

## ANGEBOT

Für: **Gutachten zur Prüfung möglicher Umwelt-  
auswirkungen des Einsatzes von Abfall-  
und Reststoffen zur Bruch-Hohlraum-  
verfüllung in Steinkohlenbergwerken in  
Nordrhein-Westfalen (Vergabe-Nr. 05/2014)**

Datum: 24. Februar 2015

---

Auftraggeber: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand  
und Handwerk des Landes NRW, Zentrale Vergabestelle

Aufforderung vom: 23.10.2014  
Az.: I A 4 – 22 – 10

---

Anbieter: ahu AG Wasser · Boden · Geomatik, Aachen  
in Zusammenarbeit mit:  
Prof. [REDACTED] (TU Clausthal, Abtlg. Hydrogeologie)  
delta h (Prof. [REDACTED])  
LEK Lehrstuhl für Geologie, Geochemie und Lagerstätten  
des Erdöls und der Kohle, RWTH Aachen University  
(Prof. [REDACTED])  
LFH Lehr- und Forschungsgebiet Hydrogeologie,  
RWTH Aachen University (Prof. [REDACTED])  
IFM Lehrstuhl und Institut für Markscheidewesen,  
Bergschadenkunde und Geophysik im Bergbau,  
RWTH Aachen University (Prof. [REDACTED])

Unser Zeichen: A14113/UTDNRW/DE/LL

Ansprechpartner: Dr. [REDACTED], Dr. [REDACTED]

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>AUSGANGSLAGE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>GROBKONZEPT</b>	<b>7</b>
2.1	Teil 1: Arbeitsschritt 1: Grundlagen	8
2.2	Teil 1: Arbeitsschritt 2: Analyse	13
2.3	Teil 1: Arbeitsschritt 3: Beantwortung der Kernfragen und Empfehlungen	28
2.4	Bearbeitung in Teil 2 (Bearbeitungsdauer 13 Monate)	34
2.5	PCB und strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe (Arbeitspaket 3.4)	38
2.6	Zusammenfassende Zuordnung der Aufgaben gemäß Aufgabenbeschreibung zum Grobkonzept und zu den Bearbeitern	41
<b>3</b>	<b>PERSONALKONZEPT UND BERICHTE</b>	<b>45</b>
3.1	Gutachten	48
<b>4</b>	<b>PROJEKTKOMMUNIKATION</b>	<b>49</b>
4.1	Termine/Kommunikation	49
4.2	Begleitender Arbeitskreis	50
4.3	Projektraum	50
<b>5</b>	<b>ZEITPLAN</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>LEISTUNGS- UND KOSTENVERZEICHNIS</b>	<b>54</b>
6.1	Sonstige Leistungen	54
Abb. 1:	Lage der Bergwerke und Wasserhaltungsprovinzen der RAG AG (Quelle: Grubenwasserbericht RAG 2009, verändert durch ahu AG)	5
Abb. 2:	Lage der Bergwerke und Wasserhaltungsprovinzen der RAG AG (Quelle: Grubenwasserbericht RAG 2009, Zuordnung der BW durch die ahu AG)	6
Abb. 3:	Struktur des Grobkonzeptes für Teil 1 (Arbeitspaket 3.4 wurde hinzugefügt) (* siehe Detail in Abb. 6)	8
Abb. 4:	Lageplan einer Bruchhohlraumverfüllung (beispielhaft)	10
Abb. 5:	Entwurf eines schematischen hydrogeologischen Systemdiagramms	11
Abb. 6:	Detail des Arbeitspaketes 2.2 der Grobstruktur: Gefährdungs-, Freisetzungs- und Ausbreitungspotential (die Ziffern beziehen sich auf Abb. 3)	18
Abb. 7:	Geplanter Grubenwasseranstieg (u. a. gemäß Daten RAG 2014) und daraus abgeleitete hydraulische Szenarien I bis V	20

Abb. 8:	Grubenwasserkonzept geplanter Endzustand (RAG 2014) Ergänzungen in rot durch die ahu AG	23
Abb. 9:	Schematisches Strömungsbild am Beispiel des BW Haus Aden in der Phase IV Ableitung aus dem Grubenwasserkonzept der RAG (2014)	24
Abb. 10:	Schematisches Strömungsbild am Beispiel des BW Haus Aden in der Phase V Ableitung aus dem Grubenwasserkonzept der RAG (2014)	26
Abb. 11:	Wasserqualität der ländlichen Wasserversorgung im Münsterland (Coldewey & Melchers o. J.)	31
Abb. 12:	Monitoringkreis	34
Abb. 13:	Vorstellung des Konsortiums und Projektorganisation	46
Abb. 14:	Aufbau des Gutachtens und federführende Bearbeiter und Ergebnis	48
Abb. 15:	Beispiel für einen Projektraum	51
Abb. 16:	Übersicht über die Bearbeitung in Teil 1	52
Abb. 17:	Übersicht über die Bearbeitung in Teil 2	52
Abb. 18:	Zeitplan der Bearbeitung in Teil 1	53
Tab. 1:	Übersicht über die Zonen und den geplanten Einsatz der Modelle und Methoden sowie die erwarteten Ergebnisse	16
Tab. 2:	Zuordnung der Aufgaben zu den Bearbeitern und gemäß der Aufgabenbeschreibung zum Grobkonzept	42
Tab. 3:	Personaleinsatz	47
Tab. 4:	Termine gemäß Aufgabenbeschreibung	49
Tab. 5:	Kostenkalkulation für die Besprechungen	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## **ANLASS UND AUFGABENBESCHREIBUNG**

Die ahu AG wurde über die Vergabeplattform NRW aufgefordert, ein Angebot für ein „Gutachten zur Prüfung möglicher Umweltauswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruch-Hohlraumverfüllung in Steinkohlenbergwerken in Nordrhein-Westfalen“ zu erstellen.

Grundlage des Angebotes sind die Aufgabenbeschreibung (inkl. der Antworten auf die Bieterfragen) sowie ein Termin zur Dateneinsicht bei der BR Arnsberg in Dortmund am 07.11.2014.

In der Aufgabenbeschreibung werden folgende zentrale Fragen gestellt:

1. Wie sind die Grundannahmen, die Basis der damaligen Entscheidungen gewesen sind, heute fachlich zu bewerten?
2. Sind aktuell und künftig Gefährdungen insbesondere des Grund- und Oberflächenwassers im Einzugsbereich der Steinkohlenbergwerke zu befürchten? Welche Maßnahmen müssten ggf. ergriffen werden, um diesen zu begegnen?
3. Wie muss das Monitoring erweitert werden, um ggf. auftretende Gefährdungen frühzeitig zu erkennen?

Zur Beantwortung der Fragestellungen hat sich ein fachübergreifendes Konsortium zusammengefunden, das in Kapitel 3 (Personalkonzept) näher vorgestellt wird.

Gemäß Vorgabe ist die Bearbeitung in zunächst zwei Teile gegliedert:

Im **Teil 1** sollen die Grundlagenbetrachtung, die Gefährdungsanalyse und die Planung eines Monitorings für das Bergwerk Haus Aden/Monopol erfolgen, in das nach dem Prinzip „Vollständiger Einschluss“ Reststoffe verbracht wurden.

In **Teil 2** werden die grundsätzlichen Methoden und Ergebnisse aus Teil 1 übernommen und auf die beiden anderen Bergwerke Walsum und Hugo/Consolidation übertragen, in die ebenfalls nach dem Prinzip „Vollständiger Einschluss“ bzw. „Immissionsneutrale Verbringung“ Reststoffe verbracht wurden. Im Anschluss erfolgt für 8 weitere Bergwerke, in denen Reststoffe nach dem Prinzip der „Immissionsneutralität“ eingelagert wurden, auf Grundlage der Projektergebnisse und in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von Daten eine Einschätzung der Gefährdung.

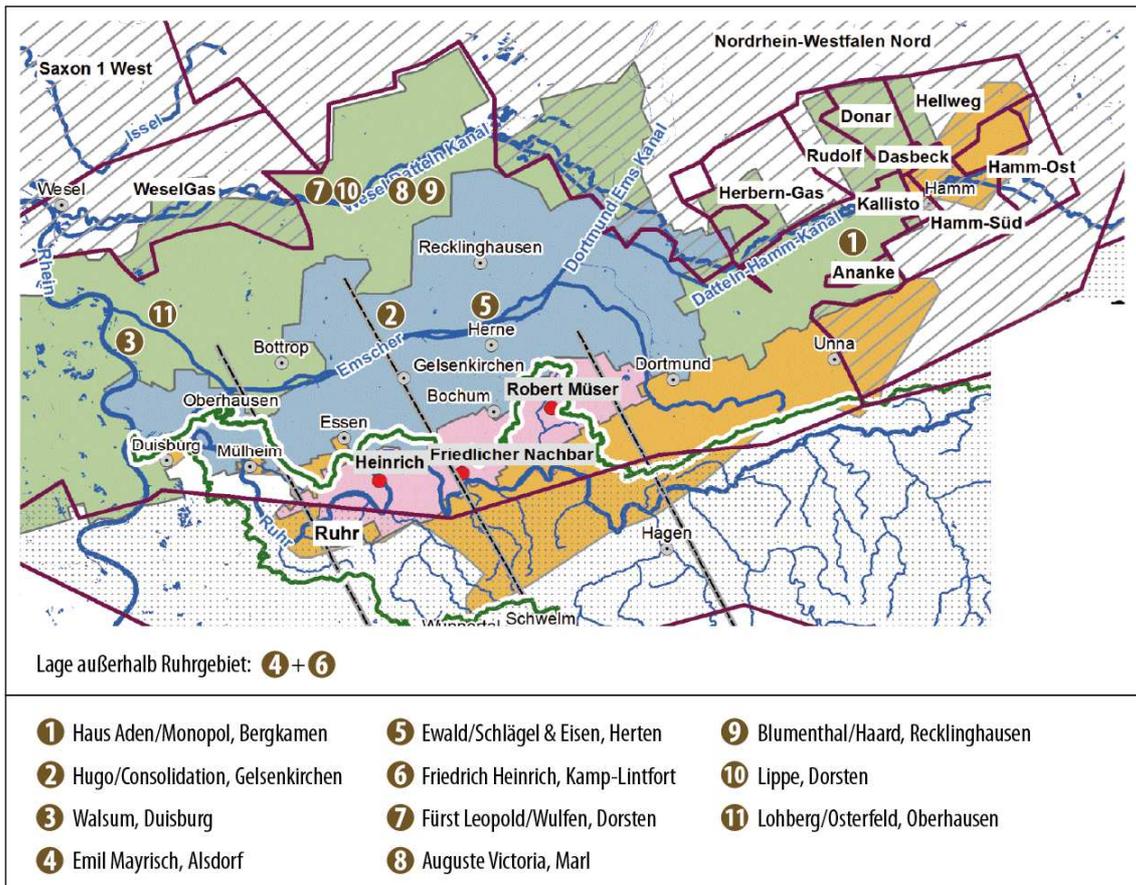
In der Aufgabenbeschreibung wird noch ein **Teil 3** erwähnt, der aber in der Aufgabenbeschreibung nicht weiter erläutert wird und deshalb im Angebot nicht berücksichtigt wird.

Die Verzahnung mit dem begleitenden Arbeitskreis ist in Kapitel 4 (Projektkommunikation) dargestellt.

Unter Bezug auf den Bericht der Landesregierung vom 21.01.2015 im Hinblick auf die in der Vergangenheit im untertägigen Untersuchungsgebiet (Grubengebäude) in Betriebsmitteln eingesetzte PCB-Stoffgruppe wurde die Aufgabenbeschreibung mit der Zielsetzung erweitert, das in der Vergangenheit in Betriebsmitteln eingesetzte PCB im untertägigen Steinkohlenbergbau in die Beantwortung der Kernfragen 2 und 3 einzubeziehen (Schreiben des Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes NRW vom 06.02.2015).

## 1 AUSGANGSLAGE

Die 11 Bergwerke (BW) liegen bis auf das BW Emil Mayrisch und BW Friedrich Heinrich im Ruhrgebiet. In der Abb. 1 wurde die Lage den Wasserhaltungsprovinzen der RAG AG zugeordnet. Je nördlicher die Wasserhaltungsprovinz, desto höher ist der Anteil an hoch mineralisierten Tiefenwässern.



**Abb. 1: Lage der Bergwerke und Wasserhaltungsprovinzen der RAG AG**  
(Quelle: Grubenwasserbericht RAG 2009, verändert durch ahu AG)

### Legende zu Abb. 1:

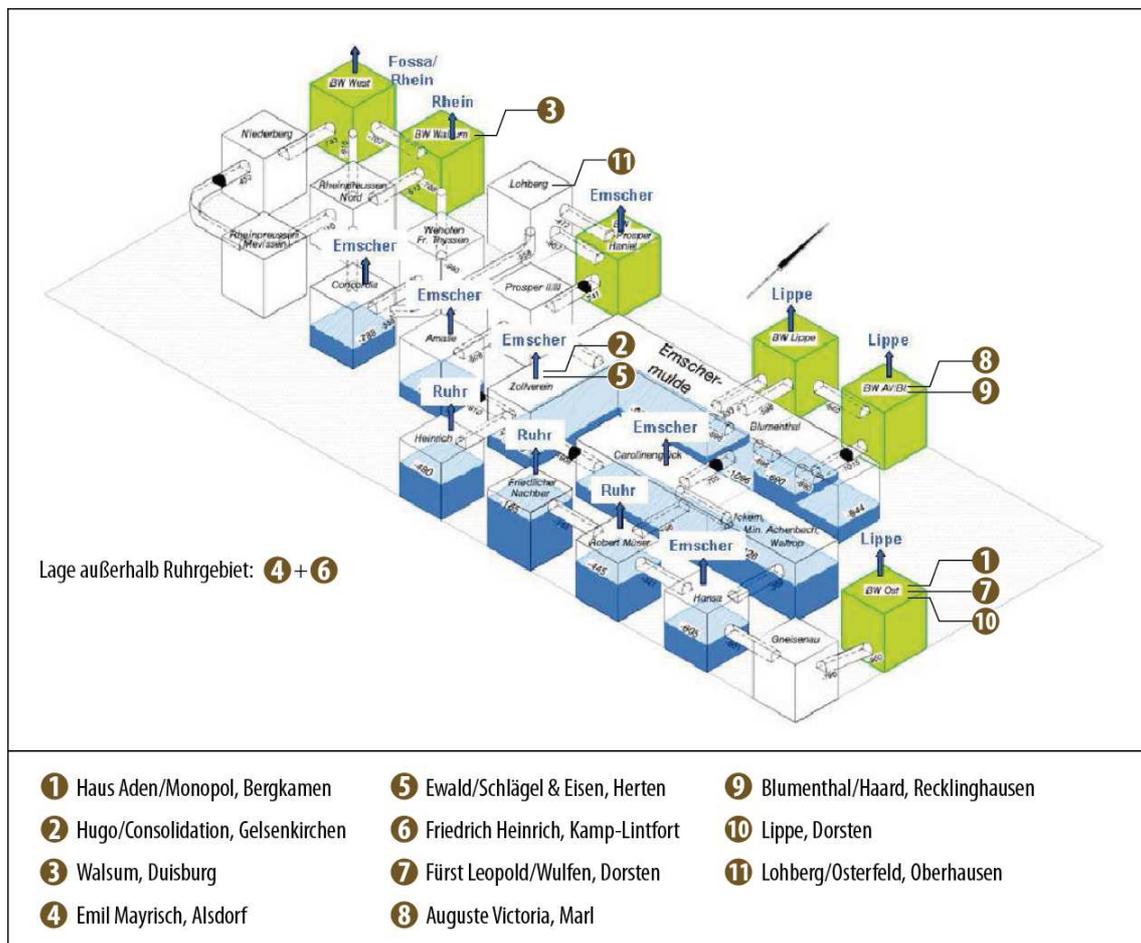
**grün:** Wasserhaltungsprovinzen Lippe, Einleitung ca. 15 Mio. m<sup>3</sup>/a mit einem durchschnittlichen Chloridgehalt von 13.800 mg/l

**blau:** Wasserhaltungsprovinzen Emscher, 25 Mio. m<sup>3</sup>/a mit einem durchschnittlichen Chloridgehalt von 11.600 mg/l

**rosa:** Wasserhaltungsprovinzen Ruhr, 30 Mio. m<sup>3</sup>/a mit einem durchschnittlichen Chloridgehalt von 690 mg/l

Die Abb. 2 zeigt die Zuordnung der BW zu den einzelnen Grubenwasserhaltungen, die hydraulischen Verbindungen und die Grubenwasserstände im Jahr 2009 (Quelle: Grubenwasserbericht der RAG AG).

Die Grubenwasserhaltungen sind im Rahmen der Bearbeitung genauer zu beschreiben und die Zuordnung in Abb. 2 zu überprüfen. Hierbei ist vor allem die Frage zu klären, ob, wo und wie Grubenwasserteilströme untersucht werden können.



**Abb. 2: Lage der Bergwerke und Wasserhaltungsprovinzen der RAG AG (Quelle: Grubenwasserbericht RAG 2009, Zuordnung der BW durch die ahu AG)**

## 2 GROBKONZEPT

### Aufbau des Angebotes

Das nachfolgend beschriebene **Grobkonzept** basiert auf der Aufgabenstellung gemäß Angebotsaufforderung und beschreibt die aus unserer Sicht zielführende und effizienteste Vorgehensweise zum Erreichen der Projektziele.

Das Grobkonzept wird zunächst im Detail für die Vorgehensweise in Teil 1 des Projekts beschrieben. Teil 2 baut unmittelbar auf den methodischen Vorarbeiten des Teils 1 auf und wird in einer vergleichbaren Struktur bearbeitet.

In Kapitel 2.5 werden die geplanten Untersuchungen zu den PCB und den strukturverwandten Stoffen beschrieben. Dabei wird „PCB“ im Folgenden für PCB und strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe verwendet.

In Tabelle 2 erfolgt eine zusammenfassende Zuordnung der Arbeitspakete des Grobkonzepts (mit den jeweiligen Bearbeitern und Mitarbeiterinnen) zu den Anforderungen in der Aufgabenbeschreibung des AG.

Im Anhang befindet sich als Ergänzung die umgekehrte Zuordnung: die Aufgabenbeschreibung des AG und unsere beabsichtigten Arbeiten sowie die Zuordnung zu den Bearbeitern und Mitarbeiterinnen.

### Projektstruktur und Ablaufplanung

Die Bearbeitung des Projekts Teil 1 für das Bergwerk Haus Aden/Monopol erfolgt gemäß der in Abbildung 3 dargestellten Struktur in **drei Arbeitsschritten** mit mehreren Arbeitspaketen:

#### Arbeitsschritt 1: Grundlagen

Die Aufnahme der vorhandenen Unterlagen und die Erarbeitung der Grundlagen erfolgt im Arbeitsschritt 1 (in Abb. 3 rosa hinterlegt).

#### Arbeitsschritt 2: Analyse

Die darauf aufbauende Analyse inkl. der Modellierungen erfolgt in Arbeitsschritt 2 (in Abb. 3 gelb hinterlegt). In der integrierten Systemanalyse erfolgt die übergreifende Bewertung der Modellierungsergebnisse.

#### Arbeitsschritt 3: Beantwortung der zentralen Fragen

Die abschließende Beurteilung und die Beantwortung der in der Aufgabenstellung genannten Fragen und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen erfolgen in Arbeitsschritt 3 (in Abb. 3 hellgrün hinterlegt).

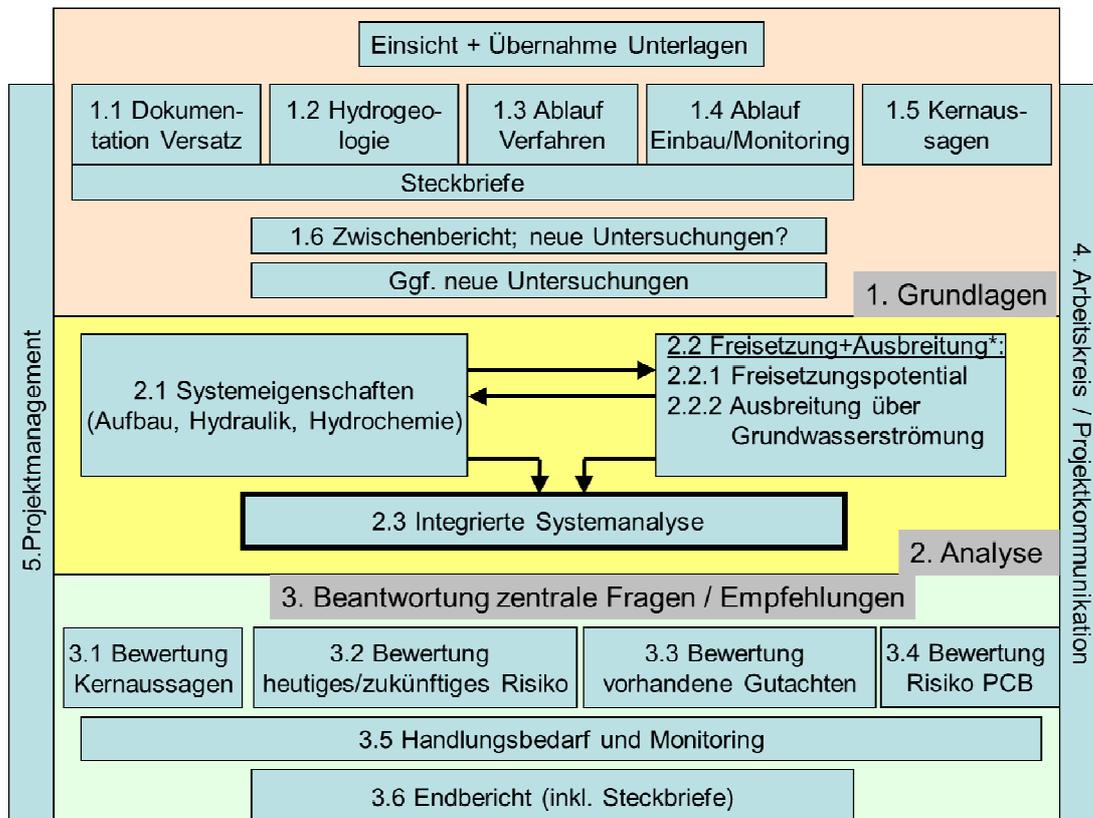


Abb. 3: Struktur des Grobkonzeptes für Teil 1 (Arbeitspaket 3.4 wurde hinzugefügt) (\* siehe Detail in Abb. 6)

Im Folgenden werden gemäß der Darstellung in Abb. 3 die einzelnen Arbeitsschritte 1 bis 3 und die Arbeitspakete der Reihe nach erläutert.

## 2.1 Teil 1: Arbeitsschritt 1: Grundlagen

Für eine übersichtliche Zusammenfassung der Datenlage und Erkenntnisse (Grundlagen) werden für die einzelnen Bergwerke Steckbriefe erstellt. Die konzeptionelle Entwicklung der Steckbriefe erfolgt in Teil 1 bei der Beschreibung des Bergwerks Haus Aden/Monopol.

Die Steckbriefe enthalten u. a. die Dokumentation der eingebrachten Stoffe und des Verfahrens (Ablaufplan) sowie den Lageplan der Deponiebereiche und weiterer relevanter bergmännischer Aufschlüsse und Grubenbaue (Beispiel in Abb. 4) und das hydrogeologische Systemdiagramm (Beispiel in Abb. 5).

Gegebenenfalls kann zu einem späteren Zeitpunkt auch das Risiko zusammenfassend in dem hydrogeologischen Systemdiagramm dargestellt werden.

Zur Grundlagenermittlung gehören auf Basis der übernommenen und gesichteten Unterlagen vor allem folgende Arbeitspakete:

### **Arbeitspaket 1.1: Dokumentation der verbrachten Reststoffe und Beschreibung der Bergwerke**

Auf Basis der auszuwertenden Unterlagen werden für jedes Bergwerk die entscheidenden Informationen zu den eingebrachten Stoffen (Art und Menge) sowie zum Verfahren der Einbringung dargestellt:

- Beschreibung des Bergwerks (Name, Verbund, Historie, Tiefenlage, Grubengebäude),
- Beschreibung der Wasserhaltung (Wasserprovinz, Aufbau Wasserhaltung, Mengen, Wasserstände und Entwicklung, Wasseranalysen),
- Verbrachte Stoffe (Mengen, Abfallschlüssel, Identifizierung und Beschreibung gefährlicher Stoffe, Art des Einbaus, Art des Dämmers, Besonderheiten beim Einbau).

Die Ergebnisse werden in einer ACCESS-Datenbank abgelegt.

Die Dokumentation der verbrachten Reststoffe ermöglicht die Abschätzung des Gefährdungspotentials (die Abschätzung des Freisetzungspotentials erfolgt im Arbeitspaket 2.2)

Anhand der ausgewerteten Grubenrisse und der Dokumentation der Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen wird für die einzelnen Bergwerke eine Darstellung entwickelt, wie sie beispielhaft Abbildung 4 zeigt. Hierin sollen nach derzeitigem Kenntnisstand enthalten sein: georeferenzierte Versatzbereiche (ggf. über mehrere Sohlen), Tiefenlage der Versatzbereiche, Bereiche mit Unterbauung und dadurch möglicherweise entstandenen Zonen erhöhter Durchlässigkeit, Angaben zur Grubenwasserhaltung, Kenntnisse über das Gefährdungspotential der eingebrachten Stoffe (Klassifizierung je nach Herkunft und Datenlage, z. B. in einer dreiteiligen Skala: niedrig, mittel, hoch), bekannte Migrationspfade (Bohrungen, Schächte, Störungen), Lage des hydrogeologischen Schemaschnitts (Abb. 5).

Die als Bearbeitungsgrundlage benötigten Bestandteile des bergmännischen Risswerks (insb. Gewinnungsrisse, Sohlen-/Zwischensohlenrisse, Schnittrisse, Bohrlochbild) liegen für die betreffenden Bergwerke vermutlich als georeferenzierte Rasterdaten vor, sodass die relevanten Informationen GIS-gestützt erfasst werden können. Die Grubenrisse zeigen Geometrie, Lage und Teufe der Versatzbereiche und geben Aufschluss über deren Verbindung zu Grubenbauen und weiteren bergmännischen Aufschlüssen, die eine Wasserwegsamkeit bilden können. Darüber hinaus liefert das Risswerk Informationen über die geologischen Verhältnisse, insbesondere auch über das Nebengestein im Hangenden und im Liegenden der verfüllten Bruchhohlräume. Diesen Arbeiten kommen auch die im Projektkonsortium vorhandenen, im Rahmen zahlreicher Projekte gewonnenen Detailkenntnisse des Ruhrbergbaus zugute. Zudem verfügt der Leiter des Arbeitspaketes „Bergbau“ Prof. Dr. Preuß auf Grund seines beruflichen Werdegangs über spezielle Kenntnisse im Zusammenhang mit der Bruchhohlraumverfüllung. Nach Recherche des IFM wurden die Grubenrisse bis auf die aktiven BW durch die RAG gescannt. Die gescannten Daten können leicht ausgewertet werden. Gegebenenfalls liegen auch Daten im DUDE-Format vor und können nach Aussage der RAG exportiert werden. Ansonsten erfolgt eine Aufnahme der Daten aus den analogen Grubenrissen.

In Teil 1 wird der Lageplan konzeptionell entwickelt und für das Bergwerk Haus Aden/Monopol erstellt und später – unter Berücksichtigung der jeweils anderen Lagerstättenverhältnisse – auch auf die anderen Bergwerke übertragen.

Die lokalen Gegebenheiten, insbesondere der Bergwerke Haus Aden, Hugo/Consolidation und Walsum, aber auch weiterer Bergwerke der RAG sind dem IFM, Prof. Dr. Preuße aus eigener Anschauung bekannt.

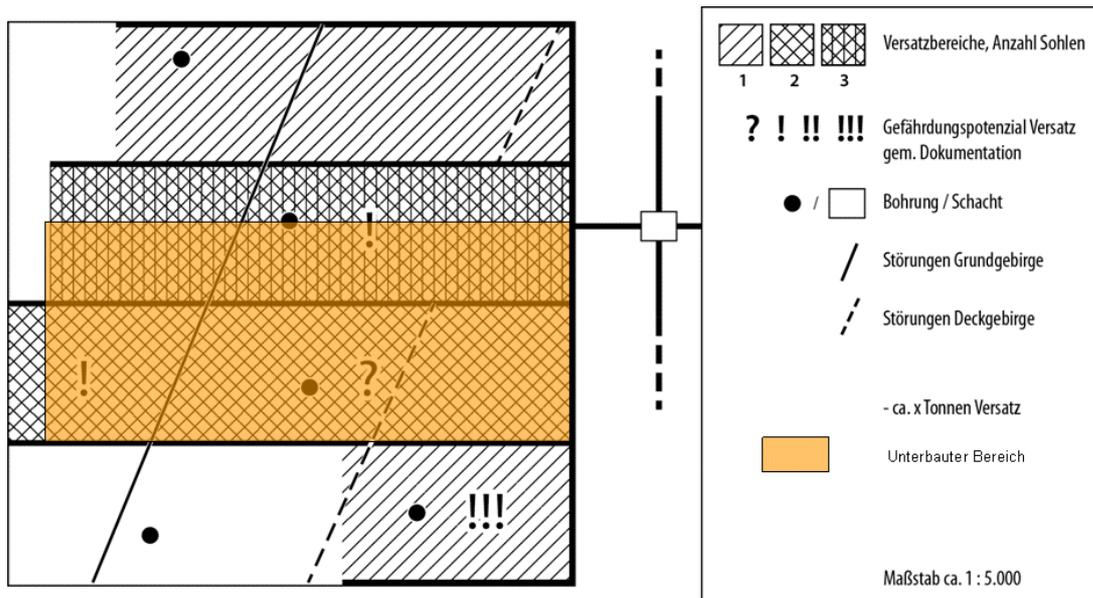


Abb. 4: Lageplan einer Bruchhohlraumverfüllung (beispielhaft)

### Arbeitspaket 1.2: Hydrogeologische Systembeschreibung der drei Bergwerke innerhalb ihrer lokalen und regionalen Umgebung

Aus den vorhandenen Gutachten und verfügbaren Unterlagen werden die Informationen zu den geologischen und hydrogeologischen Standortverhältnissen zusammengestellt. Auf dieser Basis erfolgt eine erste hydrogeologische Systembeschreibung, die insbesondere in Arbeitsschritt 2 weiter zu konkretisieren ist.

Die Abb. 5 zeigt den Entwurf eines hydrogeologischen Systemdiagramms, das im Rahmen der Bearbeitung für jedes einzelne Bergwerk zu konkretisieren ist: Tiefe der Versatzbereiche (ggf. über mehrere Sohlen), Unterbauung, geologische Ausbildung des Nah- und Fernfeldes, Abschätzung der Durchlässigkeit der Nebengesteine anhand von zur Verfügung stehenden Gutachten und Unterlagen des GD NRW und den Grubenbildern, mögliche bekannte Migrationspfade (Bohrungen, Schächte, Störungen), derzeitige (und ggf. zukünftige) Grubenwasserstände.

Als Ergebnis entsteht ein dreidimensionales hydrogeologisches Strukturmodell als Grundlage für das numerische Lokalmodell Haus Aden/Monopol (Arbeitspaket 2.2.2).

In bereits gefluteten Bereichen anderer Bergwerke bestehen die Hauptpfade in den natürlichen geologischen Störzonen, dem Grubengebäude, der Auflockerungszone und anderen anthropogenen Eingriffen wie Bohrungen.

Das Systemdiagramm wird im Lauf der Bearbeitung sukzessive ergänzt.

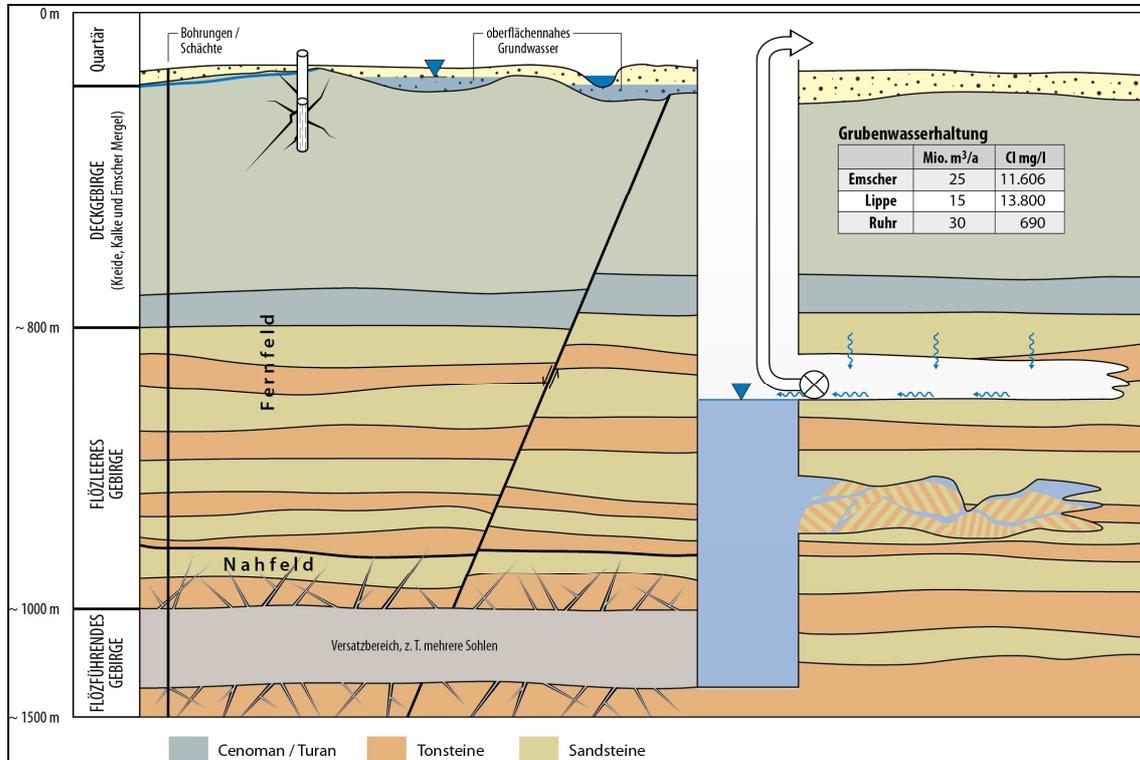


Abb. 5: Entwurf eines schematischen hydrogeologischen Systemdiagramms

### Arbeitspaket 1.3: Beschreibung der Prüfungs- und Zulassungsverfahren

Es erfolgt eine Dokumentation des damaligen bergrechtlichen Ablaufs des Prüfungs- und Zulassungsverfahrens (Betriebsplanverfahren) und eine Bewertung/Validierung vor dem Hintergrund der seinerzeit gültigen Rechtsvorschriften. Besonderes Augenmerk wird dabei auf folgende Punkte gelegt:

- Beschreibung des Ablaufs der begleitenden Prüfung durch die beim damaligen Landesoberbergamt NRW eingerichteten Arbeitskreise sowie durch die Beteiligungen Dritter.
- Validierung des Verfahrens der begleitenden Prüfung, insbesondere im Hinblick auf den Schutz der Umwelt.
- Bewertung der Einhaltung der Anforderungen der Machbarkeitsstudie im Zuge des Zulassungsverfahrens, des Deponiebetriebs, der behördlichen Überwachung und der Unterrichtung der beteiligten Stellen.
- Ein besonderer Schwerpunkt gemäß Aufgabenbeschreibung wird die Reststoffeinlagerung im Flöz Grimberg im Rahmen des Abbaus von fünf Bauhöhen sein.

#### **Arbeitspaket 1.4: Beschreibung des Ablaufs des Einbaus, des begleitenden Monitorings und dessen Ergebnisse**

Es erfolgt eine Dokumentation des damaligen Einbaus (Vergleich mit der Planung, Regelbetrieb, besondere Vorkommnisse).

Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Daten wird das damalige Monitoringkonzept beschrieben. Hierzu gehören vor allem: Anzahl, Lage und Art der Probenahmestellen, Untersuchungsintervalle, Parameter, Fehlerbetrachtung und die Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse.

#### **Arbeitspaket 1.5: Zusammenstellung der Kernaussagen aus den Basisgutachten**

Die wichtigsten Prinzipien der Basisgutachten sind:

- Prinzipien vollständiger Einschluss und Immissionsneutralität

Es erfolgt eine Zusammenfassung der fünf Kernaussagen und Vorgaben aus den Basisgutachten hinsichtlich der anorganisch-chemischen Aspekte der hydrogeochemischen Wechselwirkungen zwischen (i) eingebrachten bergbaufremden Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gesteinen im Kontakt zu den übrigen Phasen unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung).

- Eignung Abfallstoffe als Versatz

Es erfolgt eine Zusammenfassung der fünf Kernaussagen und Vorgaben aus den Basisgutachten hinsichtlich der hydrogeochemischen Stabilität der in den Versatzbereichen eingebrachten Komponenten und der dort natürlicherweise vorhandenen Stoffe unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung).

Die generelle Eignung der eingebrachten Reststoffe hinsichtlich ihres hydrochemischen Verhaltens wird auf der Basis der bekannten Daten (Menge und Stoffzusammensetzung) bewertet. Dazu werden die im Rahmen der Begutachtung zur Verfügung gestellten Unterlagen bezüglich des wissenschaftlichen Kenntnisstandes ausgewertet und im Hinblick auf Konsistenz und Vollständigkeit einer erneuten Bewertung unterzogen.

Auch die geomechanische Stabilität der versetzten Bereiche wird betrachtet und hinsichtlich der Möglichkeit der Bildung von Wasserwegsamkeiten innerhalb der Bruchhohlraumverfüllung bewertet. Hierbei werden die Vorgaben der Basisgutachten mit den zur Verfügung gestellten Unterlagen bzgl. der Planung/Zulassung und Durchführung der Versatzbetriebe abgeglichen und darauf basierend die Verfestigung und Kompaktion des Deponiekörpers unter Berücksichtigung der geologischen und betrieblichen Gegebenheiten eingeschätzt. Darüber hinaus wird untersucht, ob mögliche Gebirgsbewegungen, auch infolge von Überzugswirkungen benachbarter Abbaubetriebe (z. B. Unterbauung der Deponie) Auswirkungen auf die Stabilität der inneren Barriere haben können.

- Umweltverhalten der Abfallstoffe und des Nebengesteins

Es erfolgt eine Zusammenfassung der fünf Kernaussagen und Vorgaben aus den Basisgutachten hinsichtlich der mobilitätskontrollierenden Wechselwirkungen und dem sich daraus ergebenden Umweltverhalten der Stoffe aus den bergbaufremden Reststoffen und dem Nebengestein.

Diese sind im Einzelnen: hydrogeochemische Wechselwirkungen zwischen (i) eingebrachten bergbaufremden Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gesteinen im Kontakt zu den übrigen Phasen. Diese kontrollieren unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung) die hydrogeochemischen Milieubedingungen (pH-Wert, Redoxpotential, Aktivitäten der freien Ionen (aq)). In diesen Milieus entwickelt sich die hydrogeochemische Mobilität der Stoffe im System.

- Einfluss Anstieg Grubenwasser

Es erfolgen eine Zusammenfassung der damaligen hydraulischen Szenarien und Randbedingungen, unter denen die Bewertung erfolgte, und ein Vergleich der hydraulischen Entwicklung bis heute. Die betrachteten hydraulischen Szenarien sind in AP 2.2.1 dargestellt.

Die Kernaussagen und Vorgaben der Basisgutachten werden hinsichtlich der Aussagen zu den Prinzipien des vollständigen Einschlusses und der Immissionsneutralität, der Eignung der Abfallstoffe als Versatz und des Umweltverhaltens der Abfallstoffe und des Nebengesteins zusammengefasst. Dabei werden die Aussagen zu den hydrogeochemischen und mobilitätskontrollierenden Wechselwirkungen zwischen (i) eingebrachten Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gesteinen im Kontakt zu den übrigen Phasen unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung) berücksichtigt.

Eine Plausibilitätsprüfung erfolgt zum damaligen Stand der Technik.

### **Arbeitspaket 1.6: Zwischenbericht**

Der Zwischenbericht enthält eine Darstellung der Zwischenergebnisse sowie eine Beurteilung der Notwendigkeit, der technischen Möglichkeiten und der anfallenden Kosten zusätzlicher Beprobungen und Untersuchungen vor Ort (z. B. bei BW Haus Aden) oder einzelner Teilströme des Grubenwassers. Für diese Untersuchungen stehen in den Teilen 1 und 2 insgesamt 100.000 € (brutto) zur Verfügung.

Diese möglichen Untersuchungen werden bei Bedarf eng mit dem Auftraggeber abgestimmt und sind daher nicht Teil des vorliegenden Angebotes.

## **2.2 Teil 1: Arbeitsschritt 2: Analyse**

Im Arbeitsschritt 2 erfolgt unter Verwendung der nachfolgend beschriebenen Instrumente und Methoden eine integrierte System- und Risikoanalyse, die die Grundlage für die abschließende Bewertung (Arbeitsschritt 3) darstellt.

## Arbeitspaket 2.1: Systemeigenschaften

Die Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen kann als ein mehrzonales System<sup>1</sup> verstanden werden.

### Die Bruchhohlraumverfüllung als ein mehrzonales System:

- Die **erste Zone** ist die eigentliche Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen, bestehend aus den Komponenten: eingebrachte Reststoffe, ggf. Konditionierungsmaterialien, umgebendes Gestein, tiefe saline Grundwässer, die in komplexer hydrogeochemischer Interaktion stehen. In der ersten Zone sind das **Gefährdungspotential** (z. B. Gehalt an Dioxinen, PCB und Schwermetallen) und das **Freisetzungspotential** (mit und ohne Grubenwassereinfluss) zu bewerten.
- Die **zweite Zone** ist das Nahfeld: Hierzu gehören die aufgelockerten Schichten im unmittelbaren Hangenden und Liegenden der Bruchhohlraumverfüllung (Abb. 5) mit den umgebenden Schichten. Nach heutigem Kenntnisstand umfasst dieser Bereich 50 bis 100 m. Die Nahfeldbetrachtung dient der Bewertung, inwieweit es Fließwege, die notwendigen Potentialdifferenzen und grundwasserleitende Schichten gibt (z. B. geklüftete Sandsteine), damit ggf. freigesetzte Stoffe langfristig, also nach Einstellung einer Grubenwasserhaltung, in das Fernfeld der sich später wieder einstellenden regionalen Grundwasserfließsysteme gelangen können. Die besonderen regionalen Verhältnisse an den einzelnen BW werden dargestellt; Tiefenlage der Bruchhohlraumverfüllung, hydrogeologischer Aufbau Nahfeld und Deckgebirge, Anzahl und Ausbildung der Grundwasserfließsysteme, Hydrochemie der Grubenwässer. So herrschen z. B. im Aachener Steinkohlenrevier abweichende Verhältnisse, wo der Grubenwasseranstieg weitgehend abgeschlossen ist. Die Verhältnisse sind der ahu AG aus der Bearbeitung zum Fracking-Gutachten NRW gut bekannt. Weitere regionale Kenntnisse liegen im Konsortium v. a. für die BW Haus Aden und BW Walsum vor.

Neben solchen geohydraulischen Vorgängen sollen hier die hydrogeochemischen Wechselwirkungen zwischen (i) den aus der Zone mit Wässern austretenden Stoffen, (ii) den mineralischen Feststoffen der im Nahfeld anstehenden Gesteine, (iii) den dort vorhandenen Wässern (entweder Haftwässer in noch nicht vollständig gefluteten Bereichen oder freies, mobiles Tiefengrundwasser) und (iv) den dort noch vorhandenen Gasphasen mit ihren hydrogeochemischen Milieus unter In-situ-Bedingungen berücksichtigt werden.

Hier ist eine sekundäre Fixierung und/oder potentielle Demobilisation von Stoffen (Umverteilung von Stoffen, die in den aus der ersten Zone austretenden Wässern gelöst sind, an die im Nahfeld anstehenden Gesteine) zu berücksichtigen. Andererseits ist aber auch eine Mobilisation von Stoffen aus den im Nahfeld anstehenden Gesteinen heraus in diejenigen mobilen Tiefengrundwässer möglich, die mit aus der ersten Zone austretenden Wässern kontaminiert sind. Dadurch könnten sich die hydrogeochemischen In-situ-Milieus ändern (betrifft u. a. Ionenstärke, pH-Wert, Redoxverhältnisse), welche die Mobilität der Stoffe kontrollieren.

---

<sup>1</sup> Die GRS (GRS-140 1998) bezeichnet dies als ein System aus einer inneren Barriere (hydraulische Barriere und hydrogeochemische Barriere) und einer äußeren Barriere (Nahfeld und Fernfeld). Da im Rahmen des Gutachtens erst überprüft werden soll, inwieweit die Zonen auch Barrieren sind, wird auf den Begriff „Barriere“ vorerst verzichtet.

- Die **dritte Zone** sind die tiefen, salinaren Grundwasserfließsysteme (das Fernfeld) wie z. B. hydraulischer Anschluss an einen Cenoman-Turon-Grundwasserleiter und/oder geklüftete Sandsteine und ihre möglichen Verbindungen zu oberflächennahen, genutzten Grundwasserleitern (Abb. 5), die potentielle Ziele eines Emissionspfades sein können. Hier können weitere hydrogeochemische Wechselwirkungen zwischen (i) den aus der ersten und zweiten Zone mit Wässern austretenden Stoffen, (ii) den mineralischen Feststoffen der im Nah- und Fernfeld anstehenden Gesteine, (iii) den dort vorhandenen Grundwässern und (iv) den dort eventuell vorhandenen Gasphasen (Bodenluft bzw. Atmosphäre im Kontakt mit Oberflächengewässern) ablaufen. Diese hydrogeochemischen Wechselwirkungen sollen in der Art ihrer Wirkungsweise beschrieben werden. Ihre Auswirkungen, die sich sowohl in der ersten, der zweiten und in der dritte Zone im Zusammenwirken mit den rein geohydraulischen, nicht reaktiven Prozessen (Advektion-Dispersion; Diffusion; eventuell Dichteströmung) ergeben, können jedoch nicht quantifiziert werden. Solche Wechselwirkungen, die zu Stoff-Demobilisation und zu Stoff-Mobilisation unter den sich ändernden hydrogeochemischen In-situ-Milieus auf der Fließstrecke der Grundwässer führen können, werden bei der Abschätzung einer Stoffausbreitung nicht berücksichtigt. Hierzu bedarf es eines reaktiven Stofftransportmodells (s. Arbeitspaket 2.2.2).

Die Tabelle 1 fasst die einzelnen Methoden und Modelle und die erwarteten Ergebnisse in den drei Zonen zusammen. In der integrierten Systemanalyse wird sichergestellt, dass die Teilergebnisse übergreifend betrachtet und bewertet werden.

**Tab. 1: Übersicht über die Zonen und den geplanten Einsatz der Modelle und Methoden sowie die erwarteten Ergebnisse**

Zone	Beschreibung	Methoden	Ergebnisse
1	Bruchhohraumverfüllung: Abfallstoffe, Konditionierungsmaterialien, Nebengesteine, tiefe saline Grundwässer	Dokumentation	Gefährdungspotential der Abfallstoffe
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PHREEQC</li> <li>➤ Literatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Freisetzungspotential</li> <li>➤ Quellterme für das Lokalmodell</li> </ul>
2	Nahfeld mit aufgelockerten Schichten (50 bis 100 m)	Systemdiagramm	Fließwege (technische + natürliche)
			Potentialdifferenzen (damals, heute, Zukunft)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ggf. PHREEQC</li> <li>➤ Literatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hydrochemische Wechselwirkungen</li> <li>➤ sekundäre Fixierungen</li> </ul>
		Datenübernahme aus Boxmodell/ Grubenwasserkonzept	➤ Grubenwasserstände Ist-Zustand und Endzustand
		vorhandenes Lokalmodell (SPRING)	instationärer Transport mit konservativem Tracer: advektiv-dispersiv, diffusiv, dichte- und temperaturabhängig
3	regionale Grundwasserfließsysteme: - tiefe, saline (Karbon) - ggf. Cenoman/Turon (Kreide) - genutzte GwLeiter (Kreide/Quartär)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Systemdiagramm</li> <li>➤ vorhandenes Regionalmodell (SPRING)</li> </ul>	instationärer Transport mit konservativem Tracer: advektiv-dispersiv, diffusiv, dichte- und temperaturabhängig
		qualitative Abschätzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hydrochemische Wechselwirkungen</li> <li>➤ sekundäre Fixierungen</li> </ul>
		Datenübernahme aus Grubenwasser- konzept	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Grubenwasserstände Endzustand</li> <li>➤ Erwartete Mengen der Wasserhaltung</li> </ul>

- Eine Ausbreitung über das Nah- und Fernfeld ist v. a. nach einem Grubenwasseranstieg relevant. Bei einem abgesenkten Grubenwasserstand ist die Ausbreitung über die Grubenwasserhaltung wahrscheinlich wichtiger.
- Großräumig stehen die Bergwerke hydraulisch in Verbindung. Unter Berücksichtigung der Grubenwasserteilströme können Aussagen zur Beurteilung regionaler Auswirkungen getroffen werden. Dies erfolgt in einer **vierten**, der **regionalen Zone**.

### **Dateninput für die Strömungsmodellierungen**

Die Abschätzung einer Ausbreitung im Grundwasser über eine oder mehrere Stufen erfolgt im Wesentlichen über geohydraulische numerische Modelle, die den Stoffausbreitungsprozess anhand eines konservativen Tracers, advektiv-dispersiv, diffusiv und über die Dichteströmung berücksichtigen. Auf dieser Grundlage kann dann ein erstes Monitoring mit den geeigneten Indikatoren, Bewertungen (Ampelsystem) und ggf. Handlungsoptionen entwickelt werden.

Als Vorlage und Input für die Grundwasserströmungsmodellierungen (geologisches Strukturmodell, hydrogeologisches Standortmodell) und die spätere integrierte Systemanalyse (2.3) und die Risikoabschätzung (3.2) werden deshalb die relevanten hydrogeologischen und hydrochemischen Systemeigenschaften des mehrzonalen Systems Bruchhohlraumverfüllung beschrieben und nach Möglichkeit quantitativ abgeschätzt. Die Arbeiten des Arbeitspaketes 2.1 bauen damit unmittelbar auf den Vorarbeiten des Arbeitspaketes 1.2 (Hydrogeologie) auf und führen diese fort. Im Rahmen von Arbeitspaket 2.1 Systemeigenschaften erfolgen (auf Basis der verfügbaren Daten) insbesondere Auswertungen zu:

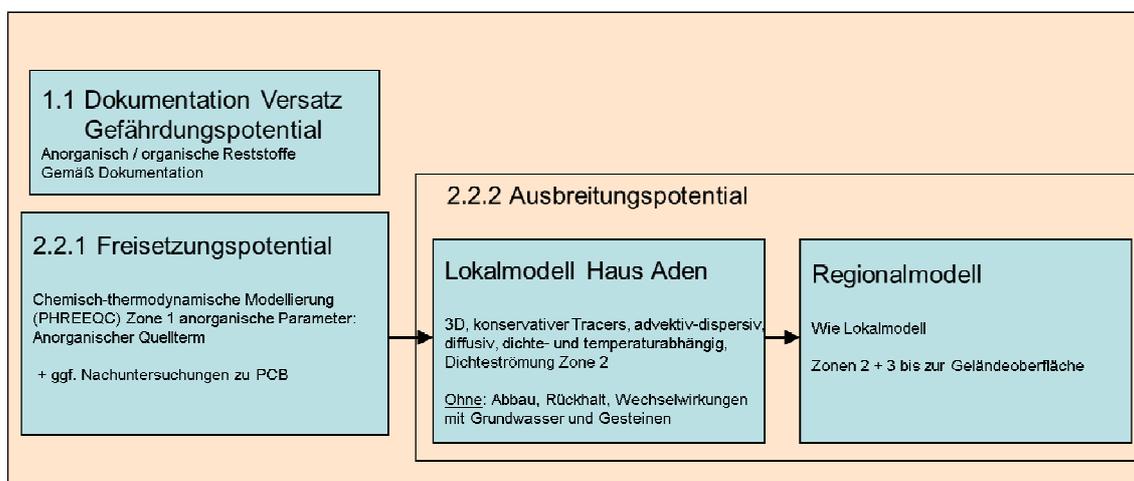
- Aufbau, Verbreitung und Eigenschaften der hydrogeologischen Einheiten,
- Erfassung und Bewertung natürlicher (Grundwasserleiter, Störungen, hydraulische Fenster) und künstlicher potentieller Migrationspfade (Bohrungen, Schächte, aufgelockertes Grubengebäude),
- Ableitung der Grundlagen für die hydraulischen Szenarien für das Arbeitspaket 2.2: Auswertung des Grubenwasserkonzepts und sich daraus ergebende Potentialverteilungen,
- Bestimmung des anthropogenen und geogenen hydrochemischen Hintergrunds der Gruben- und Grundwässer.

**Alle benötigten Daten für die Grundwassermodellierungen des Lokalmodells und des Regionalmodells sind bei  $\Delta h$  bereits vorhanden, dürfen auch verwendet werden oder können aus frei verfügbaren Daten abgeleitet werden.**

### **Arbeitspaket 2.2: Modellierungen: Freisetzungspotential und Ausbreitung über die Grundwasserströmung**

Die Prozesse der Freisetzung und die Ausbreitung über die Grundwasserströmung aus dem mehrzonalen System Bruchhohlraumverfüllung können nur über verschiedene hydrochemische und hydraulische Modellierungen beschrieben und bewertet werden. Den Zusammenhang zwischen den hydrochemischen und hydraulischen Modellen zeigt die Abb. 6.

Die hydraulischen Modelle werden mit dem Softwarepaket SPRING erstellt und bearbeitet. Die hydrochemischen Modellierungen erfolgen v. a. mit PHREEQC.



**Abb. 6: Detail des Arbeitspaketes 2.2 der Grobstruktur: Gefährdungs-, Freisetzungs- und Ausbreitungspotential (die Ziffern beziehen sich auf Abb. 3)**

### **Arbeitspaket 2.2.1: Abschätzung des Freisetzungspotentials der Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen ohne und mit Grubenwasseranstieg**

Die chemisch-thermodynamischen Modellierungen in Zone 1 dienen der Abschätzung des Freisetzungspotentials der Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen im Ist-Zustand und mit Flutung der Bergwerke. Hierzu erfolgt eine gutachtliche Prüfung und fachliche Bewertung der vorliegenden Grundannahmen (hinsichtlich der anorganisch-chemischen Aspekte), die im Fachband 2 der GRS (1998) auf dem Stand von 1998 wissenschaftlich beschrieben wurden. Dies ist auch eine wesentliche Grundlage für die Beantwortung auf die erste Kernfrage. Sollten die „Basisgutachten“ weiteres Material zu Grundannahmen beinhalten, die sich mit den anorganisch-chemischen Aspekten hydrogeochemischer Wechselwirkungen zwischen (i) eingebrachten bergbaufremden Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gestein im Kontakt zu den übrigen Phasen unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung) auseinandersetzen, so können diese Grundannahmen – auf dem heutigen Stand der hydrogeochemischen Forschung – gutachtlich geprüft und bewertet werden.

Die Gültigkeitsprüfung wird auf den Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik für wässrige Lösungen, Mineralphasen, reaktive Grenzflächen (s/aq) und Gase beruhen, in die bei Bedarf reaktionskinetische Ansätze einbezogen werden können. Quantitative Aussagen werden mit dem chemisch-thermodynamischen Rechenprogramm PHREEQC erarbeitet.

Hinsichtlich eines „Quellterms“ für den Stofftransport mit wässrigen Lösungen aus den Versatzbereichen heraus in die Grubenwässer des Nahfeldes können Abschätzungen zu den Stoffkonzentrationen in den Wässern der Versatzbereiche erarbeitet werden. Diese werden auf der Grundlage der im Fachband 2 gemachten Grundannahmen abgeschätzt, die – nach Möglichkeit – mit hydrogeochemischen PHREEQC-Modellierungen zur Mobilisation von Stoffen aus dem Versatz überprüft werden. Dabei wird nicht ein konkreter Transportpfad modelliert, sondern der Transportweg über eine festzusetzende mittlere Zeit und dafür die chemischen Reaktionen in den Wässern und die Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen abgebildet. Dies erlaubt grundsätzliche Einblicke in mögliche Stoffausbreitungen vom Grubengebäude in das Gebirge. Es ist derzeit nicht einschätzbar, ob für alle der in den Grundannahmen aufgeführten hydrogeochemischen

Prozesse (nach Menge und Qualität), die mit solchen Modellierungen nachvollzogen werden sollten, genügend Messwerte für die Validierung hydrochemischer Modellrechnungen vorliegen.

Eine potentielle Demobilisation von Stoffen (Umverteilung von Stoffen, die in den aus der ersten Zone austretenden Wässern gelöst sind, an die im Nahfeld anstehenden Gesteine) ist zu berücksichtigen. Andererseits ist auch eine Mobilisation von Stoffen aus den im Nahfeld anstehenden Gesteinen heraus in diejenigen mobilen Tiefengrundwässer möglich, die mit aus der ersten Zone austretenden Wässern kontaminiert sind. Dadurch könnten sich die hydrogeochemischen In-situ-Milieus ändern (betrifft u. a. Ionenstärke, pH-Wert, Redoxverhältnisse), welche die Mobilität der Stoffe kontrollieren. Dies wird qualitativ berücksichtigt.

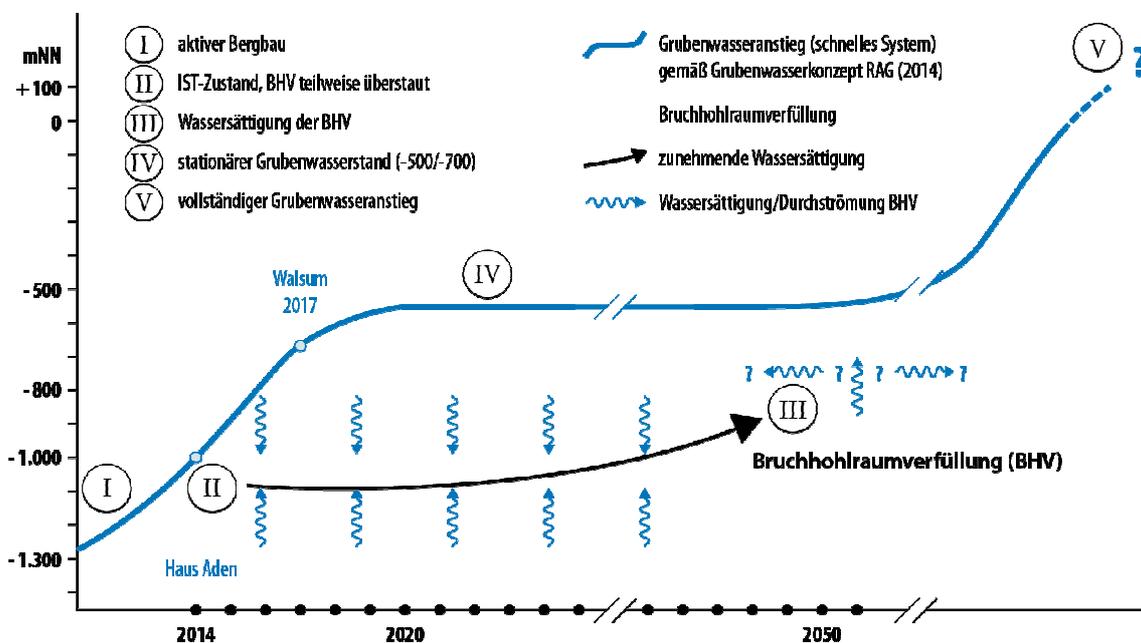
Der Quellterm ist dann eine Eingangsgröße für die hydraulische Modellierung im Arbeitspaket 2.2.2.

**Grundsätzlich sind alle benötigten Daten für die PHREEQC-Modellierungen bereits vorhanden, dürfen auch verwendet werden oder können aus frei verfügbaren Daten und der Literatur abgeleitet werden. Einschränkungen können sich aus den zur Verfügung stehenden Messwerten ergeben (s. o.).**

**Arbeitspaket 2.2.2: Ausbreitung über die Grundwasserströmung**

**Hydraulische Szenarien Grubenwasseranstieg**

Für die Beurteilung des Gefährdungspotentials der bergbaufremden Reststoffe und Abfälle müssen verschiedene hydraulische Szenarien untersucht werden. Die Abb. 7 zeigt schematisch den Anstieg des Grubenwassers, die fortlaufende Sättigung der Bruchhohlraumverfüllung (min. 50 Jahre) und die zu betrachtenden hydraulischen Szenarien. Grundlage ist das Grubenwasserkonzept der RAG (2014). In dem Grubenwasserkonzept sind nach einer vollständigen Umsetzung drei zentrale Wasserhaltungen geplant: BW Haus Aden, BW Lohberg und BW Walsum (Abb. 8).



© abu AG 2015

**Abb. 7: Geplanter Grubenwasseranstieg (u. a. gemäß Daten RAG 2014) und daraus abgeleitete hydraulische Szenarien I bis V**

**Phase I: Aktiver Bergbau**

Die Grubenwasserstände liegen in den aktiven BW unterhalb der tiefsten Sohlen der BW. Diese Phase wird nicht weiter betrachtet.

## **Phase II: Grubenwasserstände 2014 (Ist-Zustand)**

Der **Ist-Zustand** beschreibt die derzeitigen Grubenwasserstände, wie sie in den noch offenen Schächten gemessen werden können. Dies wird als „schnelle System“ bezeichnet. In einem Großteil der BW ist der Grubenwasserstand bereits so weit angestiegen, dass die Bruchhohlraumverfüllungen ganz oder teilweise geflutet sind. Die Bruchhohlraumverfüllung ist aber noch nicht wassergesättigt und die Fließrichtungen sind in die Bruchhohlraumverfüllung hineingerichtet. In den Steckbriefen wird der Grubenwasserstand in den einzelnen BW dargestellt und welche Bereiche der Bruchhohlraumverfüllung bereits geflutet wurden. Die einzelnen aktuellen Grubenwasserstände, die Geschwindigkeit des Anstiegs und die Zielwasserstände unter der Geländeoberfläche können lt. Schreiben der RAG vom 21.01.2015 von der RAG übernommen werden.

## **Phase III: Zunehmende Wassersättigung der Bruchhohlraumverfüllung (PHREEQC, Lokal- und Regionalmodell)**

Während des Flutungsvorgangs kommt es zu einer stark zeitveränderlichen (instationären) Strömungssituation, die im Gegensatz zu den zeitunabhängigen (quasistationären) Strömungszuständen zudem durch große vertikale Geschwindigkeitsanteile gekennzeichnet ist. Die Flutung in den offenen Schächten und verbrochenen Strecken verläuft wesentlich schneller („schnelles System“) als die Sättigungsfront in der Bruchhohlraumverfüllung. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand und früheren Modellberechnungen soll es ca. 50 Jahre dauern, bis die Bruchhohlraumverfüllung wassergesättigt ist. Für diese Zeit wird kein horizontaler Abstrom aus dem Bereich der Bruchhohlraumverfüllung angenommen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand werden in der Phase III die (Schad-)Stoffe gelöst, verbleiben aber noch innerhalb der Bruchhohlraumverfüllung.

Über die PHREEQC Modellierung und das Lokal- und Regionalmodell (SPRING) werden diese Freisetzungs- und Transportprozesse in der Bruchhohlraumverfüllung simuliert. Das Lokalmodell umfasst dabei i. W. die Bruchhohlraumverfüllung. Das Regionalmodell berücksichtigt das regionale Strömungsfeld und liefert die Randbedingungen für das Lokalmodell. Erwartete Modelsergebnisse sind:

- Zeitdauer der Sättigung der Bruchhohlraumverfüllung
- Beginn der Durchströmung/Abströmung der Bruchhohlraumverfüllung
- Konzentrationen von (Schad-)Stoffen
- Fließmengen

Aufbauend auf dem entwickelten hydrogeologischen Strukturmodell werden in Teil 1 die numerischen, dreidimensionalen Grundwasser- und Stofftransportmodelle für das BW Haus Aden (Lokal- und Regionalmodell) erstellt.

Datengrundlage sind die Systembeschreibung und die Systemeigenschaften (in Abb. 3: Punkte 1.2, 2.1). Hier wird für die Zonen 2 und 3 ein möglichst detailliertes hydrogeologisches Strukturmodell aufgebaut. Aufbauend auf dem hydrogeologischen Strukturmodell wird das numerische Standortmodell entwickelt, welches im Wesentlichen die Parametrisierung der hydrogeologischen Einheiten (z. B. Durchlässigkeitsbeiwerte, Porositäten usw.) und die für die Aufgabenstellung relevanten, regionalisierten, standortspezifischen hydrogeologischen Randbedingungen und Kenngrößen enthält. Für einzelne Parameter werden Variantenberechnungen durchgeführt,

um die plausibelsten Werte zu finden (z. B.  $k_f$ -Werte, Öffnungsweiten, Dispersivitäten etc.) und nicht-sensitive Modellbereiche abzugrenzen. Zudem bestimmen die Dichtegradienten der Tiefenwässer durch zunehmende Salzfracht in der Tiefe sowie der Temperaturgradient das Strömungsbild, was in der Modellierung berücksichtigt wird. Dabei geht das aus den Modellierungen der Zone 1 resultierende Freisetzungspotential (PHREEQC) als Quellterm in die Berechnungen ein.

Das BW Haus Aden ist insofern besonders, weil im Westen und Norden schon länger kein Bergbau mehr stattgefunden hat. Der Grubenwasserstand in den benachbarten südwestlich gelegenen BW Achenbach und BW Blumenthal (Boxen) ist bereits heute mehrere hundert Meter höher als in BW Haus Aden (derzeit – 1.000 m), so dass die regionale Grundwasserströmung auf das BW Haus Aden gerichtet ist. Im Osten hat es nie Bergbau gegeben und das Steinkohleengebirge ist noch unverritz. Auch langfristig wird Grundwasserströmung großräumig auf Haus Aden gerichtet sein, da Haus Aden eine zentrale Wasserhaltung werden soll (Abb. 8).

#### **Phase IV Stationärer Grubenwasserstand zwischen – 500 m und – 750 m (Lokal- und Regionalmodell)**

Die Phase IV wird schneller erreicht als der vollständige Abschluss der Phase III (Wassersättigung der Bruchhohlraumverfüllung).

Der angestrebte vorläufige Endzustand ist ein Grubenwasserstand, der nicht ins Deckgebirge reichen soll. Im Grubenwasserkonzept (RAG 2014) werden hierfür Eckdaten genannt: BW Walsum – 750 m, BW Haus Aden – 650 m, im Bereich Haltern Sande (BW Auguste Victoria) – 500 m. Die einzelnen aktuellen Grubenwasserstände, die Geschwindigkeit des Anstiegs und die Zielwasserstände unter der Geländeoberfläche können lt. Schreiben der RAG vom 21.01.2015 später von der RAG übernommen werden.

Es wird sich dann in den beiden Wasserprovinzen Lippe und Emscher ein regionales Strömungsfeld mit mehreren Einzugsgebieten und den zentralen Wasserhaltungen als Tiefpunkte einstellen. Da im BW Zollverein mehrere Teilströme gesammelt werden, wird sich hier wahrscheinlich auch ein Tiefpunkt im Strömungsfeld einstellen.

Die drei Wasserhaltungen in der Wasserprovinz Ruhr (BW HE, BW FN, BW RM) sind weitgehend unabhängig von den Wasserprovinzen Emscher und Lippe. Für die Bewertung des Risikos eines PCB-Austrags kann die Berücksichtigung der BW in der Wasserprovinz Ruhr jedoch ggf. erforderlich sein.

Dieser Zustand ist für die Beurteilung der mittel- und langfristigen Gefährdung der Biosphäre durch – ggf. während des Flutungsvorgangs gelöste – Schadstoffe der wichtigste. Wenn auch in diesem Zustand (wie auch im Zustand ohne Wasserhaltung) die Strömungskomponenten vorrangig horizontal bleiben, könnte es aus unserer derzeitigen Sicht doch zu einem Austausch hangender Wässer in tiefere Schichten und andersherum durch natürliche geologische Störungszonen oder innerhalb des bergbaulich überprägten Gebirges kommen. Da gerade für die Ausbreitung der PCB der partikelgebundene Transport entscheidend ist und dieser vor allem von den Strömungsgeschwindigkeiten abhängt, soll geprüft werden, ob ein (möglichst) hoher Grubenwasserstand mit einer stabilen hydrochemischen Schichtung und sehr geringen Fließgeschwindigkeiten ein Baustein in einem Sicherheitskonzept sein kann.



5. Gegebenenfalls aufwärtsgerichtete Strömung über natürliche und technische Wegsamkeiten innerhalb des Karbon
6. Grundlagen für Bewertung der Möglichkeiten der Verdrängung fluoridhaltiger tieferer Grundwässer (z. B. aus dem Emscher Mergel) und deren Aufstieg infolge von Bergsenkungen

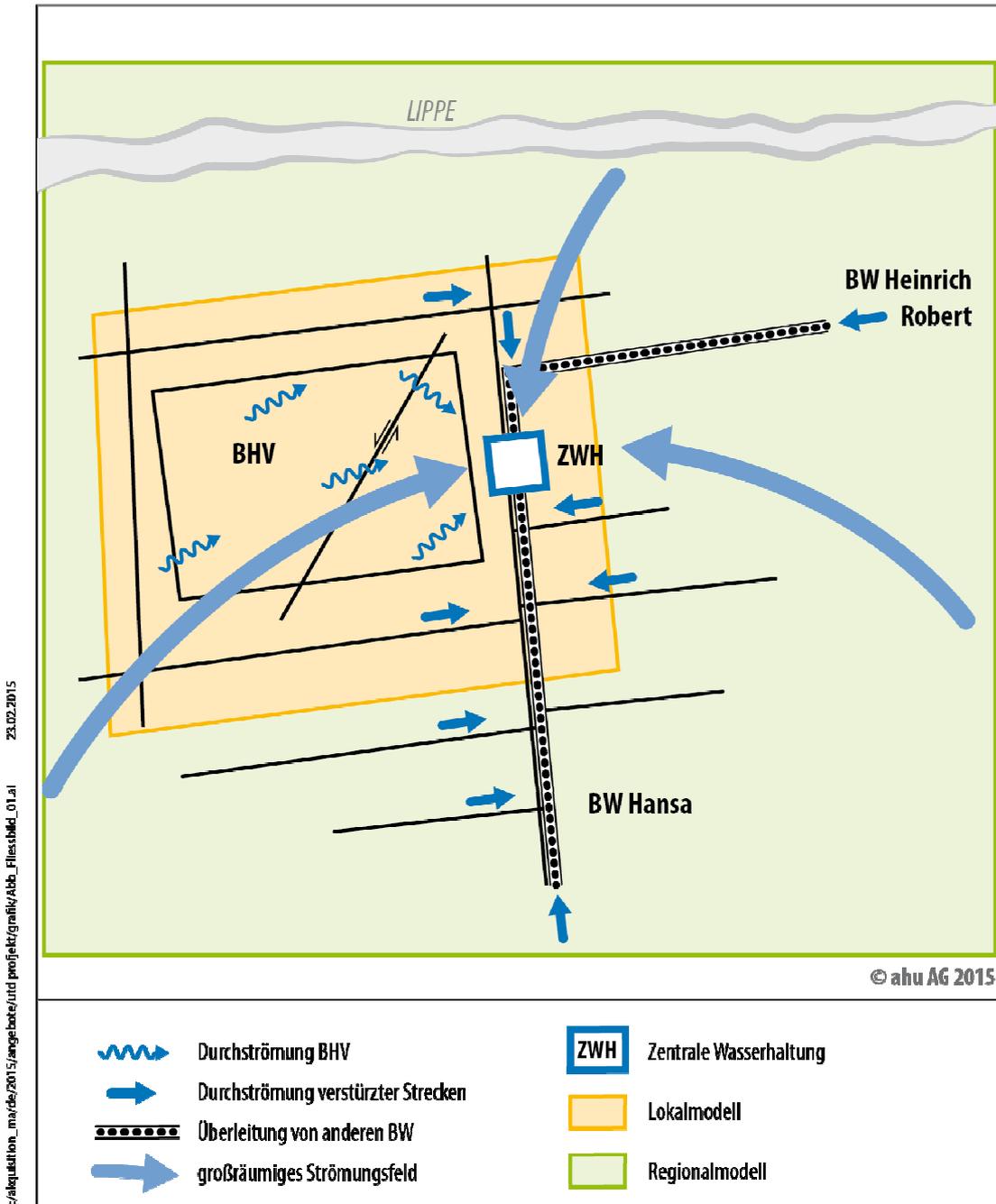


Abb. 9: Schematisches Strömungsbild am Beispiel des BW Haus Aden in der Phase IV Ableitung aus dem Grubenwasserkonzept der RAG (2014)

### **Phase V: Vollständiger Grubenwasseranstieg (ferne Zukunft)**

An dem in Teil 2 zu betrachtenden BW Emil Mayrisch ist der Grubenwasseranstieg fast abgeschlossen. Ein weitergehender oder vollständiger Grubenwasseranstieg im Ruhrrevier ist derzeit nicht geplant und wird deshalb auch nicht modelliert.

Auch in der Phase V bestehen noch große Potentialdifferenzen. Je höher der Grubenwasserstand ist, desto geringer sind die Potentialdifferenzen, die Grubenwassermengen und damit auch die Strömungsvorgänge (Mengen und Geschwindigkeiten) im Untergrund. Da gerade für die Ausbreitung der PCB der partikelgebundene Transport entscheidend ist und dieser vor allem von den Strömungsgeschwindigkeiten abhängt, soll wie auch für Phase IV geprüft werden, ob ein (möglichst) hoher Grubenwasserstand mit einer stabilen hydrochemischen Schichtung ein Baustein in einem Sicherungskonzept sein kann.

Im Falle eines vollständigen Grubenwasseranstiegs und einer abgeschalteten zentralen Wasserhaltung wäre das regionale Fließen nicht mehr auf die Wasserhaltung, sondern wieder auf die großen Vorfluter Emscher und Lippe ausgerichtet und ggf. kleinere Wasserhaltungen. Beim BW Haus Aden wäre der Vorfluter die Lippe (Abb. 10).

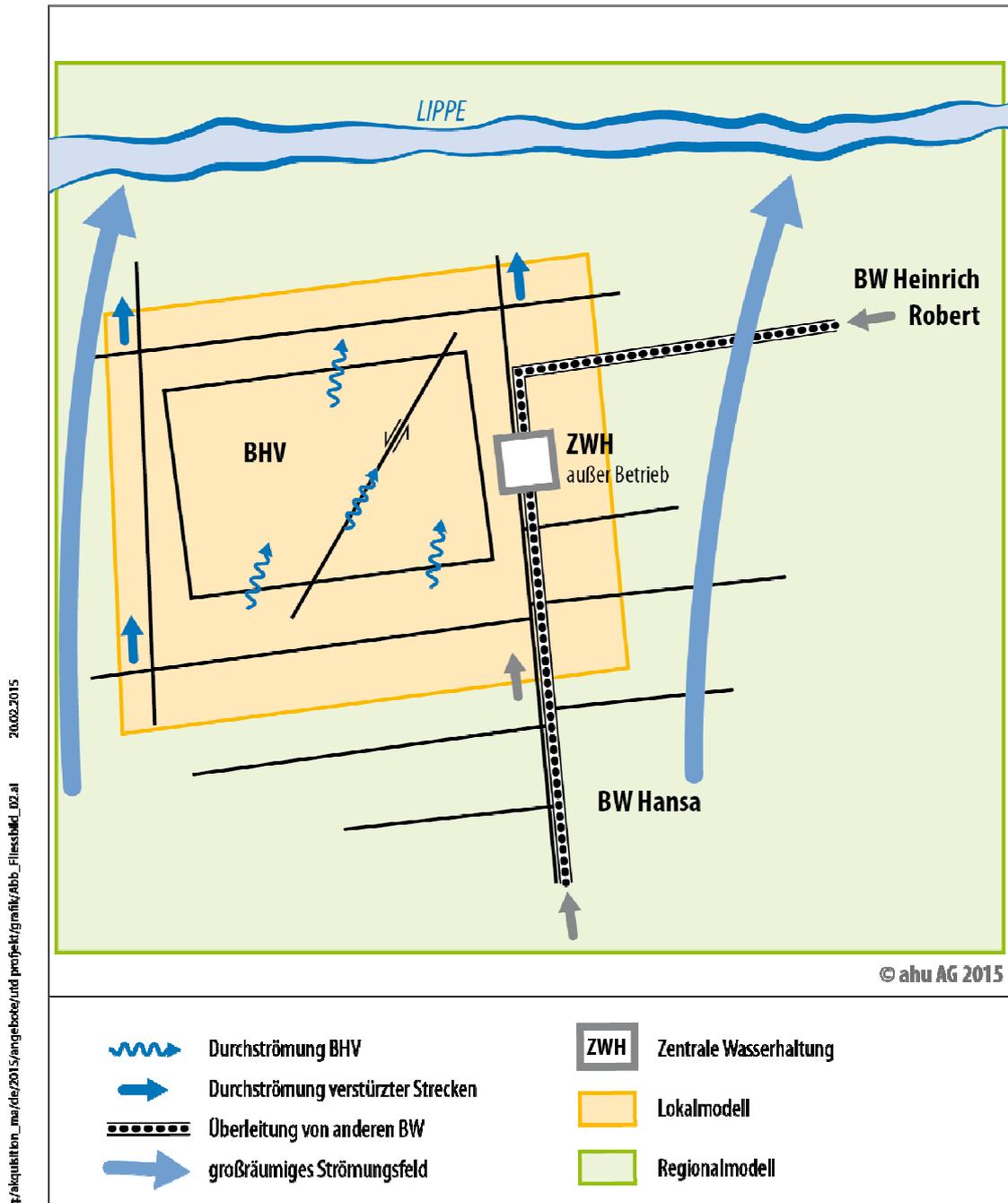


Abb. 10: Schematisches Strömungsbild am Beispiel des BW Haus Aden in der Phase V Ableitung aus dem Grubenwasserkonzept der RAG (2014)

Über die Modelle könnten über die verschiedenen Strömungsanteile Aussagen hinsichtlich der Mengen und der Strömungsgeschwindigkeiten/Fließzeiten in einem auf die Lippe gerichteten Fließfeld abgeleitet werden. Die erwarteten Modellaussagen sind ähnlich wie bei der Phase IV, jetzt allerdings in einem anderen regionalen Strömungsfeld und bei verminderten Potentialdifferenzen. Bei einem vollständigen Grubenwasseranstieg haben zudem die vertikalen Strömungs-

komponenten (Aufstiege über natürliche und künstliche Wegsamkeiten, Verdrängung von Wässern aus dem Emscher Mergel) eine höhere Bedeutung.

**Alle für die Modellierungen benötigten Daten der Phase III und IV (und ggf. V) sind bereits bei delta h vorhanden oder können aus verfügbaren und vorhandenen Daten abgeleitet werden.**

### **Oberflächennahe Grundwassermodelle der EG/LV**

Die vorhandenen, annähernd flächendeckenden Grundwassermodelle der EG/LV, die vielfach von delta h erstellt wurden, reichen nur ca. 30 bis 50 m tief in den Emscher Mergel (Auflockerungszone). Für die Abschätzung des Risikos durch die untertägige Bruchhohlraumverfüllung gemäß der Aufgabenstellung des Gutachtens werden diese Modelle nach derzeitigem Kenntnisstand nicht benötigt.

Falls es im Rahmen der oberflächennahen Systembeschreibung beim BW Haus Aden sinnvoll sein sollte, auf das Grundwassermodell Bergwerk Ost der EG/LV zurückzugreifen, stehen diese gemäß Schreiben vom 06.02.2015 zur Einsicht bei der EG/LV zur Verfügung. Bei Bedarf könnten auch einzelne Rechenläufe mit dem vorhandenen Modell gemacht werden. Weitere Modellanpassungen wären kostenpflichtig. Nach uns vorliegendem Kenntnisstand werden solche Modellanpassungen nicht erforderlich sein.

### **Arbeitspaket 2.3: Integrierte Systemanalyse**

Auf der Grundlage der vorherigen Ergebnisse erfolgt in diesem Arbeitspaket eine zusammenfassende, integrierte Systemanalyse und Plausibilitätsprüfung der Einzelergebnisse, insbesondere aus den verschiedenen Modellen. Diese integrierte Systemanalyse ist damit die Grundlage für die Beantwortung der drei zentralen Fragen und die abgeleiteten Monitoring- bzw. Handlungskonzepte (Arbeitsschritte 3.2 und 3.3).

Zur integrierten Systemanalyse gehören vor allem:

- Abschätzung der Fließmengen, Konzentrationen und Frachten für Stoffe mit einem hohen Gefährdungspotential und/oder Freisetzungspotential,
- Abschätzung der Ausbreitungswahrscheinlichkeiten bei verschiedenen hydraulischen Szenarien in den einzelnen Zonen,
- Bewertung einer möglichen Ausbreitung vor dem Hintergrund der geogenen/anthropogenen Hintergrundbelastungen, insbesondere der Grubenwässer,
- Plausibilität, Variabilität und Prognoseunsicherheiten der Modellaussagen.

Die integrierte Systemanalyse ist die Grundlage für die Bewertung. Sie verknüpft quantitative Ergebnisse der Modellierung mit dem Wissen um das Gesamtsystem und ermöglicht eine vollständige Bearbeitung des Auftrags.

## 2.3 Teil 1: Arbeitsschritt 3: Beantwortung der Kernfragen und Empfehlungen

### Arbeitspaket 3.1: Bewertung der Kernaussagen

Die Kernaussagen, die bei der Grundlagenerhebung zusammengestellt wurden, werden vor dem Hintergrund des damaligen Kenntnisstandes bewertet.

- Prinzipien vollständiger Einschluss und Immissionsneutralität

Für die anorganisch-chemischen Aspekte der hydrogeochemischen Wechselwirkungen zwischen (i) eingebrachten bergbaufremden Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gesteinen im Kontakt zu den übrigen Phasen unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung) kann die Gültigkeit entsprechender Kernaussagen nach heutigem Stand der Forschung abgeschätzt werden.

Diese Gültigkeitsprüfung wird auf den Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik für wässrige Lösungen, Mineralphasen, reaktive Grenzflächen (s/aq) und Gase beruhen, in die bei Bedarf reaktionskinetische Ansätze einbezogen werden können. Quantitative Aussagen werden mit dem chemisch-thermodynamischen Rechenprogramm PHREEQC erarbeitet.

- Eignung Reststoffe als Versatz

Hinsichtlich der hydrogeochemischen Stabilität der anorganischen Komponenten der in die Versatzbereiche eingebrachten und dort natürlicherweise vorhandenen Stoffe unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung, Redoxpotential, mikrobiologische Aktivität) kann die Gültigkeit entsprechender Kernaussagen nach heutigem Stand der Forschung abgeschätzt werden.

Die geomechanische Stabilität wird – wie oben beschrieben – bewertet.

- Umweltverhalten der Reststoffe und des Nebengesteins

Hinsichtlich der in den Versatzbereichen zu erwartenden hydrogeochemischen und mikrobiologischen Milieubedingungen, der zugehörigen mobilitätskontrollierenden Wechselwirkungen und wie sich dementsprechend das Umweltverhalten der Stoffe aus dem Reststoff und dem Nebengestein ergibt, kann die Gültigkeit entsprechender Kernaussagen nach heutigem Stand der Forschung abgeschätzt werden.

Sollen Grubenwasseranalysen aus der Wasserhaltung eingesetzt werden, um das Umweltverhalten der aus den bergbaufremden Reststoffen freisetzbaren Stoffe zu bewerten, muss folgender Sachverhalt berücksichtigt werden: Die meist an der Tagesoberfläche beprobten Grubenwässer weisen nicht mehr ihre In-situ-Zusammensetzung auf, die sich unter den dort herrschenden Milieubedingungen eingestellt hat. Im Hinblick auf verschiedene Parameter kann die analysierte chemische Zusammensetzung von Grubenwässern durch die Art und Weise der Beprobung (i. d. R. an der Tagesoberfläche unter den dort herrschenden Druck-/Temperaturbedingungen) verändert werden. Durch die Abnahme von Temperatur und Druck (im Vergleich zu den In-situ-Bedingungen) ändern sich die Löslichkeiten von relevanten Mineralphasen (z. B. Baryt/ $\text{BaSO}_4(\text{s})$  mit Radium in solid-solution Mischkristallen; Calcit/ $\text{CaCO}_3(\text{s})$ ; Siderit/ $\text{FeCO}_3(\text{s})$ ) und damit die chemische Zusammensetzung der analysierten Grubenwässer: z. B. können Baryt und Calcit ausfallen,  $\text{CO}_2(\text{g})$  kann entgasen, wobei sich die Konzentrationen der beteiligten Stoffe, der pH-Wert und andere Parameter

ausgelöst durch die Beprobung ändern können. Eventuell müssen auch Korrosionseinflüsse auf die chemische Zusammensetzung der beprobten Wässer berücksichtigt werden.

Im Zeit-/Kosten-Rahmen dieses Auftrags soll deshalb eine Vorgehensweise entwickelt werden, mit der auf Grundlage chemisch-thermodynamischer Berechnungen die Veränderung der In-situ-chemischen Zusammensetzung des Grubenwassers durch die Probenahme identifiziert und quantifiziert werden kann.

- Einfluss Anstieg Grubenwasser

Es erfolgt eine Bewertung der damaligen hydraulischen Szenarien und Randbedingungen vor dem Hintergrund des heutigen Kenntnisstandes (insbesondere der Weiterentwicklung der Modelle und der oben beschriebenen hydraulischen Szenarien).

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Grundwassertransportanalysen (Baltes 1998) mit sogenannten Süßwassermodellen durchgeführt wurden, welche eine Dichteschichtung des Grundwassers mit zunehmender Teufe nicht berücksichtigen. Ebenso konnte innerhalb der Modellierungsarbeiten die Speicherung als Funktion des Druckzustands nach damaligem Stand der Technik nicht berücksichtigt werden. Aufgrund begrenzter Rechenkapazitäten konnten großräumige Störungssysteme bzw. großräumige Modelle im Allgemeinen nicht umgesetzt werden und wurden daher nicht zur Beurteilung herangezogen. Dies ist heute technisch möglich und findet z. B. Anwendung im Saarrevier.

### **Arbeitspaket 3.2: Heutiges und zukünftiges Risiko**

Vor dem Hintergrund des heutigen Kenntnisstandes wird bewertet, welches Risiko für die Ausbreitung von Belastungen aus den Bruchhohlraumverfüllungen mit bergbaufremden Reststoffen in das Nahfeld, Fernfeld und die oberflächennahen Grundwasserleiter es bei den unterschiedlichen hydraulischen Szenarien gibt. Dies erfolgt auf Grundlage der zuvor beschriebenen Ansätze und vor allem mit dem Arbeitspaket 2.3.

Hierzu gehören v. a.

- Risiken für ausgewählte Schutzgüter, bezogen auf die einzelnen Bergwerke und Szenarien,
- zusammenfassende und allgemeinverständliche Aussagen und Darstellung (geplant ist eine Fortführung der Systemdiagramme und der Steckbriefe).

Im Hinblick auf die Bewertung aktueller und künftiger Gefährdungen sind in Anlehnung an die Ausführungen der Aufgabenbeschreibung insbesondere folgende Fragestellungen von besonderer Bedeutung:

- (a) Ist Süßwasser unter Tage ein Beleg für hydraulische Verbindungen zur Tagesoberfläche?  
Auf Grundlage der hydrogeologischen Systembeschreibung (Pfade und Druckpotentiale im Nah- und Fernfeld) und der Grundwassermodellierungen kann auch die Frage nach den derzeitigen hydraulischen Verbindungen zur Tagesoberfläche beantwortet werden. Hierzu wird auch auf die Auswertungen und Betriebserfahrungen aus den Grubenwasserhaltungen zurückgegriffen (Mengen und Qualitäten).
- (b) Können Stofftransporte aus den Versatzbereichen in das Grubenwasser zu Belastungen des eingeleiteten Grubenwassers führen?

Siehe hierzu auch (a).

Auf Grundlage der hydrogeologischen Systembeschreibung (Pfade und Druckpotentiale im Nah- und Fernfeld), den Grundwassermodellierungen und v. a. dem Freisetzungspotential aus der Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen (siehe 1.1.6) kann auch die Frage nach Stofftransporten aus den Versatzbereichen heraus beantwortet werden.

Hinsichtlich eines „Quellterms“ für den Stofftransport mit wässrigen Lösungen aus den Versatzbereichen heraus (betr.: gelöste anorganisch-chemische Komponenten) in die Grubenwässer des Nahfeldes können Abschätzungen zu den Konzentrationen einiger Stoffe in den Wässern der Versatzbereiche erarbeitet werden. Diese werden auf der Grundlage der im Fachband 2 der GRS (1989) gemachten Grundannahmen abgeschätzt, die – nach Möglichkeit – mit hydrogeochemischen PHREEQC-Modellierungen zur Mobilisation von Stoffen aus dem Versatz überprüft werden. Es ist derzeit nicht einschätzbar, für welche der in den Grundannahmen aufgeführten hydrogeochemischen Prozesse (nach Menge und Qualität) genügende Messwerte vorliegen, die mit solchen Modellierungen nachvollzogen werden könnten.

Zu den zugehörigen (diffusiven/advektiven) Massenströmen dieser Stoffe mit den wässrigen Lösungen aus den Versatzbereichen heraus in die Grubenwässer des Nahfeldes können nur dann abschätzende Aussagen getroffen werden, wenn die geohydraulischen Prozesse innerhalb der ersten Zone korrekt abgebildet sind.

- (c) Sind weitere Probenahmen/Untersuchungen für den Auftrag erforderlich und möglich?

Die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen ergibt sich nach Auswertung der vorhandenen Unterlagen und wird im Zwischenbericht beschrieben.

Die Möglichkeiten einer einmaligen oder dauerhaften unterirdischen Probenahme werden bei Gesprächen mit der RAG AG und der BR Arnsberg abgefragt. Hierbei wird auch beschrieben, wie, wo und welche Art von Untersuchungen und Probenahmen erfolgen können. Für in Abstimmung mit dem AG ausgewählte (realistische) Vorschläge erfolgt eine Kostenschätzung.

Hierfür stehen im Teil 1 max. 50.000 € brutto zur Verfügung.

Desweiteren sind im Rahmen der Bewertung hydrogeochemische Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche zu betrachten. Hintergrund sind die in mehreren Gutachten erwähnten Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche. In diesem Zusammenhang sind folgende Bearbeitungsschritte vorgesehen:

- Tagesnahe hydrogeologische Systembeschreibung

Es erfolgt auf Grundlage der vorliegenden Daten der EG/LV, des GD NRW, des LANUV und der RAG AG eine hydrogeologische Systembeschreibung für das oberflächennahe Grundwasserfließsystem. Schwerpunkte sind: Verbreitung und Eigenschaften der Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter, hydraulische Verbindungen zum Fernfeld, Potentialverteilungen, sonstige Einflüsse wie Grundwasserentnahmen.

Nur in diesem Zusammenhang kann es erforderlich sein, auf die vorliegenden Grundwassermodelle der EG/LV zurückzugreifen. Gemäß Schreiben der EG/LV stehen diese Modelle zur Einsicht bei der EG/LV zur Verfügung und es könnten auch einzelne Rechenläufe mit den vorhandenen Modellen gemacht werden. Weitere Modellanpassungen wären kostenpflichtig. Allerdings ist derzeit nicht erkennbar, dass solche Modellanpassungen erforderlich sein werden.

- Wirkungszusammenhänge Bergsenkungen – Veränderungen Oberflächenwasser

Auf Grundlage der „flachen“ und „tiefen“ Systembeschreibungen und der Erkenntnisse über die Wirkungszusammenhänge im Nah- und Fernfeld (s. 1.2.1.1) werden die Möglichkeit der Verdrängung fluoridhaltiger tieferer Grundwässer (z. B. aus dem Emscher Mergel) und deren Aufstieg infolge von Bergsenkungen beschrieben und – falls relevant – deren Wahrscheinlichkeiten quantifiziert.

Weiterhin werden die vorliegenden hydrogeochemischen Daten über bekannte fluoridhaltige Grundwässer im Emscher Mergel und im südlichen Münsterländer Becken zusammengestellt und in Zusammenhang mit der Problematik bewertet und anschaulich dargestellt. Siehe Abb. 11: Überschreitungen der Grenzwerte der TrinkwV aufgrund geogen und anthropogen bedingt erhöhter Gehalte an Fluorid, Strontium, Barium, Arsen und Nitrat etc. im Emscher Mergel (u. a. Coldewey & Melchers o. J.).

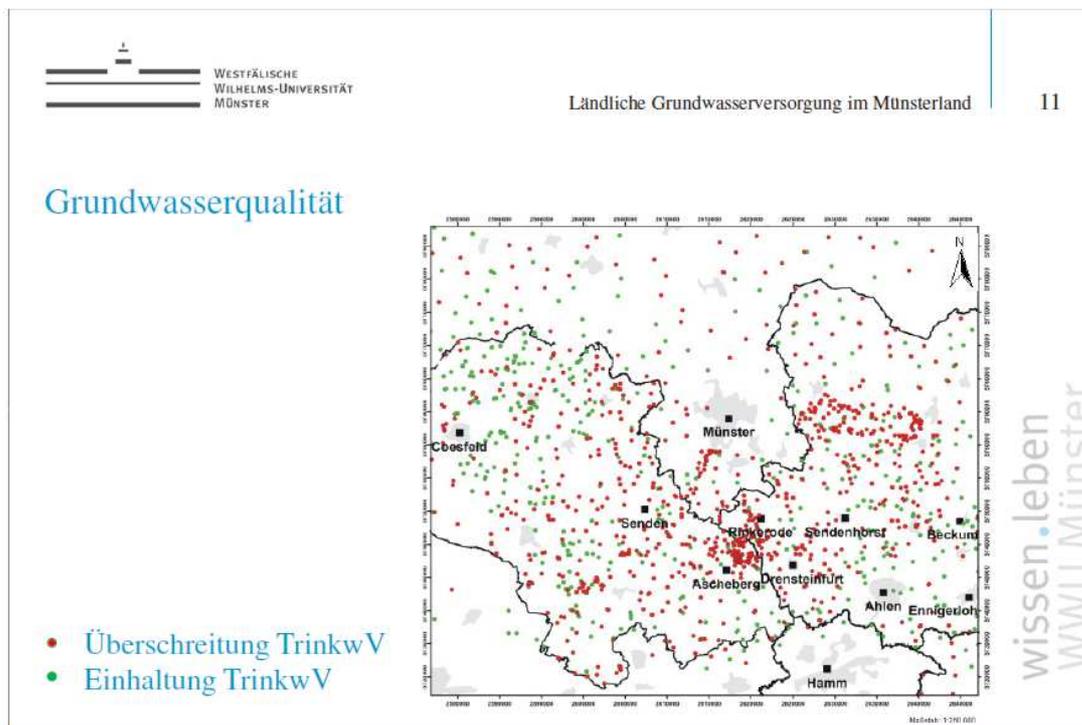


Abb. 11: Wasserqualität der ländlichen Wasserversorgung im Münsterland (Coldewey & Melchers o. J.)

- Auffälligkeiten (Vegetation) infolge von Verdrängungseffekten durch Bergsenkungen

Auf Grundlage der „flachen“ und „tiefen“ Systembeschreibungen und den Erkenntnissen über die Wirkungszusammenhänge im Nah- und Fernfeld (s. 1.2.1.1) werden die Möglichkeiten der Aufstiege von Tiefenwässern infolge von Bergsenkungen beschrieben und – falls relevant – deren Wahrscheinlichkeiten quantifiziert und anschaulich dargestellt.

Hierzu wird auch detailliert auf die Hinweise aus dem Gutachten [REDACTED] zur Deckgebirgsdurchlässigkeit eingegangen (in Friedrich o. J., S. 10).

### **Arbeitspaket 3.3: Bewertung vorhandene Gutachten**

Auf Grundlage der hydrogeologischen Systemanalyse für Haus Aden und der erarbeiteten Wirkungszusammenhänge und Ergebnisse der hydraulischen Modelle werden die vorliegenden Gutachten [REDACTED] zu den Belastungen im Bereich Haus Aden/Monopol zusammengefasst und bewertet. Bewertet wird die Frage nach bergbaubedingten Belastungen an der Tagesoberfläche. Hierbei wird bewertet:

- Sind zusätzliche Informationen erforderlich, um die Aussagen zu bewerten?
- Wenn ja, welche?
- Gibt es bereits jetzt Hinweise für die Bestätigung der getroffenen Aussagen?
- Ist ein heutiges oder zukünftiges Risiko aufgrund der Begutachtung der vorliegenden Unterlagen feststellbar?
- Wenn ja, welche Handlungserfordernisse und Optionen ergeben sich?

Die Frage nach dem Ablauf des Verfahrens hinsichtlich der Genehmigung für den Versatz bergbaufremder Stoffe Haus Aden/Monopol [REDACTED] wird v. a. im Arbeitspaket 1.3 bewertet.

In diesem Zusammenhang werden auch andere mögliche Wirkungszusammenhänge beschrieben und bewertet. Hierzu gehören v. a.:

- Wirkungszusammenhänge Bergsenkungen – Veränderungen Oberflächenwasser,
- Auffälligkeiten durch Verdrängungseffekte tieferer Grundwässer aus dem Emscher Mergel infolge von Bergsenkungen,
- sonstige Auffälligkeiten bei der Erhebung und Auswertung der Unterlagen der Unteren Wasserbehörden.

Die Beantwortung der Fragen erfolgt durch die:

- Systemanalyse (u. a. Existenz, Lage und Bedeutung von Störungen),
- Literaturlauswertung (u. a. Coldewey und Melchers o. J.) und Daten der UWB und der EG/LV sowie des LANUV,
- Lokalmodell/Regionalmodell und ggf. Modellierung mit dem Modell BW Ost der EG/LV,
- Eigene Geländeuntersuchungen bei Bedarf und Abstimmung mit dem begleitenden AK.

### **Arbeitspaket 3.4: Bewertung Risiko PCB**

Auf Grundlage der verfügbaren Unterlagen wird für die einzelnen Bergwerke eine Analyse und Bewertung des Risikos im Zusammenhang mit dem Einsatz und der Verbringung von PCB und strukturanalogen PCB-Ersatzstoffen (Tetrachlorbenzyltoluole – Ugilec 141) vorgenommen. Die nähere Vorgehensweise und die einzelnen Unterarbeitsschritte sind den Ausführungen in Kapitel 2.5 zu entnehmen.

### **Arbeitspaket 3.5: Handlungsbedarf und Monitoring**

In diesem Arbeitspaket werden die Notwendigkeit und die Möglichkeiten für ein Handlungskonzept dargestellt und diskutiert. Hierzu gehören u. a. die Optionen wie Sanieren, Abdichten, Aufbereiten der Grubenwässer, Zurückholen. Die Randbedingungen bei der Umsetzung (Vor- und Nachteile, Kosten) werden diskutiert.

Ein möglicher Handlungsbedarf würde sich aus einem heutigen und/oder zukünftigen und relevanten Ausbreitungsrisiko ergeben. Dieser Handlungsbedarf kann sich nach heutigem Kenntnisstand auf folgende Punkte beziehen:

- Klärung offener Fragen durch zusätzliche Untersuchungen,
- Beibehaltung und/oder Optimierung des Monitorings, um das Eintreten kritischer Zustände rechtzeitig zu erkennen,
- Änderungen des Grubenwasserkonzepts (liegt noch nicht vor),
- sonstige Optionen wie Sanieren, Abdichten, Aufbereiten, Zurückholen etc. Die Handlungsoptionen werden weitergehend in Teil 2 beschrieben und bewertet.

Das derzeitige System ist durch große Potentialdifferenzen und dadurch durch einen hohen Mengenumsatz (min. 70 Mio. m<sup>3</sup> Grubenwasser pro Jahr) gekennzeichnet. Je höher der Grubenwasserstand ist, desto geringer sind die Potentialdifferenzen, die Grubenwassermengen und damit auch die Strömungsvorgänge im Untergrund. Vor diesem Hintergrund ist daher auch zu prüfen, ob ein (möglichst) hoher Grubenwasserstand mit einer stabilen hydrochemischen Schichtung nicht ein Baustein in einem Sicherheitskonzept sein kann.

Falls Handlungsbedarf besteht, werden die Grundzüge, Anforderungen und Rahmenbedingungen für ein Handlungskonzept beschrieben.

- Das derzeitige Monitoringkonzept wird beschrieben und vor dem Hintergrund des jetzigen Systemverständnisses und der aufgezeigten Risiken bewertet.

Bei Bedarf erfolgt eine Neukonzeption des Monitorings (s. Teil 2). Dabei erfolgt nach Möglichkeit eine Orientierung am Monitoringkreis (siehe Abb. 12).



Relevant sind in Teil 2 dann vor allem die BW, bei denen gegenüber BW Haus Aden bei der Erstellung der Steckbriefe eine Verschlechterung der Randbedingungen festgestellt wird. Dies kann v. a. betreffen:

- höheres Gefährdungspotential, z. B.: mehr und/oder gefährlichere Versatzstoffe
- höheres Freisetzungspotential, z. B.: Verstoß gegen die Prinzipien „sicherer Einschluss“ und „Immissionsneutralität“
- höheres Ausbreitungspotential, z. B.: Höhere Durchlässigkeiten im Nahfeld, geringere Tiefe, geringmächtigere Deckschichten, genutzte Grundwasserleiter (Schutzgüter), dynamischere Grundwasserfließsysteme, Grubenwasserkonzept, das eine Ausbreitung begünstigt.

Diese Abschätzung erfolgt zunächst qualitativ. Modellierungen sind zunächst nicht vorgesehen. Zur Abschätzung der Auswirkungen einzelner, erheblich veränderter Randbedingungen (z. B. deutlich höhere Durchlässigkeiten im Nahfeld) können Modellierungen mit dem Lokalmodell BW Haus Aden durchgeführt werden. Diese Ergebnisse (z. B. 10-fach höhere Durchströmung der Bruchhohlraumverfüllung) können dann auf die anderen BW übertragen werden. Ansonsten ist geplant, die Situation an den einzelnen BW und die spezifischen Risiken zu beschreiben und im Vergleich zum BW Haus Aden einzuordnen (Übertragungskonzept). Dieses Übertragungskonzept wird zu Beginn des Teils 2 aufgestellt und abgestimmt. Teil des Übertragungskonzeptes ist die geforderte Bewertungsmatrix. Die Bewertungsmatrix wird mit den als relevant identifizierten Einflussfaktoren (Pfade, Deckgebirgsaufbau, Unterbauungen etc.) für einen Stofftransport zu den oberflächennahen Grundwasserleitern erstellt. Die Bewertungsmatrix ermöglicht eine vergleichende Einordnung der Risiken.

Die weiteren Leistungen (analog zu Teil 1) sind:

- Dokumentation Reststoffe  
Als Steckbrief, entsprechend Vorgehensweise wie in Arbeitspaket 1.1 (Teil 1) beschrieben.
- Zusammenfassung und Bewertung der Kernaussagen  
entsprechend Vorgehensweise wie für die Arbeitspaket 1.5 (Teil 1) und 3.1 (Teil 1) beschrieben.  
Hinsichtlich des Freisetzungspotentials von Stoffen aus den Bruchhohlraumverfüllungen mit bergbaufremden Reststoffen wird beschrieben, aus welchen Gründen eine Übertragung der Bewertungen aus 1.1.2 auf die übrigen 10 Bergwerke sachlich gerechtfertigt oder möglicherweise auch nicht gerechtfertigt ist. Hierzu werden vorliegende Informationen zu (i) den eingebrachten bergbaufremden Reststoffen, (ii) Konditionierungsmaterialien, (iii) vorhandenen wässrigen Lösungen, (iv) eventuell vorhandenen Gasen und (v) Gesteinen im Kontakt zu den übrigen Phasen unter den In-situ-Bedingungen (Temperatur, Druck, Ionenstärke der wässrigen Lösung) herangezogen.
- Integrierte Systemanalyse (AP 2.3)
- Umsetzung der Vorgaben des Basisgutachtens  
entsprechend Vorgehensweise wie für die Arbeitspakete 1.3 (Teil 1) und 1.4 (Teil 1) beschrieben.

- Darlegung und Validierung des Verfahrens der begleitenden Prüfung  
entsprechend Vorgehensweise wie für die Arbeitspakete 1.3 (Teil 1) und 1.4 (Teil 1) beschrieben.
- Aktuelle und künftige Gefährdungen  
entsprechend Vorgehensweise wie für Arbeitspaket 3.2 (Teil 1) beschrieben.
- Monitoringkonzept  
Das Monitoringkonzept orientiert sich an dem Vorgehen, wie es in Arbeitspaket 3.5 beschrieben ist. Das im Teil 1 aufgestellte Monitoringkonzept wird validiert und bei Bedarf weiter konkretisiert und angepasst. Insbesondere folgende Fragestellungen sind dabei von Interesse:
  - Gibt es Nachweismöglichkeiten/Indikatoren für den Kontakt zwischen Versatz und Grubenwasser?
  - Möglichkeit der Charakterisierung der geogen und bergbaubedingten Zusammensetzung des Grubenwassers anhand von Indikatoren.  
Basierend auf den verfügbaren Analysen und der ggf. erweiterten Analytik wird der geogene und anthropogene (bergbauliche) Anteil in den Grubenwässern bewertet. Hierzu sollen die in Teil 1 zu definierenden anorganischen und organischen Indikatoren angewendet werden.
- Ableitung von Leitparametern für die Charakterisierung der Grubenwässer unter Berücksichtigung folgender Aspekte:
  - Indikatoren für die Abfälle?  
Aus den mit PHREEQC abgeschätzten Stofftransportvorgängen für anorganische Verbindungen werden Indikatoren abgeleitet, die charakteristisch für den Kontakt zwischen Grubenwasser und Versatz sind. Die vorhandene Datenlage zu den organischen Komponenten im Versatz wird im Hinblick auf potentielle quellenspezifische Indikatoren mit xenobiotischen Eigenschaften analysiert.
  - Sind Isotopenuntersuchungen sinnvoll?  
Sofern eine direkte Beprobung des Grubenwassers noch möglich ist, soll überprüft werden, ob die Isotopie des  $^{36}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$  oder  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  oder den Massenfluss kennzeichnende Wasserstoff- und Sauerstoffisotopien Aufschluss geben können über die Verbreitung von Süßwasser in den Bergwerken und damit Hinweise auf Fließpfade zulassen.
  - Gibt es organische Fingerprints (Dioxin, PAK, PCB)?  
Kongeneren-, Homologen- und Isomerenmuster indikativer organischer Versatzinhaltsstoffe werden hinsichtlich ihres bergwerkspezifischen Auftretens analysiert.
  - Ist die Erweiterung auf die Indikatoren: Antimon, Molybdän, Vanadium sinnvoll?  
Die Verbindungen der Elemente Sb, Mo, V werden im Hinblick auf die zu erwartende verzögerte Mobilisierung analysiert und bewertet. Für diese Anionenbildner kann eine Mobilisation erst im Bereich verdünnter Wässer erfolgen. Hierzu werden aus der Literatur bekannte Parameter auf die hydrogeologischen Verhältnisse der zu bewertenden Bergwerke angewendet.
  - Abgrenzungsmöglichkeiten des geogenen Hintergrundes.

- Untersuchungsmethoden wie Screenings, Isotopenuntersuchungen, organische Fingerprints etc.
- Sind dauerhafte Probenahmestellen vor Ort möglich (unter Tage und über Tage)?
- Erwartete Ergebnisse (Indikatoren, Konzentrationen, Ankunftszeiten).

Auf Grundlage des bestehenden Konzepts und der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt die Konzeption eines Langzeitmonitorings (über Tage/unter Tage). Auf Grundlage der Konzeption des Langzeitmonitorings erfolgt eine Kostenschätzung. Es wird unterschieden zwischen den Investitionskosten und den Betriebskosten.

- Handlungsoptionen/Handlungskonzept

Die möglichen Handlungsoptionen orientieren sich an dem Vorgehen, wie es in Arbeitspaket 3.5 beschrieben ist. Es wird untersucht, welche technischen Maßnahmen im Fall einer Gefährdung durchführbar sind. Dabei wird insbesondere abgewogen, welche Maßnahmen zur Abwendung einer Gefährdung tatsächlich erforderlich sind. Es werden beispielsweise folgende Maßnahmen untersucht:

- Zurückholen Nachabdichtung.

Als „hydraulische“ Maßnahme kommt v. a. das Grubenwassermanagement infrage.

Das derzeitige System ist durch große Potentialdifferenzen und dadurch durch einen hohen Mengenumsatz (min. 70 Mio. m<sup>3</sup> Grubenwasser pro Jahr) gekennzeichnet. Je höher der Grubenwasserstand ist, desto geringer sind die Potentialdifferenzen, die Grubenwassermengen und damit auch die Strömungsvorgänge im Untergrund. Vor diesem Hintergrund wird geprüft, ob ein (möglichst) hoher Grubenwasserstand mit einer stabilen hydrochemischen Schichtung ein Baustein in einem Sicherungskonzept sein kann.

Besondere Beachtung gilt den Fragestellungen:

- Besteht ein kurz-, mittel oder langfristiger Handlungsbedarf?
- Gibt es Auswirkungen auf das bestehende Grubenwasserkonzept?

Falls Handlungsbedarf besteht, werden die Grundzüge, Anforderungen und Rahmenbedingungen für ein Handlungskonzept beschrieben.

- Übertragung auf die übrigen 8 Bergwerke (immissionsneutrale Verbringung)

Anhand der Dokumentation der Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremden Reststoffen in den einzelnen BW, ihren speziellen hydrogeologischen Systembeschreibungen und den Ergebnissen aus der Betrachtung der Gefährdungspotentiale und Ausbreitungsberechnungen erfolgt eine Risikoanalyse.

Im Einzelnen erfolgt auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse eine Übertragung der Ergebnisse auf die übrigen 8 Bergwerke hinsichtlich:

- der eingebrachten Reststoffe,
- des hydrogeologischen Systems,
- des heutigen und zukünftigen Risikos,
- den Handlungsoptionen,
- den Empfehlungen zum Monitoring.

## 2.5 PCB und strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe (Arbeitspaket 3.4)

Gemäß Erweiterung der Aufgabenbeschreibung vom 06.02.2015 ist die in der Vergangenheit im untertägigen Untersuchungsgebiet (Grubengebäude) in Betriebsmitteln eingesetzte PCB-Stoffgruppe im Hinblick auf ihre Mobilisierbarkeit und mögliche Stofftransporte zu untersuchen und ihre Auswirkungen auf Grund- und Oberflächengewässer sowie Trinkwasser unter der Berücksichtigung vorliegender Ergebnisse von Messprogrammen zur PCB-Belastung in Gewässern und in Grubenwässern und in Bezug zu Grubenwasserhaltungsmaßnahmen zu bewerten. Zudem wird geprüft, ob und ggf. wie das bestehende **Monitoring** verändert werden muss, um neben der Erfassung des Parameters PCB in Bezug auf eingebrachte Abfall- und Reststoffe auch etwaige PCB-Austräge aus dem früheren Einsatz PCB-haltiger Betriebsmittel erfassen und behandeln zu können.

An die oben beschriebene Struktur der Arbeitspakete wird sich die Untersuchung und Bewertung der Fragestellung von PCB und strukturverwandten PCB-Ersatzstoffen – kurz PCB – anlehnen. Nachfolgend werden die speziell dem PCB zugeordneten Arbeitspakete ausgeführt. Die Nummerierung (z. B. PCB-1.1) macht ihre Position im zeitlichen Ablauf der Gesamtuntersuchung (siehe Grobkonzept Abb. 3) deutlich.

### **Arbeitspaket PCB-1.1: Dokumentation eingesetzter PCB-haltiger Betriebsstoffe bzw. eingesetzter Mengen von PCB und strukturverwandten PCB-Ersatzstoffen**

Basierend auf den verfügbaren Unterlagen wird für die einzelnen Bergwerke eine Dokumentation des Einsatzes und der Verbringung von PCB und strukturanalogen PCB-Ersatzstoffen (Tetrachlorbenzyltoluole – Ugilec 141) vorgenommen. Diese Arbeiten erfolgen – wenn möglich – parallel zur Erstellung der Dokumentation 1.1.

Relevante Informationen sind hierbei:

1. Eingebrachte Menge an PCB und strukturverwandten PCB-Ersatzstoffen unter Berücksichtigung der Entsorgungsquote; quantitative Ermittlung des Restverbleibs
2. Art der Einbringung bzw. der Verwendung (Reststoff, Betriebsstoff etc.)
3. Beschreibung der technischen Formulierung bzw. Art und Menge der Zusammensetzung eingesetzter technischer PCB-Gemische, ebenso die Erfassung von Indikativen oder umweltrelevanten Begleitstoffen
4. Art einer möglichen Emission (unsachgemäße Lagerung oder Verwendung, Leckage, Rückstand in Altgeräten, Deponierung als Abfallstoff etc.)

Diese Dokumentation soll im Wesentlichen die Qualität und Quantität von potentiellen Emissionsquellen für bergbauliche PCB-Belastungen (einschließlich strukturverwandter PCB-Ersatzstoffe) erfassen. Als verfügbare Unterlagen werden berücksichtigt:

- Recherche-Bericht des Landes NRW an die Bundesregierung von 1984 zu den im Bergbau NRW eingesetzten und entsorgten Mengen an PCB
- Ergebnisse der Untersuchungsprogramme Oberflächengewässer im Rahmen der Umsetzung WRRL seit/in 2001, Berichterstattung, u. a. Schwebstoffmessungen
- Ergebnisse von Sonderuntersuchungsprogrammen des LANUV (Bericht LANUV 2007), Schwebstoffe in Oberflächengewässern
- Sondermessprogramme Bergbehörde (2010, 2013), Schwebstoff und Wasser in Grubenwässern, Altölproben

- Daten der geplanten Sonderuntersuchung (LANUV, Bergbehörde) an Schwebstoff in Grubenwässern

Es erfolgt weitergehend eine Dokumentation des Kenntnisstandes zu möglichen Emissionspfaden in das Nahfeld für die einzelnen Bergwerke (unter Verwendung ihrer jeweiligen Steckbriefe). Im Einzelnen sollen:

1. unmittelbare Emissionspfade für gelöste PCB-Belastungen (einschließlich strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe) in das Gruben- bzw. nahe Grundwasser sowie
2. unmittelbare Emissionen in untertägliches partikuläres Material (Schwebstoff, Stäube etc.) ermittelt werden.

#### **Arbeitspaket PCB-1.4: Dokumentation von Monitoring-Maßnahmen und Untersuchungsprogrammen zur bergbaulichen PCB-Belastung**

Aus den verfügbaren Unterlagen (s. Arbeitspaket 1.2) zur Erfassung bergbaulicher PCB-Belastungen werden alle relevanten Informationen aus den bereits erfolgten Monitoring- und Untersuchungsprogrammen im Bereich der betroffenen Bergwerke dokumentiert und zusammengefasst. Hierzu gehören:

1. Art der Messungen (Screening-Analyse, Überwachungsmonitoring etc.)
2. Beprobungsfrequenz (Dauermessungen, zeitlich begrenztes Messprogramm, Einzeluntersuchung etc.)
3. Untersuchtes Probenmaterial (Oberflächenwasser, Grundwasser, Schwebstoff, Rest- oder Betriebsstoff etc.)
4. Analytenspektrum PCB und strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe (Summenparameter, Einzelkongenere, gesamte Kongenerenmuster, abiotische Transformationsprodukte, Metabolite des anaeroben und aeroben mikrobiellen Abbaus etc.)
5. Begleitparameter (TOC, pH, Eh etc.)
6. quantitative Daten
7. Auswertungsansätze (Mustererkennung, multivariate Statistik, Normierungen etc.)
8. Bewertungsansätze (Grenz- und Richtwerte, UQN etc.)

#### **Arbeitspaket PCB-2.2.1: Abschätzung des Freisetzungspotentials von PCB aus der Verwendung PCB-haltiger Betriebsmittel**

Auf Basis der in den Arbeitspaketen 1.2 und 1.4 erstellten Dokumentationen werden für die einzelnen Bergwerke potentielle Freisetzungen für PCB und strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe quantitativ abgeschätzt. Für die Abschätzung werden umweltrelevante physiko-chemische Parameter (KOW, KH, Fugazität etc.) für einzelne Kongenere oder sinnvoll zusammengefasste Kongenerengruppen (z. B. Kongenere gleichen Halogenierungsgrads, Gruppe der koplanaren Kongenere) auf potentielle Freisetzungsszenarien angewandt. Die Szenarien orientieren sich an den vorherrschenden Bedingungen in den einzelnen Bergwerken gemäß den jeweiligen Steckbriefen (Stand der Grubenwässer, Einsatzorte techn. Einrichtungen etc.). Ebenso werden die verschiedenen Verwendungs- und Einsatzbereiche der PCB und ihrer strukturverwandten Er-

satzstoffe sowie die Art des sach- und unsachgemäßen Umgangs im Untertagebetrieb in den Szenarien abgeschätzt und entsprechend berücksichtigt.

Ziel ist eine quantitative Abschätzung des maximalen Mobilisierungspotentials von PCB und strukturverwandten PCB-Ersatzstoffen aus der Untertage-Verwendung und Deponierung verknüpft mit der Art der Emission (Partikel-gebundener Austrag, Emission von Reinstoff bzw. technischen Gemischen, Austrag in gelöster Phase).

Sollte sich eine bessere Validierung der getroffenen Abschätzungen durch weiterführende Messungen an Proben aus den Bergwerken abzeichnen (und soweit entsprechendes Probenmaterial zugänglich ist), werden entsprechende Analysen durchgeführt bzw. beauftragt werden.

### **Arbeitspaket PCB-3.2: Abschätzung des Risikos zur Ausbreitung von PCB-Einträgen und einer resultierenden Belastung von Grundwasser im Nah-, Fernfeld sowie oberflächennahen Grundwässern, Berücksichtigung des heutigen und zukünftiger Szenarien**

Weiterführend wird auf Basis der jeweiligen abgeschätzten quantitativen Freisetzungspotentiale sowie der Emissionsqualitäten eine Abschätzung des Transports von PCB-Belastungen (einschl. PCB-verwandter Ersatzstoffe) in das Nah- und Fernfeld der einzelnen Bergwerke erfolgen. Grundsätzlich wird dabei gelöster und partikelassoziierter Transport unterschieden. Als nicht-stoffliche Grundlagen für die Abschätzungen werden die Ergebnisse des Arbeitspaketes 2.2. (Modellierungen: Freisetzungspotential und Ausbreitung über die Grundwasserströmung) sowie die hydrogeologische Systembeschreibung nach Arbeitspaket 1.2 genutzt. Aus den getroffenen Transportabschätzungen werden das Ausbreitungsrisiko und das daraus resultierende Kontaminationsrisiko differenziert für tiefe und oberflächennahe Grundwässer abgeleitet.

Die Mobilitätsabschätzungen im Ist-Zustand werden nachfolgend für die Szenarien ansteigender Grubenwasserstände modifiziert und analog die Ausbreitungsrisiken und Kontaminationspotentiale für die verschiedenen Kompartimente sowie die einzelnen Bergwerke abgeschätzt. Hierzu werden besonders auch die Ergebnisse des Arbeitspaketes 3.2 (Heutiges und zukünftiges Risiko) einbezogen.

Sollte sich eine bessere Validierung der getroffenen Abschätzungen durch weiterführende Messungen in Umweltproben abzeichnen, werden entsprechende Analysen von Grund-, Gruben- und Oberflächenwasserproben (einschl. der zugehörigen Schwebstoffphase) durchgeführt bzw. beauftragt werden.

### **Arbeitspaket PCB-3.4: Änderungen/Verbesserungen im bestehenden Monitoringsystem bzgl. bergbaulicher PCB-Emissionen, Unterscheidung Abfall-/Reststoffe vom Einsatz PCB-haltiger Betriebsmittel**

Bestehende Konzepte zum Monitoring und zur Erfassung bergbaulicher PCB-Emissionen werden basierend auf der Dokumentation aus Arbeitspaket PCB-1.4 bewertet. Dazu soll u. a. auf das Positionspapier des Arbeitskreises Umweltmonitoring der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie (in der GDCh) zurückgegriffen werden. Die Bewertung soll im Besonderen aufzeigen, ob die bisherigen Maßnahmen geeignet und ausreichend sind, flächige Belastungen in den relevanten Umweltkompartimenten sowie einen verlässlichen zeitlichen Trend als Überwachungskonzept quantitativ darzustellen.

Wesentliche zu bewertende Kenngrößen der analytischen Untersuchungsprogramme bzw. Ansatzpunkte für Verbesserungsvorschläge werden sein:

1. Analytenspektrum – hierbei insbesondere die Frage, ob strukturverwandte PCB-Ersatzstoffe und Transformationsprodukte ausreichend berücksichtigt worden sind. Ebenso wird das Maß der Kongeneren-Erfassung als Voraussetzung für quellspezifische Interpretationen von Isomerenmustern beurteilt.
2. Art des Probenmaterials – Werden partikelassoziierter und gelöster Transport bei der Auswahl der Untersuchungsmedien sinnvoll berücksichtigt?
3. Probenahmelokalitäten und untersuchte Kompartimente – Sind alle relevanten Umweltkompartimente (tiefe und oberflächennahe Grundwässer, Vorfluter etc.) ausreichend berücksichtigt bzw. können Kompartimente aus der Beobachtung genommen werden ?
4. Zeitlichkeit der Messungen – Sind Zeitpunkte und Messfrequenz geeignet, um Monitoring- und ggf. Überwachungsziele zu erreichen (z. B. Abstimmung von zeitl. Dichte der Messpunkte und einer möglichen Trendanalyse) ?
5. Methodik der Analysen – Sind analytische Qualitätsanforderungen wie z. B. Bestimmungsgrenzen abgestimmt auf die aus den Messdaten abzuleitenden Beurteilungen?
6. Weiterführende Analysenansätze – Existieren sinnvolle weiterführende Analysenverfahren oder Interpretationsansätze z. B. zur Unterscheidung von Emissionen aus Reststoffen und aus Verwendung PCB-haltiger Betriebsmittel ?

Die Liste der zu bewertenden Kenngröße ist nicht abschließend, sondern laufend erweiterbar, wenn sich während der Analyse der bislang etablierten Monitoring- und Messprogramme zur Erfassung bergbaulicher PCB-Belastungen weitere Verbesserungsansätze entwickeln.

Im Rahmen von Arbeitspaket 3.4 sollen auch weiterführende analytische Arbeiten durchgeführt bzw. vergeben werden. Hierzu kann u. a. eine chemische Charakterisierung von Untertage-Betriebsmitteln (z. B. kongenerenspezifische Analysen), Screening-Analysen zu Betriebsmittelbegleitstoffen oder Screening-Analysen von mikrobiellen Transformationsprodukten der PCB und der strukturverwandten PCB-Ersatzstoffe in Schwebstoff-, Grubenwasser- und Grundwasserproben notwendig werden.

### **Arbeitspaket PCB-3.5: Berichtserstellung**

Der Detailbericht PCB (s. Abb. 14) wird alle Grundlagen, Schlussfolgerungen, Randbedingungen und Annahmen zusammenfassend und allgemein verständlich darstellen. Beschrieben werden offene Fragen, ihre Relevanz und Möglichkeiten der Beantwortung sowie die im Arbeitspaket 3.4 identifizierten Verbesserungsoptionen. Die einzelnen Arbeitspakete werden jeweils im Teil 1 für den Untersuchungsbereich Haus Aden/Monopol, im Teil 2 für den Untersuchungsbereich Walsum und Hugo/Consolidation und die übrigen BW durchgeführt.

## **2.6 Zusammenfassende Zuordnung der Aufgaben gemäß Aufgabenbeschreibung zum Grobkonzept und zu den Bearbeitern**

In unserem Grobkonzept haben wir eine klare Struktur aus drei großen Arbeitsschritten mit einigen klar abgrenzbaren Arbeitspaketen vorgestellt.

Zur besseren Übersicht und Nachverfolgbarkeit sind diese in Tabelle 2 den Aufgaben gemäß Aufgabenbeschreibung und den einzelnen Bearbeitern zugeordnet.

**Tab. 2: Zuordnung der Aufgaben zu den Bearbeitern und gemäß der Aufgabenbeschreibung zum Grobkonzept**

**Bearbeitung durch:**

ahu AG

delta h (Prof. Dr. König)

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

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

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

Prof. Dr. van Berk (TU Clausthal, Lehrstuhl für Hydrogeologie)

Arbeitspakete Grobkonzept		Aufgabe	Bearbeitung	Mitarbeit/QS	Nummer Ausschreibung
Grundlagen	Dokumentation Bruchhohlraumverfüllung mit bergbaufremdem Reststoffen	Auswertung des bergmännischen Risswerks, Abgrenzung der Versatzbereiche (Maßstab ca. 1 : 5.000 bis 1 : 10.000), Lage von hydraulisch wirksamen Strecken und Streben, Lage von Schächten und Bohrungen, Unterbauungen, Art des Nebengesteins, Lagepläne für alle BW, Beispiel in Abb. 4.  Abschätzung der Durchlässigkeiten des aufgelockerten Gebirges und der verstärzten Grubenbaue	IFM		1.2.1.1
		Abschätzung <u>organisches</u> Schadstoffpotential und Freisetzungspotential der Versatzstoffe	LEK	LFH	
		Abschätzung Schadstoffpotential und Freisetzungspotential von PCB	LEK		
		Dokumentation der verbrachten Stoffe incl. PCB gemäß vorhandener Unterlagen (Tabelle)	ahu AG	LEK	
		Gebirgsmechanische Stabilität	IFM		
		Regionale Kenntnisse und Beschreibung der BW	IFM		
	Hydrogeologische Systembeschreibung	Hydrogeologischer Aufbau, Störungen, Gebirgsbau, Grubenwasserstände und deren Entwicklung, Bedingungen für einen Stofftransport (Migrationspfade und Potentiale), Systemdiagramme für alle BW, Beispiel Abb. 5.	LFH	ahu AG	1.1.1 2.1.1
	Ablauf der Prüfungs- und Zulassungsverfahren, Ablauf des Einbaus, damaliges Monitoring	Dokumentation des damaligen Ablaufs der Prüfungs- und Zulassungsverfahren und des Einbaus (Regelbetrieb, besondere Vorkommnisse). Darstellung und Ablauf des damaligen begleitenden Monitorings und dessen Ergebnisse.  Bei gleichem Ablauf können mehrere BW zusammengefasst werden.	IFM		1.1.4 2.1.4  1.1.5 1.3.1

A14113 Prüfung der Umweltauswirkungen der Bruchhohlraumverfüllung

Arbeitspakete Grobkonzept		Aufgabe	Bearbeitung	Mitarbeit/QS	Nummer Ausschreibung
	Kernaussagen der Basisgutachten	Zusammenfassung der Kernaussagen der Basisgutachten	van Berk delta h	IFM	1.1.2 2.1.2
	Zwischenbericht	Zusammenfassung der Ergebnisse nach 6 Monaten	ahu AG	alle	
Analyse	Systemeigenschaften	Wirkungszusammenhänge Koordinierung und Modellbegleitung	ahu AG		
		geogener und anthropogener Hintergrund Grubenwässer und tiefe Grundwässer (Karbon, Emscher Mergel), Abgrenzungsmöglichkeiten der verschiedenen Wässer	LFH	van Berk	
	Modellierungen	Freisetzungspotential der Versatzbereiche für anorganische Parameter (PHREEQC-Modellierung zur Bestimmung der Quellterme) Übertragung der Ergebnisse ( <u>Freisetzungspotentiale</u> ): Konzeptentwicklung für Teil 2	van Berk	LFH	
		Ausbreitung über die Grundwasserströmung. Aufbau und Kalibrierung eines Lokalmodells, Modellbericht, Modelldokumentation. Übertragung der Ergebnisse (Ausbreitung über die <u>Grundwasserströmung</u> ): Konzeptentwicklung für Teil 2	delta h	ahu AG	1.2.1.2
	Integrierte Systemanalyse	Integrierte Systemanalyse für BW Haus Aden (Teil 1)	ahu AG	van Berk delta h LFH	
		Integrierte Systemanalyse für BW Walsum und BW Hugo/Consolidation (Teil 2)	ahu AG	van Berk delta h LFH	
Integrierte Systemanalyse für 8 weitere Bergwerke (Teil 2)		ahu AG	van Berk delta h LFH		
Bewertung, Empfehlung	Kernaussagen	Umsetzung der Vorgaben der Basisgutachten: Validierung des abgelaufenen Verfahrens und des Versatzes	IFM		1.1.3 1.1.4
		Gültigkeit der fünf Kernaussagen nach heutigem Stand: - Freisetzungspotential - Auswirkungen Grubenwasseranstieg (Hydraulik)	van Berk delta h	LFH ahu AG	1.1.5 1.1.6 2.1.2 2.1.3 2.1.4

A14113 Prüfung der Umweltauswirkungen der Bruchhohlraumverfüllung

Arbeitspakete Grobkonzept		Aufgabe	Bearbeitung	Mitar- beit/QS	Nummer Ausschreibung
Heutige/Zukünftiges Risiko	Können Stofftransporte ins Grubenwasser zu Belastungen des eingeleiteten Grubenwassers führen (Freisetzungspotential)?	van Berk	LFH	1.2.1 1.2.1.3	
	Wirkungszusammenhänge Bergsenkungen – Veränderungen Oberflächenwasser	delta h	ahu AG	1.2.2.2 1.2.2.3	
	Auffälligkeiten durch Verdrängungseffekten infolge von Bergsenkungen	delta h	ahu AG	1.3.2 1.3.3	
	Überprüfung des heutigen Monitoringkonzeptes	ahu AG	alle	1.4.1	
	Besteht Handlungsbedarf?	ahu AG	alle	2.4.1	
	Bewertungsmatrix zur Abschätzung des Risikos	ahu AG	delta h van Berk	2.2.2 2.4.4	
	Berichtserstellung Teil 1	ahu AG	alle		
	Berichtserstellung Teil 2	ahu AG	alle		
Vorhandene Gutachten	Auffälligkeiten an der Tagesoberfläche beim BW Haus Aden beurteilen: Tagesnahe hydrogeologische Systembeschreibung	ahu AG	delta h	1.2.2 1.2.2.1	
	Bewertung der vorliegenden Gutachten	ahu AG	delta h	1.4.3	
Empfehlungen	Zukünftiges Monitoringkonzept	ahu AG		1.2.1.4	
	Berücksichtigung anorganischer Parameter (Sb, Mo, V)	LFH	LEK	2.3 1.3.2	
	Berücksichtigung organische Parameter/Untersuchungsmethoden	LEK	LFH	1.4.2 2.4.2	
	Berücksichtigung der PCB-Belastungen im Monitoring	LEK		2.3.4 2.4.3	
	Probenahmepunkte/Intervalle/Fließzeiten im Monitoring	ahu AG	delta h		
	Gibt es untertägige Untersuchungsmöglichkeiten?	ahu AG			
	Handlungskonzept	alle			
	Konzept Langzeitmonitoring	ahu AG			
	Handlungsoptionen (bei Bedarf): - technische Optionen - hydraulisch (Grubenwasserkonzept)	IFM delta h	ahu AG ahu AG		

### **3 PERSONALKONZEPT UND BERICHTE**

#### **Arbeitsgruppe**

Zur Bearbeitung der Fragestellung hat sich ein unabhängiges Konsortium aus Ingenieurbüros und Hochschulinstituten gebildet. Das Konsortium zeichnet sich aus durch:

- hohe wissenschaftliche Kompetenz und regionale Detailkenntnis,
- Neutralität und Glaubwürdigkeit bei den zu erwartenden Kernaussagen,
- Verlässlichkeit, die unterschiedlichen fachlichen Expertisen in dem gegebenen zeitlichen Rahmen zusammenzuführen.

Die Projektbearbeitung soll durch die folgende Arbeitsgruppe durchgeführt werden. Die Hauptverantwortlichen sind in Abbildung 13 und in Tabelle 2 genannt.

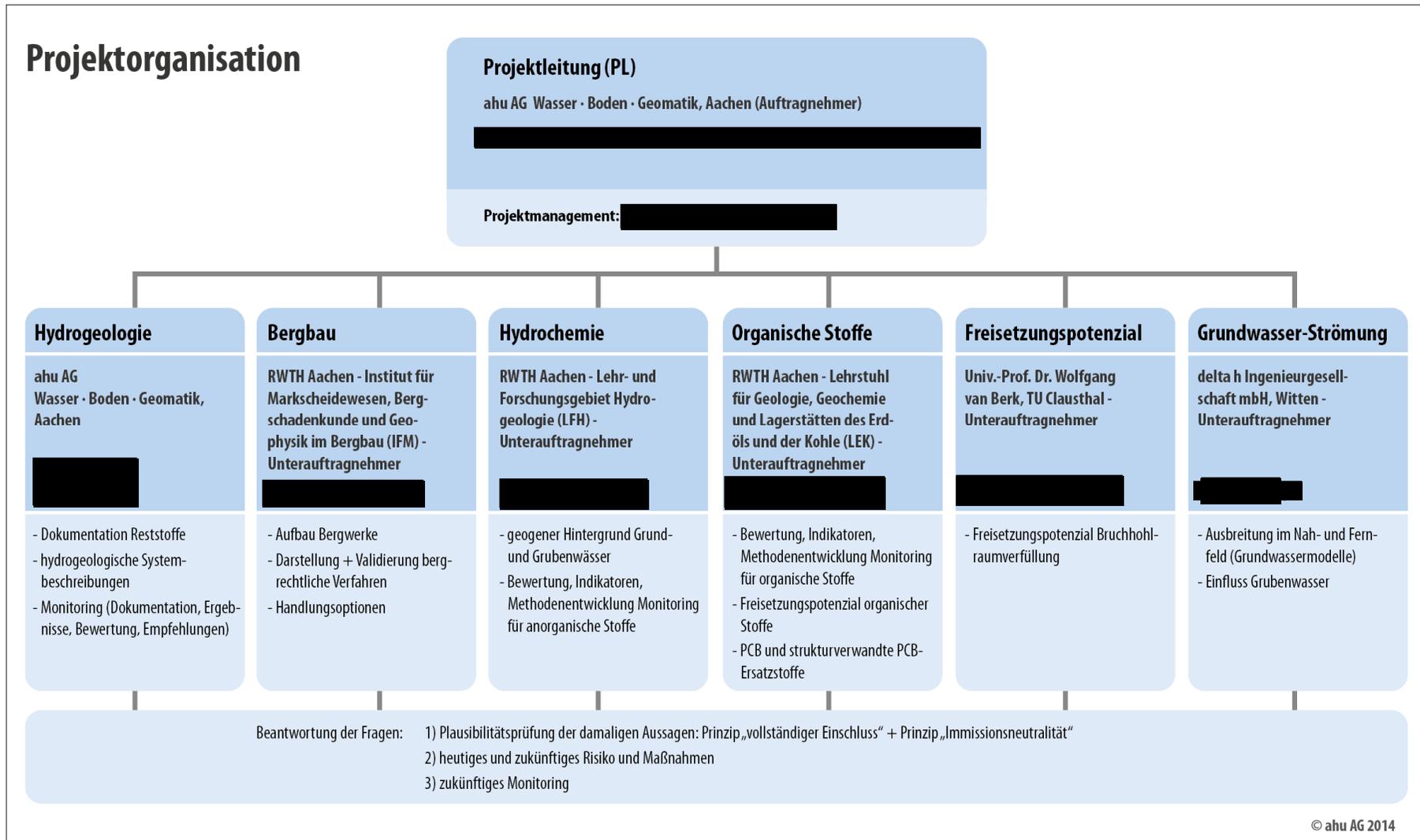


Abb. 13: Vorstellung des Konsortiums und Projektorganisation

Darüber hinaus ist folgender Personaleinsatz mit folgenden inhaltlichen Schwerpunkten geplant:

**Tab. 3: Personaleinsatz**

Unternehmen	Person/Qualifikation	Fachrichtung	Aufgaben
ahu AG	Hr. Dr. [REDACTED]	Hydrogeologe	Hydrogeologische Systemanalysen Risikoanalysen, Monitoring, Projektmanagement
	Hr. Dr. [REDACTED]	Hydrogeologe	Projektmanagement, Projektleiter
	Hr. Dipl.-Geol. [REDACTED]	Hydrogeologe	Projektmanagement, hydrogeologische Systemanalysen, Monitoring
	Hr. [REDACTED] MSc.	Umweltingenieur	Datenerfassung, Monitoring
IFM	Hr. Prof. Dr. [REDACTED]	Markscheider	Stellv. Projektleitung Handlungsoptionen
	Hr. Dr. [REDACTED]	Markscheider	Recherchen im bergmännischen Risswerk Vorgaben Basisgutachten Ablauf der Verfahren und der betrieblichen Durchführung Monitoring, Handlungsoptionen
LFH	Hr. Prof. Dr. [REDACTED]	Hydrogeologe	Stellv. Projektleitung Risikoanalysen, Hydrochemie, Monitoring v. Grubenwasser und Grundwasser
	Hr. [REDACTED] MSc.	Hydrogeologe	Datenerfassung, Monitoring, hydrochemische Bewertung
	Hr. Dipl.-Geol. [REDACTED]	Hydrogeologe	Datenerfassung, Monitoring, hydrochemische Bewertung
	Fr. Dipl.-Geol. [REDACTED]	Geologin	Datenerfassung
LEK	Hr. Prof. Dr. [REDACTED]	Chemiker	Risikoanalysen, organische Geochemie, Monitoring v. Grubenwasser und Grundwasser
	Hr. [REDACTED] MSc.	Geowissenschaft- ler	Datenerfassung, Monitoring, organisch geochemische Bewertung
	Fr. [REDACTED] MSc.	Geowissen- schaftlerin	Datenerfassung, Monitoring, organisch geochemische Bewertung
Hr. Prof. Dr. van Berk	Hr. Prof. Dr. [REDACTED] [REDACTED]	Chemiker	Freisetzungspotential
delta h	Prof. Dr. [REDACTED]	Bauingenieur	Grundwasserströmungsmodellierungen, Kluftwasserströmung, Stofftransport
	Dr. [REDACTED]	Hydrogeologe	Grundwasserströmungsmodellierungen, Stofftransport, Datenmanagement, geol. Strukturmodelle
	Hr. Dipl.-Ing. [REDACTED]	Geotechnik	Grundwasserströmungsmodellierungen, Stofftransport

### 3.1 Gutachten

Der Aufbau des Gutachtens für den Teil 1 und den Teil 2 und die federführenden Bearbeiter sind in der Abbildung 14 dargestellt.



Abb. 14: Aufbau des Gutachtens und federführende Bearbeiter und Ergebnis

## 4 PROJEKTKOMMUNIKATION

### 4.1 Termine/Kommunikation

Gemäß Aufgabenbeschreibung der Angebotsaufforderung (ergänzt durch die Beantwortung der Bieterfragen) sind für die Projektlaufzeit (Teil 1 und Teil 2) die in Tabelle 4 genannten Termine einzukalkulieren. In der letzten Spalte sind die Annahmen definiert, die wir bei unserer Kalkulation verwendet haben.

**Tab. 4: Termine gemäß Aufgabenbeschreibung**

Termin	Inhalt	Anzahl	Dauer	Grundlagen für Kalkulation
Arbeitskreis	Begleitender Arbeitskreis zur Erstellung des Gutachtens. Vorstellung und Diskussion der (Zwischen-)Ergebnisse	7 bis 8	4 bis 5 h	7 Termine (4 in Teil 1, 3 in Teil 2)  3 Teilnehmer des AN  Aufwand: 8 h je Teilnehmer und Termin (inkl. Vor- und Nachbereitung)
Statusgespräch	Projektcontrolling mit dem Auftraggeber	vierteljährlich	ca. 3 h	10 Termine (4 in Teil 1, 6 in Teil 2)  2 Teilnehmer des AN  Aufwand: 6 h je Teilnehmer und Termin (inkl. Vor- und Nachbereitung)
Auftraggeber/ polit. Ausschüsse	Präsentation Ergebnisse Teil 1 und Teil 2 in politischen Gremien  Zu den Terminen sind schriftliche Kurzberichte anzufertigen	2 Termine im Unterausschuss Bergbausicherheit  Optional je 2 Termine im Wirtschafts- und Umweltausschuss	keine Angabe; Annahme: 3 h	Termine (1 in Teil 1, 1 in Teil 2)  optional 4 weitere Termine (2 in Teil 1, 2 in Teil 2)  3 Teilnehmer des AN  Aufwand: 10 h je Teilnehmer und Termin (inkl. Vor- und Nachbereitung, Zwischenberichte)
Präsentationen für Auftraggeber	PPT-Präsentationen der Zwischenergebnisse und Ergebnisse (jeweils Teil 1 und 2)	4	3 h	4 Termine (2 in Teil 1, 2 in Teil 2)  3 Teilnehmer des AN  Aufwand: 7 h je Teilnehmer und Termin (inkl. Vor- und Nachbereitung, PPT)

Unter Ansatz eines mittleren Stundensatzes je Projektleiter von 85,00 € (netto, inkl. Reisekosten) ergibt sich für die angefragten Termine gemäß Tabelle 3 (letzte Spalte) folgende Kalkulation:

## 4.2 Begleitender Arbeitskreis

Die Arbeiten sollen durch einen Arbeitskreis begleitet werden, der im Zuge der Erarbeitung des ersten Teils des Gutachtens vier Mal tagen soll. Die möglichen Zeitpunkte sind im Zeitplan dargestellt (Abb. 18). Die möglichen Inhalte sind:

### Teil 1

- 1. Sitzung:** Vorstellung des Konsortiums, der Arbeitsweise (Zonenkonzept, prinzipielle Modellierungsansätze) und erste Ergebnisse aus der Datenübernahme und den Grundlagenerhebungen (Defizite, ggf. weitere Untersuchungen, Randbedingungen für die Modellierungen in der Risikoanalyse, geplanter Zusammenhang der hydrochemisch-hydraulischen Modelle)
- 2. Sitzung:** Ergebnisse der Risikoanalyse (Erfahrungen beim Einsatz der hydrochemisch-hydraulischen Modelle, Methoden, Modellannahmen, Ergebnisse, Vertrauensbereiche, offene Fragen)
- 3. Sitzung:** Ergebnisse der Bewertungen (zusammenfassendes Risiko, Schlussfolgerungen hinsichtlich Handlungskonzept und Monitoring, Übertragungsmöglichkeiten auf die anderen BW)
- 4. Sitzung:** Vorstellung des Endberichts (Zusammenfassung der Bearbeitung und der Ergebnisse, Ausblick auf Teil 2)

### Teil 2

- 5. Sitzung:** Vorgehensweise zur Übertragung der Ergebnisse aus Teil 1 und erste Ergebnisse aus der Datenübernahme und Grundlagenerhebungen (Defizite, ggf. weitere Untersuchungen etc.)
- 6. Sitzung:** Ergebnisse der Risikoanalyse für die übrigen Bergwerke (Ergebnisse, Vertrauensbereiche, offene Fragen)
- 7. Sitzung:** Ergebnisse der Bewertungen (zusammenfassendes Risiko, Schlussfolgerungen hinsichtlich Handlungskonzept und Monitoring, Übertragungsmöglichkeiten auf die anderen BW) und Vorstellung des Endberichts (Zusammenfassung der Bearbeitung und der Ergebnisse)

## 4.3 Projektraum

Die Datenerfassung, -haltung und -auswertung der Grund- und Bodenwasserdaten würde durch die Software GrundwasserManager© und BodenManager© der ahu AG erfolgen.

Zur Kommunikation zwischen den Beteiligten wird in Abstimmung mit dem AG im Internet durch die ahu AG ein zugriffsgeschützter Projektraum eingerichtet, in dem alle Daten gespeichert und ausgetauscht werden können und der den Projektablauf erheblich erleichtert (Abb. 15). Die Zugangsberechtigten sollten auf der ersten Sitzung des AK vereinbart werden.

The screenshot shows a web application interface for 'ahu AG Projektraum'. The main content area displays details for a document titled 'DATUS\_LISTEN\_MAPPINGS.xls'. The document is in version 1.1, has a status of 'Genehmigt' (Approved), and was last updated by Wolfgang Kappler on 26.11.12 13:53. It has 37 downloads. The document is described as an overview of DATUS list assignments. The interface includes a search bar, navigation links, and a sidebar with actions like 'Download (208,5k)', 'Bearbeiten', 'Verschieben', 'Sperren', and 'Berechtigungen'. A version history table is also visible.

**ahu<sup>AG</sup> Projektraum**

Willkommen | Dokumentenbibliothek

ahu.de > HIM GrundwasserManagement > Dokumentenbibliothek > Dokumentation > DATUS\_LISTEN\_MAPPINGS.xls

Dokumentenbibliothek

Dokumenten Heimat | Neue Dokumente | Meine Dokumente

Suchen

**DATUS\_LISTEN\_MAPPINGS.xls** « Zurück zu Dokumentation

Version: 1.1 | Status: **Genehmigt**

Zuletzt aktualisiert von Wolfgang Kappler | 26.11.12 13:53 | 37 Downloads

Übersicht über die Zuordnung der DATUS Listen

**Benutzername**  
USER\_SCREENNAME

Ihre Bewertung Durchschnitt (0 Stimmen)  
☆☆☆☆☆ ☆☆☆☆☆

**URL**  
<http://so.ahu.de/documents/129903/6aa851e8-a7b8-448b-b105-7b14e78>

**WebDAV URL**  
<http://so.ahu.de/funnel-web/secure/webdav/him-grundwassermanagem>

**▼ Versionshistorie**

Version	Datum	Größe	Status	Download
1.1	26.11.12 13:53	208,5k	Genehmigt	XLS <a href="#">Löschen</a>
1.0	26.11.12 12:33	208,5k	Genehmigt	XLS <a href="#">Löschen</a>

**▼ Kommentare**  
Noch keine Anmerkungen [Fangen Sie an](#)

**DATUS\_LISTEN\_MAPPINGS.xls**

- Download (208,5k)
- Bearbeiten
- Verschieben
- Sperren
- Berechtigungen

Abb. 15: Beispiel für einen Projektraum

## 5 ZEITPLAN

In Abbildung 18 ist der vorgesehene Zeitplan enthalten. Für den Teil 1 kalkulieren wir eine Bearbeitungszeit von 13 Monaten. Für den Teil 2 sind 16 Monate vorgesehen. Falls **Verzögerungen** vom vereinbarten Zeitplan (z. B. durch verspäteten/unvollständigen Dateneingang) erkennbar sind, erfolgt durch die ahu AG eine sofortige Information des Auftraggebers und die Abstimmung eines neuen Zeitplans.

Eine Übersicht über die Arbeitspakete geben die Abbildung 16 und Abbildung 17.

Arbeitsschritte	Arbeitspakete	Vorlage Ergebnisse	Sitzung AK
1. Grundlagen	Datenerfassung	1. Monat	1
	Steckbriefe	4. Monat	
	Kernaussagen	4. Monat	
	Zwischenbericht	6. Monat 30.09.2015	
2. Analyse	Integrierte Systemanalyse	10. Monat	2
3. Beantwortung Fragen	Beantwortung Fragen	12. Monat	3
	Endbericht	13. Monat 30.04.2016	4

**Abb. 16: Übersicht über die Bearbeitung in Teil 1**

Arbeitsschritte	Arbeitspakete	Vorlage Ergebnisse	Sitzung AK
1. Grundlagen	Übertragungskonzept Teil 1 / Teil 2	14. Monat	5
	Steckbriefe	18. Monat	
	Zwischenbericht	6. Monat 30.11.2016	
2. Analyse	Integrierte Systemanalyse für 10 weitere BW	10. Monat	
3. Beantwortung Fragen	Beantwortung Fragen	23. Monat	6
	Risiko, Handlungsbedarf, Monitoring	29. Monat 31.08.2017	7

**Abb. 17: Übersicht über die Bearbeitung in Teil 2**

Den Zeitplan für den Teil 1 zeigt die Abbildung 18. Die Bearbeitung in der Teil 2 verläuft analog zu Teil 1 und kann nach dem Projektstart und nach ersten Ergebnissen weiter konkretisiert werden.

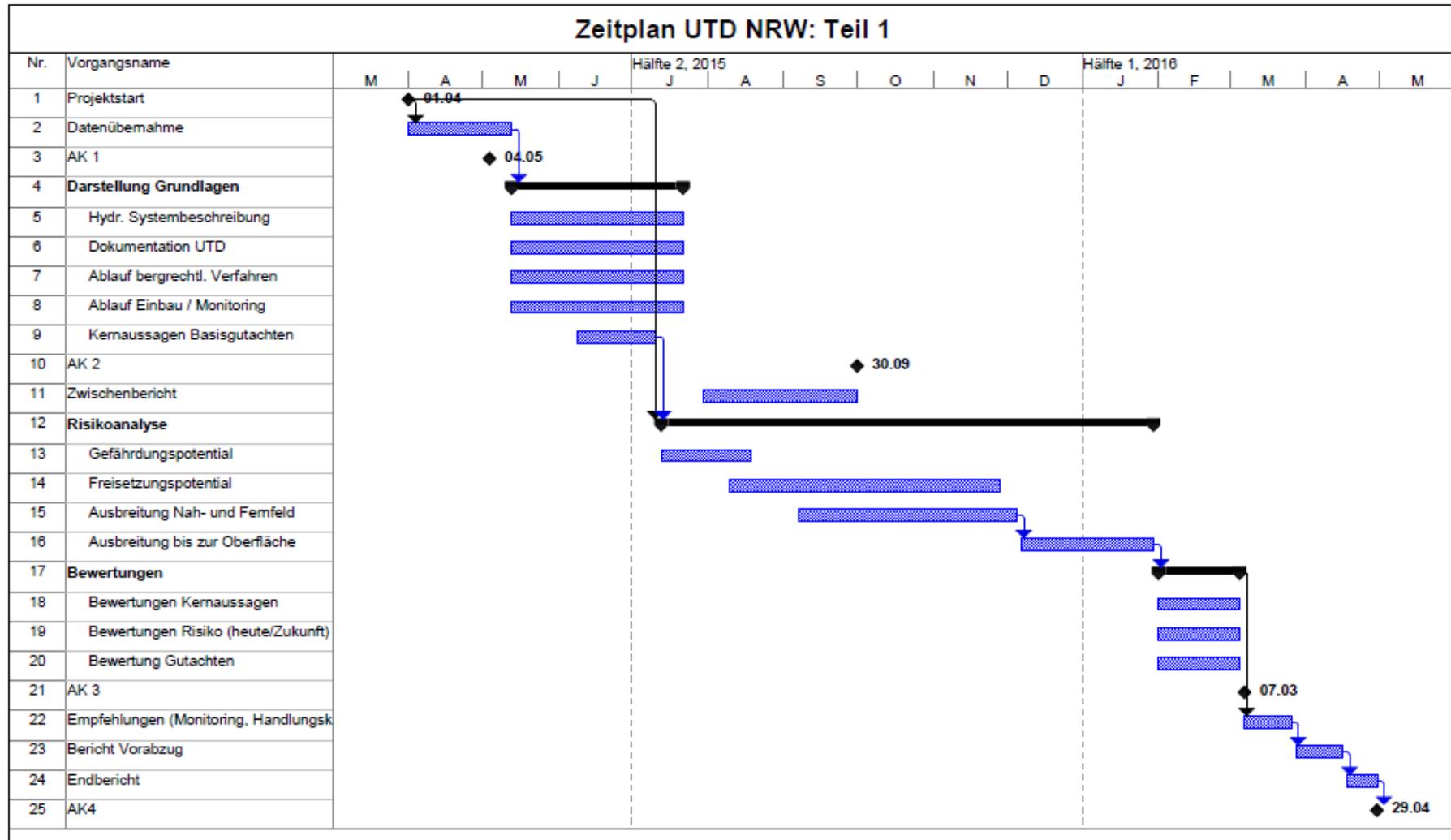


Abb. 18: Zeitplan der Bearbeitung in Teil 1

## **6 LEISTUNGS- UND KOSTENVERZEICHNIS**

### **6.1 Sonstige Leistungen**

#### **Digitale Kartendarstellung**

Die Darstellung bei den Steckbriefen erfolgt auf der Grundlage der digitalen Karten 1 : 5.000 bzw. 1 : 25.000 (ArcView) und kann dem Auftraggeber als digitaler Kartensatz übergeben werden (CD-ROM). Gegebenenfalls anfallende Kosten für die Lizenzgebühren der topographischen Karten werden, falls diese nicht beim Auftraggeber vorhanden sind, von der ahu AG auf Nachweis abgerechnet (bspw. für NRW: Blatt DGK 5 ca. 40,00 bis 80,00 €; TK 25 ca. 100,00 bis 120,00 €).

Die übernommenen Unterlagen werden dem Auftraggeber nach Projektende zurückgegeben. Weitere Daten, Aufzeichnungen, Zwischenergebnisse etc. werden bis 6 Jahre nach Projektende bei der ahu AG aufbewahrt und dann über eine ordnungsgemäße Aktenvernichtung entsorgt.