<5
Hydrogencarbonat	mg/L	87	127	115
Nitrat	mg/L	<10	43	45
Iodid	mg/L	5,3	3,2	3,2
Bromid	mg/L	102	83	100
Aluminium	mg/L	<0,5	<0,1	<0,1
Arsen	mg/L	<0,003	0,004	<0,002
Cadmium	mg/L	<0,01	<0,05	<0,05
Chrom	mg/L	<0,01	<0,05	<0,05
Kupfer	mg/L	<0,02	<0,05	<0,05
Eisen	mg/L	<0,1	9,2	23
Quecksilber	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Lithium	mg/L	22	31,9	47,1
Mangan	mg/L	2,64	2,7	2,6
Molybdän	mg/L			
Nickel	mg/L	0,14	0,07	<0,05
Blei	mg/L		<0,1	0,6
Selen	mg/L			
Vanadium	mg/L			
Zink	mg/L	0,33	0,57	0,4
Tritium	TU		2,5	0,3
Deuterium	‰		-30,2	-26,1
Sauerstoff-18	‰		-4	-3,27

Tabelle 2 Originaldaten für die Mittelwertsberechnung Bergwerk Walsum

Probenbezeichnung		V5	V6	V7	W1
Entnahmedatum		20.10.1993	20.10.1993	21.10.1993	05.03.1992
Entnahmestelle		Walsum Scht. Voerde, 4. S., GB nach Scht. Rheinberg, St. 624	Walsum Scht. Voerde, 4. S., nördl. Basisstr., N- 81/83, St. 872	Walsum Scht. Voerde, 4. S., westl. Basis, Zollverein 7/8, GB Bunker 7, St. 2215	Walsum Scht. Franz, 4. S., Fl. Anna, KA-Str., St. 1015
r-Wert		2542050	2542500	2546370	2547292
h-Wert		5717220	5717135	5712335	5707500
Tiefe	m NN	-796	-768	-789	-827
Temperatur (in situ)	°C	20	20	28	26
pH		7,52	7,2	7,19	7,03
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	157.600	150.500	157.100	138.000
Abdampfdruckstand	mg/L	134.100	129.200	133.700	129.800
Dichte	g/mL	1,0865	1,0847	1,0873	
Zufluss	L/min				
freies CO ₂	mg/L	13	22	16	
aggressives CO ₂	mg/L			13	
Natrium	mg/L	47.300	42.300	44.700	48.900
Kalium	mg/L	812	572	622	565
Calcium	mg/L	1.620	2.840	1.850	252
Magnesium	mg/L	758	1.030	704	153
Strontium	mg/L	25	70	36	27
Barium	mg/L	1,2	0,14	184	4,4
Ammonium	mg/L	1,2	0,5	17	36
Bor	mg/L	2,86	4,22	1,84	
Silizium	mg/L	2,5	1,1	3,6	
Chlor	mg/L	76.400	72.000	76.300	77.100

Probenbezeichnung		V5	V6	V7	W1
Sulfat	mg/L	420	2.570	25	76
Hydrogencarbonat	mg/L	125	143	99	92
Nitrat	mg/L	45	25	14	
Iodid	mg/L	2,8	2,3	2,5	
Bromid	mg/L	61	60	61	
Aluminium	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	
Arsen	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cadmium	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	
Chrom	mg/L	0,06	<0,05	0,06	<0,01
Kupfer	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01
Eisen	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1
Quecksilber	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005	
Lithium	mg/L	2,2	3,8	5,4	16
Mangan	mg/L	0,12	1,1	0,34	1,2
Molybdän	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	
Nickel	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	0,04
Blei	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,01
Selen	mg/L	<0,005	<0,005	<0,005	
Vanadium	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	
Zink	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,01
Tritium	TU		0	0	
Deuterium	‰	-18,4	-16,8	-22,4	
Sauerstoff-18	‰	-2,91	-2,83	-3,687	

Anhang 2

Tiefengrundwasserzusammensetzungen und Grenzwerte, die zum Vergleich herangezogen wurden (siehe Kap. 2.6).

Tabelle 1

		Wedewardt (1995) Originaldaten											
		Tiefenbereich > 1000 m			Tiefenbereich 800 - 1000 m			Tiefenbereich 600 - 800 m			Tiefenbereich < 600 m		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
pH		3,62	7,11	6,31	3,83	8,54	6,69	4,88	8,07	7,04	7,07	7,69	7,40
spez.elek. Lfk.	µS/cm	46500	217000	162087,88	1194	207000	134781,02	5620	157600	112141,25	2120	94500	41331,67
Abdampfdruckstand	mg/L	31100	232500	154657,58	15260	229000	120466,98	3360	144200	91873,13	1384	68660	28589,00
Dichte	g/mL	1,0192	1,1399	1,09	1,0097	1,1358	1,07	0,9992	1,0873	1,06	0,9986	1,0431	1,02
Na	mg/L	9010	73000	45576,06	3850	65600	37340,57	884	47300	29065,13	109	20800	8711,08
K	mg/L	18	828	478,76	66	1180	444,09	22	812	368,25	5,3	263	132,69
Ca	mg/L	600	11300	5789,45	252	9090	4036,96	194	5660	2825,47	125	2270	804,83
Mg	mg/L	40	2740	1481,15	153	2200	1110,89	77	2200	964,44	17	679	283,92
Sr	mg/L	26	1380	643,67	4,8	1530	383,25	5,6	1140	265,33	2,8	764	167,70
Ba	mg/L	0,32	2550	832,30	0,3	2460	497,26	0,05	1860	246,88	0,01	119	25,41
NH ₄	mg/L	0,08	95	53,94	1	111	32,81	0,11	56	17,07	0,09	25	8,43
B	mg/L	0,53	8,1	3,80	0,1	11	3,77	0,48	10,4	3,87	2,4	8,2	5,49
Si	mg/L	0,7	11	4,29	1,3	15	5,10	0,5	10	3,56	0,5	7,6	4,49
Cl	mg/L	16400	128000	85127,27	8100	124000	67611,32	1550	79000	51467,19	157	39000	14912,75
SO ₄	mg/L	5	3490	355,06	5	3500	399,06	5	4820	1293,41	5	4460	772,00
HCO ₃	mg/L	1	298	70,88	1	400	133,38	4	371	137,16	128	1570	420,92
NO ₃	mg/L	5	110	29,52	5	174	31,05	1	170	31,38	0,13	66	21,69
J	mg/L	0,01	27	6,78	0,1	50	6,86	0,05	23	6,17	0,4	7	2,55

Br	mg/L	28	256	106,36	4	151	89,37	4,3	103	69,01	0,35	54	22,49
Al	mg/L	0,01	0,8	0,49	0,1	5	0,65	0,01	1	0,53	0,01	0,5	0,38
As	mg/L	0,001	0,005	0,00285	0,001	0,005	0,0027	0,001	0,007	0,00309	0,001	0,007	0,0041
Cd	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,02	0,05	0,05	0,001	0,05	0,05	0,02	0,05	0,04
Cr	mg/L	0,01	0,26	0,04	0,01	0,1	0,05	0,01	0,06	0,05	0,02	0,05	0,04
Cu	mg/L	0,02	0,15	0,06	0,01	0,27	0,06	0,01	0,15	0,07	0,02	0,14	0,08
Fe	mg/L	0,01	101	25,54	0,1	158	15,89	0,01	77	10,20	0,01	6,8	1,47
Hg	mg/L	0,0005	0,001	0,00	0,0005	0,001	0,00	0,0005	0,001	0,00	0,0005	0,001	0,00
Li	mg/L	0,4	62	22,25	1,5	53	15,94	0,5	19	7,94	0,01	8,2	3,21
Mn	mg/L	0,58	8,6	3,28	0,05	12,8	2,93	0,05	11	1,72	0,01	1	0,25
Mo	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ni	mg/L	0,05	0,14	0,05	0,005	0,62	0,08	0,03	0,05	0,05	0,02	0,05	0,05
Pb	mg/L	0,01	0,6	0,35	0,01	0,6	0,39	0,01	0,5	0,40	0,01	0,5	0,35
Se	mg/L	0,005	0,006	0,01	0,005	0,01	0,01	0,005	0,009	0,005	0,005	0,005	0,01
V	mg/L	0,005	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Zn	mg/L	0,01	2	0,18	0,01	32	1,21	0,01	1,9	0,18	0,01	3	0,28

Tabelle 2

		Wedewardt (1995) ohne Ausreißer											
		Tiefenbereich > 1000 m			Tiefenbereich 800 - 1000 m			Tiefenbereich 600 - 800 m			Tiefenbereich < 600 m		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
pH		3,62	6,93	6,233333	3,83	8,54	6,617674	4,88	7,59	6,938148	7,07	7,69	7,369
spez.elek. Lfk.	µS/cm	124400	217000	179657,1	1194	207000	146569,6	70400	157600	122277,8	2120	94500	45168
Abdampfdruckstand	mg/L	103600	232500	177490,5	56200	229000	133602,8	52800	144200	101250,7	1384	68660	31307,8
Dichte	g/mL	1,0632	1,1399	1,106971	1,037	1,1358	1,082727	1,034	1,0873	1,065189	0,9986	1,0431	1,01829
Na	mg/L	30000	73000	52380,95	17500	65600	41176,74	15300	47300	32029,63	109	20800	9503,3

K	mg/L	290	828	541,381	66	1180	490,7674	120	812	393,0741	5,3	260	125,43
Ca	mg/L	600	11300	6730,952	252	9090	4542,651	1620	5660	3132,593	125	2270	859,5
Mg	mg/L	1050	2740	1607,619	153	13808	1507,605	640	2200	1050,074	17	679	292,2
Sr	mg/L	83	1380	783,7619	4,8	1530	403,5651	5,6	1140	298,6519	2,8	764	200,06
Ba	mg/L	0,47	2550	1144,894	0,3	2460	578,5144	0,05	1860	280,9619	0,2	119	32,65714
NH ₄	mg/L	29	95	67,04762	1	111	35,77442	0,5	56	18,95926	0,09	25	9,99625
B	mg/L	1,7	8	4,110952	0,1	11	3,669524	0,48	10,4	4,155185	2,4	8	5,442857
Si	mg/L	0,7	11	4,338095	1,3	13	4,97381	0,5	10	3,576923	0,5	7,6	4,66
Cl	mg/L	58400	128000	97776,19	33500	124000	74672,09	25300	79000	56781,48	157	39000	16600,4
SO ₄	mg/L	5	3040	195,619	5	3500	449,2	5	4580	1326,583	5	1850	368,9
HCO ₃	mg/L	1	212	66,04762	1	400	115,9767	4	269	117,7407	128	1570	427,5
NO ₃	mg/L	5	110	19,9619	5	174	28,9	3,3	170	33,3963	0,13	66	22,643
J	mg/L	0,85	16	6,064286	0,1	50	7,066667	0,05	23	6,490741	1,1	7	2,87
Br	mg/L	73	256	112,9524	4	151	97,19048	44	103	75,92593	0,35	54	24,623
Al	mg/L	0,1	0,8	0,480952	0,1	5	0,688095	0,1	1	0,534615	0,1	0,5	0,42
As	mg/L	0,001	0,005	0,002476	0,001	0,005	0,002535	0,001	0,007	0,003	0,002	0,007	0,0046
Cd	mg/L	0,01	0,05	0,048095	0,05	0,05	0,05	0,001	0,05	0,046519	0,02	0,05	0,041
Cr	mg/L	0,01	0,26	0,072857	0,01	0,1	0,054419	0,01	0,1	0,055556	0,02	0,05	0,041
Cu	mg/L	0,02	0,05	0,048571	0,01	0,27	0,065581	0,01	0,15	0,068148	0,02	0,14	0,087
Fe	mg/L	0,1	101	27,30476	0,1	158	17,3907	0,5	77	11,43333	0,1	3,8	1,09
Hg	mg/L	0,0005	0,001	0,000571	0,0005	0,001	0,000595	0,0005	0,001	0,000685	0,0005	0,001	0,00085
Li	mg/L	7,4	62	28,52381	1,5	53	17,35581	2,2	19	8,559259	0,1	8,2	3,77
Mn	mg/L	0,58	8,18	3,193333	0,05	12,8	3,223488	0,05	11	1,936296	0,05	1	0,202
Mo	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Ni	mg/L	0,05	0,14	0,057619	0,02	0,62	0,084186	0,03	0,05	0,049259	0,02	0,05	0,047
Pb	mg/L	0,1	0,6	0,365	0,01	0,6	0,386279	0,02	0,5	0,404074	0,1	0,5	0,39
Se	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,005043	0,005	0,009	0,005211	0,005	0,005	0,005
V	mg/L	0,005	0,05	0,04625	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Zn	mg/L	0,05	2	0,238571	0,01	32	1,472558	0,05	1,9	0,212593	0,01	3	0,343
----	------	------	---	----------	------	----	----------	------	-----	----------	------	---	-------

Tabelle 3

		Wedewardt (1995) mit Ausreißern, ohne Werte kleiner Nachweisgrenze											
		Tiefenbereich > 1000 m			Tiefenbereich 800 - 1000 m			Tiefenbereich 600 - 800 m			Tiefenbereich < 600 m		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
pH		3,62	7,11	6,305152	3,83	8,54	6,686415	4,88	8,07	7,044375	7,07	7,69	7,404167
spez.elek. Lfk.	µS/cm	46500	217000	162087,9	1194	207000	134781	5620	157600	112141,3	2120	94500	41331,67
Abdampfdruckstand	mg/L	31100	232500	154657,6	15260	229000	120467	3360	144200	91873,13	1384	68660	28589
Dichte	g/mL	1,0192	1,1399	1,094203	1,0097	1,1358	1,074453	0,9992	1,0873	1,058922	0,9986	1,0431	1,016892
Na	mg/L	9010	73000	45576	3850	65600	37341	884	47300	29065	109	20800	8711
K	mg/L	18	828	479	66	1180	444	22	812	368	5	263	133
Ca	mg/L	600	11300	5789	252	9090	4037	194	5660	2825	125	2270	805
Mg	mg/L	40	2740	1481	153	2200	1111	77	2200	964	17	679	284
Sr	mg/L	26	1380	644	5	1530	383	6	1140	265	3	764	168
Ba	mg/L	0,32	2550	832,2979	0,3	2460	497,2611	0,05	1860	272,3976	0,2	119	37,93333
NH ₄	mg/L	0,08	95	53,94	1	111	32,80566	0,11	56	18,17633	0,09	25	8,43
B	mg/L	0,53	8,1	3,8	0,4	11	3,843529	0,48	10,4	3,865313	2,4	8,2	5,486667
Si	mg/L	0,7	11	4,287879	1,3	15	5,1	1	10	3,666667	0,5	7,6	4,491667
Cl	mg/L	16400	128000	85127,27	8100	124000	67611,32	1550	79000	51467,19	157	39000	14912,75
SO ₄	mg/L	5	3490	646,7778	15	3500	683,8966	7	4820	1872,95	11	4460	841,7273
HCO ₃	mg/L	2	298	75,3871	2	400	141,32	4	371	137,1563	128	1570	420,9167
NO ₃	mg/L	8,7	110	43,21	5	174	36,50698	3,3	170	34,93929	0,13	66	23,20273
J	mg/L	0,85	27	6,995313	0,8	50	6,996078	0,32	23	6,371613	0,4	7	2,55
Br	mg/L	28	256	106,3636	4	151	89,36538	4,3	103	69,00938	0,35	54	22,48583
Al	mg/L	0,5	0,8	0,68	0,5	0,8	0,625	0,6	1	0,733333	-	-	-
As	mg/L	0,003	0,004	0,0035	0,003	0,003	0,003	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007

Cd	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	mg/L	0,06	0,26	0,133333	0,05	0,06	0,055	0,06	0,06	0,06	-	-	-
Cu	mg/L	0,1	0,15	0,12	0,06	0,27	0,151667	0,08	0,15	0,115455	0,11	0,14	0,126667
Fe	mg/L	0,3	101	26,34063	0,1	158	18,67778	0,8	77	14,63636	0,15	6,8	2,307143
Hg	mg/L	-	-	-	0,0005	0,0005	0,0005	-	-	-	-	-	-
Li	mg/L	0,4	62	22,24545	1,5	53	15,93774	0,5	19	7,9375	0,1	8,2	3,5
Mn	mg/L	0,58	8,6	3,283939	0,05	12,8	2,932642	0,12	11	1,895517	0,06	1	0,46
Mo	mg/L	-	-	-	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-
Ni	mg/L	0,07	0,14	0,103333	0,02	0,36	0,129231	0,03	0,05	0,045	-	-	-
Pb	mg/L	0,6	0,6	0,6	0,1	0,5	0,3	0,04	0,04	0,04	-	-	-
Se	mg/L	0,005	0,006	0,0055	0,005	0,01	0,006429	0,009	0,009	0,009	-	-	-
V	mg/L	-	-	-	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-	-	-
Zn	mg/L	0,05	2	0,326667	0,01	32	2,5675	0,03	1,9	0,513333	0,06	3	1,53

Tabelle 4

		geogene Hintergrundwerte nach Wedewardt											
		Tiefenbereich > 1000 m			Tiefenbereich 800 - 1000 m			Tiefenbereich 600 - 800 m			Tiefenbereich < 600 m		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
pH		3,62	7,11	6,28	3,83	8,54	6,79	4,88	8,07	6,99	6,66	11,2	7,64
spez.elek. Lfk.	µS/cm	46500	217000	162000	2130	207000	123954	373	157600	106590	1360	94500	24379
Abdampfdruckstand	mg/L	31100	232500	156241	1520	229000	108253	200	144200	86987	840	68660	15542
Dichte	g/mL	1,0192	1,1399	1,0949	0,999	1,1358	1,0669	0,9988	1,0873	1,0563	0,9983	1,0431	1,0093
Na	mg/L	9010	73000	46082	202	65600	33551	32	47300	27382	99	20800	5142
K	mg/L	18	828	484	25	1180	401	5,8	812	337	6,8	336	72
Ca	mg/L	1520	11300	6177	79	9090	3696	22	5660	2649	28	2270	510
Mg	mg/L	40	2740	1489	37	2200	1009	1,9	2200	894	0,2	731	177

Sr	mg/L	26	1380	638	202	1530	350	0,34	1140	245	1,3	764	82
Ba	mg/L	0,32	2550	839	0,29	2460	452	0,05	1860	231	0,1	119	24
NH ₄	mg/L	0,08	95	54	0,01	111	30	0,04	56	16,7	0,01	25	6,6
B	mg/L	0,53	8	3,7	0,2	11	3,6	0,48	10,4	3,6	0,07	10	3,5
Si	mg/L	0,7	11	4,3	1,3	15	5,4	0,54	10	3,6	0,3	8,7	4,1
Cl	mg/L	16400	128000	86003	411	124000	60744	70	79000	48939	66	39000	8814
SO ₄	mg/L	5	3490	684	8	3500	591	7	4820	1409	9	4460	440
HCO ₃	mg/L	2	298	75	2	793	192	4	514	146	15	1570	422
NO ₃	mg/L	8,7	110	43	1,3	174	34,1	3,3	170	32,2	0,13	66	11,5
J	mg/L	0,85	27	7,12	0,5	50	6,6	0,32	23	5,7	0,06	7	1,7
Br	mg/L	28	256	107	0,88	151	80	0,4	120	67,4	0,4	54	14,1
Al	mg/L	0,5	0,8	0,68	0,5	0,8	0,625	0,6	1	0,73	0,08	0,08	0,08
As	mg/L	0,003	0,004	0,0035	0,003	0,003	0,003	0,007	0,007	0,007	0,001	0,007	0,005
Cd	mg/L	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,002	0,005	0,004
Cr	mg/L	0,06	0,26	0,13	0,05	0,06	0,055	0,06	0,06	0,06	0,02	0,22	0,12
Cu	mg/L	0,1	0,15	0,12	0,06	0,27	0,15	0,02	0,15	0,11	0,01	0,3	0,14
Fe	mg/L	0,3	101	26,6	0,01	158	18,7	0,72	160	20,7	0,04	47	3,91
Hg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Li	mg/L	0,4	62	22,6	0,2	53	14,4	0,5	19	7,8	0,07	8,2	1,76
Mn	mg/L	0,58	8,6	3,35	0,07	12,8	2,7	0,12	91	4,27	0,02	4,2	0,49
Mo	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,48	0,425
Ni	mg/L	0,07	0,14	0,1	0,04	0,62	0,19	0,02	0,1	0,05	0,06	0,15	0,085
Pb	mg/L	0,6	0,6	0,6	0,3	0,6	0,45	0,04	0,04	0,04	0,021	0,04	0,029
Se	mg/L	0,005	0,006	0,0055	0,005	0,01	0,007	0,009	0,009	0,0099	-	-	-
V	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	mg/L	0,05	2	0,33	0,05	32	2,04	0,03	117	9,88	0,01	3	0,24

Tabelle 5

		Consolidationswasser	Technische Anforderungen	
		Lösungswasser II aus Zeche Consolidation Entnommen, Schacht 4, 11. Sohle; 1210 m Teufe	Anforderungen nach Anlage 2 Tabelle 2 VerstzV 2012 [Eluatwert]	Anforderungen für immissionsneutrale Verbringung (Zuordnungswert V1) nach Tabelle I6.9.2.2 TR Versatz 1996
pH		5,57		-
spez.elek. Lfk.	µS/cm	>200	500	50000
Abdampfdruckstand	mg/L	254878,00	-	-
Dichte	g/mL	-	-	-
		-	-	-
Na	mg/L	75750,00	-	-
K	mg/L	1678,00	-	-
Ca	mg/L	10825,00	-	-
Mg	mg/L	1335,00	-	-
Sr	mg/L	490,00	-	-
Ba	mg/L	13,20	-	-
NH ₄	mg/L	75,10	-	-
B	mg/L	-	-	-
Si	mg/L	-	-	-
Cl	mg/L	150000,00	-	-

SO ₄	mg/L	< 5	-	-
HCO ₃	mg/L	-	-	-
NO ₃	mg/L	-	-	-
J	mg/L	-	-	-
Br	mg/L	-	-	-
Al	mg/L	-	-	-
As	mg/L	< 0,001	0,01	0,5
Cd	mg/L	0,01	0,005	0,1
Cr	mg/L	-	0,05	k,A,
Cu	mg/L	-	0,05	5
Fe	mg/L	65,50		
Hg	mg/L	-	0,001	0,02
Li	mg/L	195,00	-	-
Mn	mg/L	7,35	-	-
Mo	mg/L	-	-	-
Ni	mg/L	-	0,05	1
Pb	mg/L	0,20	0,025	1
Se	mg/L	-	-	-
V	mg/L	-	-	-
Zn	mg/L	0,01	0,5	5
Cr IV		-	0,008	0,1
Cn gesamt		0,05	k,A,	-

Vergleich Wedewardt ohne Ausreißer mit geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt

Viele Elemente unterscheiden sich in Hinblick auf Minimum oder Maximum von den geogenen Hintergrundwerten in verschiedenen Tiefenbereichen. Diese Unterschiede fallen meist relativ klein aus und führen in der Mehrheit zu leicht höheren Maxima, was einer Verbringung von Reststoffen mit höheren Schwermetallgehalten entspricht. Besonders in den Tiefenbereichen von >1000 und 600-800m fallen alle abweichenden Maxima höher aus.

Die meisten Unterschiede finden sich jedoch in der Angabe der Minima, bei der die Mehrheit kleineren Werten entspricht, als die geogenen Hintergrundwerte wiedergeben. Hierfür ist das Weglassen der Werte, die unter der Nachweisgrenze liegen, verantwortlich.

Die stärksten Unterschiede liegen in den Konzentrationen von Na, Cl und Mg, wobei auch NH_4 , Ca, K, HCO_3 , J, B, Cu, Fe, Mn und Zn einzelne stark abweichende Werte aufweisen.

Vergleich Wedewardt mit Ausreißer mit geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt

Auch hier unterscheiden sich die Konzentrationen vieler Elemente in den jeweiligen Tiefenbereichen stark von den geogenen Hintergrundwerten, jedoch stimmen die Maxima der Elemente häufiger überein, als die Minima.

>1000 m

Für den Tiefenbereich >1000 m fallen sämtliche abweichenden Minima kleiner aus als die geogenen Hintergrundwerte. Für die Maxima weichen lediglich As und B ab, beide fallen größer aus.

800-1000 m

Bis auf Si und Se weichen sämtliche Minimalkonzentrationen voneinander ab. Sehr starke Abweichungen nach oben gibt es für Na, Ca, Mg und Cl, eine starke Abweichung nach unten für Sr. Der Großteil der Abweichungen weist auf kleinere Minimalkonzentrationen hin. Für die Maximalkonzentrationen stimmt der Großteil der Werte überein. HCO_3 weist kleinere Maximalkonzentrationen auf, die übrigen Abweichungen größere.

600-800 m

Im Bezug auf die Minima stimmen Ba, B, HCO_3 und Li überein. 14 Werte weichen nach oben ab und 11 nach unten, wobei die Abweichungen nach oben für Cl, Abdampfdruckstand und spezifische elektrische Leitfähigkeit sehr erheblich sind.

Bei den Maximalwerten ist der Großteil der Parameter gleich. Starke Abweichung nach unten gibt es bei den Zn- und Fe-Konzentrationen.

<600 m

In diesem Tiefenbereich fallen die Abweichungen der minimalen Werte für fast alle Parameter stark aus. Abweichung nach oben gibt es bei Ca, Mg, Cl und HCO_3 ; Abweichungen nach unten für K, Ba, Al, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb.

Die Maxima sind zum Großteil gleich, Abweichungen nach unten gibt es für die Parameter pH, K, Mg, B, Si, Cr, Cu, Fe, Mn und Mo.

Vergleich Wedewardt-Wasser mit Ausreißern, Werte kleiner Bestimmungsgrenze nicht berücksichtigt mit geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt

>1000 m

Minima und Maxima stimmen in diesem Tiefenbereich überein. Die Mittelwerte für Abdampfdruckstand, Na, K, Ca, Mg, Sr, Ba, Cl, SO_4 , J, Br, Fe, Li, Mn sind jedoch geringfügig niedriger.

800-1000m

In dieser Tiefe sind die Minima der Konzentrationen kleiner für Mn, Ni, Pb, Zn im Vergleich zu den geogenen Hintergrundwerten.

Die Maxima stimmen zum Großteil der Werte überein. Abweichung nach unten gibt es für HCO_3^- ; Ni, Pb.

600-800 m

Bei den Minima gibt es zwischen 600 und 800 m Teufe Abweichungen. Eine Abweichung nach unten gibt es nur für Cd. Dieser Wert kann auf Basis der zur Verfügung stehenden Datengrundlage (Wedewardt 1995) nicht nachvollzogen werden, da sämtliche Werte kleiner Nachweiskonzentrationen sind.

Bei den Maxima gibt es nur nach unten Abweichungen, für HCO_3^- , Fe, Mn und Zn sind diese Abweichungen hoch. Für Br liegt eine Abweichung nach unten vor.

<600 m

Bei den Minima gibt es häufige Abweichung (Al, Cd, Cr, Mo, Ni, Pb, Se), die nach unserer Berechnung nicht nachvollziehbar sind. Die meisten Werte weichen nach oben ab.

Vergleich Consolidationswasser mit später genutzten geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt

Das Consolidationswasser wurde in einer Teufe von 1210 m entnommen und kann dementsprechend lediglich mit den geogenen Hintergrundwerten aus dem Tiefenbereich >1000 m verglichen werden. Die spezifische elektrische Leitfähigkeit ist nicht direkt vergleichbar, da für das Consolidationswasser der Wert >200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ angegeben wird.

Für den Abdampfdruckstand, Na, K, Ca, Cl, Li ergeben sich für die Maxima der geogenen Hintergrundwerte geringere Werte im Vergleich zum Consolidationswasser.

Für As, Pb und Zn liegen die Werte des Consolidationswassers unterhalb der Minima der geogenen Hintergrundwerte.

Die Werte für Mg, Sr, Ba, NH_4 , Fe und Mn des Consolidationswassers liegen im Wertebereich der geogenen Hintergrundwerte.

Vergleich Anforderungen für immissionsneutrale Verbringung (Zuordnungswert V1) nach Tabelle I6.9.2.2 TR Versatz 1996 mit geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt

Ein Vergleich des Zuordnungswertes 1 mit den geogenen Hintergrundwerten nach Wedewardt gestaltet sich dahingehend schwierig, da für den Zuordnungswert keine Tiefe angegeben ist.

Die spezifische elektrische Leitfähigkeit liegt für alle Tiefenbereiche zwischen den Wertespannen der geogenen Hintergrundwerte.

Der Wert für As, Cd, Cu, Ni und Pb oberhalb der Wertebereiche für die geogenen Hintergrundwerte.

Der Wert für Zn liegt für den Tiefenbereich >1000 m und <600 m oberhalb des Wertebereiches der geogenen Hintergrundwerte, für die Tiefenbereiche 800-1000 m und 600-800 m liegt er innerhalb des Wertebereiches der geogenen Hintergrundwerte.

Anhang 3

Analytik der von der Bezirksregierung Arnsberg im Sondermessprogramm „Grubenwassereinleitungen im Ruhrgebiet“ im Jahr 2013 untersuchten Grubenwässer (Bezirksregierung Arnsberg 2013).

Tabelle 1

Gewässer Einzugsgebiet		Ruhr					Lippe		Rhein
Bergwerk		Heinrich	Friedlicher Nachbar	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Ost	Auguste Victoria	Walsum
Wasserhaltungsstandort		Heinrich 3	Friedlicher Nachbar	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Haus Aden (auch Monopol)	Auguste Victoria 3/7	Walsum 1/2
Gemeinde		Essen	Bochum	Bochum	Bochum	Bochum	Bergkamen	Mart	Duisburg
Datum		25.07.2013	25.07.2013	25.07.2013	06.08.2013	14.08.2013	24.07.2013	26.07.2013	13.09.2012
Spez. el. Leitfähigkeit	µS/cm	2620	2580	6410	6330	6320	13300	67900	51200
Temp.	°C	-	-	-	-	-	-	-	-
pH-Wert		7,19	7,18	7,42	7,28	7,19	7,16	6,4	7
Abdampfdruckstand	mg/L	1760	1520	3670	3660	3680	7880	64200	
abfiltrierbare Stoffe	mg/L	305	-	13	24	40	5	50	83
Säurekapazität pH 4,3	mmol/L	9,54	13,98	15,74	16,25	16,3	9,82	1,62	-
Säurekapazität pH 8,2	mmol/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
Arsen	mg/L	0,003	0,022	<0,001	<0,00	<0,001	<0,001	0,005	-
Blei	mg/L	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	0,04
Cadmium	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chrom (gesamt)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chromat (Cr VI)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Kupfer	mg/L	0,06	<0,01	0,03	0,05	0,38	<0,01	<0,01	0,56

Gewässer Einzugsgebiet		Ruhr					Lippe		Rhein
Bergwerk		Heinrich	Friedlicher Nachbar	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Ost	Auguste Victoria	Walsum
Nickel	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	-
Quecksilber	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	-
Zink	mg/L	5,1	0,04	0,18	0,05	0,32	0,27	5,5	0,55
Cyanid, gesamt	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanid, leicht freisetz-bar	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
PAK, gesamt	µg/L	<nwg	<nwg	0,74	3,33	3,08	<nwg	<nwg	-
Naphtalin	µg/L	<0,01	<0,01	0,12	0,5	0,43	<0,01	<0,01	-
LHKW, gesamt	µg/L	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	-
PCB, gesamt	µg/L	<0,01	<nwg	<nwg	<0,01	<nwg	<0,01	<0,01	<nwg
MKW	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
BTEX	µg/L	<nwg	<nwg	13	23	35	<nwg	<nwg	-
Ammonium Stickstoff	mg/L	0,39	0,69	1,2	1,2	1,3	1,9	20	3,7
Barium in Orig.	mg/L	0,53	0,06	1,1	1,1	0,93	3,3	7,4	0,1
Bor	mg/L	0,29	0,43	0,71	1,2	1,1	1	2,1	2,6
Bromid	mg/L	<2	<2	2	2	3	6	51	28
Calcium	mg/L	91	89	129	128	120	308	2890	332
Carbonat	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-
Chlorid	mg/L	456	287	1650	1640	1630	4160	37100	19200
Eisen in Orig.	mg/L	24	1,9	3,1	11	15	1,2	8,2	43
Hydrogencarbonat	mg/L	582	853	960	992	995	599	99	296
Kalium in Orig.	mg/L	14	14	21	21	22	29	240	205
Magnesium	mg/L	38	47	55	54	54	97	707	234
Mangan in Orig.	mg/L	0,36	0,44	0,29	0,4	0,42	0,16	5	1,4
Natrium	mg/L	382	389	1070	1150	1180	2310	18800	12300

Gewässer Einzugsgebiet		Ruhr					Lippe		Rhein
Bergwerk		Heinrich	Friedlicher Nachbar	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Robert Mü-ser	Ost	Auguste Victoria	Walsum
Nitrat	mg/L	<1	<1	<1	1	1	<1	10	<1
Nitrit	mg/L	-	-	<0,20	1,3	<0,005	<0,2	1,8	0,01
Phosphor, gesamt	mg/L	0,06	<0,02	0,13	0,05	0,03	<0,02	0,03	<0,02
Strontium in Orig.	mg/L	2	1,3	5,1	5,7	5,7	22	210	6,9
Sulfat	mg/L	205	247	80	85	76	149	141	1610
CSB in Orig.	mg/L	15	18	16	<5	20	33	43	-
DOC	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	2	6	2
TOC in Orig.	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	2	7	3

Tabelle 2

Gewässer Einzugsgebiet		Emscher							
Bergwerk		Hansa	Zollverein	Zollverein	Zollverein	Carolinenglück	Prosper Haniel	Amalie	Concordia
Wasserhaltungsstandort		Hansa	Zollverein 2/12	Zollverein 2/12 (auch Consolidation)	Zollverein 2/12 (auch Consolidation)	Carolinenglück	Frank Haniel 1/2	Amalie	Concordia
Gemeinde		Dortmund	Essen	Essen	Essen	Bochum	Bottrop	Essen	Oberhausen
Datum		26.07.2013	27.07.2013	24.07.2013	14.08.2013	14.08.2013	26.07.2013	14.08.2013	25.07.2013
Leitfähigkeit	µS/cm	5260	17300	124000	125000	39500	53200	7600	49000
Temp.	°C	-	-	-	-	-	-	-	-
pH-Wert		7,61	6,97	5,93	6,14	6,6	6,94	7,17	6,94
Abdampfrückstand	mg/L	3030	9660	100000	99600	27500	36000	4410	33200
abfiltrierbare Stoffe	mg/L	2	46	24	49	34	204	4	-

Gewässer Einzugsgebiet		Emscher							
Bergwerk		Hansa	Zollverein	Zollverein	Zollverein	Carolinenglück	Prosper Haniel	Amalie	Concordia
Säurekapazität pH 4,3	mmol/L	4,55	15,41	1,9	2,6	11,31	2,63	15,37	7,24
Säurekapazität pH 8,2	mmol/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Arsen	mg/L	<0,001	<0,001	0,007	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	0,002
Blei	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03
Cadmium	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Chrom (gesamt)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chromat (Cr VI)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Kupfer	mg/L	<0,01	0,04	0,2	0,01	0,01	0,03	<0,01	0,07
Nickel	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Quecksilber	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Zink	mg/L	0,57	0,47	0,73	0,73	0,23	1,4	<0,01	0,06
Cyanid, gesamt	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PAK, gesamt	µg/L	<nwg	<nwg	0,21	0,06	0,04	<nwg	<nwg	<nwg
Naphtalin	µg/L	<0,01	<0,01	0,07	0,06	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
LHKW, gesamt	µg/L	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg
PCB, gesamt	µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg
MKW	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
BTEX	µg/L	<nwg	<nwg	8	4	<nwg	<nwg	<nwg	<nwg
Ammonium Stickstoff	mg/L	0,19	4	33	33	7,8	0,24	0,85	7,7
Barium in Orig.	mg/L	0,73	1,1	170	240	0,68	1,7	0,64	75
Bor	mg/L	0,73	0,96	2,4	2,7	1,7	2	0,84	1,2
Bromid	mg/L	3	7	74	78	21	31	2	23
Calcium	mg/L	128	219	3360	3200	745	1050	151	836

Carbonat	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Chlorid	mg/L	1410	5490	56200	56900	15000	20200	2000	18800
Eisen in Orig.	mg/L	2	3,5	35	35	11	5	0,92	12
Hydrogencarbonat	mg/L	278	940	116	138	690	160	938	442
Kalium in Orig.	mg/L	19	68	543	429	120	133	33	221
Magnesium	mg/L	61	87	897	928	309	304	63	255
Mangan in Orig.	mg/L	0,11	0,2	1,6	1,6	0,7	0,98	0,25	0,37
Natrium	mg/L	916	3220	27900	31700	8450	12700	1460	9760
Nitrat	mg/L	4	<1	<1	2	2	5	2	5
Nitrit	mg/L	<0,2	<0,2	<0,02	<0,005	0,009	4,6	0,012	
Phosphor, gesamt	mg/L	0,07	0,05	0,03	<0,02	<0,02	0,06	0,03	<0,02
Strontium in Orig.	mg/L	11	14	260	270	43	47	7,1	71
Sulfat	mg/L	291	165	<5	<5	460	510	270	9
CSB in Orig.	mg/L	16	31	38	36	15	102	25	16
DOC	mg/L	<2	2	2	<2	<2	3	<2	<2
TOC in Orig.	mg/L	<2	2	2	<2	<2	3	<2	<2

Anhang 4

BW WA	Bearbeitung <i>U.</i>	Dg 1	Dg 2	Dg 3	Dma	Del	Dw	Kopie:
Posteing.-Nr.: 360	Eingangsdatum: 14. Juni 96	St-C	St-I	St-T	St-P	St-M	Mag	<i>U.</i>
☒ B	☒ B	☒ St	☒ P	☒ AN	☒ BR	Sb	Wo	
☒ B	☒ MA	Tb	Ab	LAE	KoV	AmD	Vf	nach Umlauf

Zu W 1-2.17-1-5

Ruhrkohle Bergbau AG

Ruhrkohle Bergbau AG · Postfach 10 18 09 · 44621 Herne

im Namen und für Rechnung
der Ruhrkohle Aktiengesellschaft
Bergwerk Walsum

Bergamt Moers
Rheinberger Straße 194
47445 Moers

Ihre Zeichen Ihre Nachricht vom Unsere Zeichen Telefon/Durchwahl Datum
 BW WA/UI-12/96 0203/484/22388 13.05.96

Betr.: Berichterstattung zum Sonderbetriebsplan für die Verwertung von Reststoffen als Nachversatz zur Bruchhohlraumverfüllung

Hier: Abschlußbericht Hermann-Gustav 68

Bezug: Ihre Zulassung vom 04.11.1994,
Az.: w 1 - 2.17 - 1 - 5

Gemäß Nebenbestimmung 14.3. der Zulassung vom 08.02.1993, Bergamt Dinslaken, Az.: w 1 - 1 - 1 - 8, übersenden wir Ihnen den Abschlußbericht des Abbaubetriebes Hermann-Gustav 668.

Zu 14.1. a) Art, Herkunft und Menge der verbrauchten Reststoffe

Anlage 1

Zu 14.2. b) Ergebnisse der Grubenwasseranalysen
(Nebenbestimmung 7.5)

Anlage 2 - 21

Zu 14.1. c) Ergebnisse der Reststoffbeprobung
(Nebenbestimmung 4.1)

Anlage 22 - 25

W 1-2.17-1-5
Zu 14.1. d) Rezeptur / Verfüllmasse

Anlage 26

Vorsitzender des Aufsichtsrates:
Prof. Dr. Gerhard Neipp

Vorstand:
Dr. Karl Friedrich Jakob

 Karl-Ernst Blosch
Hans Messerschmidt
Dr. Raimund Utsch

Sitz der Gesellschaft:
Herne

 Registergericht:
Amtsgericht-Herne
Handelsregister

Shareholding 1
44623 Herne

 Telefon (0 23 23) 15-0
Telefax (0 23 23) 15-20 20

Konten:
Westdeutsche Landesbank Essen
(BLZ 360 500 00) 235 051
Commerzbank AG Herne
BLZ 450 400 36 5 711 767
Deutsche Bank AG Herne
(BLZ 430 700 81) 6 092 100

Abbildung 1 Auszug aus dem Abschlussbericht der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 (BW Walsum), Deckblatt.

Anlage 1

1995	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
<u>Herkunft</u>	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
<u>HMVA</u> - Düsseldorf - Essen - Leverkusen - Nürnberg - Oberhausen - Uerdingen - Hamm - Hameln - Neustadt - Pinneberg - Bremen - Krefeld - Zimndorf - Solingen - Hagen											
HMVA Σ	453,58	538,38	2104,11	1688,45	1685,56	908,64	681,88	371,62	387,97	1.411,04	114,97
KVR	0,00	59,20	233,98	201,64				41,42			
Düsseldorf-Nord										12,07	
											548,31

10.346,20

Umweltingenieur *Bunzel*

Abbildung 2 Auszug aus dem Abschlussbericht der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 (BW Walsum), Anlage 1: Art, Menge und Herkunft der verbrachten Reststoffe.

Anlage 26

1995	verp. Menge (m ²)	gepr. Flottberge (t)	Unterlauf (m ³)	SPA(t)	MVA (t)	KVA (t)
Jan	6082,20	8,50	1767,50	.	453,58	0,00
Febr.	2.242,00	200,00	1.742,94	-	538,45	59,20
März	9.252,00	112,00	6.281,46	-	2.081,15	233,98
April	6.642,00	502,70	5.448,53	-	1.412,94	201,64
Mai	5.534,00	666,70	3.956,60	-	1.574,87	-
Juni	3.545,00	333,46	2.625,92	-	908,64	-
Juli	2.904,00	510,54	1.922,17	-	681,88	-
August	1.887,00	308,10	1.368,88	-	371,62	41,42
September	1.438,00	231,66	990,28	-	378,97	-
Oktober	4.997,00	415,43	3.363,40	-	1.411,04	12,07
November	433,00	43,41	319,95	-	-	-

Umweltingenieur Walsum

Abbildung 3 Auszug aus dem Abschlussbericht der Bauhöhe Hermann-Gustav 68 (BW Walsum), Anlage 26: Rezeptur/Verfüllmasse.

Zu W1-2.17-1-5

Ruhrkohle Bergbau AG

BW WA		Bearbeitung: <i>U</i>		Dg 1	Dg 2	Dg 3	Dma	Del	Dv	Kopie:
Posteing.-Nr.: 588		Eingangsdatum: 09. Okt. 96		St-C	St-I	St-T	St-P	St-M	Mag	<i>U</i>
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒	☒
☒	☒	☒	☒							

Anhang 5

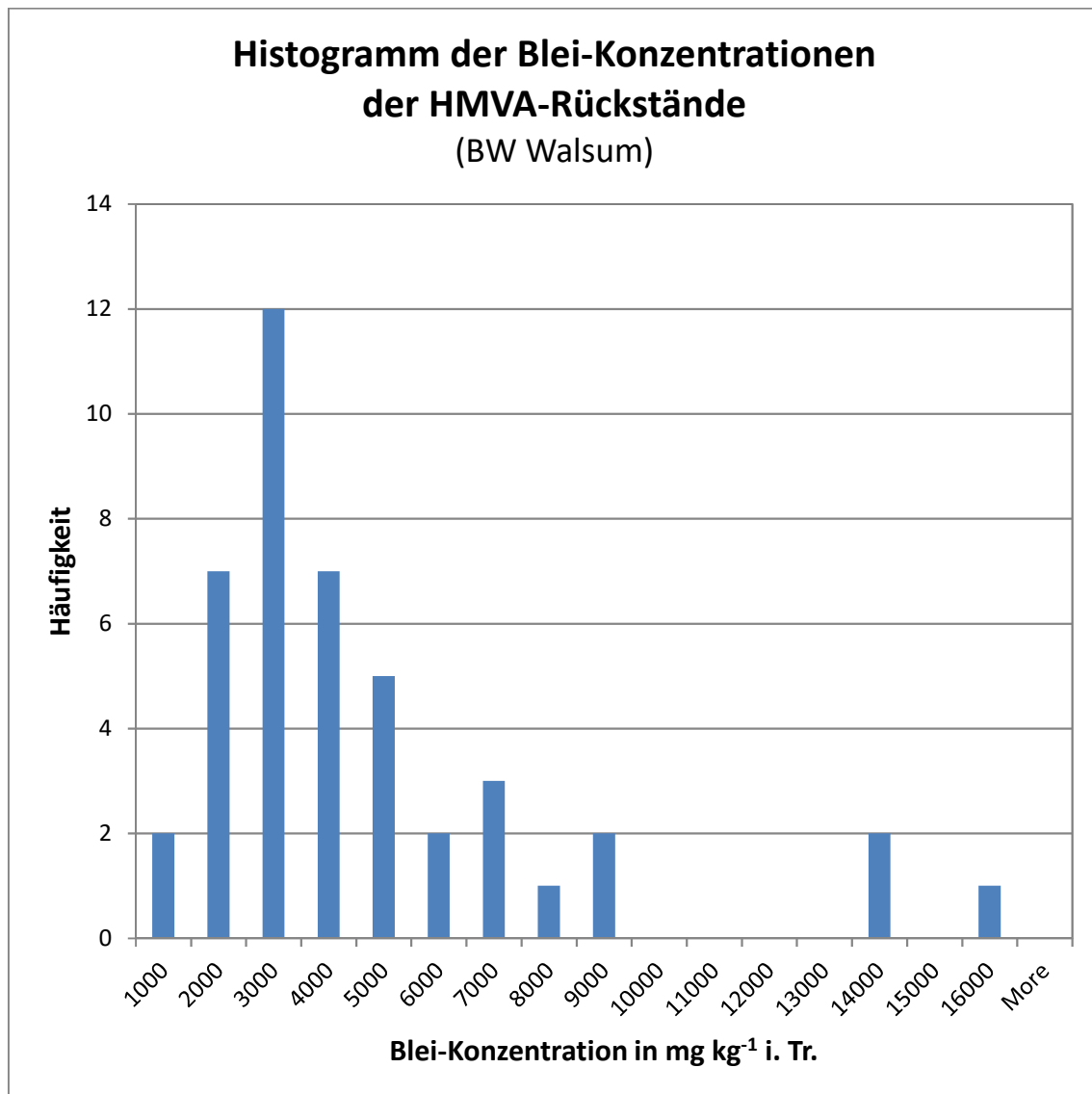


Abbildung 1 Histogramm der Blei-Konzentrationen in mg kg⁻¹ (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum).

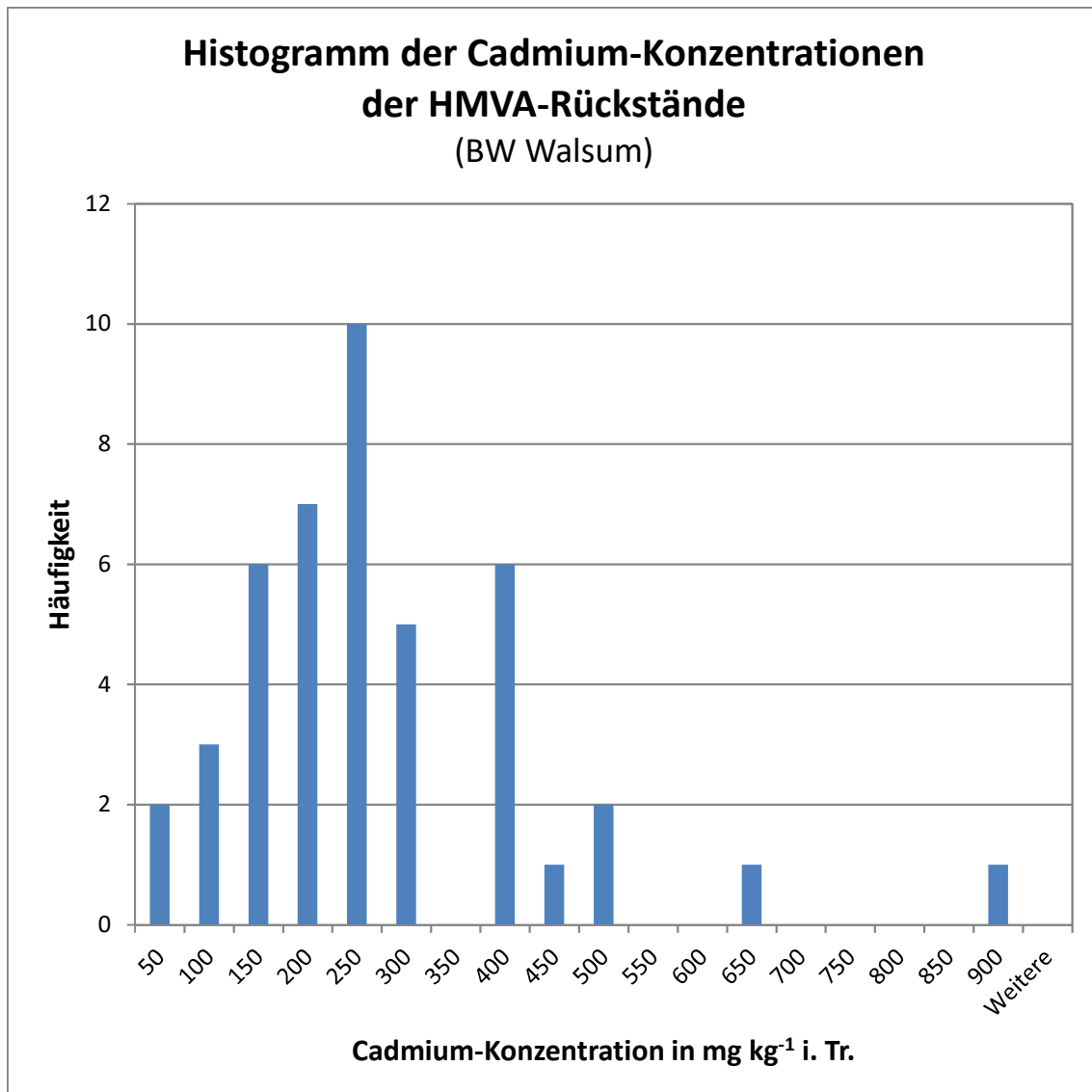


Abbildung 2 Histogramm der Cadmium-Konzentrationen in mg kg⁻¹ (i. Tr.) der HMVA-Rückstände (BW Walsum).

Anhang 6

Ergebnisse der Auswertung der verfügbaren Verwertungs- und Entsorgungsnachweise des BW Walsum; Auswertung sortiert nach RSN und EAK-Nummern

Tabelle 1 RSN 31301: Filterstäube; Werte ermittelt aus insgesamt 20 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimal	Maximal	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	99,94	99,925	99,9	100	4
Wassergehalt	%	5,31	0,2	0	35,9	7
Glühverlust	%	7,03	2,2	0,3	25,3	6
TOC	%	17,95	17,95	10,6	25,3	2
SiO ₂	%	27,23	28,55	18,8	35,1	10
CaO	%	22,10	19,5	0,72	42,1	11
CaO, frei	%	0,10	0,1	<0,1	<0,1	1
Al ₂ O ₃	%	12,86	12,5	6,3	19,4	10
P ₂ O ₅	%	0,24	0,26	<0,1	0,5	9
Fe ₂ O ₃	%	4,72	4,55	3,5	6,3	10
SO ₃	%	13,93	9,3	1,7	26,8	9
MgO	%	1,45	1,5	1,1	1,8	10
K ₂ O	%	1,48	1,5	0,7	2,7	10
Na ₂ O	%	0,49	0,5	0,2	0,84	10
TiO ₂	%	0,67	0,55	0,3	1,7	10
P ₂ O ₅	%	0,50	0,5	0,5	0,5	1
Ammonium	mg/kg TS	211,00	211	211	211	1
Antimon	mg/kg TS	17,44	5	<2	120	9
Arsen	mg/kg TS	49,94	17,25	1,9	551	16
Barium	mg/kg TS	49,00	49	49	49	1
Beryllium	mg/kg TS	10,96	8	1,9	29,6	5
Blei	mg/kg TS	384,34	79	12	5840	19
Bor	mg/kg TS	238,00	238	238	238	1
Cadmium	mg/kg TS	6,81	2	0,5	74	19
Chlorid	mg/kg TS	130,00	130	130	130	1
Chrom, ges.	mg/kg TS	100,94	86	22,7	370	19
Cobalt	mg/kg TS	50,00	50	50	50	1
Cyanid, l. fr.	mg/kg TS	0,10	0,1	<0,1	<0,1	1
EOX	mg/kg TS	0,80	1	<0,5	<1	5
Fluorid	mg/kg TS	24,00	24	24	24	1
Kobalt	mg/kg TS	57,74	21,5	<5	348	12
Kupfer	mg/kg TS	541,01	111,5	4	7360	18
Lithium	mg/kg TS	870,00	870	870	870	1

		Mittelwert	Median	Minimal	Maximal	Anzahl Proben
Mangan	mg/kg TS	369,50	412,5	133	520	4
Molybdän	mg/kg TS	9,65	9	5	18	11
Nickel	mg/kg TS	143,80	85	22	1130	18
Quecksilber	mg/kg TS	1,18	0,83	<0,05	4	17
Selen	mg/kg TS	6,85	5	0,78	20	8
Strontium	mg/kg TS	382,00	382	382	382	1
Sulfat	mg/kg TS	231000,00	231000	231000	231000	1
Sulfid	mg/kg TS	0,15	0,15	0,15	0,15	1
Thallium	mg/kg TS	2,63	2	<0,5	8,6	12
Vanadium	mg/kg TS	186,09	180,5	17	536	12
Wolfram	mg/kg TS	9,14	10	5	13	7
Zink	mg/kg TS	921,38	132,5	38,9	7450	18
Zinn	mg/kg TS	3,18	3	<2	6	8

Tabelle 2 RSN 31307: Schlacken und Aschen aus Dampferzeugern bei Steinkohlekraftwerken (EAK-Nr.: 100101); Werte ermittelt aus insgesamt 5 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	100,73	100,73	100,73	100,73	1
Wassergehalt	%	0,00	0	0	0	2
Trockenrückstand	%	100,00	100	100	100	1
Glühverlust	%	3,16	3,27	1,96	4,24	3
TOC	%	7,58	3,65	2,5	20,5	4
SiO ₂	%	16,03	20,9	5,8	21,4	3
CaO	%	39,30	38	21	58,9	3
CaO, frei	%	12,80	12,8	4,8	20,8	2
Al ₂ O ₃	%	8,37	9,9	2,4	12,8	3
Fe ₂ O ₃	%	4,57	5,4	1	7,3	3
SO ₃	%	13,73	17,1	1,7	22,4	3
MgO	%	1,57	1,8	0,9	2	3
K ₂ O	%	1,43	1,9	0,4	2	3
Na ₂ O	%	0,40	0,5	0,2	<0,5	3
TiO ₂	%	0,33	0,3	0,3	0,4	3
P ₂ O ₅	%	0,17	0,1	0,1	0,3	3
Antimon	mg/kg TS	5,70	5,7	5,2	6,2	2
Arsen	mg/kg TS	29,57	31	25,71	32	3
Barium	mg/kg TS	82,00	82	54	110	2
Beryllium	mg/kg TS	5,60	6	0,8	10	3

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Blei	mg/kg TS	36,00	44	6	58	3
Bor	mg/kg TS	101,50	101,5	88	115	2
Cadmium	mg/kg TS	0,76	0,45	0,12	2	4
Chrom, ges.	mg/kg TS	49,17	52	27,5	68	3
Cobalt	mg/kg TS	33,50	33,5	30	37	2
Cyanid	mg/kg TS	0,05	0,05	<0,05	<0,05	1
Cyanid, l. fr.	mg/kg TS	0,05	0,05	<0,05	<0,05	1
EOX	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	1
Kobalt	mg/kg TS	24,00	24	23	25	2
Kupfer	mg/kg TS	59,17	68	24,5	85	3
Mangan	mg/kg TS	391,00	391	252	530	2
Molybdän	mg/kg TS	17,33	23	5	24	3
Nickel	mg/kg TS	54,00	54	33	75	2
Palladium	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	1
Platin	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	1
Quecksilber	mg/kg TS	0,43	0,29	0,05	0,89	5
Rhodium	mg/kg TS	0,10	0,1	<0,1	<0,1	1
Selen	mg/kg TS	5,90	5,9	4,8	7	2
Tellur	mg/kg TS	5,00	5	<5	<5	1
Thallium	mg/kg TS	0,90	1	<0,5	1,5	5
Vanadium	mg/kg TS	114,00	120	80	142	3
Zink	mg/kg TS	89,33	106	27	135	3
Zinn	mg/kg TS	12,00	12	12	12	1

Tabelle 3 RSN 31309: Filterstäube aus der Abfallverbrennungsanlage (EAK-Nr.: 190103, 190104); Werte ermittelt aus insgesamt 42 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	95,60	99,525	34	100	20
Wassergehalt	%	1,07	0,35	0	5	20
Trockenrückstand	%	99,42	99,9	95,7	100	9
Glührückstand	%	95,50	95,5	95,5	95,5	1
Glühverlust	%	11,46	2,1	0	97,1	30
TOC	%	1,31	0,875	0,1	<6	22
SiO ₂	%	32,63	34,65	15,5	45,7	4
CaO	%	21,56	17	<1	75	15
CaO, frei	%	4,28	2,4	<0,1	10,2	9
Al ₂ O ₃	%	15,78	12,85	10	27,4	4
P ₂ O ₅	%	13,00	13	13	13	1

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Fe ₂ O ₃	%	8,38	7	3	15	5
SO ₃	%	8,00	8	6	10	2
MgO	%	2,07	2	1,25	2,7	5
K ₂ O	%	5,10	6	1,5	7,8	3
Na ₂ O	%	1,62	1,4	0,69	3	4
TiO ₂	%	1,02	1,015	0,78	1,25	2
MnO ₂	%	0,20	0,2	0,2	0,2	1
Aluminium	mg/kg TS	46005,71	43000	14370	84000	7
Ammonium	mg/kg TS	121,26	9,95	0,38	2000	20
Antimon	mg/kg TS	493,78	255	9	2739	26
Arsen	mg/kg TS	24,84	15,9	0,0022	97	36
Barium	mg/kg TS	580,88	345	67	3800	26
Beryllium	mg/kg TS	1,73	1,1	<0,1	<5	26
Blei	mg/kg TS	5095,42	3000	6,6	31125	37
Bor	mg/kg TS	313,99	190	16,2	1597	23
Cadmium	mg/kg TS	223,21	150,3	0,00057	1099	38
Calcium	mg/kg TS	148769,09	137000	70000	280000	11
Chlorid	mg/kg TS	102595,73	90000	4,8	315000	25
Chrom, ges.	mg/kg TS	305,39	170,5	42,6	1200	36
Chrom VI	mg/kg TS	6,58	1	<0,01	48	14
Cobalt	mg/kg TS	85,88	21	9,1	540	12
Cyanid	mg/kg TS	0,11	0,075	<0,05	0,3	6
Cyanid, l. fr.	mg/kg TS	0,08	0,075	<0,05	<0,1	4
Eisen	mg/kg TS	51996,86	64000	6388	101000	7
EOX	mg/kg TS	2,43	1,85	<1	<5	4
Fluorid	mg/kg TS	1942,52	890	<1	10000	24
Kalium	mg/kg TS	18276,00	8800	4600	41430	5
Kobalt	mg/kg TS	277,36	20,9	7,4	2500	16
Kupfer	mg/kg TS	1209,58	820	0,39	6088	37
Lithium	mg/kg TS	68,73	29,5	<10	<500	24
Magnesium	mg/kg TS	9969,50	10750	17	18000	6
Mangan	mg/kg TS	1503,25	756,5	300	4200	4
Natrium	mg/kg TS	20508,00	15000	13000	39190	5
Nickel	mg/kg TS	134,45	95,1	0,12	730	37
Nitrat	mg/kg TS	10,00	10	<10	<10	2
Nitrit	mg/kg TS	1,50	1,5	0,74	2,26	2
Phosphat	mg/kg TS	7537,00	7537	5630	9444	2
Phosphor	mg/kg TS	40333,33	39000	33000	49000	3
Quecksilber	mg/kg TS	17,66	1,2	<0,0002	153	35
Selen	mg/kg TS	10,40	3,7	<0,01	<70	27
Silber	mg/kg TS	28,25	28,25	16	40,5	2

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Siliciumdioxid	mg/kg TS	93333,33	89000	60000	131000	3
Strontium	mg/kg TS	345,19	320	22,7	900	25
Sulfat	mg/kg TS	110518,51	86000	128,7	450000	21
Sulfid	mg/kg TS	5372,80	1,9	<0,03	<100000	21
Tellur	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	1
Thallium	mg/kg TS	3,00	1,65	<0,2	<22	30
Vanadium	mg/kg TS	83,56	54,5	11	320	28
Zink	mg/kg TS	15499,09	10900	1,2	93900	37
Zinn	mg/kg TS	1091,00	671	202	4300	26

Tabelle 4 RSN 31312: Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Abfallverbrennungsanlagen; Werte ermittelt aus insgesamt 17 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	94,01	99	64,8	100	13
Wassergehalt	%	5,66	1,2	0,2	35,2	11
Trockenrückstand	%	94,70	94,7	93	96,4	2
Glührückstand	%	1,30	1,3	1,3	1,3	1
Glühverlust	%	6,85	5,8	0,96	21,1	11
TOC	%	1,07	0,4	<0,1	5,6	9
TOC	mg/kg TS	2000,00	2000	2000	2000	1
CaO	%	130469,35	130469,35	63,7	260875	2
CaO, frei	%	73474,92	29,6	1,15	220394	3
Aluminium	mg/kg TS	11125,00	9000	8500	18000	4
Ammonium	mg/kg TS	18,69	14,4	<0,5	40	6
Antimon	mg/kg TS	487,06	395	1	1610	14
Arsen	mg/kg TS	36,77	14	<0,5	195	17
Barium	mg/kg TS	355,57	135	38	1133	11
Beryllium	mg/kg TS	1,20	0,65	0,1	5	12
Blei	mg/kg TS	5681,12	3774	12	25400	16
Bor	mg/kg TS	158,49	53	6,4	674	7
Borat	mg/kg TS	0,10	0,1	0,1	0,1	1
Cadmium	mg/kg TS	226,27	105	<0,5	1070	17
Calcium	mg/kg TS	231555,56	170000	81700	444000	9
Chlorid	mg/kg TS	181081,46	200000	120	350000	13
Chrom, ges.	mg/kg TS	144,13	90	<5	1070	17
Chrom VI	mg/kg TS	1,43	0,6	<0,25	5	5
Cobalt	mg/kg TS	9,53	8,5	1,2	20	8
Cyanid	mg/kg TS	0,28	0,275	<0,05	<0,5	2

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Eisen	mg/kg TS	8287,50	6050	5050	16000	4
EOX	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	2
Fluorid	mg/kg TS	779,45	240	<10	3200	11
Kalium	mg/kg TS	27800,00	28000	6400	49000	3
Kobalt	mg/kg TS	21,60	15,5	7,4	48	4
Kupfer	mg/kg TS	554,05	498	7,8	1753	15
Lithium	mg/kg TS	37,00	12,5	4	149	6
Magnesium	mg/kg TS	5962,50	5875	4400	7700	4
Mangan	mg/kg TS	450,00	445	370	540	4
Natrium	mg/kg TS	42700,00	28000	5800	109000	4
Nickel	mg/kg TS	64,51	29	3	535	17
Phosphat	mg/kg TS	3000,00	3000	3000	3000	1
Quecksilber	mg/kg TS	51,44	18,6	0,04	530	17
Selen	mg/kg TS	12,17	5	<0,06	<50	9
Silber	mg/kg TS	22,75	23	<10	35	4
Silicium	mg/kg TS	20000,00	20000	20000	20000	1
Siliciumdioxid	mg/kg TS	98000,00	98000	66000	130000	2
Strontium	mg/kg TS	180,89	198,45	54	303	10
Sulfat	mg/kg TS	58789,22	33000	6640	179000	9
Sulfid	mg/kg TS	2,81	0,75	<0,04	14,2	6
Sulfit	mg/kg TS	7517,00	6522	24	17000	4
Tellur	mg/kg TS	50,00	50	50	50	1
Thallium	mg/kg TS	3,61	2,5	<0,1	<10	12
Titan	mg/kg TS	2000,00	2000	2000	2000	1
Vanadium	mg/kg TS	25,10	14	1,9	85	8
Zink	mg/kg TS	16326,29	8820	113	85600	17
Zinn	mg/kg TS	713,89	480	13,8	3184	11

Tabelle 5 RSN 31314: Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Feuerungsanlagen, ohne REA-Gips (EAK-Nr.: 100107, 100105); Werte ermittelt aus insgesamt 17 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	74,55	75,4	47,2	100	6
Wassergehalt	%	42,30	49,01	0	65,73	7
Trockenrückstand	%	51,86	54,53	34,27	64,09	4
Glühverlust	%	13,78	12,56	<1	23,16	7
TOC	%	2,15	0,3	<0,1	8,7	8
SiO ₂	%	10,07	4,3	3,5	22,4	3

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
CaO	%	41,00	41,3	18,7	63	3
Al ₂ O ₃	%	7,53	5	4,3	13,3	3
P ₂ O ₅	%	2,20	2,2	2,2	2,2	1
Fe ₂ O ₃	%	3,37	2,9	2	5,2	3
SO ₃	%	18,05	18,05	13,3	22,8	2
MgO	%	2,32	0,47	0,4	6,1	3
K ₂ O	%	0,99	0,985	0,57	1,4	2
Na ₂ O	%	1,55	1,55	0,8	2,3	2
TiO ₂	%	0,11	0,11	0,09	0,13	2
MnO	%	0,04	0,04	0,04	0,04	1
Cr ₂ O ₃	%	0,01	0,01	<0,01	<0,01	1
P ₂ O ₅	%	0,10	0,1	<0,1	<0,1	1
Ammonium	mg/kg TS	18,00	18	18	18	1
Antimon	mg/kg TS	11,60	4,7	0,2	41,6	5
Arsen	mg/kg TS	150,75	94	0,5	1123	15
Barium	mg/kg TS	70,00	60	50	100	3
Beryllium	mg/kg TS	1,16	0,6	<0,2	2,3	5
Blei	mg/kg TS	322,93	190	14	1650	15
Cadmium	mg/kg TS	21,19	6,1	0,6	117	15
Calcium	mg/kg TS	56690,00	38	32	170000	3
Chlorid	mg/kg TS	10500,00	10500	10000	11000	2
Chrom, ges.	mg/kg TS	45,64	31,5	5	152	14
Chrom VI	mg/kg TS	0,50	0,375	<0,25	<1	4
Cobalt	mg/kg TS	11,17	2,2	1,3	30	3
Cyanid	mg/kg TS	0,20	0,05	<0,05	<0,5	6
Eisen	mg/kg TS	3133,33	2800	2100	4500	3
EOX	mg/kg TS	0,81	1	<0,05	<1	5
Fluorid	mg/kg TS	190,00	190	140	240	2
Kobalt	mg/kg TS	20,30	20,3	16	24,6	2
Kupfer	mg/kg TS	141,65	58	17	626	13
Magnesium	mg/kg TS	4150,00	4150	4100	4200	2
Mangan	mg/kg TS	910,00	325	200	2790	4
Nickel	mg/kg TS	75,97	62,3	7	206	15
Quecksilber	mg/kg TS	67,59	20	<0,2	545	15
Selen	mg/kg TS	264,00	264	264	264	1
Strontium	mg/kg TS	74,00	74	69	79	2
Sulfat	mg/kg TS	68500,00	68500	61000	76000	2
Sulfit	mg/kg TS	257500,00	257500	247000	268000	2
Thallium	mg/kg TS	5,19	2,65	<0,2	15,7	10
Vanadium	mg/kg TS	116,60	136	17	274	5
Zink	mg/kg TS	804,23	500	160	2846	13

Tabelle 6 RSN 31401: Gießerei-Altsand; Werte ermittelt aus insgesamt 2 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Wassergehalt	%	0,10	0,1	0,1	0,1	1
Antimon	mg/kg TS	2,20	2,2	2,2	2,2	1
Arsen	mg/kg TS	1,00	1	1	1	1
Beryllium	mg/kg TS	1,00	1	1	1	1
Blei	mg/kg TS	5,00	5	<5	5	2
Cadmium	mg/kg TS	1,50	1,5	<1	2	2
Chrom, ges.	mg/kg TS	88,70	88,7	67,4	110	2
Cobalt	mg/kg TS	14,40	14,4	14,4	14,4	1
EOX	mg/kg TS	0,20	0,2	0,2	0,2	1
Kupfer	mg/kg TS	35,85	35,85	10,7	61	2
Mangan	mg/kg TS	47,70	47,7	47,7	47,7	1
Nickel	mg/kg TS	48,05	48,05	45	51,1	2
Thallium	mg/kg TS	1,00	1	1	1	1
Vanadium	mg/kg TS	1,00	1	1	1	1
Zink	mg/kg TS	24,35	24,35	20	28,7	2

Tabelle 7 RSN 31613: Gipsschlamm (EAK-Nr.: 101399, 101314); Werte ermittelt aus insgesamt 3 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	44,60	44,6	41,6	47,6	2
Wassergehalt	%	55,40	55,4	52,4	58,4	2
Glühverlust	%	20,20	20,2	19,5	20,9	2
TOC	%	0,85	0,85	0,8	0,9	2
Arsen	mg/kg TS	19,50	19,5	13	26	2
Blei	mg/kg TS	120,67	138	83	141	3
Cadmium	mg/kg TS	3,97	3,9	2,9	5,1	3
Chrom, ges.	mg/kg TS	38,67	36	31	49	3
Eisen	mg/kg TS	113,00	113	113	113	1
Kalium	mg/kg TS	2520,00	2520	2280	2760	2
Kupfer	mg/kg TS	62,33	54	52	81	3
Mangan	mg/kg TS	3420,00	3420	3290	3550	2
Natrium	mg/kg TS	1545,00	1545	1380	1710	2
Nickel	mg/kg TS	68,00	72	55	77	3

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Quecksilber	mg/kg TS	106,40	147	5,2	167	3
Selen	mg/kg TS	270,00	270	213	327	2
Zink	mg/kg TS	265,33	280	221	295	3

Tabelle 8 RSN 31620: Gipsschlamm mit schädlichen Verunreinigungen (EAK-Nr.: 190201); Werte ermittelt aus insgesamt 8 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	46,50	47,81	36,01	54,38	4
Wassergehalt	%	51,50	51,42	43,5	63,99	5
Glühverlust	%	24,92	17,58	8,9	53,9	6
TOC	%	5,30	0,3	0,1	24,5	5
SiO ₂	%	8,10	8,1	3,9	12,3	2
CaO	%	36,15	36,15	35,4	36,9	2
Al ₂ O ₃	%	3,95	3,95	1,4	6,5	2
P ₂ O ₅	%	0,30	0,3	0,3	0,3	1
Fe ₂ O ₃	%	5,45	5,45	1,5	9,4	2
SO ₃	%	28,40	28,4	12	44,8	2
MgO	%	12,00	12	8,7	15,3	2
K ₂ O	%	0,25	0,25	0,1	0,4	2
Na ₂ O	%	0,18	0,18	0,06	0,3	2
TiO ₂	%	0,20	0,2	0,1	0,3	2
MnO	%	2,00	2	1,1	2,9	2
P ₂ O ₅	%	0,20	0,2	0,1	0,3	2
Antimon	mg/kg TS	22,25	23	<18	25	4
Arsen	mg/kg TS	76,09	65	<4,7	158	8
Beryllium	mg/kg TS	1,01	0,39	<0,23	<2,4	3
Blei	mg/kg TS	284,00	196,5	7	1106	8
Cadmium	mg/kg TS	9,23	10,2	0,7	19	8
Chrom, ges.	mg/kg TS	57,75	65	17	90	8
Cyanid	mg/kg TS	0,05	0,05	<0,05	<0,05	4
EOX	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	3
Kobalt	mg/kg TS	22,47	27	<2,4	38	3
Kupfer	mg/kg TS	3650,13	81,5	31	28700	8
Mangan	mg/kg TS	12106,00	8258	1720	26340	3
Molybdän	mg/kg TS	16,50	16,5	13	20	2
Nickel	mg/kg TS	168,00	118	55	520	8
Quecksilber	mg/kg TS	60,40	46	<0,2	164	8
Selen	mg/kg TS	244,75	233	37	476	4

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Tellur	mg/kg TS	1,80	1,8	<1,3	<2,3	2
Thallium	mg/kg TS	5,65	5,9	<0,39	11	8
Vanadium	mg/kg TS	54,33	64	29	70	3
Zink	mg/kg TS	2280,50	714	485	12700	8
Zinn	mg/kg TS	385,13	3,4	<2	1150	3

Tabelle 9 EAK-Nummer 190107: Feste Abfälle aus der Gasreinigung; Werte ermittelt aus insgesamt 14 Analysen.

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Trockensubstanz	%	90,53	99,5	0,3	100	11
Wassergehalt	%	0,46	0,45	0,06	0,9	10
Trockenrückstand	%	102,20	102,2	102,2	102,2	1
Glührückstand	%	96,80	96,8	96,8	96,8	1
Glühverlust	%	4,52	5,3	0,4	7,4	12
TOC	%	0,60	0,6	0,2	1	2
TOC	mg/kg TS	27450,00	26300	12200	45600	6
CaO	%	40,60	40,6	39	42,2	2
CaO, frei	%	36,00	36	36	36	1
Aluminium	mg/kg TS	10020,00	10020	7300	12740	2
Ammonium	mg/kg TS	92,98	106	8	252	10
Ammoniak	mg/kg TS	38,00	38	38	38	1
Antimon	mg/kg TS	439,46	242	139	1940	13
Arsen	mg/kg TS	19,46	18,6	1,9	36	14
Barium	mg/kg TS	275,90	274	89,8	420	12
Beryllium	mg/kg TS	0,65	0,7	<0,05	1,13	13
Blei	mg/kg TS	3403,24	3025	3,42	7640	14
Bor	mg/kg TS	67,51	20,9	1,21	232	11
Cadmium	mg/kg TS	186,16	156	0,285	380	14
Calcium	mg/kg TS	284293,33	300000	184880	368000	3
Chlorid	mg/kg TS	147990,00	101000	80100	480310	11
Chrom, ges.	mg/kg TS	89,05	86,15	9,57	229	14
Chrom VI	mg/kg TS	0,26	0,25	<0,025	<0,5	3
Cobalt	mg/kg TS	19,69	20,15	2,2	36,2	10
Cyanid	mg/kg TS	0,18	0,175	<0,05	<0,3	2
Cyanid, l. fr.	mg/kg TS	0,05	0,05	<0,05	<0,05	1
Eisen	mg/kg TS	7109,00	7109	7109	7109	1
EOX	mg/kg TS	1,00	1	<1	<1	1
Fluorid	mg/kg TS	2293,15	1156	29,8	9230	12

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Proben
Kalium	mg/kg TS	30240,00	30240	30240	30240	1
Kobalt	mg/kg TS	9,47	7,4	7	14	3
Kupfer	mg/kg TS	603,63	427	1,87	2250	14
Lithium	mg/kg TS	15,02	9,185	5,38	53	10
Magnesium	mg/kg TS	6516,00	6516	6516	6516	1
Mangan	mg/kg TS	329,75	311	260	437	4
Natrium	mg/kg TS	27890,00	27890	27890	27890	1
Nickel	mg/kg TS	44,52	37,4	1,46	112	14
Nitrat	mg/kg TS	10,00	10	<10	<10	1
Nitrit	mg/kg TS	3,90	3,9	3,9	3,9	1
Phosphat	mg/kg TS	6338,00	6338	6338	6338	1
Quecksilber	mg/kg TS	11,02	8,58	1,35	33	14
Selen	mg/kg TS	21,67	4,5	<0,02	202	11
Silber	mg/kg TS	18,45	18,45	6,1	30,8	2
Strontium	mg/kg TS	458,40	421	96	970	10
Sulfat	mg/kg TS	58017,00	59250	24000	85990	10
Sulfid	mg/kg TS	5086,50	2000	<0,03	26100	11
Thallium	mg/kg TS	1,10	1	<0,1	<5	13
Vanadium	mg/kg TS	26,14	23,6	5,1	63	9
Zink	mg/kg TS	10123,46	8660	35,5	19200	14
Zinn	mg/kg TS	442,67	455,5	81	984	12

Tabelle 10 Einzelanalysen (verschiedene RSN und EAK-Nummern).

		31217	31308	31614	51309	51540	60501	190902	31309/ 31312
		Filterstäube, NE-metallhaltig	Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen	Schlamm aus Eisenhütten	Eisenhydroxid	Sonstige Salze, löslich	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung	Schlämme aus der Wasserklärung	Filterstäube a. d. AVA/ Feste Reaktionsprodukte a. d. Abgasreinigung v. AVA
Trockensubstanz	%	-	77,9	-	-	-	-	56,6	-
Wassergehalt	%	-	-	-	67,4	1,88	67	-	-
Trockenrückstand	%	-	-	-	32,6		33	-	-
Glühverlust	%	-	1,2	-	7,7	8	8,1	-	-
TOC	%	-	0,15	-	0,05	-	-	-	-
SiO ₂	%	-	-	-	-	-	-	54,3	-
CaO	%	-	-	-	-	-	-	4,2	-

		31217	31308	31614	51309	51540	60501	190902	31309/ 31312
		Filter- stäube, NE-me- tallhaltig	Schla- cken und Aschen aus Ab- fallver- bren- nungsan- lagen	Schlamm aus Ei- senhüt- ten	Eisen- hydroxid	Sonstige Salze, löslich	Schlämm e aus der betriebs- eigenen Abwas- serbe- handlung	Schlämm e aus der Wasser- klärung	Filter- stäube a. d. AVA/ Feste Reakti- onspro- dukte a. d. Ab- gasreini- gung v. AVA
Al ₂ O ₃	%	-	-	-	-	-	-	14,1	-
Fe ₂ O ₃	%	-	-	-	-	-	-	8,7	-
SO ₃	%	-	-	-	-	-	-	0,63	-
MgO	%	-	-	-	-	-	-	1,2	-
Aluminium	mg/kg TS	-	-	-	2070	-	-	-	-
Ammonium	mg/kg TS	10,3	-	10,6	65	-	-	-	-
Antimon	mg/kg TS	34	17	20	3,62	-	<5	-	330
Arsen	mg/kg TS	96	14	19	7,85	-	<1	17	-
Barium	mg/kg TS	6,1	-	37	19,3	-	42	-	627
Beryllium	mg/kg TS	<0,12	1	<0,12	<0,4	-	<0,5	-	-
Blei	mg/kg TS	1,6	183	833	16	-	28	24	3129
Bor	mg/kg TS	298	-	50	19	-	440	-	-
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	5,4	9,1	11,4	-	<0,1	2,3	-
Calcium	mg/kg TS	1453	-	115480	-	-	-	-	-
Chlorid	mg/kg TS	<250	-	515	-	-	-	-	-
Chromat	mg/kg TS	0,24	-	61	-	-	-	47	-
Chrom, ges.	mg/kg TS	35834	125	39479	-	-	4400	-	-
Chrom VI	mg/kg TS	-	-	-	<0,3	-	0,02	-	-
Cobalt	mg/kg TS	297	-	193	-	-	42	-	-
Cyanid	mg/kg TS	<0,05	-	<0,05	<1,6	-	-	-	-
Eisen	mg/kg TS	-	-	-	22,1	-	-	-	-
Fluorid	mg/kg TS	672	-	1279	-	-	-	-	-
Kalium	mg/kg TS	73	-	650	165	-	-	-	-
Kobalt	mg/kg TS	-	14	-	50,8	-	-	94	-
Kupfer	mg/kg TS	1955	-	1448	181	-	520	-	14
Lithium	mg/kg TS	<3	-	5,9	<33	-	<1	-	-
Magnesium	mg/kg TS	133	-	19503	4350	-	-	-	-
Natrium	mg/kg TS	97	-	591	1180	-	-	46	-
Nickel	mg/kg TS	38437	51	23995	940	-	3000	-	-
Platin	mg/kg m _f	-	-	-	-	-	-	0,45	-
Quecksilber	mg/kg TS	<0,12	0,23	<0,12	<0,4	-	<0,1	-	-
Rhodium	mg/kg m _f	-	-	-	-	-	-	-	15
Selen	mg/kg TS	<0,06	-	<0,06	<0,4	-	<10	-	-
Strontium	mg/kg TS	1,2	-	48	91,8	-	41	-	-

		31217	31308	31614	51309	51540	60501	190902	31309/ 31312
		Filter- stäube, NE-me- tallhaltig	Schla- cken und Aschen aus Ab- fallver- bren- nungsan- lagen	Schlamm aus Ei- senhüt- ten	Eisen- hydroxid	Sonstige Salze, löslich	Schlämm e aus der betriebs- eigenen Abwas- serbe- handlung	Schlämm e aus der Wasser- klärung	Filter- stäube a. d. AVA/ Feste Reakti- onspro- dukte a. d. Ab- gasreini- gung v. AVA
Sulfat	mg/kg TS	807	-	8634	-	-	9,7	-	-
Sulfid	mg/kg TS	<0,03	-	<0,03	-	-	<0,1	-	-
Tellur	mg/kg m _t	-	-	-	-	-	-	-	<5
Thallium	mg/kg TS	<1,2	<4	<1,2	<1,7	-	<1	-	-
Vanadium	mg/kg TS	167	-	149	131	-	5300	-	-
Wolfram	mg/kg TS	-	-	-	-	-		222	-
Zink	mg/kg TS	1005	-	5331	103	-	230	-	531
Zinn	mg/kg TS	156	-	104	<3,3	-	<10	-	-

Tabelle 11 Blei-, Cadmium- und Zinkkonzentration für RSN 31309 und 31312; Werte ermittelt aus insgesamt 59 Analysen

		Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Anzahl Pro- ben
Blei	mg/kg TS	5272,24	3000	6,6	31125	53
Cadmium	mg/kg TS	224,16	140,6	0,00057	1099	55
Zink	mg/kg TS	15759,50	10800	1,2	93900	54