

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

Detailbericht 1:

Hydrogeologische Systembeschreibung und Auffälligkeiten
an der Tagesoberfläche

ahu AG

Dr. [REDACTED]

Dipl.-Geol. [REDACTED]

Abgabe April 2017

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 1

Auftraggeber:

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

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

Auftragnehmer:

ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Aachen

in Zusammenarbeit mit:

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

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

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

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

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

Auftragsdatum: 16.07.2015

INHALT

0	Vorbemerkung	1
0.1	Aufbau des Gutachtens und der Detailberichte	1
0.2	Untersuchungsraum	2
1	Hydrogeologisch-hydrogeochemisches System	4
1.1	Systembeschreibung	4
1.1.1	Aufgaben und Grenzen der Systembeschreibung	4
1.1.2	Grundzüge des hydrogeologisch-hydrogeochemischen Systems	5
1.2	Hydrogeologischer Aufbau	6
1.2.1	Quartär	6
1.2.2	Kreide	7
1.2.3	Karbon	14
1.3	Hydrogeologisches Fließsystem Grundgebirge	19
1.3.1	Grundsätzlicher Aufbau des hydrogeologischen Fließsystems	19
1.3.2	Elemente des künstlichen Fließsystems Grundgebirge	20
1.3.3	Fließsystem während der Flutung	27
1.3.4	Teilprovinz Hansa	29
1.3.5	Teilprovinz Gneisenau	30
1.3.6	Teilprovinz Kurl	30
1.3.7	Teilprovinz Kurl 1	30
1.3.8	Einzugsgebiet Ost	30
1.3.9	Fließsystem nach der Flutung	31
2	Prüfung von Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche	34
2.1	Anlass und bisherige Ergebnisse	34
2.2	Weitere Auswertungen und Untersuchungen	39
2.2.1	Chemische Untersuchungen des Lippeverbandes	39
2.2.2	Untersuchungen des Kreises Unna	40
2.2.3	Gesamtbewertung der festgestellten Auffälligkeiten	41
2.3	Wirkungszusammenhänge mit der BHV	41
2.3.1	Ausbreitung über den Wasserpfad	41
2.3.2	Ausbreitung über den Luftpfad	42
2.4	Thesen von Prof. █████	44

2.4.1	Nicht durch Prof. [REDACTED] (2011) berücksichtigte Tatsachen und Sachverhalte	44
2.4.2	Diskussion der Thesen von Prof. [REDACTED]	45
2.4.3	Bewertung der Thesen	51
2.4.4	Zusammenfassende Beurteilung der Auswirkung der BHV auf die oberflächennahen Auffälligkeiten	53
3	Literatur	54

ABBILDUNGEN:

Abb. 1:	Aufbau und Inhalt des Gutachtens	1
Abb. 2:	Überblick über den Untersuchungsraum, die wichtigsten Lokalitäten und Lage des Profils in Detailbericht 1	3
Abb. 3:	Vereinfachtes hydrogeologisches Profil Schacht Grillo 4 des Deckgebirges und des Grundgebirges	9
Abb. 4:	Lage der tiefen Grundwassermessstellen in der Kreide, der BHV und des Bereichs der Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche	12
Abb. 5:	Schematischer hydrogeologischer Schnitt NW-SE mit den Wasserspiegeln im Turon und im Emscher Mergel	13
Abb. 6:	Vereinfachtes geologisches Profil im Untersuchungsgebiet mit der schematisch dargestellten Bruchhohlraumverfüllung in rot	14
Abb. 7:	Hauptstörungssysteme im Bereich der BHV und Wasserwege	18
Abb. 8:	Röhrensystem Wasserprovinz Haus Aden mit den zukünftigen Gruben- wasserflüssen in Mio. m ³ /a nach dem Grubenwasseranstieg	21
Abb. 9:	Röhrensystem, geschotterter Hauptwasserweg im BW Auguste Victoria	21
Abb. 10:	Röhrensystem, Hauptwasserweg im BW Haus Aden/Monopol	22
Abb. 11:	Rohrleitung DN 500 mit Unterbrechungen und definierten Zutrittstellen unter der Kiesschüttung	22
Abb. 12:	Hydraulische Anbindung des Röhrensystems an das Gebirge aufgrund eines offenen Ausbaus	23
Abb. 13:	Damm 2657 mit verschraubter Öffnung zur Wiederherstellung der Durchlässigkeit	24
Abb. 14:	Beispiel für die Berücksichtigung der Dämme und Schächte im Streckennetz bei der Grundwassermodellierung	25
Abb. 15:	Gerinne im BW Haus Aden/Monopol	27
Abb. 16:	Wasserprovinz Haus Aden mit dem Einzugsgebiet Victoriadam, Einzugsgebiet Ost, Grubenwasserständen und Übertrittstellen zwischen den Teilprovinzen	28
Abb. 17:	Potentialdifferenzen Stand 3/2016 zwischen den Teilprovinzen und bereits eingestaute Bereiche und Zusickerungen aus dem Deckgebirge	29
Abb. 18:	Vereinfachtes Systemdiagramm	32

Abb. 19:	Aktuelle Stunde 16.09.2013 (WDR): Giftmüll im Grundwasser? Flächen „Auf dem Kamp“ im Bereich des Gösslinghofs	34
Abb. 20:	Übersichtsplan zu den Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche am Gösslinghof	35
Abb. 21:	Lage der Probenahmepunkte	36
Abb. 22:	Lage Probenahmepunkte und vorhandenes Messstelleninventar nach Angaben des Lippeverbandes	37
Abb. 23:	Untersuchungsergebnisse des Lippeverbandes	39
Abb. 24:	Hauptwindrichtungen in Essen	43
Abb. 25:	Berechnete Höhendifferenzen aus einem Vergleich von Höhenangaben der Preußischen Landesaufnahme und aktuellen Digitalen Geländemodellen für das westfälische Ruhrgebiet nach Harnischmacher und den Gesamtensenkungen seit 01.01.1875 bis Abbauende gemäß RAG	46
Abb. 26:	Übersicht über die Senkungen im Bereich Gösslinghof	47
Abb. 27:	Zeitsenkungskurven aus den beiden Senkungsschwerpunkten nördlich und nordöstlich vom Gösslinghof	48
Abb. 28:	Zeitsenkungskurven am Gösslinghof 1972-1988	48
Abb. 29:	Gesamtensenkungen im Bereich der BHV in Zentimetern	49
Abb. 30:	Zeitabsenkungskurven der Senkungsschwerpunkte und die jeweiligen Bruchhohlraumverfüllungen zwischen 1961 und 2015	50

TABELLEN:

Tab. 1:	Inhaltliche Schwerpunkte der Bearbeitung durch das Konsortium in den Detailberichten	2
Tab. 2:	Auszug aus dem geologischen Standardprofil für die Scholle 137	7
Tab. 3:	Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte im Emscher Mergel	10
Tab. 4:	Grundwassermessstellen in der Kreide	11
Tab. 5:	Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte im Oberkarbon	16
Tab. 6:	Probenahme und Ergebnisse	37
Tab. 7:	Schwermetallgehalte im Grünland	40
Tab. 8:	Senkungen in den einzelnen Bauhöhen in m	50
Tab. 9:	Verhältnis Betriebswasser zu gehobenem Grubenwasser	52

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 1“ erfolgt durch sechs Projektpartner, deren fachliche Schwerpunkte in der Abb. 1 dargestellt sind. Die Federführung hat die ahu AG.

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

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

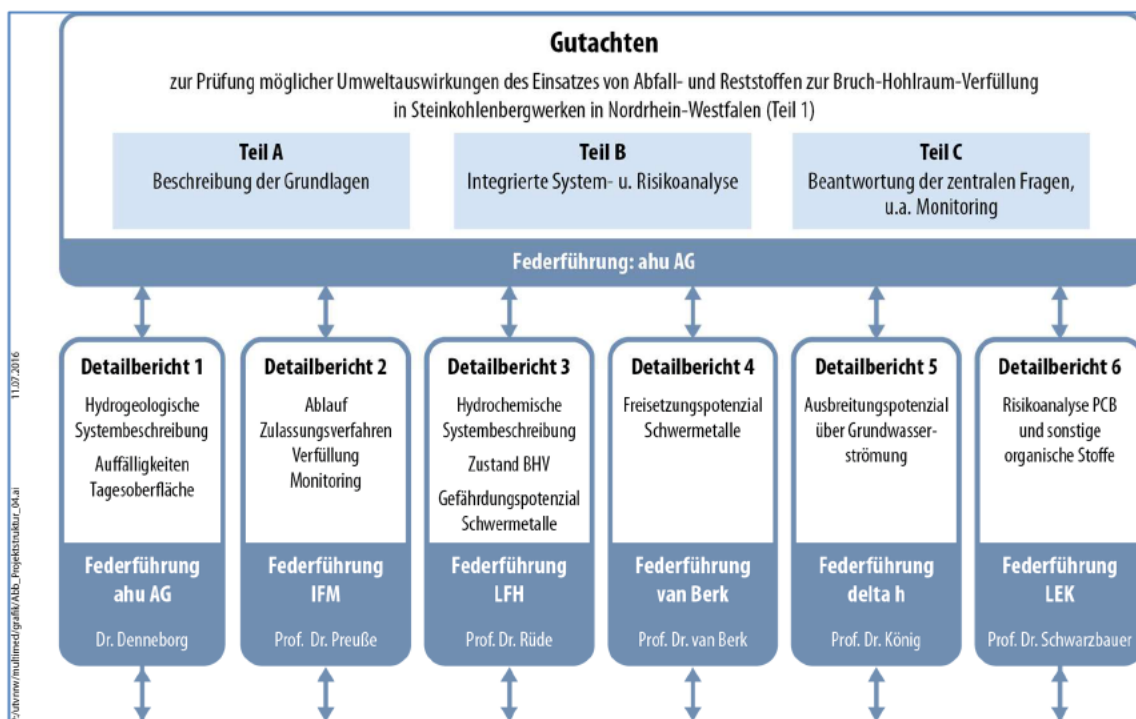


Abb. 1: Aufbau und Inhalt des Gutachtens (ahu AG)

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

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

Nr	Detailbericht	Verantwortlicher Bearbeiter/ Projektleiter	Inhalte
1	Hydrogeologische Systembeschreibung und Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche	Dr. [REDACTED] (ahu AG)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hydrogeologische Systembeschreibung 2. Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche 3. Datenerfassung und Dokumentation
2	Ablauf des Zulassungsverfahrens, der Bruchhohlraumverfüllung und des Monitorings	Prof. [REDACTED] (IFM)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ablauf des Zulassungsverfahrens und des Monitorings 2. Dokumentation der Bruchhohlraumverfüllung 3. Bewertung
3	Hydrogeochemische Systemanalyse	Prof. [REDACTED] (LFH)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tiefengrundwasser 2. Grubenwasser 3. Inventar des anorganischen Gefährdungspotentials 4. Zustand der Bruchhohlraumverfüllung 5. Nebengesteine
4	Freisetzungspotential	Prof. [REDACTED]	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freisetzungspotential 2. Bewertung der damaligen Grundannahmen
5	Ausbreitungspotential	Prof. [REDACTED] (delta h)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausbreitungspotential (Fernfeldmodell und Nahfeldmodelle) 2. Bewertung der damaligen Grundannahmen
6	Risikoanalyse organische Stoffe	Prof. [REDACTED] (LEK)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Risikoanalyse PCB und Substituenten 2. Risikoanalyse andere organische Stoffe

Der vorliegende Bericht ist der Detailbericht 1.

0.2 Untersuchungsraum

Für die Bearbeitung des Gutachtens wurden verschiedene Untersuchungsräume betrachtet, die nicht scharf abgegrenzt werden können. Für die Fragestellungen der hydrogeologischen Systembeschreibung, der Bewertung der Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche (am Gösslinghof) und die Bruchhohlraumverfüllung ist dies der in Abb. 2 dargestellte Untersuchungsraum.

In den Baufeldern Monopol E1, E2 und E3 erfolgt in einer Tiefe zwischen - 800 m NHN und - 920 m NHN die BHV.

Der Schacht Grillo 4, an dem die Mischanlage für die BHV stand und über den die aufbereiteten Versatzstoffe unter Tage gebracht wurden, wurde mittlerweile verfüllt. Die Schächte Grimberg 2 und der Schacht Haus Aden 2, der Standort der Zentralen Wasserhaltung Haus Aden 2 (ZWH), sowie eine untertägige Verbindungstrecke sind noch zugänglich. Für die Grundwassermodellierungen wurden ein Fernfeldmodell und drei Nahfeldmodelle abgegrenzt (Detailbericht 5).

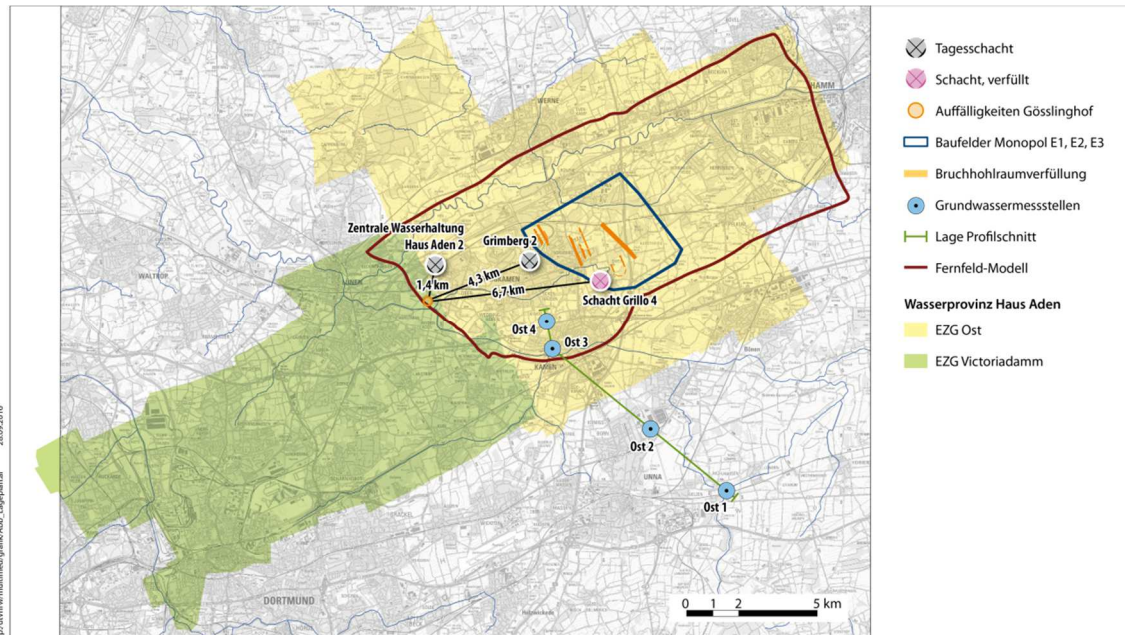


Abb. 2: Überblick über den Untersuchungsraum, die wichtigsten Lokalitäten und Lage des Profils in Detailbericht 1 (ahu AG)

1 Hydrogeologisch-hydrogeochemisches System

1.1 Systembeschreibung

1.1.1 Aufgaben und Grenzen der Systembeschreibung

Um eine der zentralen Frage des Gutachtens „Gibt es heute oder zukünftig ein Risiko durch Schadstoffausträge aus der Bruchhohlraumverfüllung?“ zu beantworten, müssen zunächst das komplexe hydrogeologisch-hydrogeochemische System und die vielfältigen Wirkungszusammenhänge innerhalb des Systems analysiert und verstanden werden. Die hydraulischen Aspekte der Systembeschreibung, also die Frage nach den Durchlässigkeiten und den Grubenwasserströmungen sind auch bedeutend für die Risikoanalyse PCB (Detailbericht 6).

Für die Systembeschreibung werden „Hilfsmittel“ wie die hydrogeochemisch-thermodynamischen Modellierungen zum Stoffverhalten (Detailbericht 4) und hydraulische Grundwasserströmungsmodelle (Detailbericht 5) eingesetzt.

Grundlage für diese Modelle, die immer nur eine Vereinfachung der komplexen Realität sein können, ist eine hydrogeologisch-hydrogeochemische Systembeschreibung (konzeptionelles Modell) mit den Aufgaben,

- das vorhandene Wissen zu strukturieren und auf die zu Verfügung stehenden Werkzeuge (numerische Modelle) zu übertragen,
- die relevanten Randbedingungen und „Startparameter“ zu benennen bzw. hierfür begründbare Annahmen zu treffen, wenn sie nicht bekannt oder ermittelbar sind,
- die ablaufenden Prozesse soweit möglich zu beschreiben,
- die Größenordnung der relevanten Eingangsdaten und ihre Bandbreiten einzugrenzen (worst case, most likely, best case),
- die Unsicherheiten und deren Bedeutung zu benennen.

Diese numerischen Modelle haben dann v. a. die Aufgabe, dieses System- und Prozessverständnis zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Auf dieser Grundlage können dann Prognosen über das Systemverhalten heute und in der Zukunft und unter sich ändernden Randbedingungen erstellt werden.

Es muss klar sein, dass nicht alle Randparameter des Systems bekannt sind bzw. erhoben werden können, weil z. B.

- Messwerte über ein mit Grubenwasser geflutetes System erst in der Zukunft (zumindest theoretisch) erhoben werden können;
- viele der komplexen hydrogeochemischen Prozesse über Jahrhunderte bis Jahrtausende ablaufen und auch jetzt noch nicht vollständig verstanden sind;

- Parameter wie z. B. die mineralogische Stoffzusammensetzung der eingebrachten Reststoffe unter In-Situ-Bedingungen (Druck, Temperatur, Einfluss Tiefengrundwasser) vor und während der Bruchhohlraumverfüllung nicht erfasst wurden und heute – zumindest innerhalb der nächsten Jahre und auch nicht repräsentativ – nacherhoben werden können¹.

Deshalb ist eine wichtige Aufgabe im Gutachten – auf Grundlage des hydrogeologisch-hydrogeochemischen Systemverständnisses – Aussagen zu treffen über:

- Plausibilität, Variabilität und Prognoseunsicherheiten der Modellaussagen,
- ggf. Vorschläge zur Behebung der Unsicherheiten und/oder weiterführender Untersuchungen,
- ein Monitoringkonzept, das rechtzeitig Auskunft gibt, ob die Entwicklung wie erwartet verläuft oder die Auslösung von Handlungsoptionen erforderlich ist.

1.1.2 Grundzüge des hydrogeologisch-hydrogeochemischen Systems

Das hier betrachtete hydrogeologisch-hydrogeochemische System in seiner Gesamtheit reicht bis ca. - 1.700 m NHN unter der Geländeoberfläche. Der Kohlenabbau erreichte Tiefen von ca. 1.400 m NHN. Innerhalb dieses Systems bestehen zahlreiche komplexe Wirkungszusammenhänge, die – aus geologischer Sicht – erst vor kurzem begonnen haben, teilweise sehr langsam ablaufen und noch Jahrtausende andauern werden.

Die wichtigsten Merkmale dieses Systems sind:

- Aufbau aus sehr unterschiedlichen hydrogeologischen Einheiten:
 - flacher quartärer, oberflächennaher Poren-Grundwasserleiter (bis ca. 10 m unter GOK);
 - unterlagernder Kluftgrundwasserleiter in der Auflockerungszone des Emscher Mergels (bis ca. 50 m unter GOK);
 - vereinzelte saline Kluftwasserführung im tiefen Emscher Mergel (bis ca. 230 m unter GOK);
 - hoch salinärer Kluft/Karstgrundwasserleiter (v. a. Kalksteine des Turon) (bis ca. 370 bis 420 m unter GOK);
 - karbonisches Grundgebirge: Wechsellagerung Sandsteine/Tonsteine/Kohle (hier betrachtet bis ca. 1.700 m unter GOK).
- Auswirkungen des jahrzehntelangen Kohleabbaus in großen Teilen des flözführenden Gebirges und dadurch in der Folge:
 - Grundwasserabsenkung über die Strecken;

¹ Hier wären auch Rückstellproben wenig hilfreich, die unter anderen Umweltbedingungen gelagert worden wären.

- weiträumige Entwässerung des die Strecken umgebenden Gebirges;
 - unverritztes Gebirge und abgebaute Bereiche (Alter Mann) mit einer geringen Durchlässigkeit und geringen Wasserführung;
 - in weiten Teilen künstliches Vorflutsystem (offen gehaltene Strecken = Hauptwasserwege) mit hoher Durchlässigkeit und Wasserführung.
- begonnene Flutung der Strecken und des entwässerten Gebirges.
 - Versatz von ca. 170.000 t gebirgsfremden Stoffen (Bruchhohlraumverfüllung mit Reststoffen (Filterstäube aus der Hausmüllverbrennung) und RAA-Schlammern), die in komplexen und langfristigen hydrogeochemischen Reaktionen mit dem Tiefengrundwasser wie wiederholte Ausfällung, Lösung und Umwandlung von Mineralgemischen stehen.

Um die Wechselwirkungen und Besonderheiten des Systems zu verstehen, ist es zunächst notwendig, die – für die Fragestellung relevanten – geologischen Einheiten zu beschreiben.

1.2 Hydrogeologischer Aufbau

Im Folgenden werden die Schichten, die den Untergrund aufbauen, kurz beschrieben. Es handelt sich von der Erdoberfläche aus gesehen um die Schichten des Quartärs und der Kreide, die zusammen das Deckgebirge aufbauen. Darunter liegt das Grundgebirge (Karbon), oft unterteilt in das Flözleere und Flözführende Karbon. Einen Überblick gibt das Bohrprofil in Abb. 3 und der hydrogeologische Schnitt in Abb. 5.

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

1.2.1 Quartär

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

Die Verbreitung, die Mächtigkeit, der Aufbau und die Startwerte für die Kalibrierung des oberflächennahen Grundwasserleiters für das Regionalmodell werden bereichsweise aus dem Grundwassermodell BW Ost des Lippeverbandes (LV) entnommen. Das Grundwassermodell des LV wurde von den Gutachtern geprüft. Es wurde festgestellt, dass das Modell nach dem aktuellen Stand der Technik aufgebaut ist und die verwendeten und berechneten Daten valide und plausibel sind (Detailbericht 5).

Gemäß dem Umweltportal NRW (<http://www.umweltportal.nrw.de>) gibt es im Untersuchungsraum (Abb. 2) keine festgesetzten oder geplanten Entnahmen für die öffentliche Trinkwasserversorgung und keine Heilquellen und damit auch keine festgesetzten oder geplanten Schutzgebiete.

1.2.2 Kreide

Im Rahmen des Sonderbetriebsplans Bruchhohlraumverfüllung (BHV) wurde am 15.12.1995 ein detailliertes Bohrprofil im Maßstab 1 : 1.000 am Schacht Grillo 4 erreicht (Abb. 3). Der Schacht Grillo 4 liegt unmittelbar südlich der BHV (Abb. 2). Neben der genauen Schichtenfolge enthält das Bohrprofil auch Angaben zur Wasserführung.

Weiterhin wurden vom GD NRW drei sehr detaillierte geologische Standardprofile aus der Kohlenvorratsberechnung (KVB) bereitgestellt. Diese Profile reichen bis - 1.500 m. Die Tab. 2 zeigt in einem Ausschnitt ein Beispiel für die geologische Scholle 137, in der die Bruchhohlraumverfüllung (BHV) liegt.

Tab. 2: Auszug aus dem geologischen Standardprofil für die Scholle 137 (GD NRW)

Tiefe bis ... m	Beschreibung	Stratigraphie
5,00		Quartär
190,00	Mergelstein, schluffig, grau am Top Tonmergelstein	Untersantonium
265,00	Mergelstein, schluffig	Coniacium
275,00	Mergelstein, schluffig, grau Einlagerungen aus Kalkmergelstein, hellgrau	Turonium-Coniacium
300,00	Kalkmergelstein, Mergelstein, grau, hellgrau Einlagerungen aus Kalkstein, tonig, hellgrau, gebankt	Oberturonium
375,00	Kalkstein, teilweise tonig, hellgrau wenige Einlagerungen aus Ton, streifig an der Basis Glaukonit	Mittelturonium
380,00	Kalkstein, tonig, schluffig, feinsandig, graugrün, glaukonitisch	Mittelturonium: Soest-Grünsand-Subformation
405,00	Kalkstein, teilweise tonig, hellgrau, grünstichig wenige Einlagerungen aus Glaukonit	Mittelturonium
420,00	Kalkstein, tonig wechsellagernd mit Kalkmergelstein, grünlichgrau	Unterturonium
455,00	Kalkstein, teilweise tonig, grau wenige Einlagerungen aus Glaukonit	Cenomanium
464,40	Sandstein, stark schluffig, stark glaukonitisch, dunkel- grün, karbonathaltig an der Basis Gerölle	Cenomanium: Essen-Grünsand-Formation

Tiefe bis ... m	Beschreibung	Stratigraphie	
465,00	Kohle		Westfalium: Essen-Formation
480,00	Sandstein		
493,40	Schluff-/Tonstein		
495,00	Kohle		
504,70	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
505,00	Kohle		
524,00	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
525,00	Kohle		
549,60	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
550,00	Kohle		
559,60	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
560,00	Kohle		
570,00	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
576,00	Sandstein		
579,10	Schluff-/Tonstein		
580,00	Kohle		
589,60	Sandstein-Schluff-/Tonstein-Wechselfolge		
590,00	Kohle		

Auf Grundlage dieser Profile wurde ein vereinfachtes hydrogeologisches Profil durch die ahu AG erstellt (Abb. 3). Beim Aufbau des Grundwassermodells und der Zuordnung der Modellparameter wurden diese Ergebnisse berücksichtigt.

Das Deckgebirge hat am Schacht Grillo 4 eine Mächtigkeit von 413 m (Abb. 3); gemäß dem Standardprofil liegt die Mächtigkeit des Deckgebirges bei 465 m. Für den Aufbau des Grundwassermodells wurden die Angaben aus dem Standardprofil des GD NRW verwendet. Die Schichten sind annähernd horizontal gelagert (Abb. 6), so dass diese Mächtigkeit und der hydrogeologische Aufbau zunächst mehr oder weniger auf das gesamte Untersuchungsgebiet übertragen werden können.

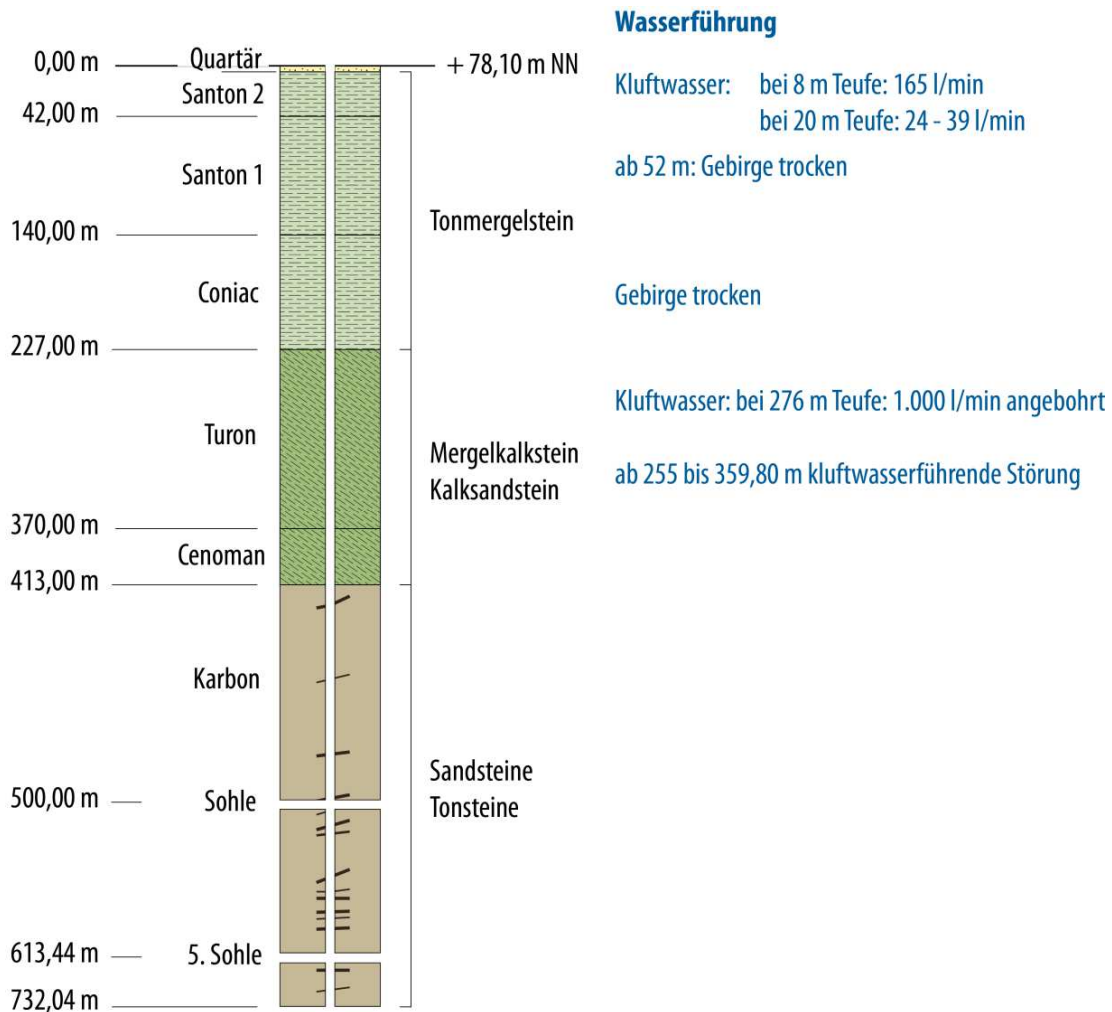


Abb. 3: Vereinfachtes hydrogeologisches Profil Schacht Grillo 4 des Deckgebirges und des Grundgebirges (ahu AG)

Unterhalb des Quartärs folgen die Schichten der Oberkreide. Innerhalb der Oberkreide werden die höher gelegenen tonig-mergeligen Schichten (Emscher Mergel) und die darunterliegenden kalkigen Schichten (Kalke des Cenoman und Turon) unterschieden.

1.2.2.1 Emscher Mergel

Bis zu einer Teufe von 227 m ist im Schacht Grillo 4 der Emscher Mergel verbreitet (Abb. 3). Unter „Emscher Mergel“ werden die Gesteine des mittleren Coniac bis mittleren Santon mit der Basis Recklinghausen Sandmergel zusammengefasst. Innerhalb des Emscher Mergel gibt es fazielle Unterschiede: Im nördlichen Ruhrgebiet ist der Emscher Mergel im Westen sandiger und im Osten (wie im Untersuchungsgebiet) toniger ausgebildet. Der Tonanteil beträgt hier ca. 65 bis 75 %. Zwischen Tonstein und Kalkstein ist eine variable Mischung möglich. Je höher der Tongehalt ist, desto weniger durchlässiger und plastischer ist der Emscher Mergel und reagiert auf Bergsenkungen durch Verformung und nicht durch Brüche (Detailbericht 2).

Die Tab. 3 gibt einen Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte, die für den Emscher Mergel in einigen Untersuchungen und Studien angenommen wurden. Aufgrund der geringen Durchlässigkeiten ist der Emscher Mergel unterhalb der Auflockerungszone als ein Grundwasseringeleiter einzustufen (Hölting & Coldewey 2005).

Tab. 3: Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte (Gebirgsdurchlässigkeit) im Emscher Mergel

Bereich	Durchlässigkeitsbeiwert m/s	Quelle
Auflockerungszone (bis ca. 100 m u. GOK) weitgehend unabhängig von der Fazies	1×10^{-6}	Sauter et al. (2012)
unterhalb der Auflockerungszone	1 bis 5×10^{-9}	DMT (2008)
	1×10^{-10}	GRS (1998)
	10^{-9} bis 10^{-12}	Stemke & Wohnlich (2012)*
	1×10^{-10}	Sauter et al. (2012)
	5×10^{-10}	Fernfeldmodell zur Berechnung des Ausbreitungspotentials

* lfd. Forschungsvorhaben: Herkunft des Methans im Grundwasser des Münsterländer Kreidebeckens (2012)

Wasserführung im Emscher Mergel

Bei der Bohrung zum Schacht Grillo 4 wurde Grundwasser im Emscher Mergel auf Klüften festgestellt. Die Wasserführung lag in 8 m Tiefe bei 2,7 L/s und nahm in 20 m Tiefe auf 0,4 bis 0,7 L/s ab. Ab einer Tiefe von 52 bis 255 m war die Bohrung Schacht Grillo 4 im Emscher Mergel trocken.

Berücksichtigung im Grundwassermodell

Im vorliegenden Grundwassermodell wurde eine Durchlässigkeit von 5×10^{-10} angenommen (Tab. 3). Der geplante Grubenwasseranstieg ist auf ca. - 670 m NHN in der ZWH begrenzt und erreicht damit nicht den Emscher Mergel, aber zur Berechnung der Grundwasserneubildung „von oben“ ist der Emscher Mergel im Grundwassermodell abgebildet und es muss ihm ein realistischer Wert zugeordnet werden.

Grundwassermessstellen im Emscher Mergel

Die Abb. 4 zeigt die Lage von vier tiefen Grundwassermessstellen in der Kreide, die 2002 von der RAG eingerichtet wurden. Die Messstellen sind so verfiltert, dass sie die Grundwasserstände im Emscher Mergel und im darunterliegenden Kalkstein-Grundwasserleiter des Turon messen. Die Messstellen werden regelmäßig gemessen.

Grundwasserchemismus im Emscher Mergel

Mit zunehmender Tiefe steigt der Salzgehalt im Emscher Mergel schnell an. In der Regel wird angenommen, dass ab ca. 150 m Tiefe das Grundwasser zu salzig für den menschlichen Genuss ist (Erläuterungen Blatt Münster C 4310). Die hydrochemische Grenze zwischen Süß- und Salzwasser liegt bei 1.000 mg/L. Einen Überblick über die Grundwasserqualitäten gibt die Tab. 4. Hiernach hat das Grundwasser bei der Messstelle Ost 2.2 bereits in einer Tiefe von 45 m einen hohen Chloridgehalt von über 10.000 mg/L.

Tab. 4: Grundwassermessstellen in der Kreide (Daten der RAG)

Messstelle	Tiefe [m]	Messort	Chloridgehalt 2014/2015 [mg/L]
Ost 1.1	70	Turon	30-55
Ost 2.1	165	Turon	11.-13.000
Ost 2.2	45	Emscher Mergel	10.-12.000
Ost 3.1	200	Emscher Mergel	13.-15.000
Ost 4.1	180	Emscher Mergel	13.-15.000
Ost 4.2	335	Turon	23.000

1.2.2.2 Kalksteine des Turon

Ab 227 bis 413 m wurden Kalksteine des Turon mit verschiedenen Beimengungen an Ton (Mergelkalkstein) und Sand (Kalksandstein) im Schacht Grillo 4 erbohrt. Ein reiner Kalkstein (Oberes Cenoman) wurde zwischen 370 und 392 m erbohrt. Eine Verkarstung wurde nicht erwähnt. Die Mergelkalksteine und Kalksandsteine des Turon und des oberen Cenoman (im Folgenden Kalksteine des Turon) bilden einen mehr oder weniger ergiebigen Kluft- bis Karstgrundwasserleiter. Die Basis der Kreide bildet ein grobes Transgressionskonglomerat.

Wasserführung und Hydrochemie in den Kalksteinen

Wasser führende Klüfte wurden wieder in einer Tiefe von 255 bis 359 m innerhalb der Kalksteine des Turon im Schacht Grillo 4 erbohrt. Besonders starke Zuflüsse (ca. 17 L/s) wurden bei 276 m Tiefe festgestellt. Grundwasseranalysen liegen aus den Kalksteinen im Schacht Grillo 4 nicht vor, wohl aber aus den vier Grundwassermessstellen, deren Analyseergebnisse in der Tab. 4. dargestellt sind. Sie zeigen, dass der Chloridgehalt mit der Tiefe weiter ansteigt und in 335 m Tiefe (Messstelle Ost 4.2) bereits bei 23.000 mg/L liegt.

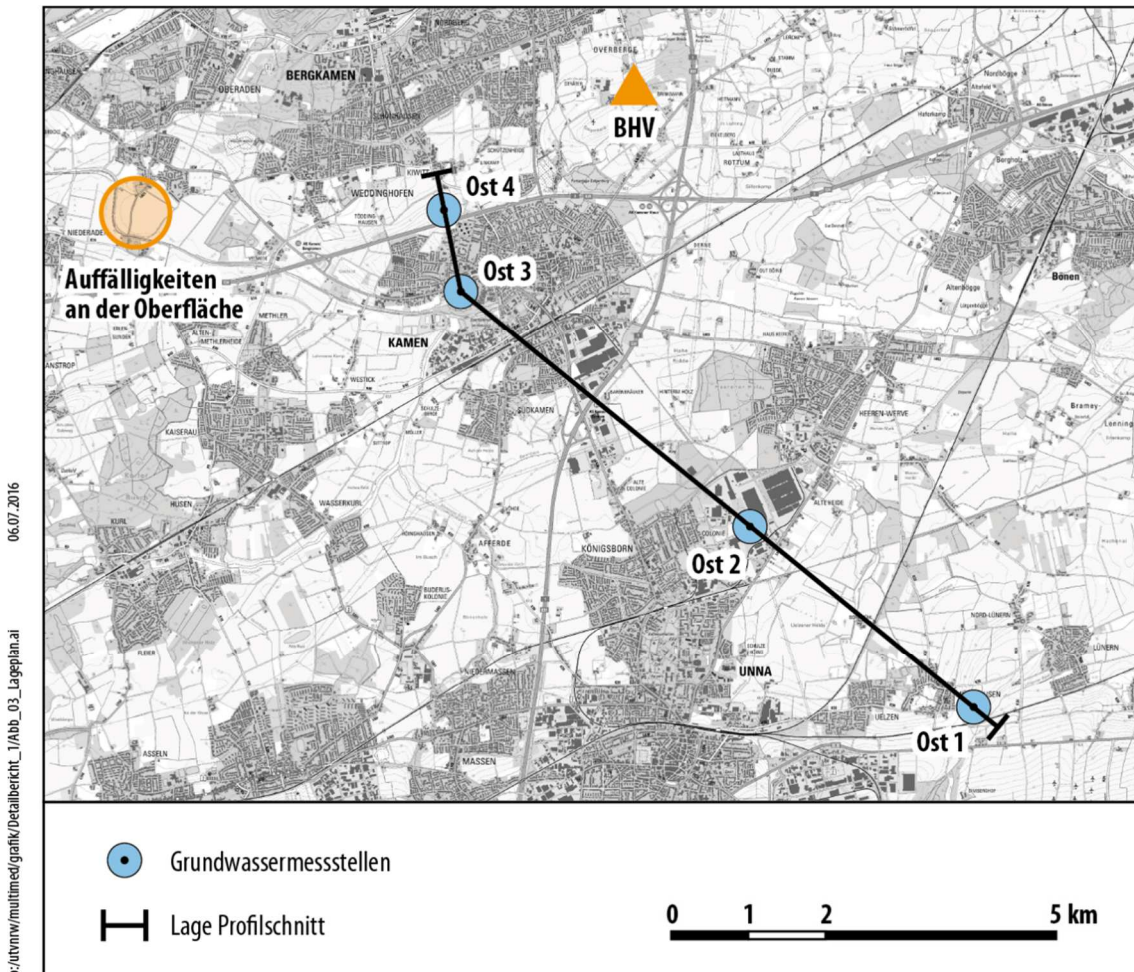


Abb. 4: Lage der tiefen Grundwassermessstellen in der Kreide (Quelle: RAG), der BHV und des Bereichs der Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche (Darstellung: ahu AG)

1.2.2.3 Essen Grünsand

Der Essen Grünsand (Unteres Cenoman) ist ein schluffiger und damit geringdurchlässiger Feinsand, der eine hydraulische Trennung zwischen den wasserführenden Kalen des Turon und des Karbon bewirkt. Beim Auffahren der ersten Bergwerke konnte es beim Fehlen oder bei Geringmächtigkeit des Essen Grünsandes (wie z. B. im Standardprofil des GD NRW) oder bei höheren Durchlässigkeiten des Essen Grünsandes (wie im Westen des Ruhrgebietes) zu massiven Wassereinbrüchen und dauerhaften Wasserzuläufen kommen.

Der Essen Grünsand (Unteres Cenoman) wurde im Bohrprofil Schacht Grillo nicht explizit erwähnt. Im Standardprofil des GD NRW ist der Essen Grünsand nur 0,6 m mächtig. In dem schematischen hydrogeologischen Schnitt (Abb. 5) wird eine durchgehende Verbreitung des Essen Grünsand dargestellt.

Im Grundwassermodell wurde dem Deckgebirge eine Gesamttransmissivität (Faktor aus Durchlässigkeit und Mächtigkeit) zugeordnet.

1.2.2.4 Grundwasserfließsystem Deckgebirge

Die Abb. 5 zeigt einen schematischen hydrogeologischen NW-SE-Schnitt der RAG, die Lage ist in der Abb. 4 dargestellt. Der Bereich der BHV liegt nordöstlich der Messstelle Ost 4. Die Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche (Gösslinghof) liegen westlich des Profils. Dargestellt sind die Verbreitung des Emscher Mergel, des darunter liegenden Turon (Kalksteine), des Essen Grünsand (Unteres Cenoman) und des noch tieferliegenden Karbon.

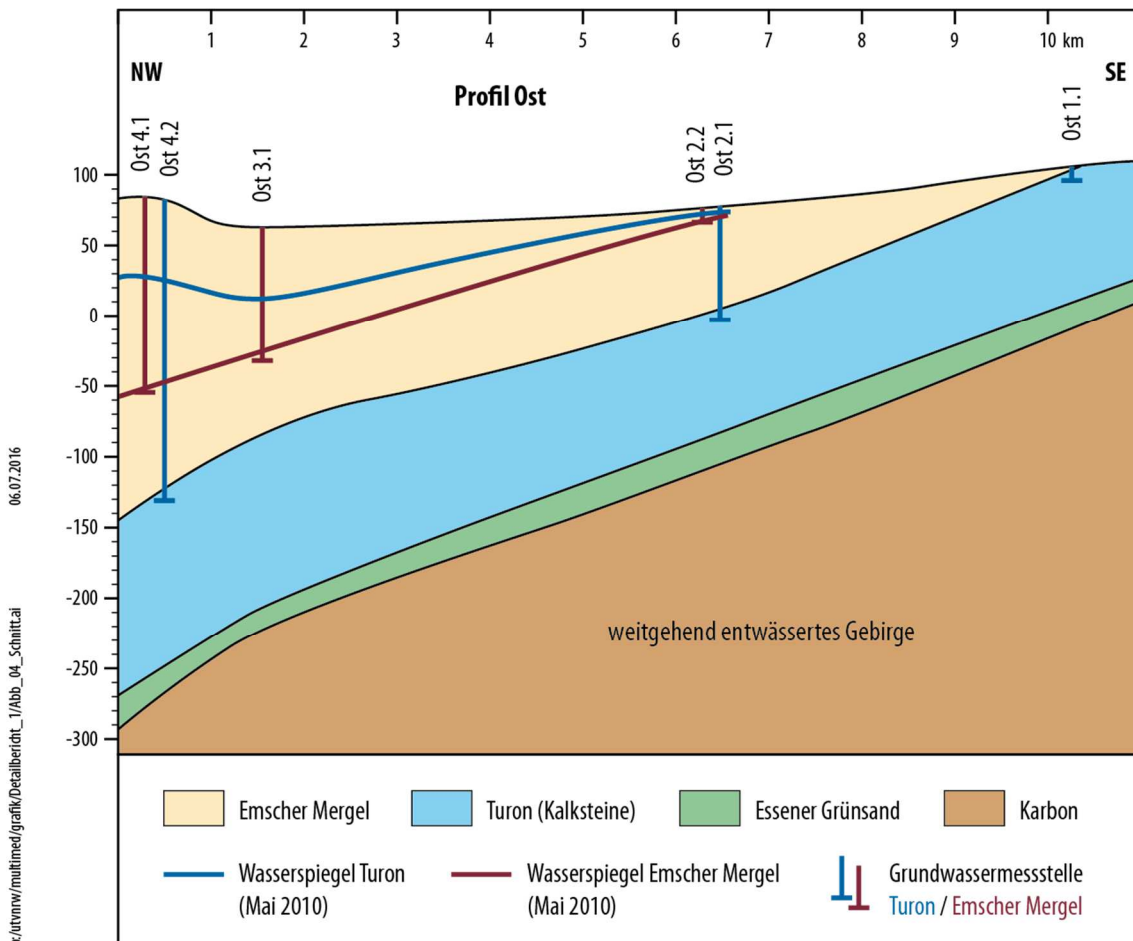


Abb. 5: Schematischer hydrogeologischer Schnitt NW-SE mit den Wasserspiegeln im Turon und im Emscher Mergel (Quelle: RAG, Darstellung: ahu AG)

Im BW Gneisenau/BW Scharnhorst/BW Kurl in der Wasserprovinz Haus Aden kam es beim Auffahren der BW und auch in den Kriegsjahren zu großen Wassereinbrüchen aus dem Deckgebirge. Entweder wurde der Sicherheitsabstand zum Deckgebirge unterschritten und/oder der hydraulisch trennende Essen Grünsand fehlte oder war zu geringmächtig (wie dies gemäß Standardprofil des GD und des Bohrprofils am Schacht Grillo 4 dargestellt ist). Dies ist der Grund dafür, dass das Grubenwasser, das heute in der Zentralen Wasserhaltung (ZWH) Haus Aden gefördert wird, mit 4.500 mg/L vergleichsweise gering mineralisiert ist und in so hohen Mengen anfällt (ca. 22 m³/min). Aus den östlichen BW der Wasserprovinz Haus Aden fallen nur ca. 10 % dieser Menge, allerdings höher mineralisiert, an. Dies wird im Detail in Abschnitt 3.4.3 erläutert.

Im Osten, im Bereich der Messstellengruppe Ost 1 stehen die Kalksteine des Turon unter geringmächtiger quartärer Bedeckung an. In diesem Bereich ist auch ein Großteil der Grundwasserneubildung im Turon zu vermuten, wie der geringe Salzgehalt in der Messstelle Ost 1.1 mit 30 bis 50 mg/L anzeigt (Tab. 4). Alle Schichten fallen gleichmäßig nach NW hin ein. Mit zunehmendem Abtauchen der Schichten nimmt auch die Potentialdifferenz zwischen den Grundwasserständen im Emscher Mergel und den Grundwasserständen im Turon sowie der Salzgehalt zu. Während im Bereich der Messstellengruppe Ost 2 die Grundwasserdruckflächen im Emscher Mergel und im Turon noch annähernd auf gleicher Höhe liegen, liegt die Druckfläche des Turon im Bereich der Messstelle Ost 4 schon fast 80 m höher. Dies bedeutet, dass das Turon hoch gespannt ist: Gegenüber der Basis des Turon beträgt das Potential fast 280 m.

Das darunter liegende Karbon ist durch den langanhaltenden Bergbau weitestgehend entwässert. Solange das so bleibt, ist kein Grundwasseraufstieg aus dem Karbon möglich. Beim Auftreten von höherdurchlässigen Störungen/Klüften würde eine Fließrichtung aus der Kreide (Turon und Emscher Mergel) in das Karbon erfolgen und nicht umgekehrt.

Aber selbst nach einem Grubenwasseranstieg bis auf ca. – 0 m NHN (und einer Wassersättigung des Gebirges) wäre noch keine aufsteigende Wasserbewegung aus dem Karbon in die Kreide möglich, da der „Wasserüberdruck“ im Turon gegenüber dem Karbon wahrscheinlich immer noch ca. 10 bis 20 m betragen würde.

1.2.3 Karbon

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Bochumer Mulde. Die Abb. 6 zeigt ein vereinfachtes geologisches NNW-SSE-Profil durch die Bochumer Mulde. Das Deckgebirge – bestehend aus Quartär und Kreide (Emscher Mergel, Turon/Cenoman) ist zusammenfassend dargestellt. Die Schichten fallen nur mit geringer Neigung nach NW ein. Die schematische Lage der BHV ist in rot dargestellt und liegt im Bereich einer weitgehend horizontalen Lagerung.

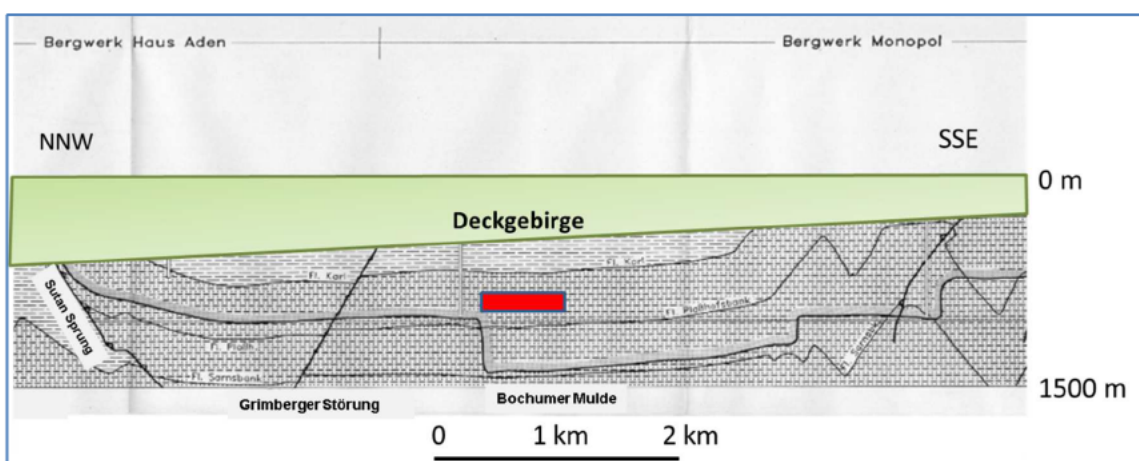


Abb. 6: Vereinfachtes geologisches Profil (NNW-SSE) im Untersuchungsgebiet mit der schematisch dargestellten Bruchhohlraumverfüllung in rot (WBK 1990)

1.2.3.1 Schichtenfolge des Karbon

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

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

Das Karbon beginnt im Untersuchungsgebiet gemäß der Bohrung Schacht Grillo 4 mit einer Wechsellagerung aus Sand- und Tonsteinen und gering mächtigen Kohleflözen.

In der Bohrung Schacht Grillo 4 wurden ca. 20 größere Kohleflöze angetroffen. Im Bereich der Baufelder Monopol E1-E3 wurden davon die folgenden Flöze in den Höhenlagen abgebaut:

- Flöz C von - 608 bis - 659
- Flöz B1 von - 640 bis - 677
- Flöz Zollverein 3 von - 736 bis - 766
- Flöz Zollverein 5 Oberbank von - 687 bis - 795
- Flöz Zollverein 6 Oberbank von - 704 bis - 785
- Flöz Zollverein 6 Unterbank von - 729 bis - 772
- Flöz Zollverein 8 von - 761 bis - 790
- Flöz **Grimberg 2-3 mit der BHV von - 800 bis - 920**
- Flöz Röttgersbank von – 1.394 bis – 1.460
- Flöz Wilhelm von – 1.385 bis - 1.480

Zwischen dem Abbau im Flöz Grimberg 2/3 und dem Abbau im Flöz Röttgersbank im Bereich der o. g. Baufelder besteht ein durchschnittlicher Abstand von ca. 600 m.

Die Tab. 5 gibt eine Übersicht über die bekannten Durchlässigkeitsbeiwerte im Oberkarbon (Startwerte für die Kalibrierung des Fernfeldmodells, Detailbericht 5).

Tab. 5: Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte im Oberkarbon (nach Paas 1997)

Stratigraphie	Lithologie	Porenvolumen	Gesteinsdurchlässigkeitsbeiwerte [m/s]	Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwerte [m/s]	Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwerte [m/s]	
					nicht aufgelockert	aufgelockert
Älteres Oberkarbon	Siltsteine	< 1 %	6×10^{-13} bis $4,6 \times 10^{-15}$	3×10^{-9} bis 3×10^{-10}	10^{-8} bis 1×10^{-9}	
	Sandsteine	1 bis 3 %		10^{-7} bis 3×10^{-9}	10^{-6} bis 3×10^{-8}	
Jüngeres Oberkarbon (Horst, Dorsten Schichten)	Siltsteine – Sandsteine	bis 10 %	8×10^{-9} bis 2×10^{-11}			
Karbon allgemein					vertikal 6×10^{-9} horizontal 2×10^{-8} (GRS 1998)	
Versatzbereich*					1×10^{-8} bis 1×10^{-9}	
Fernfeldmodell				5×10^{-8}	$1,6 \times 10^{-8}$	

* Unter Versatzbereich wird der vertikale Bereich einer Bruchhohlraumverfüllung (ca. 10 m) verstanden.

Damit sind die Wegsamkeiten auch bei Betrachtung der Gebirgsdurchlässigkeiten als „äußerst gering“ (Klassifizierung gemäß Hydrogeologische Karte, HK 50) einzuschätzen.

Die Auflockerung (Gefügezerstörung) durch den Steinkohlenabbau reicht nach Jäger et al. (1990) nur bis zum Drei- bis Fünffachen der jeweiligen Flözmächtigkeit ins Hangende hinein.

Der geologische Aufbau im Grundwassermodell beruht auf den digitalen Daten aus der Kohlenvorratsberechnung des GD NRW und einem für die geologische Scholle 137 entwickelten Standardprofil mit sehr hoher Auflösung im Meterbereich bis in eine Tiefe von 1.500 m u. GOK (Tab. 2).

1.2.3.2 Störungen im Karbon

Die variszische Gebirgsbildung mit der Auffaltung des Grundgebirges erfolgte vor ca. 280 Millionen Jahren. Die meisten Quer- und Diagonalstörungen im Grundgebirge entstanden jedoch erst postvariszisch – z. B. durch Aktivierung während der Gebirgsbildung der Alpen – in der Zeit zwischen Perm und Kreide (Wrede 1992, Drozdowski & Wrede 1994, Wrede 2010).

Es liegen weitere umfangreiche Informationen über den tektonischen Bau vor, die im Rahmen des Gutachtens nicht im Detail ausgewertet wurden (z. B. Wrede 1992; Drozdowski & Wrede 1994; Wrede 2010).

Die Störungstektonik ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

- Die Faltung des Grundgebirges läuft nach Norden zum Münsterländer Becken hin aus und nimmt nach Süden hin mit nach Norden und Süden einfallenden Auf- und Überschiebungen (Einengungstektonik) und vielen Querstörungen zu. Es gibt eine ungefähr gleiche Anzahl von nord- und südfallenden Aufschiebungen (z. B. Sutan-Überschiebung).
- Es gibt nur wenige nachgewiesene Störungen, die sich aus dem Grundgebirge in das Deckgebirge bis zur Geländeoberfläche fortsetzen, auch wenn die genaue Lage dieser Störungen an der Geländeoberfläche nicht überall bekannt ist. Diese wenigen bekannten Störungen liegen am Südrand des Münsterländer Beckens, in den im Zuge der Steinkohlegewinnung erkundeten Bereichen (z. B. Drevenacker Störung im Raum zwischen Bottrop und Dorsten). Im Untersuchungsgebiet sind das vor allem der Fliericher Sprung mit ca. 400 m Sprunghöhe und der Königsborner Sprung SW der Bauhöhe 17.
- Es gibt wesentlich mehr große Störungen aus dem Grundgebirge, die sich nachweislich nicht ins Deckgebirge fortsetzen, als Störungen, die aus dem Grundgebirge durch das Deckgebirge durchschlagen.
- Es gibt eine Reihe von Störungen im Deckgebirge, die wurzellos nach unten enden (Dölling & Juch 2009). Im Untersuchungsgebiet ist keine derartige Störung bekannt.

Die Durchlässigkeit einer Störung kann abschnittsweise unterschiedlich sein. So wurde beim Durchörtern der Sandgewand, einer großen Störung im Kohlenrevier bei Aachen, in den 1920er Jahren ein großer Wassereintrich registriert, der fast zur Aufgabe des Bergwerks führte. Bei einer Durchörterung in den 1980er Jahren an einer anderen Stelle derselben Störung wurde keine Wasserführung festgestellt (ahu AG 2012).

Im Ruhrkarbon gibt es Erfahrungen, dass auch sehr große Störungen gering durchlässig sind: z. B. der Fliericher Sprung zwischen der Wittener und der Bochumer Hauptmulde. Dort besteht zwischen dem Bergwerk Ost und der Zeche Königsborn 4 ein Potentialunterschied im Grundwasser von > 1.000 m (ahu AG 2012).

Vielfach haben Störungen eine gegenüber dem umgebenden Gebirge verringerte Durchlässigkeit, da es durch die Bewegung zum Verschmieren von Tonen, Mylonitbildung gekommen ist, die die Durchlässigkeit deutlich herabsetzt (Wallbraun 1992).

Häufig sind Störungen infolge einer Dehnungs- und Zerrungstektonik (tektonische Gräben, Abschiebungen) durchlässiger als Störungen, die infolge einer Einengungstektonik (Blattverschiebungen, Aufschiebungen) entstanden sind.

Das Gebirge oberhalb der Bruchhohlraumverfüllung wurde fast flächig mit den Flözen der Zollvereinsgruppe durchbaut. Dabei wurden keine Wasser führenden Störungen festgestellt und größere, unbekannte Störungen, die potentielle Wasserwege darstellen können, sind nicht zu erwarten (Thein & Klingel 1995).

Im Untersuchungsgebiet treten drei große NNW-SSE verlaufende Störungen auf, die die einzelnen Schollen begrenzen. Vor allem der Königsborner Sprung ist von Bedeutung, da sie am nächsten an der BHV liegt und auch Verbindung zu dem Röhrensystem (offene Strecken zur Grubenwasserführung) hat (Abb. 7).

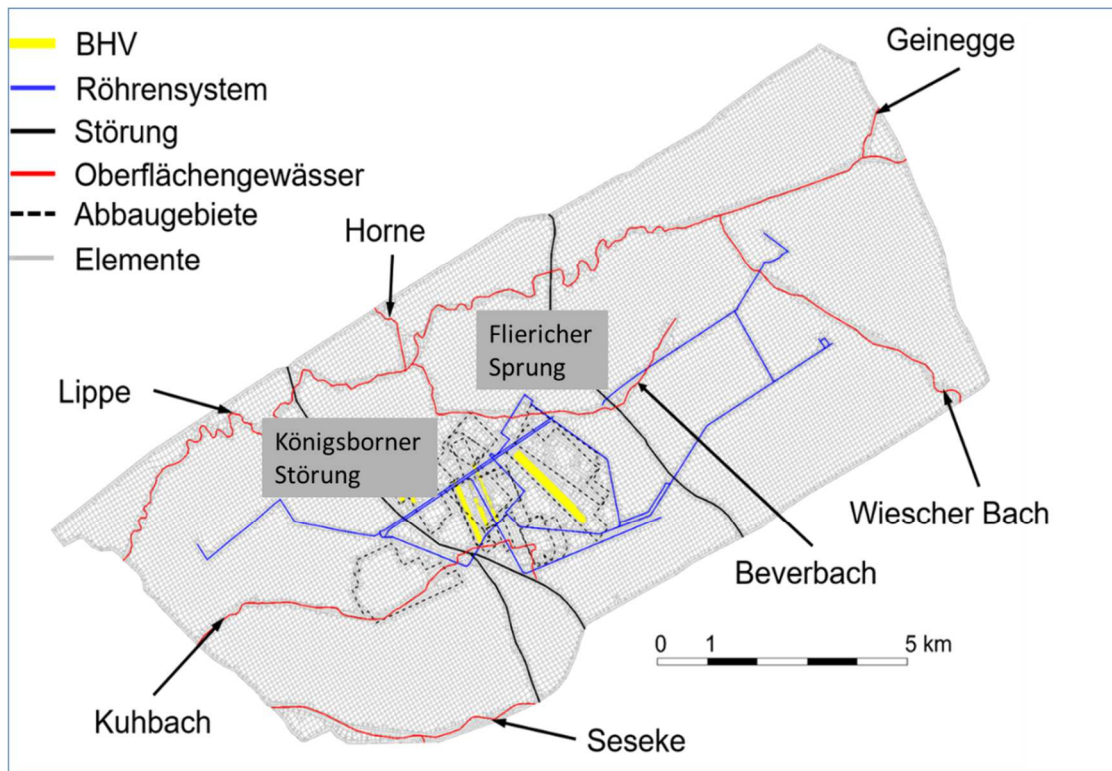


Abb. 7: Hauptstörungssysteme (schwarz) im Bereich der BHV (rot) und Wasserwege (blau) (Darstellung: delta h)

Die kürzeste Entfernung zwischen der BHV (Bauhöhen Gb16 und Gb17) zum Königsborner Sprung beträgt 200 Meter (Detailbericht 5).

Die kürzeste Entfernung von der BHV (Bauhöhen Gb16 und Gb17) über den Königsborner Sprung zu einer offenen Strecke, die dann zur ZWH führt, beträgt 266 m. Diese offene Strecke liegt in einer Tiefe von ca. 960 m (Detailbericht 5).

Die kürzeste Entfernung zwischen der BHV (Bauhöhen Gb1, Gb2 und Gb31) zu dem Röhrensystem beträgt 139 Meter, von der Bauhöhe Gb16 aus sind es 126 m (Detailbericht 5).

Hierbei ist zu beachten, dass die Hauptmasse der BHV und damit der eingebrachten Schwermetalle weiter von der Störung und dem Röhrensystem entfernt liegen (Abb. 7). Über die Grundwassermodellierungen wird für das gesamte Röhrensystem über die Zeit aufsummiert, welche Schwermetallfrachten in das Röhrensystem – ob über eine Störung oder über die Durchströmung des Gebirges – gelangen.

Eigene Untersuchungen oder sonstige Daten speziell zur Durchlässigkeit des Königsborner Sprungs liegen nicht vor. Hierzu Dr. [REDACTED] (GD NRW, Schreiben vom 13.06.2016):

„Generell sind, wie Sie zutreffend schreiben, die Verhältnisse bezüglich der Durchlässigkeit von Gebirgsstörungen im Karbon sehr uneinheitlich. Eine pauschalierende Annahme einer Erhöhung der Durchlässigkeit gegenüber dem umgebenden Gebirge um 1 – 2 Zehnerpotenzen (vergl. Landesgutachten Fracking 2012: S. 5/22) würde bei der

Annahme von Gebirgsdurchlässigkeiten in bergbaulich aufgelockerten Oberkarbongesteinen von $K_f = 10^{-8}$ bis 10^{-9} m/s auf Werte von $K_f = 10^{-6}$ bis 10^{-8} m/s führen (vergl. Paas 1997). Ähnliche Werte ($K_{f,v} = 5 \times 10^{-6}$ m/s; $K_{f,h} = 5 \times 10^{-8}$ m/s) nimmt auch die BGR an in ihrer Studie zu Schieferöl und Schiefergas in Deutschland (2016: 110) für die Störungen in ihren Modellrechnungen. Von Sauter et al. (2012) wurden als „worst case Szenario“ bei ihren Modellierungen K_f -Werte von 10^{-4} m/s angenommen.

Damit wären die Störungen im Regelfall als „gering“ bis „sehr gering durchlässig“ zu betrachten. Gleichwohl ist eine höhere Wasserwegsamkeit im Einzelfall nicht auszuschließen“.

In den Modellierungen mit dem Grundwassermodell wurden daher für die Störungen auch sehr hohe Durchlässigkeiten von 1×10^{-5} m/s angenommen, um die Bedeutung der Störung bei sehr hohen Durchlässigkeiten für das Grundwasserfließsystem bewerten zu können (Detailbericht 5).

Zusammenfassend ist zu sagen: Je durchlässiger die Störung ist, desto stärker orientiert sich langfristig das Grundwasserfließsystem auf die Modellränder und desto mehr verteilt sich eine zukünftige und langfristige Belastung aus der BHV im Tiefengrundwasser. Je geringer durchlässig die Störung ist, desto größer ist die Bedeutung des Röhrensystems als Vorfluter und desto größer ist der Anteil an Schwermetallen, die zukünftig und langfristig über die Grubenwasserhaltung erfasst und gehoben werden.

1.3 Hydrogeologisches Fließsystem Grundgebirge

Im Folgenden werden der Aufbau, die Elemente und ihre Wirkungszusammenhänge im Fließsystem des Grundgebirges erläutert.

Bei einem Grubenwasserstand von – 670 m NHN in der ZWH und ca. - 600 m NHN in der Wasserprovinz Haus Aden existiert ein Gefälle aus dem Deckgebirge in das Grundgebirge, und eine Grundwasserströmung kann ebenfalls nur in diese Richtung erfolgen. Aufstiege von Tiefengrundwasser sind so nicht möglich.

Dies bedeutet nicht, dass es bei einem Grubenwasseranstieg höher als - 670 m NHN in der ZWH zu einem Aufsteigen von Tiefengrundwässern kommt.

1.3.1 Grundsätzlicher Aufbau des hydrogeologischen Fließsystems

Das Fließsystem im Grundgebirge ist kein natürliches Fließsystem (mehr), sondern es gibt eine Reihe von anthropogenen Veränderungen, die einen großen Einfluss auf das hydrogeologische Fließsystem hatten und haben werden.

Vor dem Bergbau nahm das tiefe, hochsalinare (und schwere) Tiefengrundwasser kaum am Fließsystem teil. Lediglich an einigen Solequellen am Südrand des Münsterlandes trat Tiefengrundwasser zu Tage (ahu AG 2012). Durch den Bergbau erfolgt zum einen eine Entwässerung des Tiefengrundwassers bis in eine Tiefe von - 1.400 m und zum anderen wurden künstliche Wegsamkeiten mit einer hohen Durchlässigkeit geschaffen, die im Rahmen des Grubenwasserkonzeptes auch möglichst lange erhalten bleiben sollen, um eine gezielte Führung des Grubenwassers hin zu drei zentralen Wasserhaltungen im Ruhrgebiet (Walsum, Lohberg und Haus Aden) zu gewährleisten.

Das zukünftige Fließsystem ist am ehesten mit einem Karst-Grundwasserleiter zu vergleichen. In einem Karst-Grundwasserleiter erfolgt auch über die Karströhren (Höhlen) fast der gesamte Wasserumsatz. Die Gesteinsmatrix, das umgebende Gebirge, nimmt aufgrund der erheblich geringen Durchlässigkeit (mindestens 10.000.000-fach geringere Durchlässigkeit) kaum am Wasserumsatz teil. Dies betrifft auch die verbrochenen Abbaubereiche (Alter Mann), die nach einer gewissen Zeit fast dieselbe geringe Durchlässigkeit wie das nicht durchbaute Gebirge haben. Gemäß GRS (1998) wird für den Alten Mann langfristig eine Durchlässigkeit von 1×10^{-8} m/s angegeben. Im Fernfeldmodell wurde eine Durchlässigkeit von 5×10^{-8} m/s angenommen (Detailbericht 5). Der Nahbereich um die offenen Strecken (Röhren) herum ist durch den jahrzehntelangen Bergbau ebenfalls teilweise entwässert.

1.3.2 Elemente des künstlichen Fließsystems Grundgebirge

Anders als in einem natürlichen Karstsystem ist die zukünftige Entwässerungsfunktion der Grubengebäude – das Röhrensystem – jedoch geplant und gesteuert.

Dies betrifft vor allem die BW, die seit Mitte der 1990er Jahre abgeworfen wurden. Hierzu gehört auch die Wasserprovinz Haus Aden, die im vorliegenden Gutachten bewertet wird.

Die Abb. 9 bis Abb. 13 zeigen wichtige Elemente des Röhrensystems aus dem BW Haus Aden und dem BW Auguste Victoria. Sie werden im Folgenden näher beschrieben.

- offene Strecken mit Querschnitten bis zu 20 m^2 (Abb. 9 und Abb. 10).
- Schotterschicht: Alle gleisgebundenen Strecken sind geschottert. Die Mächtigkeit beträgt min. 10 cm. Selbst bei einer langfristig zusammengesunkenen Röhre soll der Schotter noch eine Grundwasserströmung ermöglichen (Abb. 9).
- zusätzliche ein bis zwei Rohrleitungen (DN 300 bis DN 500) mit regelmäßigen Wasserzutrittsmöglichkeiten, über diese Rohre soll das Grubenwasser fließen, wenn die Strecken langfristig verbrochen und vollständig verschlossen sind (Abb. 11).
- abgedämmte Strecken zur Steuerung des Wasserflusses.

Das Röhrensystem für den östlichen Teil der Wasserprovinz Haus Aden ist in der Abb. 8 dargestellt. Es zeigt die Haupt- und Nebenwasserwege als wichtigstes Element, einige Schächte und Dämme sowie die BHV-Bereiche sowie die erwarteten Grubenwassermengen. Hauptwasserwege stellen wichtige Verbindungen zwischen Teilprovinzen und der Zentralen Wasserhaltung auf Haus Aden 2 (ZWH) her, die Nebenwasserwege sind häufig Zubringer. Für die Grundwasserströmungsmodellierung sind aber alle Wasserwege mehr oder weniger gleich bedeutsam und werden zusammenfassend als Röhrensystem bezeichnet.

Die ZWH für die Wasserprovinz Haus Aden befindet sich auf Haus Aden 2. Hier werden zzt. nur die Wässer aus dem westlichen Einzugsgebiet Victoriadamme angenommen, welches hier nur mit einem Pfeil dargestellt ist (Zufluss im Durchschnitt $22 \text{ m}^3/\text{min}$).

Zukünftig, nach dem zugelassenen Grubenwasseranstieg bis auf - 960 m NHN in der ZWH, wird auch aus dem Einzugsgebiet Ost Grubenwasser in Höhe von ca. 2,8 m³/min der ZWH zuströmen. Die Hauptwasserführung im Ostteil der Wasserprovinz läuft ca. 600 m NHN unterhalb der BHV (Abb. 8) auf einem Niveau von - 1.420 m NHN. Die BHV liegt zwischen - 820 m NHN und - 930 m NHN. Ein Nebenwasserweg vom Blindschacht 50 zum Schacht Grimberg 2 wurde an beiden Stellen verdämmt.

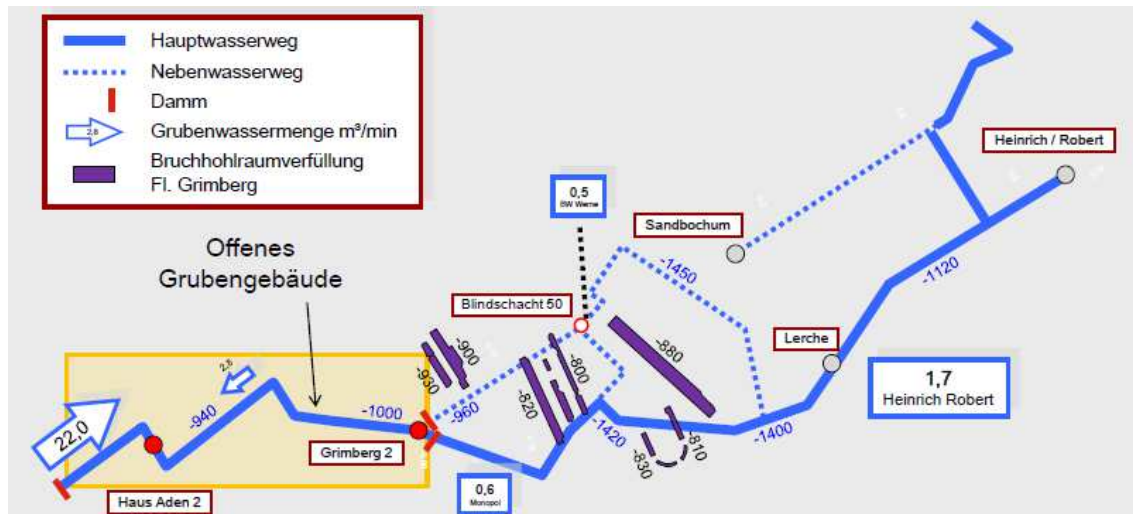


Abb. 8: Röhrensystem Wasserprovinz Haus Aden mit den zukünftigen Grubenwasserflüssen in Mio. m³/a nach dem Grubenwasseranstieg (Quelle: RAG)



Abb. 9: Röhrensystem, geschotterter Hauptwasserweg im BW Auguste Victoria (Foto: RAG)



Abb. 10: Röhrensystem, Hauptwasserweg im BW Haus Aden/Monopol (Foto: RAG)



Abb. 11: Rohrleitung DN 500 mit Unterbrechungen und definierten Zutrittstellen unter der Kiesschüttung (Foto: RAG)



Abb. 12: Hydraulische Anbindung des Röhrensystems an das Gebirge aufgrund eines offenen Ausbaus (Foto: RAG)

Hydraulische Anbindung der Röhren an die Gebirgsmatrix

Da die Wände des Röhrensystems nicht wasserdicht ausgebaut sind, bestehen Zutrittsmöglichkeiten von Grundwasser aus dem umgebenden Gebirge (Matrix) in die Röhren (Abb. 12). Aufgrund der mindestens 10.000.000-fach geringeren Durchlässigkeit der Matrix (und des Alten Manns) sind die Fließmengen in der Gebirgsmatrix auch erheblich geringer. Aufgrund des geringen Potentials in den Röhren sind die Röhren in der Regel der Vorfluter und werden angeströmt.

Ausnahmen sind Wasserzutritte an Klüften. Diese oft dauerhaft fließenden Zuläufe haben wahrscheinlich auch Kontakte zu geklüfteten Sandsteinlagen mit einer gewissen Wasserführung. Die unterschiedlichen Durchlässigkeiten der Sandstein- und Tonsteinschichten werden im Fernfeldmodell berücksichtigt.

Dämme

Im Bergwerksbetrieb wurden mit Fortschreiten des Abbaus nicht mehr genutzte Bereiche (abgeworfene Bereiche) abgedämmt, damit vor allem die Luftströmungen (Wetter) gezielter geführt werden konnten und aus abgeworfenen Bereichen keine Grubengase austreten konnten. Bei gasreichen Kohlen liegen die Abstände bei 25 m und darunter (z. B. Prosper Haniel). Dies erfolgte durch mehrere tausend Dammbauwerke, die in der

Regel aus Beton – gemäß den entsprechenden Regelwerken und häufig gemäß Sonderbetriebsplänen – errichtet wurden. Dadurch wurde sukzessive in den die Abbaue begleitenden Strecken eine Kaskade von Barrieren geschaffen, die auch bei einem Verbleib von Hohlräumen in langfristig zusammengedrückten Strecken eine durchgehende Durchlässigkeit einschränkt. Bei Dämmen, durch die eine spätere Wasserführung erfolgen soll, wird vor dem Rückzug aus dem BW eine aufgeschraubte Platte entfernt. Die Lage der Dämme wurde im Grundwassermodell berücksichtigt.



Abb. 13: Damm 2657 mit verschraubter Öffnung zur Wiederherstellung der Durchlässigkeit (Foto: RAG)

Die Abb. 14 gibt einen Eindruck von der Vielzahl der Dämme im Streckennetz des BW Haus Aden/Monopol. Die Lage der Dämme wurde von der RAG digital übernommen und in der Lage und Funktion im Grundwassermodell berücksichtigt (Detailbericht 5).

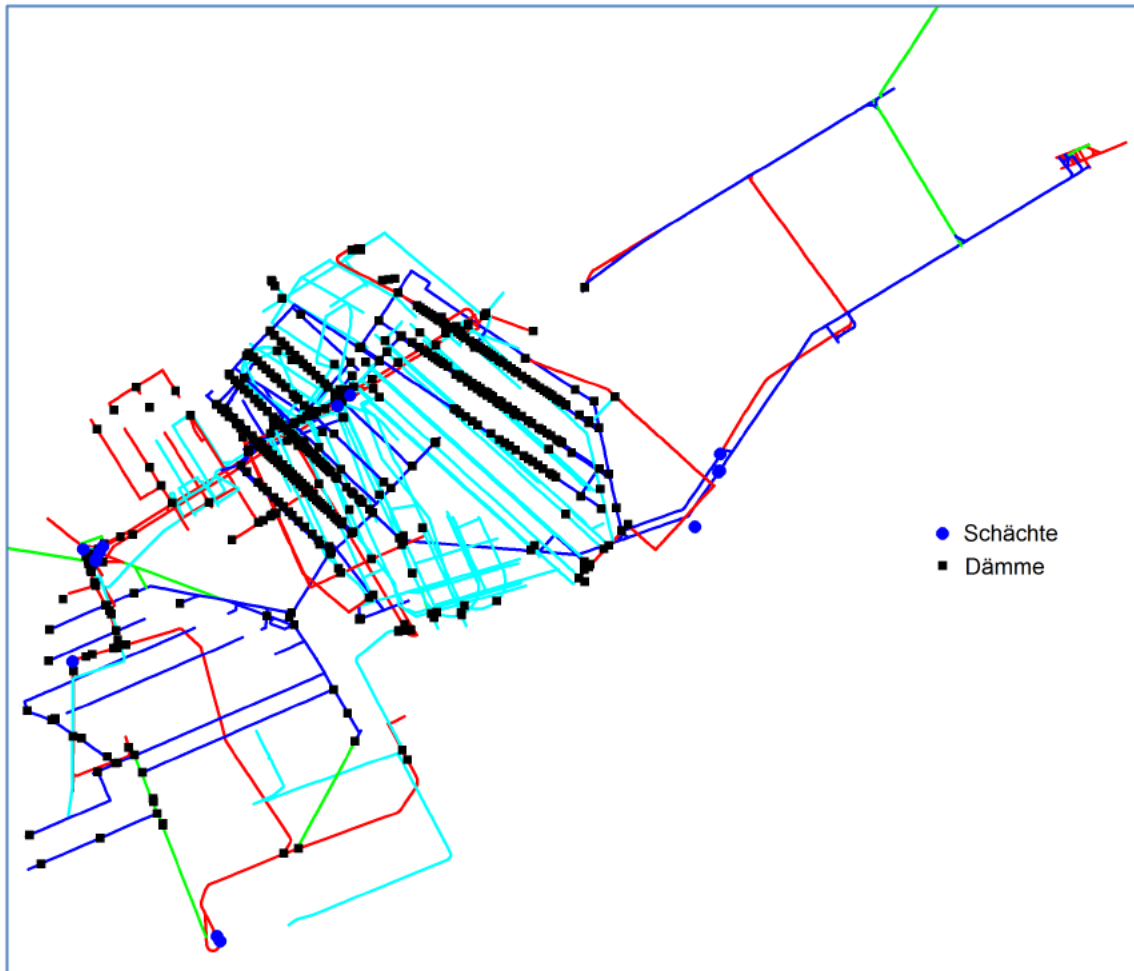


Abb. 14: Beispiel für die Berücksichtigung der Dämme und Schächte im Streckennetz bei der Grundwassermodellierung (Quelle: RAG, Darstellung: delta h)

Dauerhaftigkeit/Wasserwegsamkeit des Röhrensystems

Die Dauerhaftigkeit des Röhrensystems kann nur abgeschätzt werden, da seit langem abgeworfene Bergbaubereiche nicht mehr zugänglich sind. Die folgenden Punkte lassen vermuten, dass die Wasserwegsamkeiten aber mindestens über mehrere 10er Jahre bis 100er Jahre bestehen bleiben:

- Die Entwässerung der seit längerem abgeworfenen Grubenbereiche wie z. B. das Einzugsgebiet des Victoriadamms mit der Überleitung aus den BW Gneisenau und BW Hansa funktioniert.
- Die meisten Strecken bestehen seit mehreren 10er Jahren und erfolgten im Gleitbogenausbau. Der Gleitbogenausbau wurde in seiner ersten Ausführungsform Anfang der 1930er Jahre entwickelt und eingesetzt. Das heutige Profil des Gleitbogenausbaus wurde 1970 eingeführt, daher die Bezeichnung TH-70. In der Regel erfolgt kein Zusammendrücken der Firste, sondern ein „Hochdrücken“ der Streckensole durch den Gebirgsdruck. Im Betrieb wurden deshalb regelmäßig die Sohlen wieder abgeschoben. Es ist das Ziel des sohlenoffenen Bogenquerschnitts,

die Firste zu stabilisieren und Verformungen aus der Sohle zuzulassen. Dies gelingt in der Regel, da die freie Knicklänge der Sohle wesentlich größer ist als in der Firste (Stadie 1987).

- Die langfristig genutzten Strecken (Ausrichtungsstrecken), die zentrale Bedeutung für das Bergwerk haben, wurden so ausgebaut (z. B. durch Vollringausbau), dass sie ähnlich wie ein Tunnelbauwerk weitestgehend dauerhaft unverändert bleiben. Als Beginn dieser Technik der mechanisierten Gesteinsstreckenauffahrung (mit Vollschnittmaschinen) wird eine Auffahrung auf dem Bergwerk Minister Stein in der Zeit 1971 bis 1973 gesehen (Podjadke, Witthaus, Bartel 2008).
- Schotterschicht (min. 0,1 m): Selbst bei einer langfristig zusammengesunkenen Röhre soll der Schotter noch eine Grundwasserströmung ermöglichen (Abb. 9).
- Zusätzliche Rohrleitungen (DN 300 bis DN 500) mit regelmäßigen Wasserzutrittsmöglichkeiten. Über diese Rohre soll das Grubenwasser fließen, wenn die Strecken verbrochen und vollständig verschlossen sind (Abb. 11).
- Nach einem Grubenwasseranstieg ist das Tiefenwasser fast sauerstofffrei. Dies minimiert die Korrosion des Streckenausbaus.

Langfristig – mehrere 100er Jahre ? – werden auch Streckenverbindungen ihre hohe Durchlässigkeit verlieren. Die Folge wird zunächst der Aufbau höherer Potentialunterschiede zwischen den einzelnen Bergwerksbereichen sein, wie das bereits in einigen BW aus den 1930er Jahren im Süden der Wasserprovinz Haus Aden der Fall ist (BW Kurl 1 und BW Kurl). In dem Grubenwasserkonzept der RAG sind deshalb an ausgewählten Zechenstandorten Sicherungsbrunnen vorgesehen, falls ein Zustrom aus einer Teilprovinz zur ZWH nicht mehr gewährleistet ist.

In der Grundwassermodellierung im Detailbericht 5 wurde von hohen Durchlässigkeiten im Röhrensystem ausgegangen. Es wird empfohlen, die Auswirkung einer langfristig verringerten Durchlässigkeit des Röhrensystems anhand weiterführender Grundwassermodellierungen in Teil 2 des Gutachtens zu untersuchen (Detailbericht 5).

Heutige Wasserführung

Durch die Jahrzehnte andauernde Bergwerkstätigkeit ist das Gebirge im direkten Kontakt zu den Röhren weitgehend entwässert. Auch durch die Bewetterung wurden und werden teilweise bis heute große Wassermengen ausgetragen.

Bei der untertägigen Probenahme im BW Haus Aden wurde deshalb nur ein relevantes Gerinne mit Wasserführung angetroffen (Abb. 15).



Abb. 15: Gerinne im BW Haus Aden/Monopol (Foto: RAG)

Die Wasserzutrittsstelle lag in der Deckenfirste wenige Meter oberhalb der Stelle der Abb. 15. Massive Salzablagerungen an der Decke als Stalaktiten und Bodenablagerungen zeigen den hohen Salzgehalt an. Eine Analyse des Wassers (Probe 18/3) ergab 44.000 mg/L Chlorid und bestätigt damit die hohe Mineralisation des Grundgebirges und des darüber liegenden Deckgebirges.

1.3.3 Fließsystem während der Flutung

Im Bereich der Wasserprovinz Aden handelt es sich um ein nach vier Seiten (Norden, Osten, Süden und Westen) weitgehend geschlossenes hydraulisches System, da hier das unverritzte Gebirge ansteht.

Nach den Abschätzungen der RAG im Box-Modell (DMT 2015) und den Erfahrungen aus anderen, bereits gefluteten BW wird das Grubenwasser ca. 100 bis 150 m pro Jahr steigen. Dies erfolgt zunächst vor allem in den Röhren und wird als „schnelles System“ bezeichnet.

Die Wasserprovinz Haus Aden gliedert sich in drei Bereiche (Abb. 16):

- 1) Einzugsgebiet Victoriadam (derzeit Grubenwasseranstieg gestoppt),
- 2) Einzugsgebiet Ost (derzeit Grubenwasseranstieg),
- 3) zugängliche Bereiche zwischen Haus Aden 2 und Schacht Grimberg 2 (9,2 km).

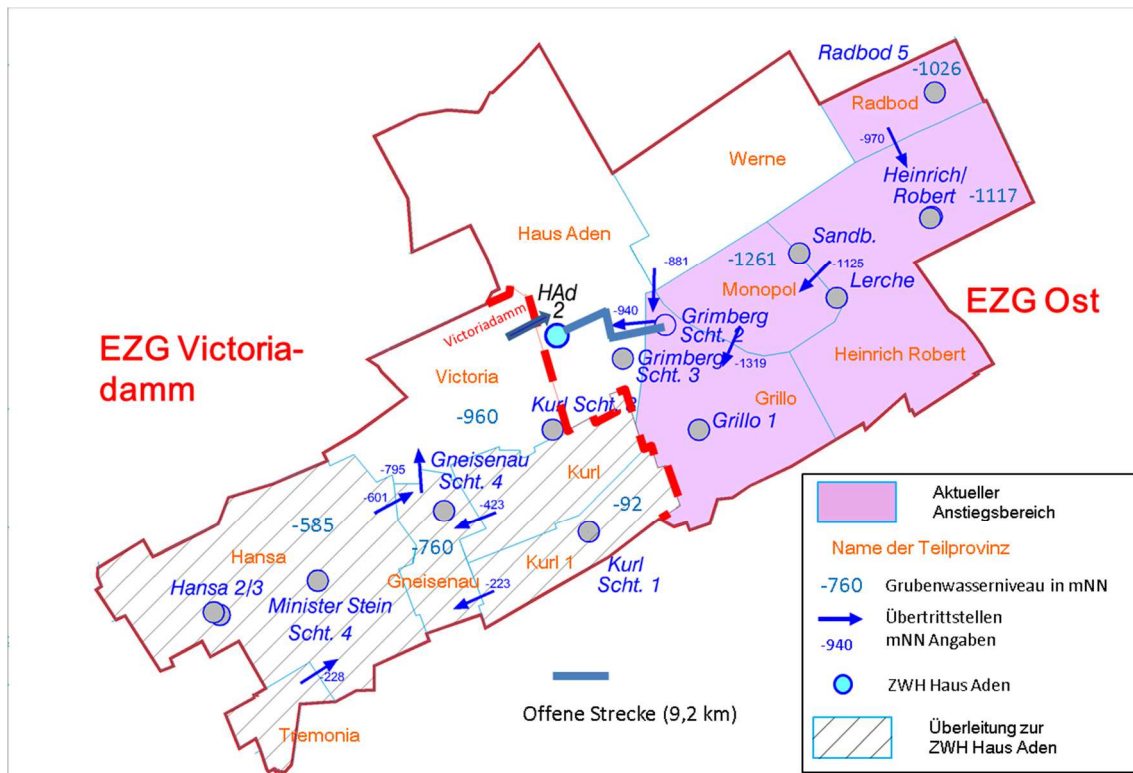


Abb. 16: Wasserprovinz Haus Aden mit dem Einzugsgebiet Victoriadamm, Einzugsgebiet Ost, Grubenwasserständen und Übertrittstellen zwischen den Teilprovinzen (Stand 2016) (Quelle: RAG)

Die Teilprovinzen, aus denen das Grubenwasser im Einzugsgebiet Victoriadamm stammt, werden im Folgenden mit Stand 2016 beschrieben.

Der Victoriadamm liegt im nordöstlichen Bereich der Teilprovinz Victoria (Abb. 16). Die Bereiche Victoria 1/2/3/4 werden zusammenfassend als Teilprovinz Victoria betrachtet. Am Victoriadamm werden auf einer Höhe von - 960 m NHN zzt. Grubenwässer in Höhe von ca. 22 bis 24 m³/min angenommen und über eine geschlossene Leitung nach über Tage gepumpt und dann in die Lippe eingeleitet².

Hinter dem Victoriadamm steht im Baufeld Victoria geflutetes Resthohlraumvolumen von ca. 4 Mio. m³ an, das seit Ende der 1990er Jahre in eingestaut ist. Die Abbautiefen reichten hier bis ca. - 1.460 m NHN. Die wassererfüllte Mächtigkeit im BW Victoria beträgt damit ca. 500 Meter. Diese mehrere 10er Kilometer langen wassergefüllten Strecken dienen aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeit auch als Sedimentationsstrecke.

Weitere 22 Mio. m³ Wasser sind in den übrigen Teilprovinzen bereits eingestaut, die im Folgenden beschrieben werden (blaue Bereiche in Abb. 17).

² Die aktuelle Grubenwasseranalyse ist im Detailbericht 3 dargestellt. An dieser Grubenwassereinleitung wurde auch die Untersuchungskampagne des LANUV in 2015 durchgeführt.

Die Abbaue oberhalb der derzeitigen Grubenwasseroberfläche von – 960 m NHN werden mit hohem Gefälle durchströmt, wie die Abb. 17 zeigt.

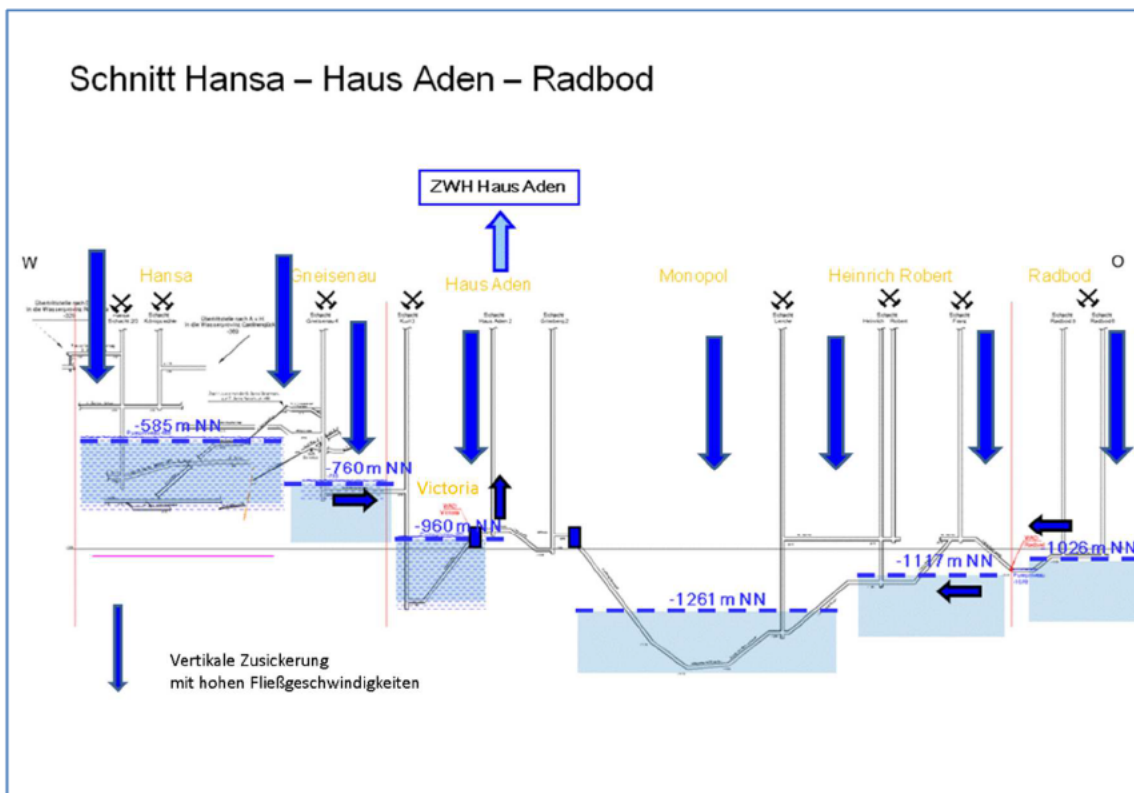


Abb. 17: Potentialdifferenzen Stand 3/2016 zwischen den Teilprovinzen und bereits eingestaute Bereiche (hellblau) und Zusickerungen aus dem Deckgebirge (Quelle: RAG, Ergänzung durch ahu AG)

1.3.4 Teilprovinz Hansa

Der Abbau reichte von – 167 m NHN bis – 974 m NHN. Das Grubenwasser steht derzeit bei - 585 m NHN.

Die Übertrittsstelle in die Teilprovinz Gneisenau liegt bei - 601 m NHN. Das Grubenwasser überwindet dann kaskadenartig eine Höhendifferenz von ca. 175 m bis auf das Niveau von - 760 m NHN in Gneisenau. Dies erfolgt über wassergefüllte Strecken, wahrscheinlich aber auch in offenen Gerinnen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten. Ein Beispiel für ein solches Gerinne zeigt die Abb. 15. Die Grubenwassermenge, die in die Teilprovinz Gneisenau überströmt, beträgt ca. 1,7 m³/min.

1.3.5 Teilprovinz Gneisenau

In der Teilprovinz Gneisenau reichte der Abbau von - 290 m NHN bis ca. - 787 m NHN (Abb. 17). Bereits beim Auffahren des BW im Jahr 1875 soff die Grube aufgrund starker Wasserzutritte aus dem Deckgebirge zunächst ab. Bis heute strömen große Wassermengen in Höhe von ca. 11 m³/min aus dem Deckgebirge in das BW Gneisenau. Deshalb stammt auch heute noch ein Großteil der am Victoriadam angenommenen Grubenwässer aus der Teilprovinz Gneisenau. Das Grubenwasser überwindet eine Schwelle bei - 509 m NHN im BW Scharnhorst und fließt dann – wahrscheinlich auch über offene Gerinne – kaskadenartig in den nördlichen Bereich der Teilprovinz Gneisenau bis auf das Niveau von - 760 m NHN (Abb. 17).

1.3.6 Teilprovinz Kurl

Auch in der Teilprovinz Kurl kommt es zu großen Wasserzutritten aus dem Deckgebirge in Höhe von ca. 6,5 m³/min. Der Wasserstand in Kurl liegt bei ca. - 423 m NHN, also im Bereich der Übertrittsstelle bei - 423 m NHN nach Gneisenau.

Das Wasser überwindet dann kaskadenartig – und wahrscheinlich auch über offene Gerinne – einen sehr großen Höhenunterschied von 390 m auf dem Weg zum Victoriadam. Die Fließmengen liegen ungefähr bei 7 m³/min.

1.3.7 Teilprovinz Kurl 1

Auch in der Teilprovinz Kurl 1 kommt es zu großen Wasserzutritten aus dem Deckgebirge. Der Wasserstand in Kurl 1 liegt bereits bei - 92 m NHN, das heißt das gesamte BW ist bereits bis ins Deckgebirge hinein eingestaut. Das Deckgebirge liegt hier bei - 108 m NHN. Das BW wurde bereits 1930 stillgelegt.

Das Wasser fließt dann kaskadenartig – und wahrscheinlich auch über offene Gerinne – von - 92 m NHN über den Übertritt bei - 223 m NHN zum BW Gneisenau (- 509 m NHN) und weiter zum Victoriadam (- 960 m NHN). Die Fließmengen liegen ungefähr bei 2 m³/min.

1.3.8 Einzugsgebiet Ost

Das Einzugsgebiet Ost wird aufgebaut durch die Teilprovinzen Haus Aden, Werne, Grillo, Monopol, Heinrich Robert und Radbod.

Aus dem östlichen Bereich wird noch kein Grubenwasser angenommen. Das Grubenwasser befindet sich hier im Anstieg und steht derzeit bei ca. - 1.117 m NHN in der Teilprovinz Heinrich Robert und - 1.026 m NHN in der Teilprovinz Radbod 5. Sobald das Grubenwasser auch in den Teilprovinzen einen Wasserstand von ca. - 600 m NHN und in der ZWH von - 670 m NHN erreicht, soll das gesamte Grubenwasser in der ZWH (Zentrale Wasserhaltung) abgepumpt und in die Lippe eingeleitet werden. Zwischen den Teilprovinzen und der ZWH ist ein Gefälleunterschied erforderlich, damit das Wasser zur ZWH fließt. Der Gefälleunterschied von ca. 70 m ist eine Abschätzung, die sich aus den Untersuchungen zum Grubenwasserkonzept ergibt.

Aufgrund der ausgebauten gut durchlässigen Verbindungen zwischen den Teilprovinzen (Röhrensystem) werden deutlich geringere Gefälleunterschiede als im Einzugsgebiet Victoriadam erwartet. Die sich einstellenden Grubenwasserstände werden durch Lotungen an einzelnen Messpunkten durch die RAG erfasst.

Es wird mit einem Zustrom von ca. 2,8 m³/min aus dem EZG Ost gerechnet (Grubenwasserkonzept der RAG 2016).

1.3.9 Fließsystem nach der Flutung

Die Abb. 18 zeigt ein vereinfachtes Systemdiagramm mit den oben beschriebenen Wirkungszusammenhängen nach der Flutung.

Nach einem dauerhaften Anstieg des Grubenwassers auf ca. - 670 m NHN in der ZWH innerhalb weniger Jahre und ca. - 600 m NHN in den Teilprovinzen geht die RAG von ca. 13,4 Mio. m³ Grubenwasser aus, die pro Jahr in der ZWH zu heben sind (Grubenwasserkonzept der RAG 2016).

Aus den östlichen Bereichen der Wasserprovinz Haus Aden sollen dann der ZWH ca. 2,8 m³/min zufließen (Abb. 8). Weitere 22 m³/min fließen im Mittel – wie bereits heute schon – aus Westen über den Victoriadam zu. In der Summe sind dies dann zukünftig ca. 25 m³/min bzw. 1.500 m³/h bzw. 13 Mio. m³/a.

Circa 90 % dieses Wassers kommen aus dem Einzugsgebiet Victoriadam und da vor allem aus dem Bereich des BW Gneisenau aus dem Deckgebirge. Das Grund-/Grubenwasser fließt dann kaskadenartig über die einzelnen Teilprovinzen bis auf das tiefste Niveau der Teilprovinz Victoria. Aufgrund der hohen Gefälle haben diese Teilströme in freifließenden Gerinnen ein hohes Erosionspotential.

Nach dem Anstieg des Grubenwassers bis auf ca. - 670 m NHN in der ZWH erfolgt nach und nach auch eine Aufsättigung des entwässerten Gebirges. Die Zeitdauer hierfür wird anhand der Modellberechnungen auf ca. 26 Jahre geschätzt. Erst wenn diese Phase abgeschlossen ist, beginnt eine langsame, vorwiegend vertikale, nach unten gerichtete Durchströmung der BHV. Die Strömung ist auf den nächsten Vorfluter, das tieferliegende Röhrensystem gerichtet. Der Beginn der Durchströmung, die mittlere Fließlänge bei der Durchströmung, die Strömungsmenge und die Konzentrationen an verschiedenen Inhaltsstoffen werden in den Grundwasserströmungsmodellierungen untersucht (Detailbericht 5).

In der BHV bestimmen die Fließlänge (und damit die Dauer des Kontaktes mit den Versatzmaterialien) und der Prozentsatz der Versatzmaterialien, die mit dem Tiefengrundwasser reagieren, wie lange eine hydrogeochemische Barriere in Form eines hohen pH-Wertes die Freisetzung der in den Reststoffen eingebrachten Schwermetalle begrenzt (Detailbericht 4).

Auf dem Weg aus der BHV zum „Vorfluter“, dem Röhrensystem erfolgt zunächst eine Durchströmung des unverritzten Gebirges und der durchbauten Grubenbereiche (Alter Mann). Hierbei kommt es zu komplexen hydrogeochemischen Wechselwirkungen wie z. B. der Sorption der Schwermetalle in der Porenmatrix der Sandsteine und an den Tonen selbst. Die Sorption – als konzentrationsvermindernder Prozess – wird jedoch bei der Risikobewertung nicht weiter berücksichtigt, da sie in ihrer Auswirkung nicht eingeschätzt werden kann.

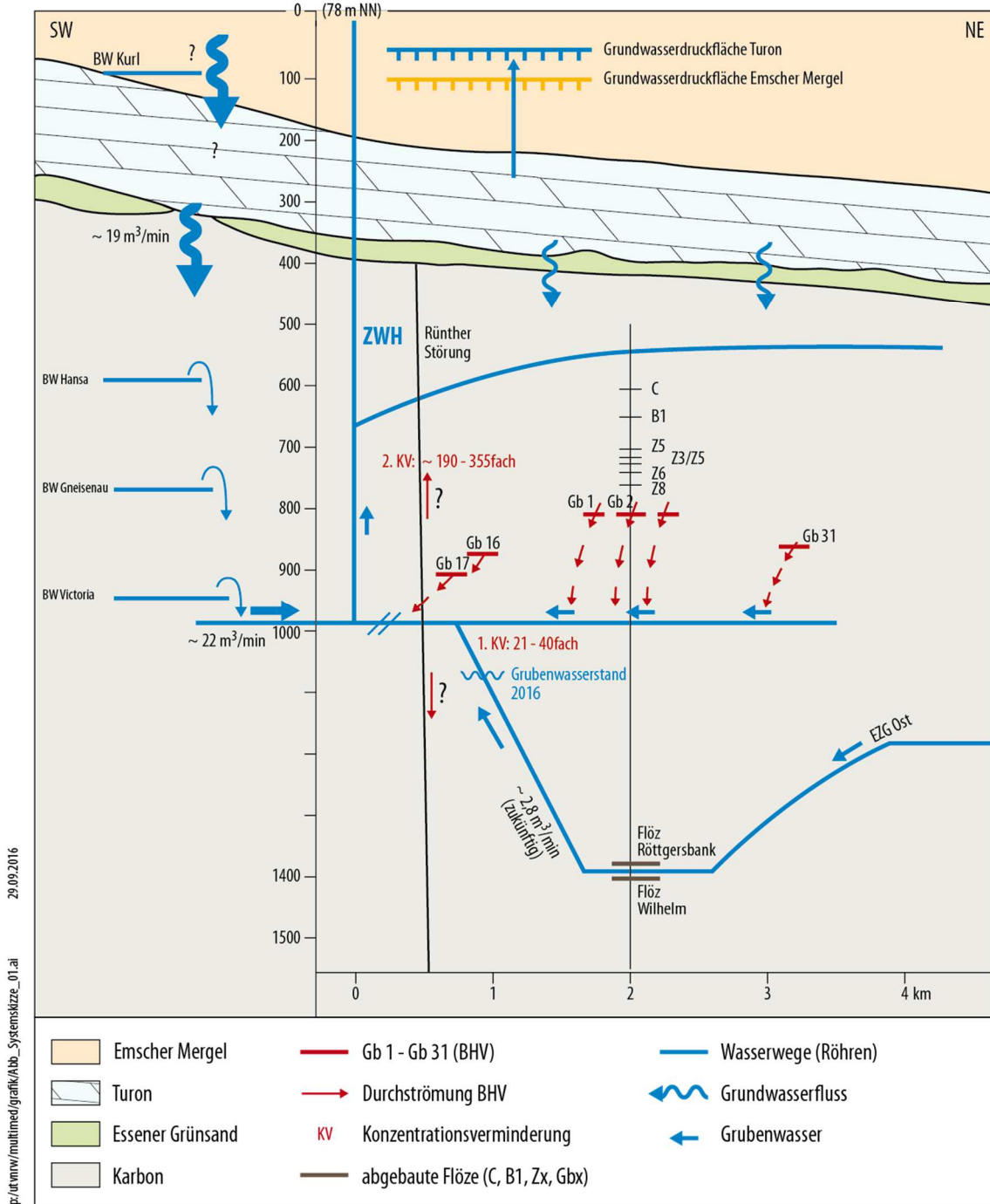


Abb. 18: Vereinfachtes Systemdiagramm (ahu AG)

Beim Übergang aus dem Gebirge in das Röhrensystem mit seinen wesentlich größeren Durchflussmengen (2,8 m³/min aus dem Einzugsgebiet Ost) im Bereich der BHV erfolgt eine erste Konzentrationsverminderung. Eine zweite Konzentrationsverminderung erfolgt in der ZWH beim Zusammentreffen mit den Grubenwässern aus dem Einzugsgebiet Victoriadam (im Mittel 22 m³/min).

Ein Grundwasseranstieg in das Deckgebirge (Kreide), das hier durchschnittlich bei ca. - 400 m NHN ansteht, ist durch die Begrenzung des Grubenwasseranstiegs auf ca. - 670 m NHN nicht möglich.

Darüber hinaus ist das Grundwasser im Turon hoch gespannt. Gegenüber der Basis des Turon beträgt das Druckpotential fast 280 m. Solange das so bleibt, ist auch bei höheren Grubenwasserständen kein Grundwasseraufstieg aus dem Karbon in den Emscher Mergel möglich. Beim Auftreten von höherdurchlässigen Störungen/Klüften würde ein Grundwasserfluss aus der Kreide (zunächst Turon und Emscher Mergel) in das Karbon erfolgen und nicht umgekehrt.

Aber selbst nach einer Wassersättigung des Karbons (z. B. durch einen Grubenwasseranstieg bis auf ca. - 0 m NHN) wäre noch keine aufsteigende Wasserbewegung aus dem Karbon in die Kreide möglich, da der „Wasserüberdruck“ im Turon immer noch ca. 10 bis 20 m betragen würde (Abb. 5).

2 Prüfung von Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche

2.1 Anlass und bisherige Ergebnisse

Ein Anlass für das vorliegende Gutachten waren die Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche südwestlich von Bergkamen auf privaten, landwirtschaftlich genutzten Fläche im Bereich des Gösslinghofes. Die Auffälligkeiten wurden in einem Gutachten beschrieben (Kruz 2011). Gemäß dem Gutachten „*treten auf den bewirtschafteten Ackerflächen*“ („Auf dem Kamp“) „*Vernässungsprobleme auf*“ und es wurden drei Wasserproben und zwei Bodenproben untersucht.

Auftrag des vorliegenden Gutachtens ist es, diese Auffälligkeiten zu bewerten und die Frage zu beantworten, ob diese mit der BHV in einem ursächlichen Zusammenhang stehen.

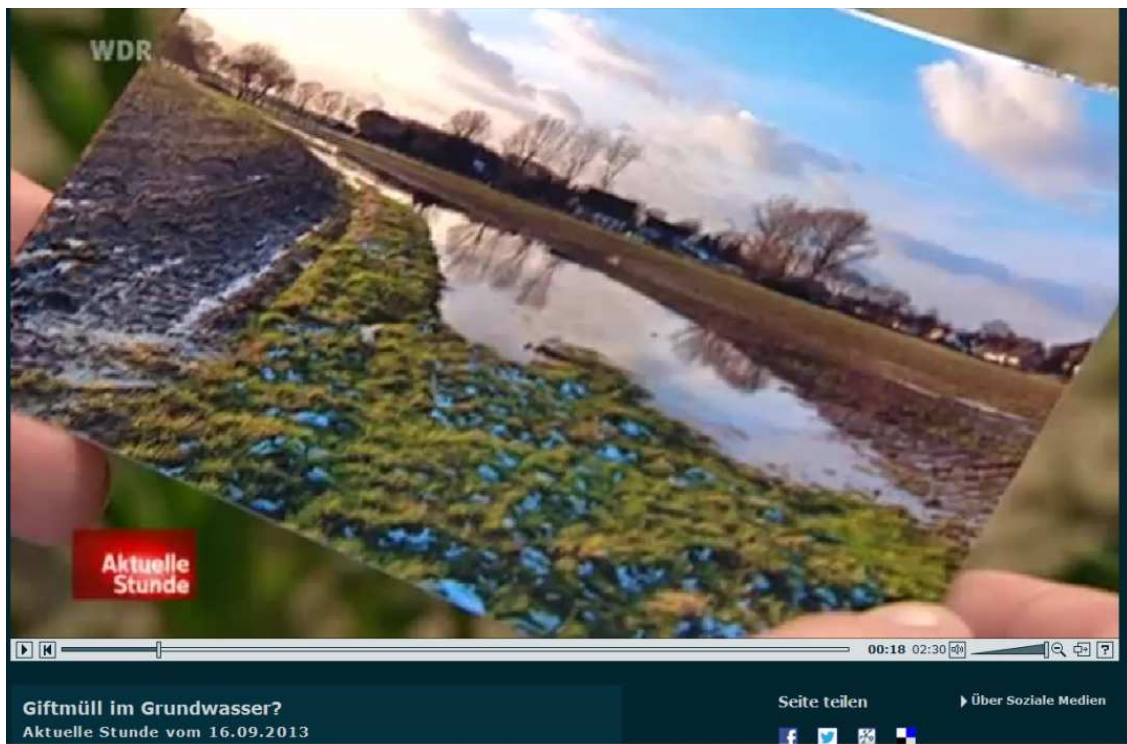


Abb. 19: Aktuelle Stunde 16.09.2013 (WDR): Giftmüll im Grundwasser?
Flächen „Auf dem Kamp“ im Bereich des Gösslinghofes (Screenshot Internet)

Die Abb. 20 zeigt den räumlichen Zusammenhang zwischen dem Bereich der untertägigen BHV und dem Standort des Schachtes Grillo 4, an dem auch zwischen 1992 und 1998 die oberirdische Mischungsstation betrieben worden war, der zukünftigen zentralen Wasserhaltung (ZWH) Schacht Haus Aden 2 und den Flächen, die in Abb. 21 gezeigt sind.

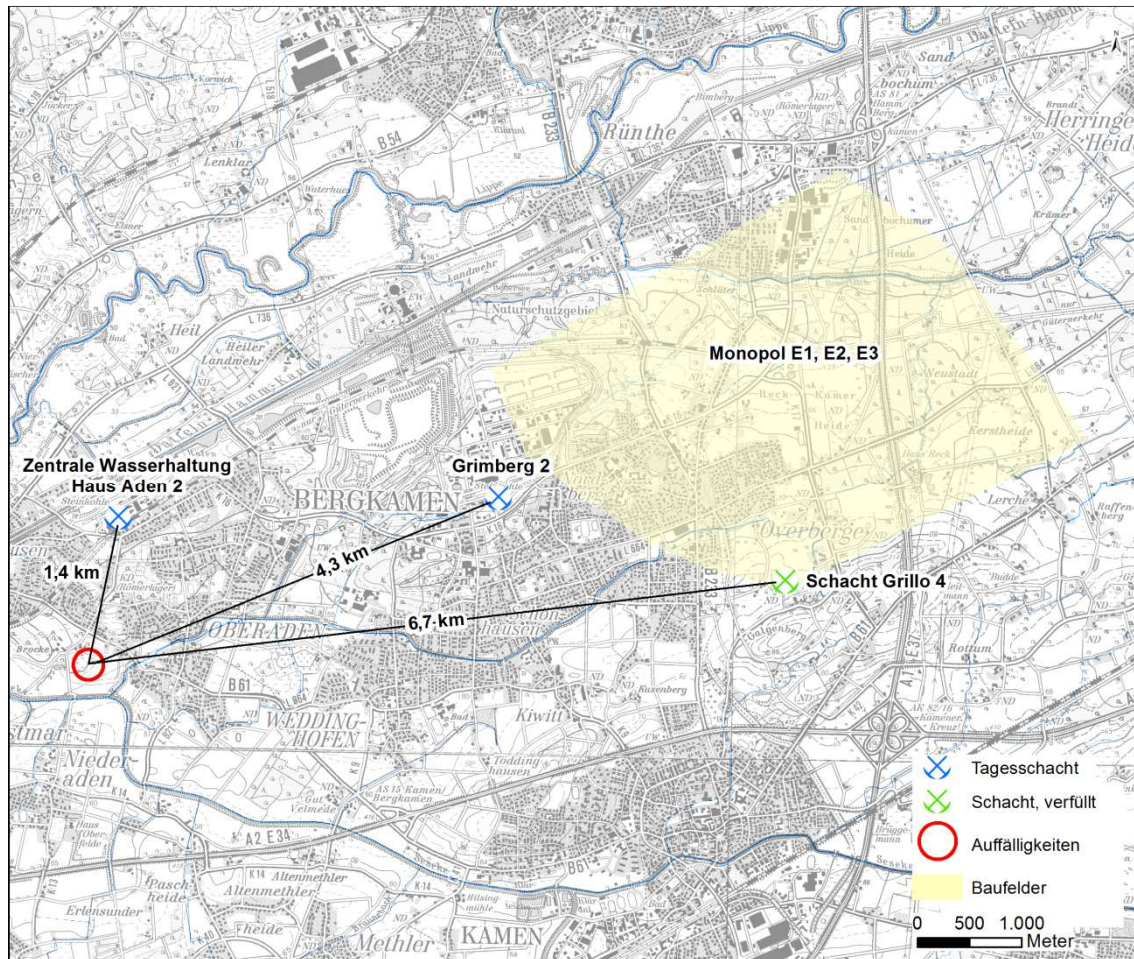


Abb. 20: Übersichtsplan zu den Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche am Gösslinghof (Quelle ahu AG)

Die Entfernung (Luftlinie) zwischen dem Schacht Grillo 4 und den landwirtschaftlichen Flächen „Auf dem Kamp“ beträgt 6,7 km; die Entfernung (Luftlinie) bis zum Mittelpunkt der BHV 7 Km und die Entfernung (Luftlinie) zur Zentralen Wasserhaltung 1,4 km. Das gehobene Grubenwasser wird unmittelbar nördlich der Zentralen Wasserhaltung in die vorbeifließende Lippe eingeleitet.

Grundlage für die Aussagen des o. g. Gutachtens waren die Ergebnisse aus drei Wasserproben und zwei Bodenproben vom 07.11.2011, die auf die Parameter PAK und Fluorid untersucht wurden (Abb. 21). Die Probe W4 wurde in ca. 1,6 km Entfernung (Luftlinie) außerhalb des Untersuchungsbereiches am Oberlauf des Kuhbachs oberhalb des Pumpwerks Bergkamen entnommen (Abb. 22). Das Pumpwerk Bergkamen liegt in einem bergbaubedingten Senkungsschwerpunkt. Der Kuhbach ist ab dem Pumpwerk über längere Fließstrecken verrohrt.

Die für die Bewertung relevanten Ergebnisse zeigt die Tab. 6. Die größte Auffälligkeit waren die erhöhten Fluoridgehalte in den Wasserproben.

Als Erklärung wurde im Gutachten (Kruz 2011) formuliert: „Es scheint naheliegend, einen ... Einfluss bergbaulicher und/oder wasserbaulicher Maßnahmen in den Fokus der Ursachenbetrachtung mit einzubeziehen“.

Eine weitere Ursachenbetrachtung oder ein Wirkungszusammenhang mit bergbaulichen und/oder wasserbaulichen Maßnahmen wurde jedoch nicht beschrieben.

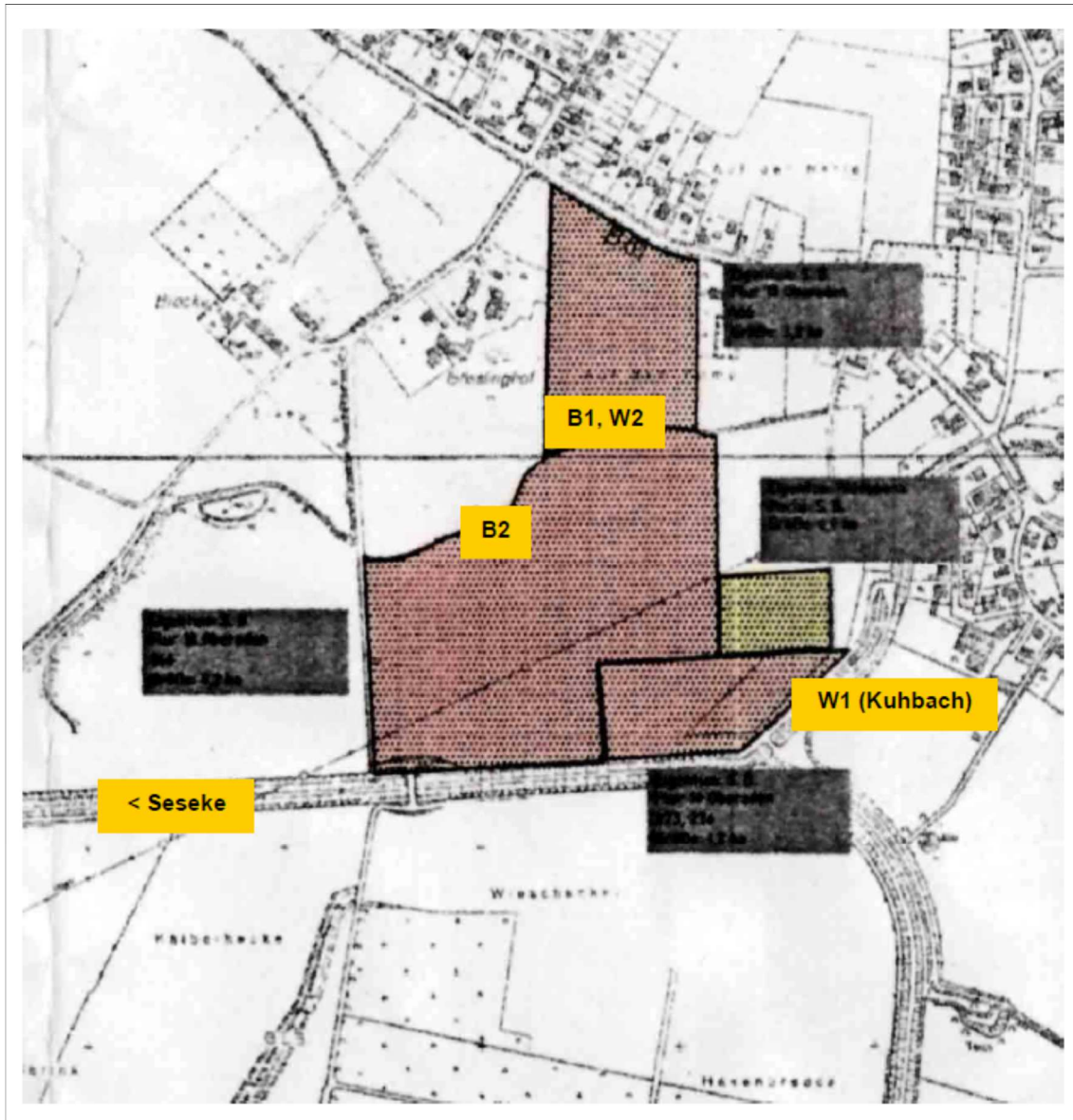


Abb. 21: Lage der Probenahmepunkte (Kruz 2011)
(W4 liegt außerhalb der Darstellung.)

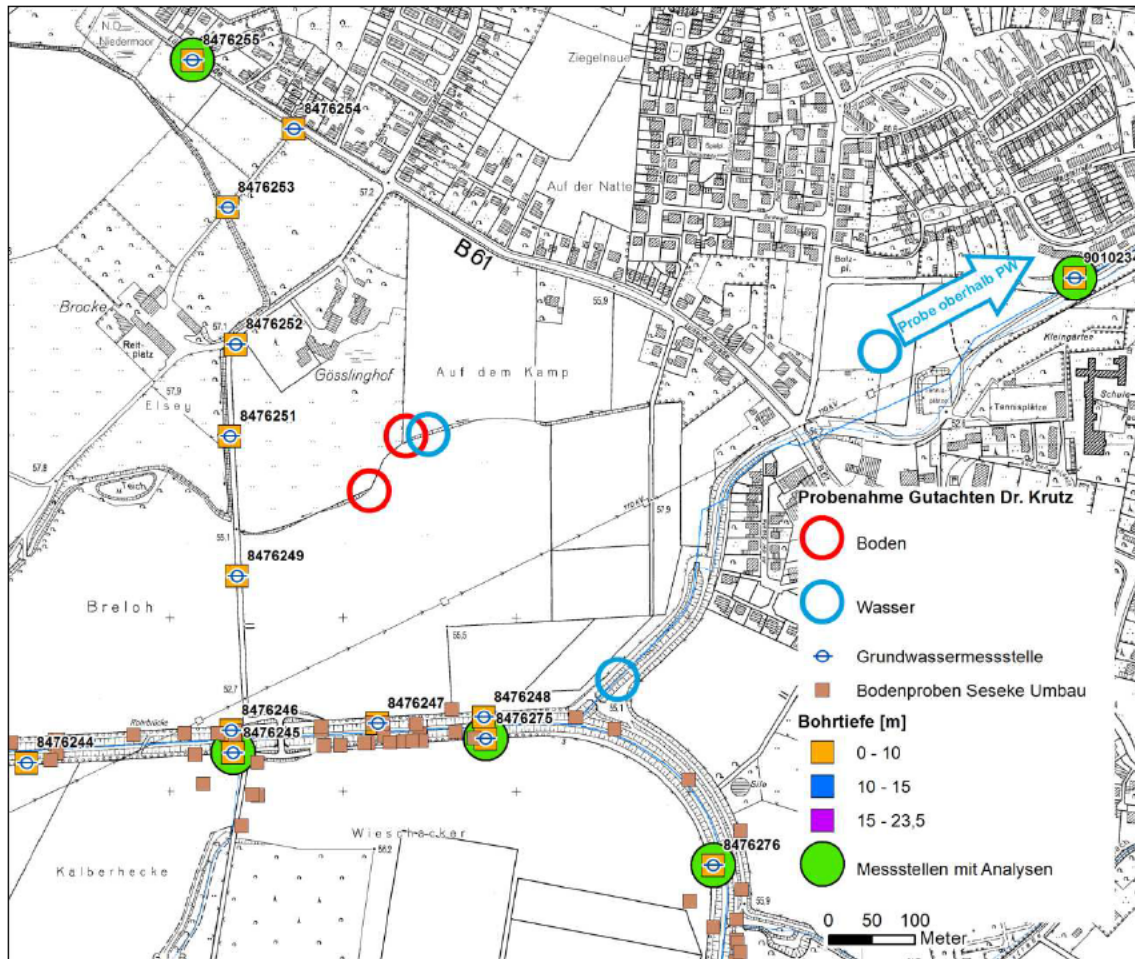


Abb. 22: Lage Probenahmepunkte (Krutz 2011) und vorhandenes Messstellen-inventar nach Angaben des Lippeverbandes (Daten des LV, Darstellung: ahu AG)

Tab. 6: Probenahme und Ergebnisse (zusammengestellt nach Krutz 2011)

Probe	Ort	Ergebnisse			
		Wasserproben			Bodenprobe
		Fluorid [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Eisen [mg/L]	PAK [mg/kg]
W1	Kuhbach Mündung Seseke	4,9	235	k. A.	n. u.
W2	Wasserfläche Acker; Flur 10, Flurstück 166	6,2	< 200	4,8	n. u.
W4	Kuhbach oberhalb PW Bergkamen, Schenkstraße	5,2	< 200	5,3	n. u.
B1	Acker bei W2	0,8	k. A.	k. A.	0,3
B2	Gewässersohle Flur 10, Flurstück 166, Einlauf Gewässer 73	0,6	k. A.	k. A.	0,15

k. A. = keine Angaben, n. u. = nicht untersucht

Im Folgenden werden die festgestellten Auffälligkeiten zunächst anhand geeigneter Grenz-, Schwellen- und Orientierungswerte eingeordnet.

PAK im Feststoff

Die festgestellten PAK-Gehalte liegen mit 0,15 bis 0,3 mg/kg deutlich unter den Vorsorgewerten der BBodSchV. Dieser liegt für Böden mit einem Humusgehalt $\leq 8\%$ bei 3 mg/kg. Bei Überschreitung des Vorsorgewertes liegt der Verdacht auf eine schädliche Bodenveränderung vor³.

Fluorid im Feststoff und Eluat

Die Analysen, auch am Oberlauf des Kuhbachs deuten auf einen erhöhten Fluoridgehalt von ca. 5 mg/l hin. In einer ähnlichen Größenordnung liegt die Probe aus der stehenden Wasserfläche. Es ist nicht bekannt, ob dieses Wasser aus dem Kuhbach stammt.

Für Fluorid in Oberflächengewässern ist keine Umweltqualitätsnorm festgelegt. Auch in der alten Allgemeinen Güteanforderung für Fließgewässer (AGA 1991) war Fluorid nicht enthalten.

Für das Grundwasser gibt es folgende Orientierungswerte:

- Natürliche Grundwasserbeschaffenheit Deutschland (LAWA 2004): 0,3 mg/l
- Entwurf Geringfügigkeitsschwellenwerte (LAWA 2015): 0,75 mg/l.
- Geogen erhöhter Hintergrund im Emscher Mergel/Münsterland: 9,2 mg/l (Coldewey, auf der Basis von 2.050 Grundwasseranalysen, http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Coldewey_Monitoring_120320.pdf).

Die festgestellten Fluoridwerte zwischen 4,9 mg/L und 6,2 mg/L sind im Vergleich zu den oben genannten Orientierungswerten erhöht. Sie liegen im Bereich der von Coldewey angegebenen geogenen Hintergrundbelastung.

³ Allerdings sind nur zwei Proben nicht aussagekräftig.

2.2 Weitere Auswertungen und Untersuchungen

2.2.1 Chemische Untersuchungen des Lippeverbandes

Der Bereich „Auf dem Kamp“ grenzt im Süden an die Seseke an. Im Rahmen des Gewässerumbaus der Seseke wurden durch den Lippeverband eine Reihe von Grundwassermessstellen errichtet und Grundwasser- und Bodenproben analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen des Lippeverbandes wurden dem Gutachterkonsortium zur Verfügung gestellt.

Die Angaben des Lippeverbandes zum Messnetz und die bisherigen Probenahme-
punkte sind in der Abb. 22 dargestellt.

Die Untersuchungsergebnisse des Lippeverbandes sind in der Abb. 23 dargestellt. Die Bodenproben wurden überwiegend in Aufschüttungen entlang der Seseke entnommen.

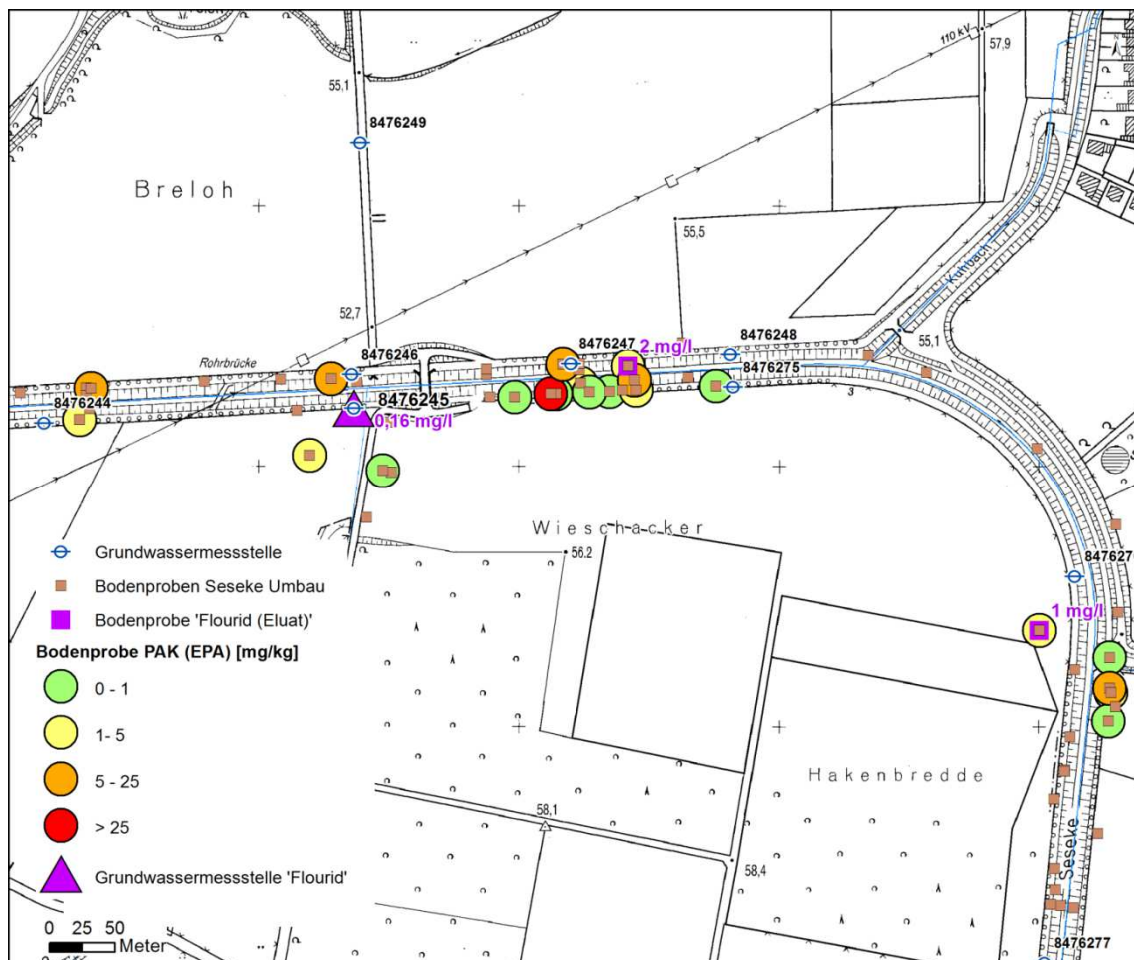


Abb. 23: Untersuchungsergebnisse des Lippeverbandes
(Daten des LV, Darstellung: ahu AG)

Fluorid in Bodenproben und im Grundwasser:

- 2 x Bodenproben: 1 – 2 mg/l;
- 1 x Fluorid im Grundwasser: 0,16 mg/l

PAK in Bodenproben:

- 8 x 0 bis 1 mg/kg
- 6 x 1 bis 5 mg/kg
- 5 x 5 bis 25 mg/kg
- 1 x < 25 mg/kg

2.2.2 Untersuchungen des Kreises Unna

Für das Schwermetallkataster des Kreises Unna wurden im Jahr 1984 nach einem Rastersystem im gesamten Kreis Unna Bodenproben gezogen und in einer Bodenbelastungskarte dargestellt (Schwermetalle in Böden verschiedener Nutzungsformen im Kreis Unna, Teil I, 1986). Der Beprobungspunkt 56 (Grünland) liegt entweder auf den Flächen des Untersuchungsgebietes oder sehr nahe daran (Lünener Straße/Kreuzung Kuhbach). Die damaligen Ergebnisse sind in der Tab. 7 dargestellt. Sie zeigen für Blei keine Überschreitung der Vorsorgewerte. Sie deuten aber insgesamt darauf hin, dass es sich – mit Stand 1984 – um ein Gebiet mit einer leichten Vorbelastung für Schwermetalle handelt.

Tab. 7: Schwermetallgehalte im Grünland (Kreis Unna 1986)

Parameter	Gehalt [mg/kg]	Vorsorgewerte* nach BBodSchV (Lehm/Schluff) [mg/kg]	Maßnahmewerte nach BBodSchV für Grünland [mg/kg]
Zink	108	150	-
Blei	53	70	1.200
Cadmium	0,58	1	20
Kupfer	21	40	1.300**
Nickel	8	50	1.900
Chrom	17	60	-
Quecksilber	0,08	0,5	2

* Vorsorgewerte sind nicht pfadbezogen, bei Überschreitung besteht der Verdacht einer „schädlichen Bodenveränderung“ und es folgen in der Regel weitere Untersuchungen

** Grünland bei Schafnutzung: 200 mg/kg

Nach Auskunft des Kreises Unna existieren noch weitere Bodenproben des Kreises Unna, die auf PAK im Feststoff untersucht wurden. Diese Daten liegen noch nicht vor, da hierfür eine Freigabe des Flächenbesitzers erforderlich ist, die von der ahu AG angefragt, aber bislang noch nicht erteilt wurde.

2.2.3 Gesamtbewertung der festgestellten Auffälligkeiten

Die Auffälligkeiten innerhalb der Flächen „Auf dem Kamp“ liegen unterhalb der Vorsorgewerte für **PAK**. Die Bodenanalysen des Kreises Unna zeigen jedoch die leicht erhöhte anthropogene Grundbelastung dieses Bereichs mit Schwermetallen, möglicherweise aufgrund der langen industriellen Vorgeschichte der Region. Die Analysen des Lippeverbandes deuten gemäß den ausgewerteten Bohrprofilen auf die Verwendung von Fremdmaterialien beim Ausbau der Seseke hin (z. B. Berge) und sind nicht repräsentativ für oberflächennahe Belastungen.

Im Kuhbach und auf dem Acker wurden annähernd identisch hohe Flouridgehalte festgestellt. Für Fluorid sind in Oberflächengewässern keine Grenzwerte festgelegt.

2.3 Wirkungszusammenhänge mit der BHV

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens war zu bewerten, ob die festgestellten Auffälligkeiten ursächlich mit der BHV im Zusammenhang stehen können. Da über Tage nur Fluorid untersucht wurde, wird dies zunächst mit den Fluoridgehalten – unabhängig von realistischen Fließpfaden! – verglichen.

In den S4-Eluatanalysen der versetzten Reststoffe wurden 4 bis 11 mg/l Fluorid festgestellt. Die Feststoffgehalte Fluorid betragen teilweise mehrere 1.000 mg/kg.

Entscheidend ist jedoch das Ausbreitungspotential aus der BHV bis an die Tagesoberfläche. Es werden deshalb die möglichen Ausbreitungspfade beschrieben und bewertet.

2.3.1 Ausbreitung über den Wasserpfad

2.3.1.1 Grundwasser

Der Pfad über das Grundwasser setzt die entsprechenden Fließwege und Durchlässigkeiten und eine Potentialdifferenz zwischen dem Bereich der BHV und der Geländeoberfläche voraus, da Wasser **immer** von einem höheren Potential zu einem niedrigeren Potential fließt (Bernoullische Druckgleichung).

Derzeit liegt der Grubenwasserstand bei ca. -1.100 m NHN. In der Vergangenheit lag er noch ca. 400 m tiefer. Dies bedeutete auf jeden Fall in der Bergbauzeit eine abwärtsgerichtete Potentialdifferenz (und damit Fließrichtung) innerhalb des Karbons.

Das Grundwasser im Turon (an der Basis des Deckgebirges) ist hoch gespannt. Gegenüber der Basis des Turon beträgt das Druckpotential fast 280 m. Das darunter liegende Karbon ist durch den lang anhaltenden Bergbau weitestgehend entwässert. So-

lange das so bleibt, ist kein Grundwasseraufstieg aus dem Karbon möglich. Beim Auftreten von Störungen/Klüften würde ein Grundwasserfluss aus der Kreide (zunächst Turon und Emscher Mergel) in das Karbon erfolgen und nicht umgekehrt. Aber selbst nach einem Grubenwasseranstieg bis auf ca. - 250 m wäre noch keine aufsteigende Wasserbewegung aus dem Karbon in die Kreide möglich, da der „Wasserüberdruck“ im Turon immer noch ca. 280 m betragen würde.

2.3.1.2 Grubenwasser

Das Grubenwasser wird derzeit aus ca. - 960 m NHN aus einem Einzugsgebiet hinter dem Victoriadamm in der Wasserhaltung in Haus Aden 2 an die Tagesoberfläche gepumpt und auf direktem Weg in die Lippe eingeleitet.

Auch bei Hochwasser der Lippe und der Seseke kann dieses Grubenwasser nicht auf die mehrere Kilometer entfernt liegenden Flächen „Auf dem Kamp“ gelangen.

2.3.2 Ausbreitung über den Luftpfad

Die ehemalige Mischstation zu Zeiten der Bruchhohlraumverfüllung 1992 bis 1998 stand unmittelbar in der Nähe des Schachtes Grillo 4. Die Entfernung bis zu den Flächen „Auf dem Kamp“ betragen ca. 6,7 km. Die Hauptwindrichtung ist Südwest – Nordost gerichtet (Abb. 24). Von der Mischstation in Richtung „Auf dem Kamp“ weht der Wind an ca. 70 Tagen im Jahr.

Die Umweltauswirkungen der Mischstation über den Luftpfad wurden im Jahr 1993 und 1995 in zwei Untersuchungskampagnen an 10 Flächen in der Nähe des Schachtes Grillo 4 überprüft.

- 1) Vor Inbetriebnahme der Anlage wurde 1993 durch die RWTÜV Anlagentechnik GmbH ein Immissionskataster Boden erstellt.
- 2) Die Untersuchungen wurden im Jahr 1995 an denselben Standorten wiederholt (GWS 1995).

Es wurden – bis auf eine Fläche – keine flächenhaften Veränderungen bei den Schwermetallen sowie PCB und Dioxine/Furane festgestellt. Bei den PAK wurden auf drei Flächen Erhöhungen festgestellt. Ein räumlicher Zusammenhang – flächige Ausbreitung über Schwebstaub – wurde als nicht sehr wahrscheinlich erachtet (GWS 1995).

Eine Begründung für die Veränderungen hinsichtlich der PAK wurde letztlich nicht gegeben, da alle anderen möglichen Emissionsquellen nicht untersucht wurden.

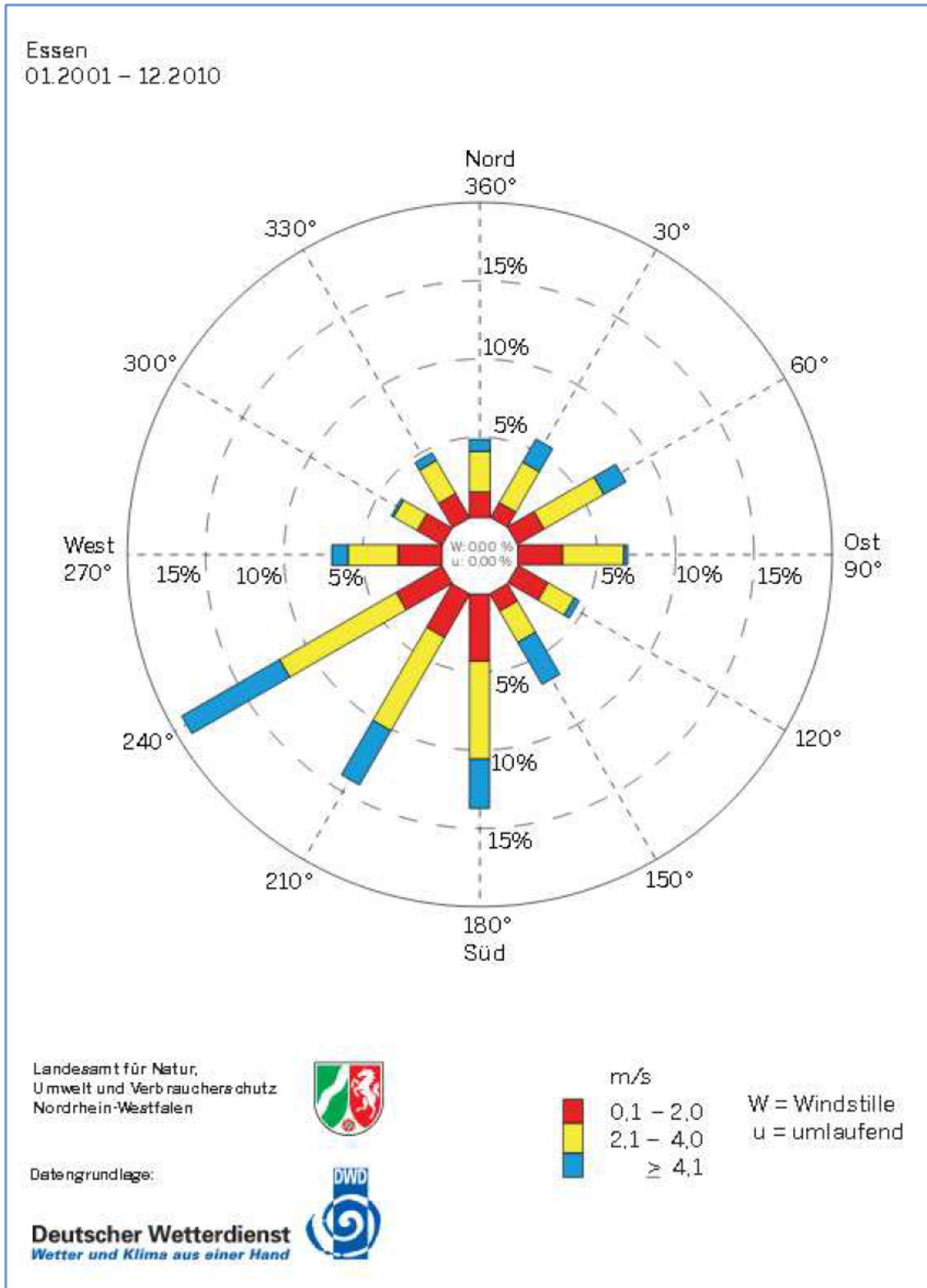


Abb. 24: Hauptwindrichtungen in Essen (Auswertung Januar 2001 bis Dezember 2010) (Quelle: DWD)

2.4 Thesen von Prof. [REDACTED]

Prof. [REDACTED] (2013, 2015, 2016a, 2016b, siehe Dok. 3) stellt die „Auffälligkeiten“ auf den Flächen am Gösslinghof in einen ursächlichen Zusammenhang mit der Bruchhohlraumverfüllung und sieht generell die Möglichkeit – auch bei dem derzeitigen Grubenwasserstand – des Aufsteigens von belasteten Flüssigkeiten.

Ein Gespräch mit Prof. [REDACTED] kam trotz vielfacher, dokumentierter Bemühungen der Gutachter nicht zustande.

Die Einschätzung von Prof. [REDACTED] wurden durch die Gutachter in Abschnitt 4.5.2 zu vier Thesen zusammengefasst, zu denen die Gutachter im Folgenden Stellung nehmen.

Darüber hinaus wurden verschiedene Tatsachen und Sachverhalte durch Prof. [REDACTED] und Krutz (2011) nicht berücksichtigt, die zunächst zusammengestellt sind.

2.4.1 Nicht durch Prof. Carls und Krutz (2011) berücksichtigte Tatsachen und Sachverhalte

1. Fehlender Bezug zu Raum, Zeit und den Belastungen

- BHV-typische Belastungen wie Schwermetalle und Dioxine/Furane wurden auf den Flächen am Gösslinghof nicht untersucht. Untersucht wurden nur Fluorid und PAK. Die festgestellten „Auffälligkeiten“ sind leicht erhöhte Fluoridgehalte im Kuhbach und auf einer Vernässungsfläche auf einem Acker; die PAK-Gehalte liegen deutlich unter den Vorsorgewerten.
- Die kürzeste Entfernung zwischen den „Auffälligkeiten“ und der Westecke der Versatzbereiche, Bauhöhe Gb17 beträgt min. 5 km (Abb. 2). Die Bauhöhe Gb31 ist sogar ca. 8 km entfernt.
- Das Grubenwasser steht im Bereich der BHV bei – 1.260 m NHN. Die BHV ist also noch nicht geflutet.
- Die „Auffälligkeiten“ auf den Flächen „Auf dem Kamp“ am Gösslinghof wurden 2011 festgestellt. Die letzte Bruchhohlraumverfüllung (Gb31) erfolgte 1998, also 13 Jahre früher.

Es ist nicht erkennbar, welchen Zusammenhang es mit der BHV geben soll.

2. Andere mögliche Ursachen

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens war es nicht Aufgabe, andere mögliche Pfade und Emissionsquellen zu identifizieren, zu beschreiben und zu bewerten. Dennoch werden im Folgenden mögliche Pfade und Emissionsquellen genannt, die im Lauf der Recherche erkannt wurden. Alle diese möglichen Ursachen für die „Auffälligkeiten“ wurden nicht von Prof. Carls und Krutz (2011) diskutiert:

- Eine mögliche Emissionsquelle ist die hohe Staubbelastung im Ruhrgebiet in der Vergangenheit. In den 1960er Jahren wurden im Ruhrgebiet jährlich ca. 1,5 Mio. Tonnen Staub emittiert, die sich zum großen Teil auch wieder im Ruhrgebiet absetzten (Spiegel 1961, <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-21112102.html>).
- Der begradigte und teilweise voll verrohrte Kuhbach diente lange Zeit zur Ableitung von industriellen Abwässern im Oberlauf (u. a. chemische Industrie, Grubenwässer). Bei Hochwasser konnten diese Wässer auf die Felder gelangen.
- Erhöhter geogener Hintergrund mit Fluorid, Barium, Strontium im Emscher Mergel im Münsterland (<http://www.wn.de/Muensterland/2012/05/Die-Gefahr-aus-der-Tiefe-Zu-hohe-Fluorid-Werte-im-Wasser-Kinder-mit-braunen-Flecken-auf-den-Zaehnen>, http://dialog-erdgasundfrac.de/sites/dialog-erdgasundfrac.de/files/Coldewey_Monitoring_120320.pdf) sowie eine neue Veröffentlichung über die „geogene Fluorid- und Borproblematik des Emschermergels im Münsterland“ (Wisotzky et al. 2017).
- Beim Gewässerausbau und Begradigung der Seseke und des Kuhbachs wurden wahrscheinlich große Mengen ortsfremdes (Boden-)Material, u. a. zur Kompensation von Bergsenkungen eingebaut. Aus diesem Grund erfolgen im Rahmen des Sesekeumbaus auch umfangreiche Bodenuntersuchungen.

2.4.2 Diskussion der Thesen von Prof. [REDACTED]

Von Prof. [REDACTED] wurden wiederholt Wirkungszusammenhänge zwischen den Bergsenkungen, der Bruchhohlraumverfüllung und den Auffälligkeiten an den Tagesoberflächen postuliert, die im Folgenden diskutiert werden. Diese postulierten Wirkungszusammenhänge von Prof. [REDACTED] werden in vier Thesen (in kursiv) zusammenfassend benannt und dann von den Gutachtern beantwortet:

- I *„Es treten Bergsenkungen von bis zu 30 m auf. Der Emscher Mergel wird durch die Bergsenkungen blitzartig durch neue Störungen zerrissen und durchlässig. Sie ermöglichen Tiefengrundwässern direkte Wege in die oberen Grundwasserstockwerke“.*
- II *„Belastete Wässer, die nicht durch die Zementation und die Quellung von Tonsteinen fixiert werden, werden durch den Überlagerungsdruck ins Hangende und Liegende injiziert. In Verbindung mit (1) können so belastete Wässer an die Tagesoberfläche gelangen“.*
- III *„Die Grubenwässer mit unterschiedlichen Salzgehalten untertage zeigen die vielen unterschiedlichen Wegsamkeiten im überlagernden Gebirge“.*
- IV *„Die klüftigen Sandsteine und besondere Schichten (Wurzelböden etc.) stellen auch Fließwege da und müssen berücksichtigt werden“.*

2.4.2.1 Bergsenkungen im Bereich des Gösslinghofs und der Bruchhohlraumverfüllung

Im Zusammenhang mit der These I wird zunächst das Ausmaß und der Verlauf der Bergsenkungen im Bereich des Gösslinghofes und im Bereich der BHV beschrieben.

Die Abb. 25 zeigt einen Ausschnitt aus der Übersichtskarte der berechneten Höhendifferenzen aus einem Vergleich von Höhenangaben der Preußischen Landesaufnahme (1892) und aktuellen Digitalen Geländemodellen (Harnischmacher 2010, https://www.lwl.org/LWL/Kultur/Westfalen_Regional/Wirtschaft/Bergsenkungen). Diese Angaben sind als farbige Flächen dargestellt. Die Darstellung von Harnischmacher (2010) ist zunächst nur eine rechnerische Differenzendarstellung zweier Geländeoberflächen ohne eine Zuordnung von Ursachen. Es ist aber klar, dass bei größeren Senkungen ab ca. 2 Meter der Bergbau die Hauptursache ist. Dies wird auch durch die von der RAG angegebenen Senkungen seit Beginn des Steinkohlenabbaus in 1875 bis heute deutlich (blaue Linien). Die flächigen und die linienhaften Angaben der Senkungen stimmen prinzipiell überein (Abb. 25).

Die Fläche „Auf dem Kamp“ in dem schwarzen Rechteck liegt hiernach randlich der großen Senkungsschwerpunkte im Norden und im Nordosten.

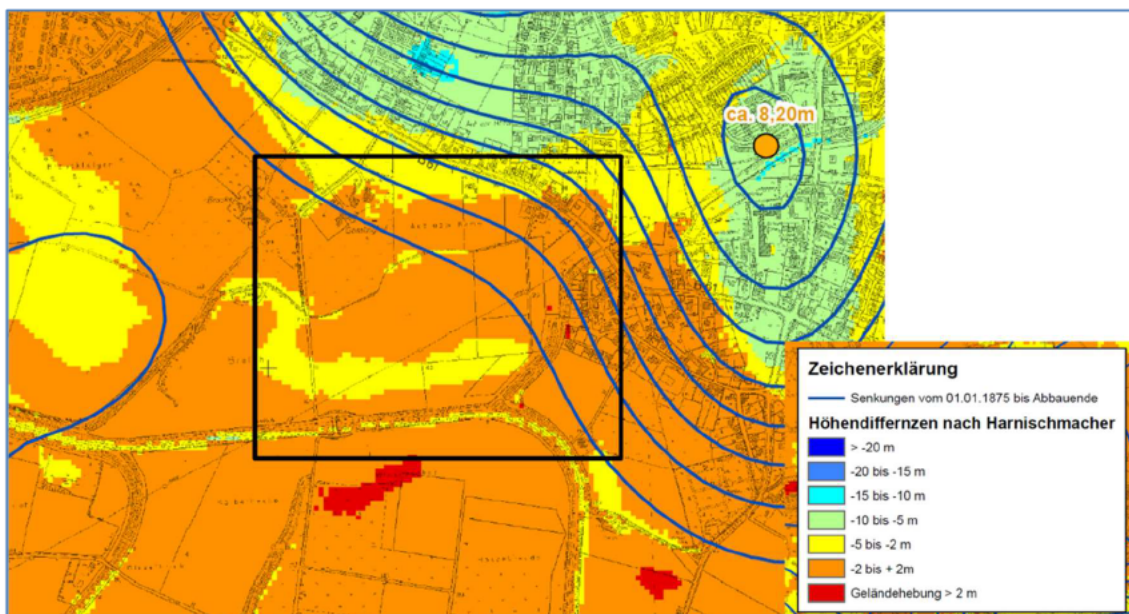


Abb. 25: Berechnete Höhendifferenzen aus einem Vergleich von Höhenangaben der Preußischen Landesaufnahme (1892) und aktuellen Digitalen Geländemodellen für das westfälische Ruhrgebiet nach Harnischmacher (2010) und den Gesamtsenkungen seit 01.01.1875 bis Abbauende (Quelle: RAG)

Die Senkungen in den beiden nördlich und nordöstlich gelegenen Senkungsschwerpunkten waren zum Zeitpunkt Januar 1987 bzw. Januar 1991 weitestgehend abgeklungen (Abb. 26), wie der zeitliche Verlauf der Senkungen in der Abb. 27 zeigt.

Die fünf grünen Punkte in Abb. 26 sind Höhenmesspunkte der RAG am Gösslinghof, die im Detail den Verlauf der gleichmäßigen Senkungen in Höhe von max. 2,1 m von Januar 1973 bis maximal Januar 1987, also über einen Zeitraum von 14 Jahren, zeigen (s. Abb. 28.)

Die Entwicklung der Bergsenkungen im Bereich der BHV ist in der Abb. 29 dargestellt.

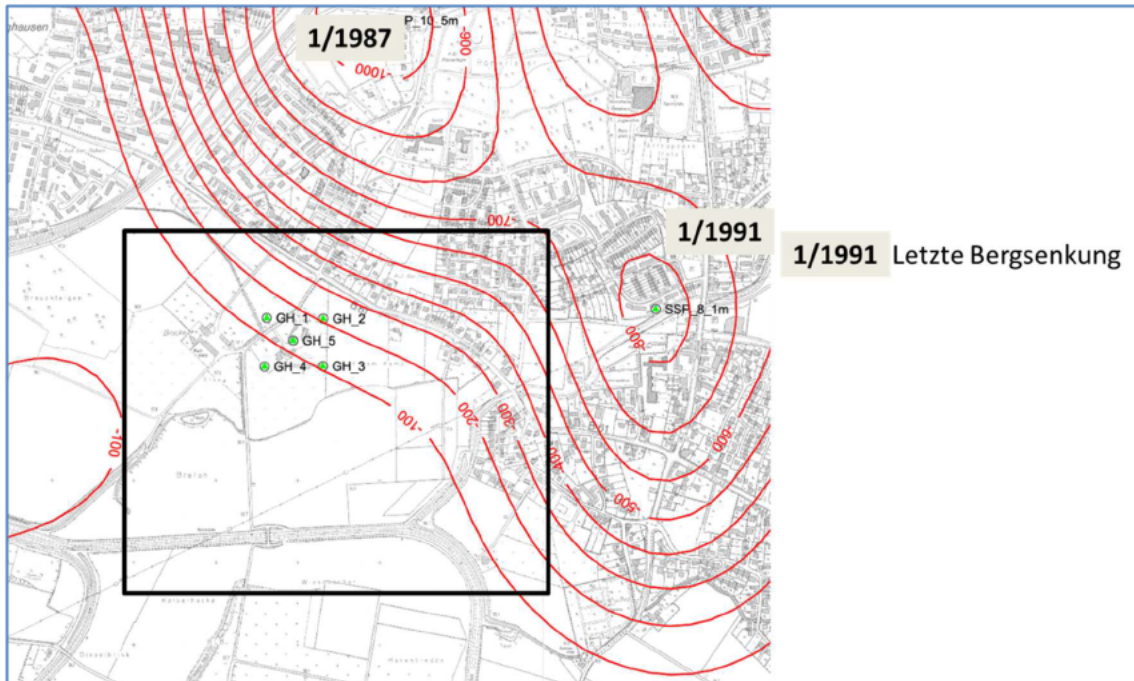


Abb. 26: Übersicht über die Senkungen (rot in Zentimeter) im Bereich Gösslinghof (Darstellung: RAG)

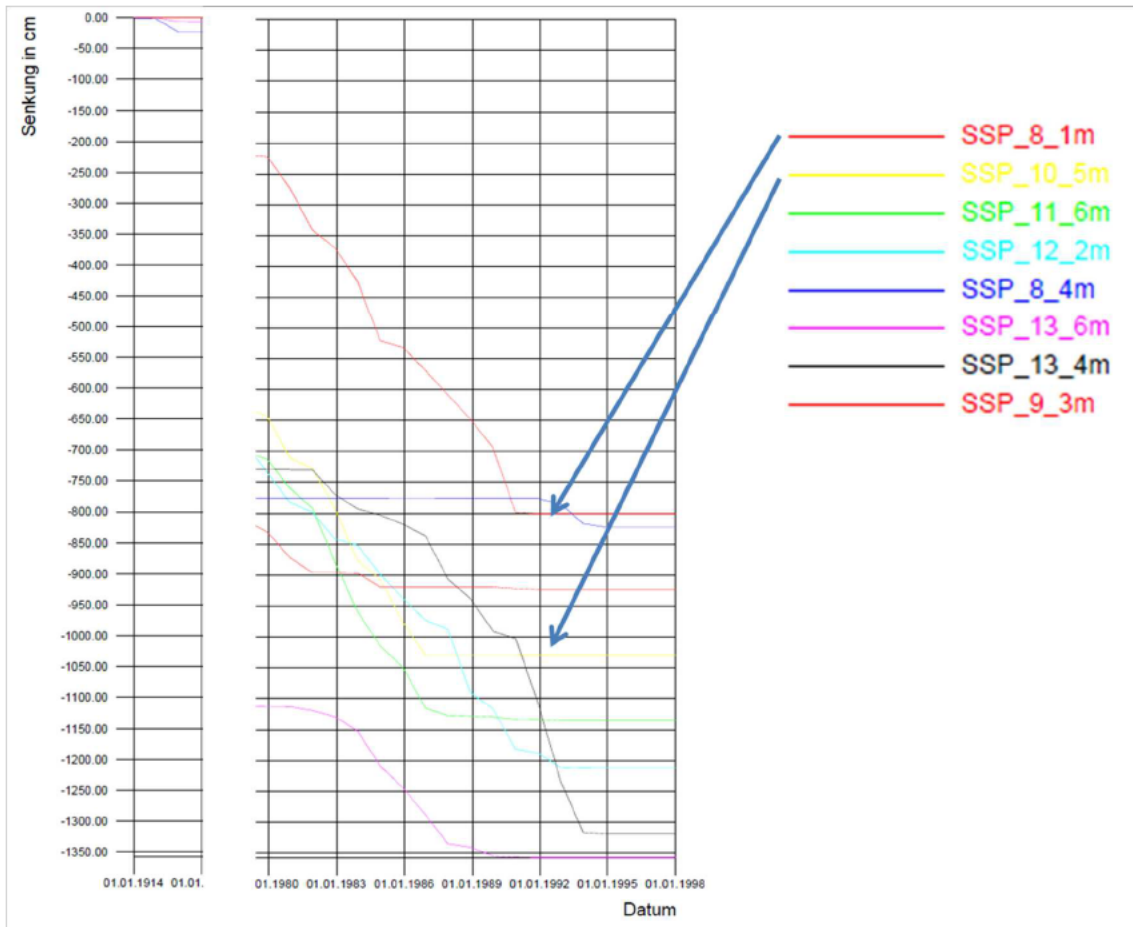


Abb. 27: Zeitsenkungskurven aus den beiden Senkungsschwerpunkten nördlich und nordöstlich vom Gösslinghof (Darstellung: RAG)

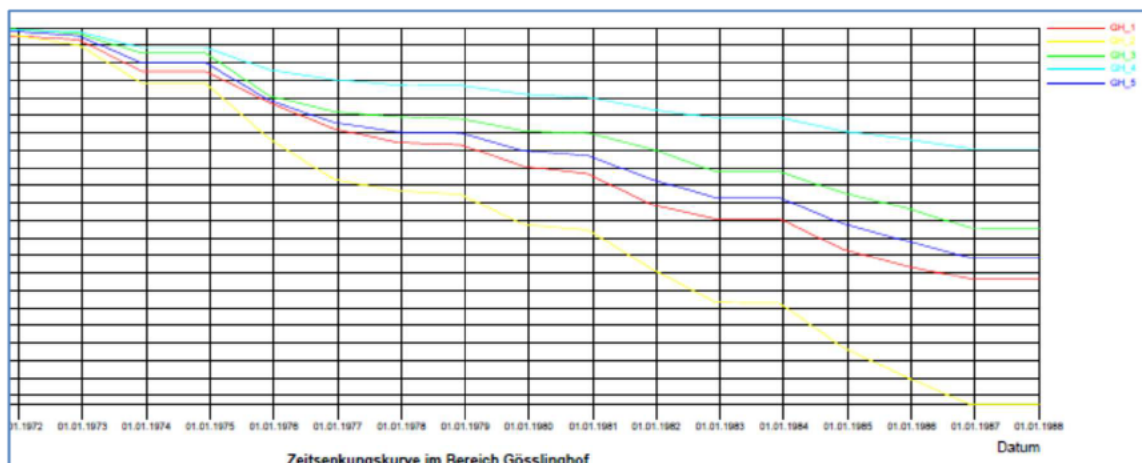


Abb. 28: Zeitsenkungskurven am Gösslinghof 1972-1988 (Darstellung: RAG)

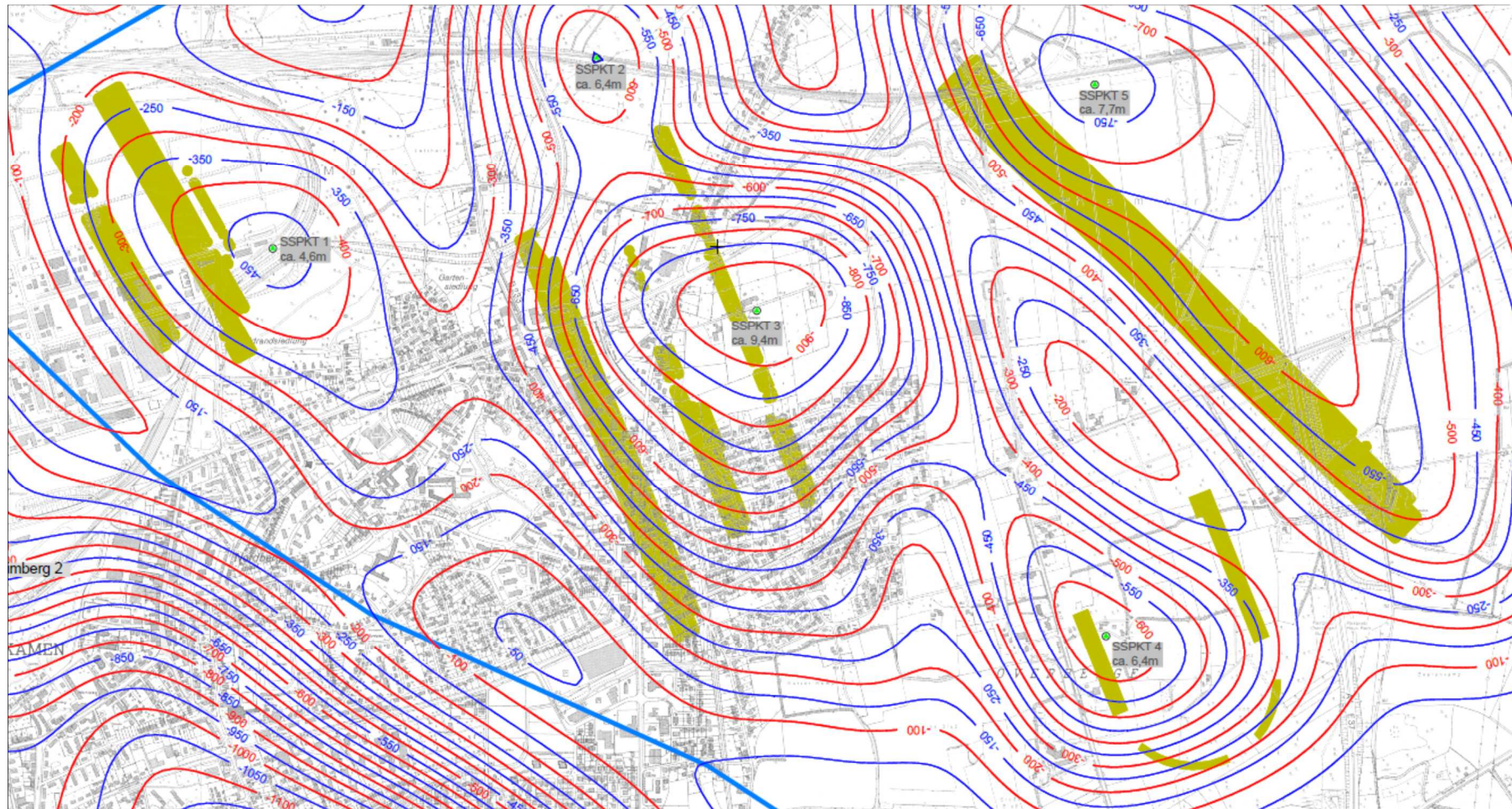


Abb. 29: Gesamtensenkungen im Bereich der BHV in Zentimetern (Darstellung: RAG)

Die Abb. 30 zeigt die Zeitsenkungskurven jeweils für die Senkungsschwerpunkte zwischen 1961 und 2015. Der Abstand zwischen zwei vertikalen Linien beträgt 3 Jahre, der Abstand zwischen zwei horizontalen Linien beträgt 0,5 m Senkung. Hieraus kann das Ausmaß der Senkungen und der zeitliche Verlauf abgeleitet werden. Dies erfolgt unter der Worst-Case-Annahme, dass die Senkungen an den Senkungsschwerpunkten auch in dieser Höhe in der BHV auftreten. Dies ist – bis auf den östlichen Teil der Gb2 – nicht der Fall, da die BHV nicht in den Senkungsschwerpunkten liegen.

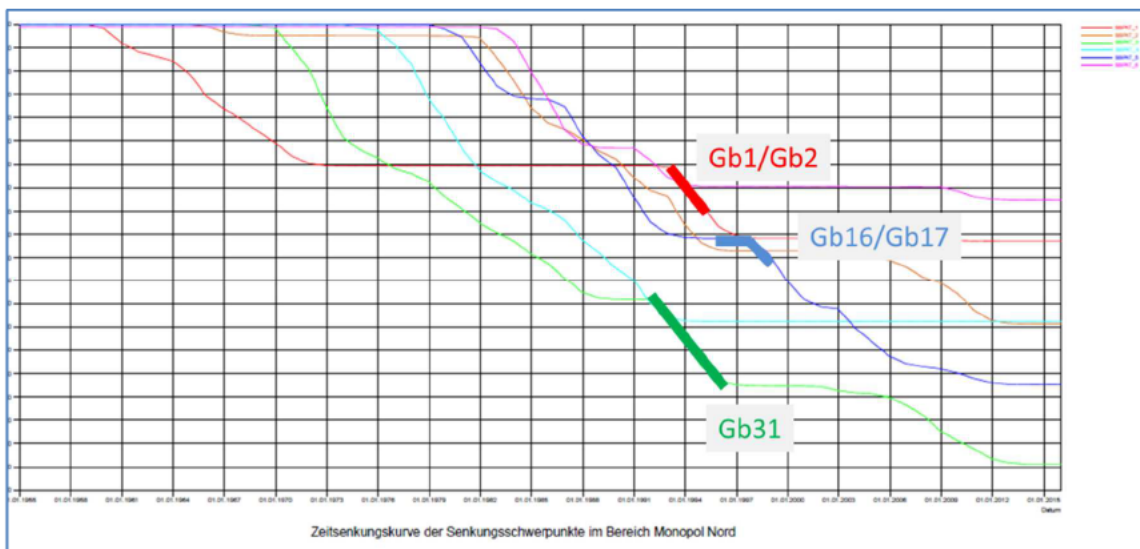


Abb. 30: Zeitabsenkungskurven der Senkungsschwerpunkte und die jeweiligen Bruchhohlraumverfüllungen zwischen 1961 und 2015 (Quelle: RAG, Ergänzungen zu den Bauhöhen durch ahu AG)

Für den Bereich der BHV ergeben sich in der Größenordnung folgende Angaben:

Tab. 8: Senkungen in den einzelnen Bauhöhen in m (Quelle: RAG, Auswertung: ahu AG)

Bauhöhe	Bauzeit	Senkungen vor Abbau (in % der Gesamtsenkung)	Senkungen während der BHV	Senkungen nach Abbau	Senkungen gesamt
Gb1/Gb2	92-96	6 (63 %)	2,5	1,8	9,5
Gb16/Gb17	93-95	3 (80 %)	0,75	0,15	3,75
Gb31	96-98	4,5 (58 %)	1,5	2	7,75

2.4.3 Bewertung der Thesen

2.4.3.1 Bewertung These I

I *„Es treten Bergsenkungen von bis zu 30 m auf. Der Emscher Mergel wird durch die Bergsenkungen blitzartig durch neue Störungen zerrissen und durchlässig. Sie ermöglichen Tiefengrundwässern direkte Wege in die oberen Grundwasserstockwerke“.*

- Im Bereich Gösslinghof traten gleichmäßige Bergsenkungen bis max. 2,1 m über einen Zeitraum von 14 Jahren auf. Diese waren 1987, also mindestens 4 Jahre vor Beginn der BHV abgeschlossen.
- Im Bereich der BHV traten vor dem Versatz 58 % bis 80 % der Gesamtsenkungen auf zwischen 3 und 6 m auf. Der Zeitraum, in dem diese Senkungen auftraten, umfasste fast 30 Jahre. Die restlichen Senkungen traten während und nach dem Versatz innerhalb eines Zeitraums von ca. 20 Jahren auf.
- Die von Prof. [REDACTED] postulierten Senkungen „im 30 m Bereich“ traten nicht auf und die Senkungen, die auftraten, verliefen über einen mehrjährigen Zeitraum.
- Die nach einem Abbau zeitlich verzögert eintretenden Bergsenkungen erfolgen im Emscher Mergel annähernd flächig und gleichmäßig in Form eines bruchlosen Durchbiegens der Deckgebirgsschichten. Ein „blitzartiges Zerreißen“ und das Entstehen neuer, durchgängiger Klüfte vom Karbon über die gesamte Mächtigkeit (ca. 400 m) des Emscher Mergels erfolgt nicht. Der Emscher Mergel reagiert aufgrund seines hohen Tongehalts plastisch auf ggf. auftretende ungleichförmige Setzungen an der Karbonoberfläche und gleicht diese aus.

Darüber hinaus hätten diese „neuen Durchlässigkeiten“ – wenn sie denn entstanden wären – auch nicht die von Prof. [REDACTED] zugeschriebene Bedeutung, wie im Folgenden erläutert wird (These II).

2.4.3.2 Bewertung These II

II *„Belastete Wässer, die nicht durch die Zementation und die Quellung von Tonsteinen fixiert werden, werden durch den Überlagerungsdruck ins Hangende und Liegende injiziert. In Verbindung mit (These I) können so belastete Wässer an die Tagesoberfläche gelangen“.*

Austretendes Wasser aus den Versatzbereichen wurde nicht beobachtet. Die Mixturen wurden so angesetzt, dass kein Überschusswasser austreten sollte. Die beobachteten Betriebsstörungen zeigten auch oft das Gegenteil: Die pastöse Masse band sehr schnell ab und führte zu Verstopfungen in den Rohrleitungen. Auch die Monitoring-Analysen im Grubenwasser während des Verbringens der Versatzstoffe zeigen keine Hinweise auf ein Austreten von solchen Wässern (Detailbericht 3).

Aber selbst wenn es zu einem unbemerkten Freisetzen geringer Wassermengen gekommen wäre – was auch nicht auszuschließen ist – hätte dies keine gravierenden Folgen gehabt: Durch den jahrzehntelangen Abbau war das Gebirge teilentwässert. Austretendes Wasser hätte diese – jetzt luftgefüllten – Poren wieder mit Wasser gefüllt und sich nicht über eine längere Strecke bewegt.

Ein Verdrängungseffekt der Porenwässer über 1.000 Meter und letztlich das „Auspressen“ dieses Überschusswassers im Bereich der Geländeoberfläche ist aus hydrogeologischer Sicht nicht möglich, da er fundamental gegen die Bernoullische Druckgleichung, die das Grundwasserfließen bestimmt, verstößt. Zudem ist der Bereich der Bruchhohlraumverfüllung mindestens mehrere Kilometer von den betrachteten Flächen entfernt und die Bruchhohlraumverfüllung erfolgt mindestens 13 Jahre früher.

2.4.3.3 Bewertung These III

III *„Die Grubenwässer mit unterschiedlichen Salzgehalten untertage zeigen die vielen unterschiedlichen Wegsamkeiten im überlagernden Gebirge“.*

Das unbeeinflusste tiefe Grundwasser hat **immer** eine sehr hohe Mineralisation (> 80.000 mg/L für unbeeinflusste Tiefengrundwässer (Wedewardt 1995), Detailbericht 3).

Aber auch zusickerndes Wasser „von oben“ ist in der Regel hoch mineralisiert (z. B. Probenahme 18.02.2016 auf Haus Aden in einem Zulauf aus der Firste mit 44.000 mg/L Chlorid). Im Emscher Mergel wird davon ausgegangen, dass ab ca. 100 m das Wasser aufgrund der zunehmenden Mineralisation nicht mehr als Trinkwasser geeignet ist. Die Tab. 4 zeigt die hohen Chloridgehalte bereits ab 45 m Tiefe in der Kreide von ca. 10.000 mg/L.

Eine Besonderheit sind einige BW im Einzugsgebiet Victoriadamms (BW Gneisenau, BW Scharnhorst, BW Kurl), wo beim Auffahren der BW, z. T. in den Kriegsjahren, kein ausreichender Abstand zu dem Grundwasserleiter im Turon eingehalten wurde. Bis heute laufen hier aus dem Deckgebirge große Wassermengen in die BW. Die Mineralisation beträgt ca. 4.500 mg/L Chlorid. In dem vergleichbar großen Einzugsgebiet Ost, wo der Sicherheitsabstand eingehalten wurde, beträgt diese Wassermenge nur ca. 10 % der Wassermenge bei einer deutlich höheren Mineralisation.

Die Hauptursache für die geringen Salzgehalte mancher Grubenwässer in solchen BW ist nicht die Zusickerung von geringmineralisiertem oberflächennahem Grundwasser, sondern die Vermischung der Grubenwässer mit dem Betriebswasser. Als Betriebswasser (z. B. zur Staubbekämpfung) wurden und werden große Mengen gering mineralisiertes Wasser (v. a. Trinkwasser, aber auch eigene Brunnen) eingesetzt, das sich dann mit den hoch mineralisierten Grubenwässern vermischt und dann wieder an die Tagesoberfläche gepumpt wird.

Tab. 9: Verhältnis Betriebswasser zu gehobenem Grubenwasser (RAG 2016)

Bergwerk	jährlicher Wasserbrauch*	jährlich gehobenes Grubenwasser*	Anteil Betriebswasser am Grubenwasser
Prosper Haniel	3 Mio. m ³	4 Mio. m ³	75 %
Ibbenbüren	1,9 Mio. m ³	2,6 Mio. m ³	73 %

* Mittelwert letzte 5 Jahre

2.4.3.4 Bewertung These IV

IV „Die klüftigen Sandsteine und besondere Schichten (Wurzelböden etc.) stellen auch Fließwege dar und müssen berücksichtigt werden“.

Die unterschiedlichen Durchlässigkeiten der geklüfteten Sandsteine, Tonsteine und Störungen werden im Grundwassermodell entsprechend berücksichtigt (Detailbericht 5).

2.4.4 Zusammenfassende Beurteilung der Auswirkung der BHV auf die oberflächennahen Auffälligkeiten

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

3 Literatur

- ahu AG (2012): Fracking in unkonventionellen Erdgaslagerstätten in Nordrhein-Westfalen.
- Carls (2013): Gutachterliche Stellungnahme zu dem im Genehmigungsverfahren Sonderbetriebsplan für die Verbringung von Reststoffen nach dem Prinzip des vollständigen Einschusses auf dem Bergwerk Haus Aden/Monopol vorgelegten Gutachten vom 24.08.2013.
- Carls (2015): Vortrag 06.11.2015 vor der Kurhessischen Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft in der Universität Kassel: Probleme bei der Nachnutzung von Bergwerken als Gefahrstoff-Deponien im Berg und in Ämtern.
- Carls (2016a): Schreiben an die ahu AG vom 28.04.2016.
- Carls (2016b): Schreiben an die ahu AG vom 06.06.2016.
- DMT (2015): Boxmodell gestützte Prognose zu Einleitwerten am Standort Haus Aden bei Flutung der Wasserprovinz Ost, unveröffentlichtes Gutachten.
- Dölling & Juch (2009): Strukturgeologische Modellvorstellungen zum Kreide-Deckgebirge im zentralen Münsterland.- Scriptum Heft 18, Arbeitsergebnisse aus dem Geologischer Dienst NRW.
- Drozdowski, G. & Wrede (1994): Faltung und Bruchtektonik – Analyse der Tektonik im Subvariscikum, Fortschr. Geol. Rhld. u. Westf. 38.
- GD NRW (2011): Unkonventionelle Erdgas-Vorkommen in Nordrhein-Westfalen.: http://www.gd.nrw.de /zip/l_rcbm01.pdf.
- Geologische Karten 1:100.000 und Erläuterungen Blatt Münster C 4310 (2. Auflage 1990).
- GRS (1998) (Hrsg.): Entwicklung und Anwendung analytischer Methoden zur Eignungsuntersuchung der Verbringung bergbaufremder Rückstände in dauerhaft offene Grubenräume im Festgestein. Abschlussbericht. Fachband 5: Methoden-anwendung.
- GWS (1995): Folgeuntersuchung Immissionskataster Boden im Umfeld der Hohlraumverfüllungsanlage Monopol.
- Harnischmacher (2010): Berechnete Höhendifferenzen aus einem Vergleich von Höhenangaben der Preußischen Landesaufnahme (1892) und aktuellen Digitalen Geländemodellen für das westfälische Ruhrgebiet https://www.lwl.org/LWL/Kultur/Westfalen_Regional/Wirtschaft/Bergsenkungen.
- Hölting, B. & Coldewey, W. (2005): Hydrogeologie, 6. Auflage, Elsevier (München).
- Jäger, B.; Obermann, P. & Wilke, F.L. (1991): Studie zur Eignung von Steinkohlenbergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlenbezirk zur Untertageverbringung von Abfall- und Reststoffen.- Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall NRW.

- Kreis Unna (1986): Schwermetalle in Böden verschiedener Nutzungsformen im Kreis Unna, Teil I, 1986.
- Krutz (2011): Gutachten über die Einwirkung von Oberflächenwässern auf Ackerboden in Bergkamen (12.12.2011).
- LAWA (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser.
- LAWA (2015): Entwurf zur Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten.
- Mineral- und Tafelwasserverordnung (1984): Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser (Mineral- und Tafelwasser-Verordnung).
- Paas, N. (1997): Untersuchungen zur Ermittlung der geochemischen Barriere von Gesteinen aus dem Umfeld untertägiger Versatzräume im Steinkohlengebirge des Ruhrkarbons. DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 54, Bochum.
- Podjadke; Witthaus & Bartel (2008): Entwicklung im stählernen Streckenausbau – eine Erfolgsgeschichte, Beitrag Aachen International Mining Symposium.
- RAG (2015/2016): Von der RAG wurden zahlreiche Dokumente, Betriebsangaben und Auswertungen, etc. zur Verfügung gestellt und u. a. auf den in Tabelle 1 im Gutachten zwölf dokumentierten Gesprächen den Gutachtern übergeben.
- RAG (2016): Power Point Vortrag zum Grubenwasserkonzept am 01.07.2016 bei MWEIMH in Düsseldorf.
- Richtlinie 98/83/EG (1998): RICHTLINIE 98/83/EG DES RATES vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- Sauter, M.; Helmig, R. & Ingenieurbüro Heitfeld-Schetelig (2012): Abschätzung der Auswirkungen von Fracking-Maßnahmen auf das oberflächennahe Grundwasser - Generische Charakterisierung und Modellierung. Gutachten im Rahmen des Informations- und Dialogprozess der ExxonMobil über die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Fracking-Technologie für die Erdgasgewinnung.
- Stadie, Ulrich (1987): Konvergenz, Nachbruch und Ausbauverformung in gebohrten Strecken im Ruhrkarbon, Dissertation TU Clausthal.
- Stemke & Wohnlich (2012): Forschungsvorhaben: Herkunft des Methans im Grundwasser des Münsterländer Kreidebeckens.
- Thein & Klingel (1995): Gutachtliche Stellungnahme zur Einhaltung der Anforderungsbedingungen für das Prinzip des vollständigen Einschlusses bei der geplanten Verbringung von Reststoffen in die Abbaue von Flöz Grimberg 2/3 und Flöz Viktoria 1/2 Obk in den Baufeldern E3 und E4 des Bergwerkes Haus Aden/Monopol, Betriebsbereich Monopol der Ruhrkohle Bergbau AG.
- TrinkwV (2013): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, 3. Verordnung.
- Wallbraun A. (1992): Einfluß der Schollenrandstörungen in der Niederrheinische Bucht auf den Grundwasserabfluß, Diss. RWTH Aachen.

WBK (1990): Untertagedeponie: Geologisch-Hydrogeologische Schnitte, unveröffentlichtes Gutachten.

Wisotzky, F. et al. (2017): Hydrochemie und geogene Fluorid- und Borproblematik des Emschermergels im Münsterland. Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie. 22:3-15. DOI 10.1007/s00767-016-0345-9

Wrede, V. (1992): Störungstektonik im Ruhrkarbon, Z. angew. Geol. 38.

Wrede, V. (2010): Zur Zeitlichkeit postvariscischer Tektonik in südwestlichen Teil des Münsterschen Kreidebeckens, Schr.-R. Dt. Ges. Geowiss. 73.