[redacted]

6. 6. 2016

[redacted]

Eingegangen
08. JUNI 2016

[redacted]

Betr.: Prüfung der Möglichkeit von Umwelt-Auswirkungen des Einsatzes von Abfall- und Reststoffen zur Bruchhohlraum-Verfüllung in Steinkohlenbergwerken in NRW.
Zum Protokoll-Entwurf zur 3. Sitzung des begleitenden Arbeitskreises am 10. 03. 2016 im MKULNV in Düsseldorf

[redacted]

Vielen Dank für die o.g. Unterlagen zur 3. Sitzung und die Einladung zu der 4. Sitzung am 24. 5., die ich am 25. 5. per Post erhielt. Ich habe die Papiere durchgearbeitet und habe mir - ursprünglich nur für den Eigenbedarf - ganz schnell einige Bemerkungen auf die Folien-Kopien geschrieben. Nun schicke ich Ihnen hier aber doch davon die relevanteren Blätter kopiert mit. So hat man einen Direkt-Kommentar. Es ist zwar ein recht krudes Verfahren, weswegen ich um Verzeihung bitte. Aber ich tue es ja gratis und bislang wohl auch umsonst, denn zu der von uns 2013 angestoßenen Thematik erkenne ich in der laufenden Begutachtung noch keine rechten Ergebnisse.

Die hinzugekommene PCB-Problematik nimmt nun zu Recht viel Platz ein, aber auch zu ihrem künftigen Gefahren-Potenzial gehört das strukturelle Erbe der Bergsenkung, dem man deswegen nachgehen muß.

Da ein für den 28. April vorgesehenes Gespräch mit [redacted] / ahu AG auch nicht stattfand, habe ich einige Vorlagen der ahu AG, die ich zur Vorbereitung des ausgefallenen Treffens zum 28. 4. erhalten hatte, ebenso behandelt. Möglicherweise kann ich so doch mehr beitragen, als wenn ich bei den Sitzungen anwesend gewesen wäre, denn in solchen Sitzungen ist die verfügbare Zeit doch zu kurz zu gründlicher Erörterung besonders nach geologischen Kriterien.

Es gibt aus den Tagen der BHV zwar viele Dokumente zur Analytik von Abfällen und Wässern - zu denen allerding kaum sachgerechte Auswertungen bekannt sind. Aber fast gar keine orts-spezifischen Kenntnisse zu den Wasserwegsamkeiten im Hangenden der Deponien sind verfügbar, weil dort natürlich außer ganz wenigen Bohrungen keine Aufschlüsse sind. Man kann deswegen aber doch nicht annehmen, daß dort alles wasserdicht genug ist. Deswegen bleibt man auf fachliche Erfahrungen aus Lithologie und Struktur aus besser aufgeschlossenen Gebieten über Tage angewiesen, die man vorsichtig auf das Revier übertragen muß. Dabei ergeben sich jedoch kaum genau lokalisierte Fakten, sondernTrends,

diffuse Tendenzen, Wahrscheinlichkeiten. Wo Wasserwegsamkeiten solcher Art sich nicht vollständig ausschließen lassen, darf man keine BHV betreiben.Aber vor 20 Jahren vermied man die Suche nach Hindernissen.

Lassen Sie mich deshalb hier ein paar Bemerkungen zu Teilen des jetzigen Gutachtens machen. Es wird begrüßt, daß die gerechneten Modelle numerische Ergebnisse liefern, die sich bequemer handhaben und mitteilen lassen als die qualitativen Befunde der traditionellen Geologie. Nur es darf damit nicht sein Bewenden haben.

Die jetzt vorherrschende Thematik hat sich ja erst nach unserer anfänglichen Wortmeldung entfaltet, und den nun in das Verfahren eingeführten Methoden der Modellierung gegenüber bin ich ein Outsider. Wo ich etwas zu kritisieren hätte, könnte ich deshalb doch kaum eine Verbesserung vorschlagen. Dennoch meine ich, daß die modernen Methoden bei all ihrem Nutzen von der traditionellen Geologie doch kritisch begleitet werden müssen, und auch das kann letztlich nur von Nutzen sein.

Heutige Gutachter betonen mit Recht, daß manche Befunde der "Basisgutachten" wie vor allem der "Machbarkeitsstudie" (MS) kaum übertragbar, nicht quantitativ begründet sind. Tatsächlich hätte man für das großflächige Revier, dem die MS galt, ja auch keine Modelle liefern können, die für jeden einzelnen Homogenbreich gleichermaßen zutreffen würden. Es wurde in der MS ja auch ausdrücklich verlangt, daß die Einzelfälle gründlich geprüft würden - was aber bei BW Haus Aden nicht ausreichend befolgt wurde. Daß nun das risikoreiche Projekt BHV endlich auch nach den Gesetzen der Thermodynamik geochemisch überprüft werden soll, ist aus geowissenschaftlicher Sicht nur zu begrüßen. Man wird zu den wechselhaften chemischen und hydrogeologischen Abläufen Vorstellungen formulieren und reproduzieren können, wie es das zum Revier zuvor kaum gab. Wie genau aber treffen diese Modell-Ergebnisse jeweils auf ein bestimmtes Objekt orts-spezifisch zu - z.B. auf die Deponie in Flöz Grimberg 2/3 in tiefen Essener Schichten im BW Haus Aden - Monopol unter Bergkamen? Kann man heute einen geeigneten Standard für die chemischen Gehalte der Grubenwässer wählen, obwohl diese bei der Einlagerung sehr wechselhaft waren und sich möglicherweise auch weiterhin öfters änderten?

Die Treffsicherheit der Modelle hängt im Einzelfall ja wohl von der Auswahl der Eingangs-Daten ab. Im Fall Haus Aden hätte ich dazu folgende Hinweise und Fragen:

1.) Unweit östlich Bergkamens lag während der Sedimentation ein Liefergebiet für Sande, das auch die Essener Schichten im Osten des Reviers und mehr noch ihr höheres Hangendes beschickte (SUESS et al., 2000, Geol. Jb. A.156), während sonst die zur Deponie bevorzugten Schichten sandstein-ärmer sind. Hier ist mit wegsamerem Kluftnetz zu rechnen als weiter westlich. Wird dies im Gutachten berücksichtigt? Können sich - bei der großen Zahl von Variablen aus Mächtigkeiten, Lithologien, Strukturen, Wasservolumina, Chemismen etc. - nicht große Unsicherheiten ergeben?

2.) Im Zwischenbericht zum 14.3., S.77, 9.3 Nahfeld, Tab. 21, wird das Schachtprofil des Schachtes Grillo 4 als Grundlage des geologischen Aufbaues herangezogen für das Nahfeld der Deponie von Bergkamen. Tab. 21 führt Parameter für Durchlässigkeiten und Porositäten für das Nahfeld mit einer Modellhöhe von etwa 300 bis 500 m und bis zu 2.5 km horizontaler Erstreckung auf. Die betrachteten ca. 400 m Mächtigkeit unter und über dem wohl etwa 30 m mächtigen BHV-betroffenen Paket (ab Wurzelboden mit $Kh = 3 \times 10^{-9}$ m/s) werden in 6 Pakete eingeteilt, für die jedoch keine Einzel-Mächtigkeiten differenziert werden. Diese müssen aber variieren, besonders wenn Sandsteine nicht sehr flächig, sondern als mäandrierende distributäre Rinnen ausgebildet sind. In letzteren ist die effektivste Kluft-Wegsamkeit zu erwarten. Ich weiß nicht, wie anhand der Parameter der Tab. 21 das Fließen zuverlässig modelliert werden soll. Kann man nicht die Verhältnisse der Litho-Varianz näher angepaßt einbringen?

3.) Während des Versatzes dort wechselte der Salzgehalt des gehobenen Grubenwassers extrem (zitiert durch"Zickzack-Kurven"[redacted]). Dazu wurde nun mehrfach auf die großen Volumina von Betriebswasser verwiesen, zu denen aber keine Daten beigegeben waren. Beprobung bei starkem Betriebswasser-Anfall hätte ja die Analytik zur Farce gemacht.Wenn die zeitweilige Aussüßung bis auf Trinkwasser-Niveau nur auf Betriebswasser-Zufuhr beruhen sollte, müßten die zugeführten Mengen gewaltig gewesen sein. Denn da doch intermittierend jeweils alsbald wieder Höchstwerte an NaCl eintraten, müssen diese auch neben dem vermeintlichen Betriebswasser beständig aus der Nähe beteiligt geblieben sein. Dann ist aber fraglich, ob man so große Mengen nutzen wollte, deren Hebung ja teuer war, oder ob sie ungewollt zusetzten. Die Herkunft der Frischwässer wird jetzt divers diskutiert. Ist solcher Zutritt jetzt beendet? Wie wird dieses Schwanken in die Modellierung einbezogen?

4.)Weithin sind Cenoman und Turon verkarstet.Die Ausbildung dieser Wegsamkeiten wechselt örtlich stark. Schemata einiger Vortragsfolien der Gutachter zeigen den Karst nicht an. Wo ausgebildet, kann er aber für lateraleVerbreitung kontaminierter Wässer relevant sein. Müßte das nicht mitmodelliert werden, um solche Gefährdung zu berücksichtigen und nicht einfach darüber hinwegzugehen?

4.) Ich wundere mich, daß dort keine amtlichen Beprobungen auf Störungen der Bergsenkung vorgenommen werden, die man doch bei der dort nur geringen Quartär-Mächtigkeit leicht im Emscher um Tiefs herum finden könnte - u. U. sogar schon in Schürfen. Außer Wässern wäre mit Mineral-Neubildungen zu rechnen (Schlämmproben-Vergleiche, Erhaltungsweise von Mikrofossilien als Schwermetall-Fallen). Stattdessen werden nur andere Quellen der gemessenen Kontaminationen bei Bergkamen erwogen, die aber selbst bei Zutreffen eine eigene Wirkung der BHV kaum ganz ausschließen könnten.

5.) Was sagen die leicht erhöhten Fluorid-Gehalte auf Feldern bei Bergkamen (in einem deutlich bewegten Gebiet) über die hydrogeologischen Wirkungen der Bergsenkung aus? Wenn sie, wie man erfahrungsgemäß annimmt, ursprünglich aus dem Emscher-Mergel stammen, dann wäre eine Förderung durch Pumpen-Dynamik der Bergsenkung anzunehmen. In solchem Fall wäre hier prinzipiell die Fähigkeit der Bergsenkung zu sehen, auf ihren Störungen Grundwasser zu heben.

Falls aber F, Ba, Sr mit gehobenen Grubenwässern gefördert wären und oberflächlich verbreitet wurden, bestünde Verdacht, daß sie aus dem Emscher zunächst auf tätigen Brüchen zuerst in das Tiefenstockwerk gelangten und dann von dort mit Grubenwasser gehoben wurden. In solchem Fall (der weniger direkt ist) hätte man einen Hinweis auf Zusickerung aus hohen Stockwerken ins Flözführende infolge der Dynamik der Bergsenkung trotz geringerer Dichte.

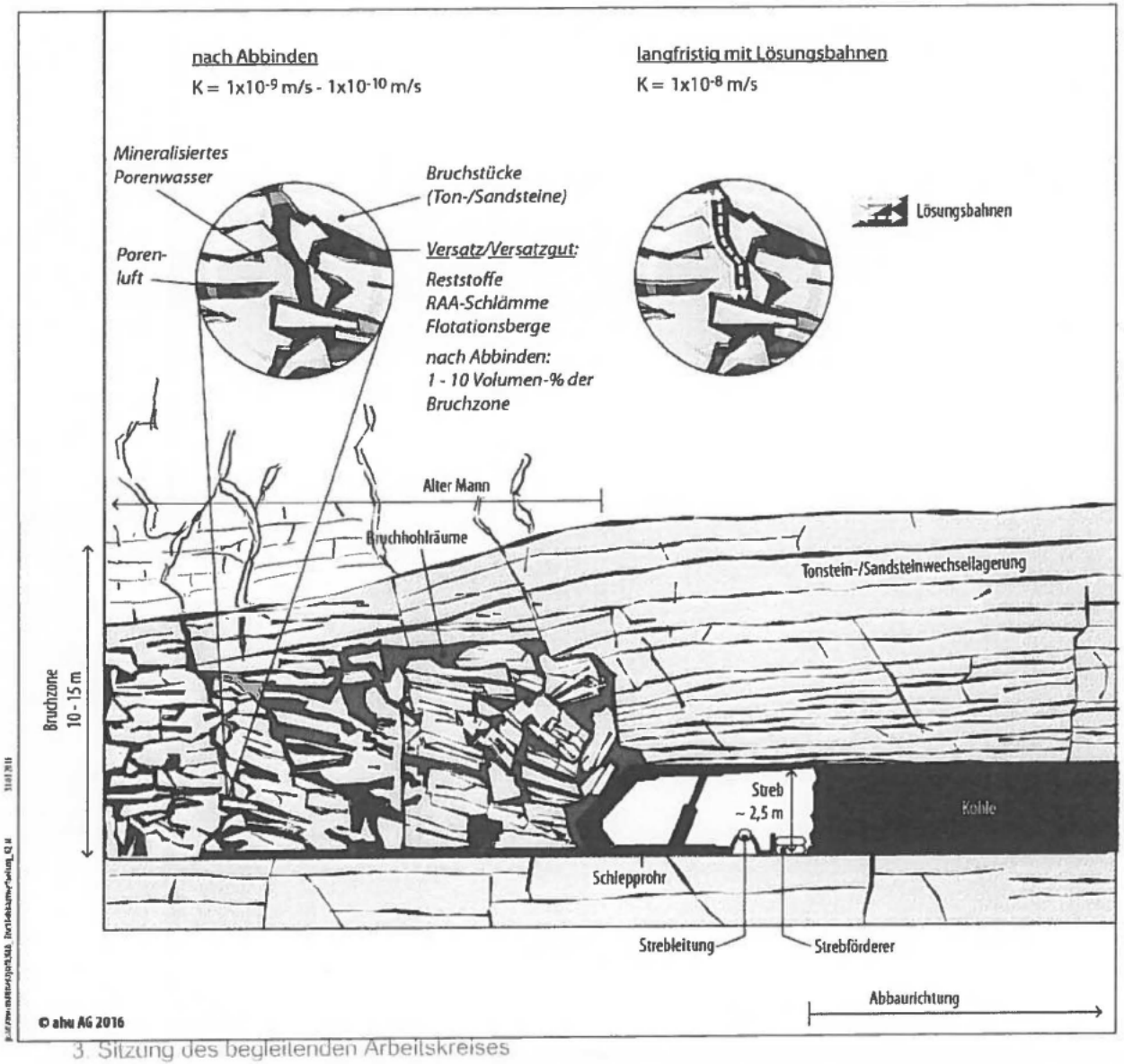
Um hinsichtlich der angegebenen Herkunft von F, Ba, Sr aus dem Emscher-Mergel sicherer zu gehen, könnte man die Analysen der Grubenwässer aus Haus Aden, Flöz Grimberg 2/3 untereinander vergleichen: Hohe Werte von Ba und Sr sind bei hohen NaCl-Gehalten zu finden. Demnach kommen diese wohl "von unten". (F wurde in diesen Grubenwässern nicht untersucht.)

In der Hoffnung, daß meine Hinweise etwas nützen

mit freundlichen Grüßen [redacted]

[redacted]

BHV



Unvollständig:
Hangendes d. Alten Mannes ist weiter hinauf zerklüftet

Wurde Überschusswasser beobachtet?

Ja:

- In wenigen Einzelfällen zu Zeiten der Großversuche BW Walsum bei Vorversuchen, die 1985/86 zur generellen Entwicklung einer Verbringungstechnik und damit verbundenen Anforderungen an die Suspension durchgeführt wurden.

Nein:

wurden verdichtete Massen entnommen – Wasser war weg

- bei Betriebsstörungen (Abschlussberichte Grimberg) ? nicht differenziert
- in Bohrungen in die BHV (Consolidation)
- in der aufgefahrenen Erkundungsstrecke (Walsum)

} nach wie langer Zeit?

ahu AG

Gab es Überschusswasser?

Ist es wahrscheinlich? Nein

- Unterschiedliche Rezepturen haben unterschiedliche Wasseransprüche (Bsp.: identische Flotationsberge mit unterschiedlichen Gehalten an Restkohle, brennbare Anteile in EFA Voerde)
- Rezepterstellung mittels Laborversuchen
- Überschusswasser verändert die Transporteigenschaften der Suspension ungünstig (Sedimentation) und steigert das Risiko von Betriebsstörungen OK
- Viskosität der Suspension wurde durch Rohrviskosimeter und Bestimmung des Ausbreitmaßes überwacht

? Haben Bergleute im Überschußw. gestanden ?

ahu AG

Luftpfad: Untersuchungen zu Staubemissionen

- Folgeuntersuchung Immisionskataster BW Haus Aden (GWS 1995)
  - keine flächenhaften Veränderungen bei den Schwermetallen sowie PCB und Dioxine/Furane.
  - Bei PAK wurden auf drei Flächen Erhöhungen festgestellt. Ein räumlicher Zusammenhang – flächige Ausbreitung über Schwebstaub – wurde als nicht sehr wahrscheinlich erachtet

Gehen PAK mit Methan mobilisiert?

- Emissionsmessungen an 4 Siloanlagen BW Walsum (RWTÜV 1996)
  - „sämtliche Konzentrationen lagen....unter den Grenzwerten“
  - „die Filteranlagen arbeiteten im bestimmungsmäßigen Bereich“

Pfad Grundwasser: [redacted]

1. Neue Wegsamkeiten durch Bergsenkungen OK
2. Überschusswasser je nach Rezeptur
3. Süßwasser "legt nahe" "beweist" Zustrom von oben: sehr große Volumina für Verdünnung nötig
4. Besondere Fließwege ± faziesbedingt: vernachlässigt

Der immer wiederkehrende Anstieg von NaCl (= geogen) zeigt, daß auch bei reichlichem Betriebsw. noch ein hoher geogener Anteil anfällt, den das Betriebsw. nicht auf Minimal-Werte senken könnte. Wechselhaftigkeiten (auch simultane) mit Bruchdynamik im Hangenden erklärbar.

ahu AG

[redacted] neue Wegsamkeiten

versteht sich geo-relativ

Der Emscher Mergel wird durch die Bergsenkungen blitzartig durch neue Störungen zerrissen und durchlässig. Sie ermöglichen Tiefengrundwässern direkte Wege in die oberen Grundwasserstockwerke.

- Bergsenkungen erfolgen zeitlich verzögert
- Der Emscher Mergel reagiert auf Grund des hohen Tongehaltes annähernd flächig, gleichmäßig und mit bruchlosem Durchbiegen
- Diese Störungen wurden noch nie beobachtet oder dokumentiert.
- Deckgebirge ist wasserführend und hat gegenüber dem Karbon den deutlich höheren Wasserdruck: Wasser würde „nach unten" fließen.

Aber es muß welche geben – nur lohnen sie sich nicht so sehr.

Sie müssen nicht – von Emscher bis Essener aushalten (bzw. umgekehrt, denn der Ursprung ist unten.) Je nach Einfallen klingen sie aus, liegen in die Schichtung und werden seitwärts ersetzt

Werden bei Schlämm-Aufbereitung erkennbar: angereicherte Harnische

Absenkg. eines Blockes hat "Pump-Effekt"

Frischwasser tut das ja wohl auch fallweise

Dies gilt großflächig, ist aber auf aktiven Brüchen modifiziert.

ahu AG

[redacted] Überschusswasser

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

Nicht zu fordern, da

- Keine Beobachtung austretendes Wassers während der BHV: länger dauernde ± viele Etappen
- Betriebsstörungen zeigen zu geringen Wassergehalt
- Monitoring der Grubenwässer damals nachlässig, Farce!
- GwFluss gegen die Schwerkraft im ungesättigten Bereich nicht nötig: Pumpen der Bergsenkung
- Bilanzierung / wasseruntersättigtes Gebirge

ahu AG

[redacted] Süßwasser beweist Zustrom von oben

Die Grubenwässer mit unterschiedlichen Salzgehalten untertage zeigen die vielen unterschiedliche Wegsamkeiten im überlagernden Gebirge.

- Tiefengrundwasser ist immer hoch mineralisiert OK
- Auch Zusickerung „von oben" (z.B. Emscher Mergel) ist höher ~~als was~~? OK mineralisiert eher Cenoman-Turon-Karst
- Geringere Leitfähigkeiten zeigen, dass es sich um Zumischung ? handelt, z.B. Betriebswasser (Staubschutz) oder aus höherem Stockwerk
- In aktiven BW wurden im Durchschnitt in den letzten 5 a:
  1,9 Mio. m³ bis 3 Mio. m³ Frischwasser eingesetzt
  2,6 Mio. m³ bis 4 Mio. m³ Grubenwasser gehoben
  d.h. 75 % des Grubenwassers ist Frischwasser Hier keine Aufzeichnungen
- Die unterschiedliche Mineralisation der Grubenwässer erlauben KEINE pauschalen Aussagen über die Durchlässigkeiten

Probenserien gemessen, aber nicht ausgewertet

[redacted] Besondere Fließwege

Die klüftigen Sandsteine und besondere Schichten (Wurzelböden etc.) stellen auch Fließwege dar.

- Die unterschiedlichen Durchlässigkeiten der geklüfteten Sandsteine und Tonsteine werden im Grundwassermodell berücksichtigt.: zukünftig
  ~~1995 vernachlässigt~~

Fragen zu:

- Durchgehende Fließwege BHV – Tagesoberfläche: "Potenzial" aus Dynamik
- ~~große~~ mäßige Mengen Überschusswasser, die spät oder nicht fixiert werden.
- Fließen gegen die Potentialverteilung: Intermittierend – längerzeitlich "Pumpen"-Wirkung auf Brüchen beim Fallen von "Gesteinsblöcken"

ahu AG

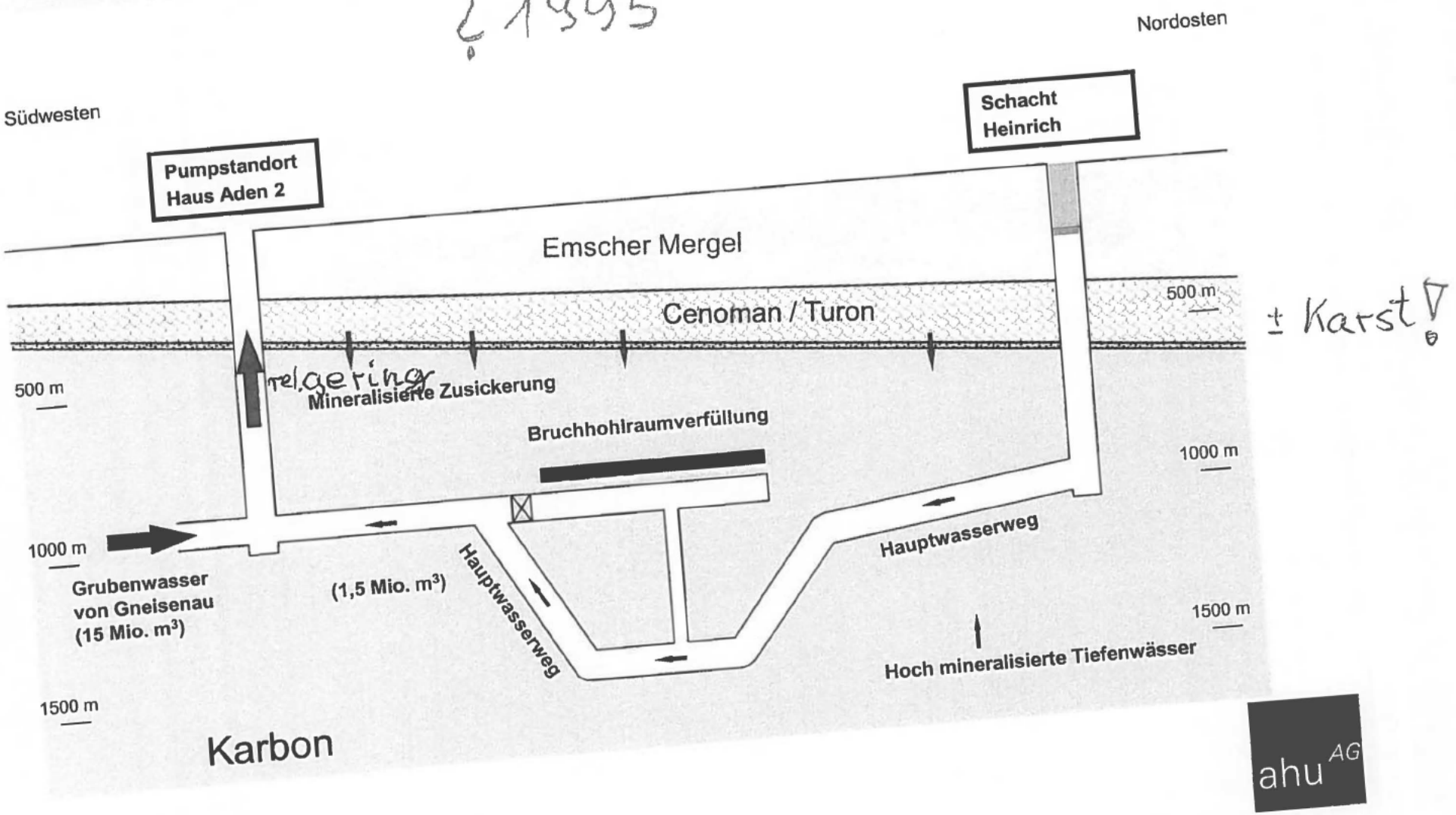
Mögliche, weitere Ursachen

- Gewässerausbau Seseke und Kuhbach mit ortsfremden Materialien
- Ableitungen im Kuhbach (Industrie, Haushalte, Bergbau, ...)
- Jährlich 1,5 Mio. t Staubemission 60er bis 70er Jahre im Ruhrgebiet (http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-21112102.html).
- Erhöhter geogener Hintergrund Fluorid, Barium, Strontium im Emscher Mergel / Münsterland OK.: Wie kommt das auf den Acker? Durch Bergsenkungs-Dynamik!?
- Ggf. Klärschlammaufbringung, Düngung, etc
- ....

ahu AG

Grubenwasserströme (2015)

? 1995



ahu AG

Durch die Zumischung der RAA-Schlämme und Flotationsberge sowie von Wasser wurde zum einen erreicht, dass die bergbaufremden Abfälle über Rohrleitungen in Suspension von pastöser Konsistenz und pumpbar waren; zum anderen sollte durch die Beimengung der RAA-Schlämme der Abbindeprozess unterstützt werden (*puzzolanische Eigenschaften bzw. Hydratationsfähigkeit*, LWA 1991, S. V/8).

zweifelhaft

Nach Aussage der BR Arnsberg hatten die Aschen eine Dichte von 1,0 g/cm³ und die Schlämme eine Dichte von 1,1 g/cm³. Deshalb entsprechen die Angaben im Risswerk (direkte Angabe in m³) ungefähr den Angaben in den Abschlussberichten der RAG (Angabe in t).

lauter Wasser!

Tab. 3: Ursprung und Menge der nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses in die Bauhöhen Grimberg 1, 2, 16, 17 und 31 eingebrachten Reststoffe (Datenquelle: Quartals- und Abschlussberichte der RAG)

	RSN	Anzahl Zulieferer	Menge [t]	Ursprung
Filterstaub	31309	19	57.538	Filterstäube aus Abfallverbrennungsanlagen
	31312	7	4.794	Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Abfallverbrennungsanlagen
RAA-Schlamm	31613*	9	21.304	Gipsschlamm
	31620	10	78.942	Gipsschlamm mit schädlichen Verunreinigungen
	31314	1	2	Feste Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung von Feuerungsanlagen ohne Rea-Gipse
Flotationsberge	-	1	5.388	Bergwerk Prosper/Haniel
Summe			**167.968****	

* Die RSN 31613 (Gipsschlamm) ist nicht in der Reststoffbestimmungsverordnung enthalten. Die Verwendung der RSN wird zzt. noch geprüft.

** Geringfügige Abweichungen zu Tab. 4 siehe Erläuterung im Text.

Tab. 4: Verbrachte Reststoffe und RAA-Schlämme in den einzelnen Bauhöhen (Datenquelle: Quartals- und Abschlussberichte der RAG)

Bauhöhe	Zeitraum	HMVA Filterstaub (t)	RAA-Schlämme (t)	Verbrachte Menge (t) gemäß Abschlussberichte	Verbrachte Menge (m³) gemäß Risswerk
Gb1	1995-96	17.636	23.438	41.074	42.561
Gb2	1992-94	5.184	23.933	29.118	30.563
Gb16	1993-95	13.004*	16.974*	29.725*	29.296
Gb17	1995	11.105*	13.623*	24.302*	26.259
Gb31	1996-98	15.360	27.509	42.869	41.769
Summe		**62.289**	**105.477**	**167.088**	**170.448**

*Abweichungen in der Quersumme siehe Text

Die Probenahmen (2) bis (4) sind auf dem BW Haus Aden/Monopol nur noch im Nahbereich des Schachtes Grimberg 2 (sog. Umtriebe) und auf der Strecke zwischen dem Schacht Grimberg 2 und der Wasserhaltung Victoriadamm möglich. Alle anderen Grubenbaue sind nicht mehr zugänglich (Abb. 14).

Die Entscheidung über die Art der Proben und Probenahmestellen im Bereich der Umtriebe werden vor Ort durch die Gutachter getroffen.

5.2.6 Weiteres Vorgehen Massenbilanzierung und Bewertung des Gefährdungspotenzials organischer Schadstoffe

Eine umfassende Charakterisierung des organischen Schadstoffpotenzials in den verbrachten Reststoffen ist auf Grundlage der zum jetzigen Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht möglich. Abgesehen von der Stoffgruppe der Dioxine liegen keine umfassenden quantitativen Daten zu organischen Schadstoffen in den eingebrachten Filterstäuben vor. Eine chemische Analyse der eingebrachten RAA-Schlämme und Flotationsberge liegt derzeit noch nicht vor. Die Abschätzung weiterer organischer Schadstoffe kann demnach nur durch das Heranziehen sekundärer Literatur sowie Erkenntnisse der Machbarkeitsstudie [redacted]) erfolgen. Diese Recherche wird derzeit durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse der geplanten untertägigen Untersuchungskampagne kann dann eine Bewertung der zzt. noch offenen Fragen erfolgen.

d.h.: Sie lesen jetzt die Machb.-Stud

Es ist jetzt Wunsch, was die Mbk.-St. sagte.
E gilt jetzt, was geowissenschaftl. stimmt.

6 ABLAUF DES BERGRECHTLICHEN BETRIEBSPLANVERFAHRENS FÜR DIE VERWERTUNG BERGBAUFREMDER RESTSTOFFE ALS VERSATZ [redacted]

Die in diesem Kapitel enthaltenen Angaben und Erläuterungen stellen den derzeitigen Bearbeitungstand dar; es folgen noch weitere Recherchen.

Auf dem BW Haus Aden/Monopol, Baufelder E1, E2 und E3, wurden von April 1993 bis Februar 1998 bergbaufremde, besonders überwachungsbedürftige Reststoffe in die durch Abbau des Flözes Grimberg 2/3 geschaffenen Bruchhohlräume eingebracht. Die konkreten Planungen hierfür basierten auf dem im April 1991 der Bergbehörde vorgelegten *Rahmenkonzept für die Verbringung von Gemischen aus Flotationsbergen sowie Flugaschen und -stäuben [...] und Rauchgasreinigungsrückständen [...] aus Hausmüllverbrennungsanlagen [...] zur Bruchhohlraumverfüllung.* Die Prüfung und Zulassung eines Betriebsplans für die Verwertung bergbaufremder Reststoffe als Versatz erfolgte jeweils durch das zuständige Bergamt. Die durchgeführten Betriebsplanverfahren für die genannten Baufelder wurden durch den Arbeitskreis „Eignung von Steinkohlenbergwerken im rechtsrheinischen Ruhrkohlenbezirk zur Untertageverbringung von Abfall- und Reststoffen auf dem Bergwerk Haus Aden/Monopol" unter Federführung des damaligen Landesoberbergamtes NRW begleitet. Die erste Sitzung dieses Arbeitskreises fand im Juni 1991 statt.

Die Rechtmäßigkeit der untertägigen Reststoffverbringung wurde durch das Oberverwaltungsgericht für das Land Nordrhein-Westfalen in seinem Beschluss vom 18.07.1997 (Az: 21 B 1717/94) bestätigt: Laut Gericht sei der Einsatz der Abfälle zur Bruchhohlraumverfüllung als Nachversatz eine stoffliche Verwertung; die bergrechtliche Betriebsplanzulassung sei nach Verfahren und nach materiellen Zulassungsvoraussetzungen so ausgestaltet, dass mögliche Gefährdungen der menschlichen Gesundheit, der Umwelt oder anderer geschützter öffentlicher und privater Belange verhindert würden; die Bergbehörde habe im Zulassungsverfahren in rechtlich einwandfreier Weise geprüft, ob entgegenstehende überwiegende öffentliche Interessen vorlägen. Das Gericht kommt weiterhin zu dem Schluss, dass die Betriebsplanzulassungen auch den europarechtlichen Vorgaben für die Genehmigung von Anlagen zur Verwertung von Abfällen/Reststoffen genügten.

Das bergrechtliche Betriebsplanverfahren für die Verwertung bergbaufremder Reststoffe als Versatz begann jeweils mit dem Antrag des Verwertungsunternehmers, in diesem Fall des Bergbauunternehmers, an das Bergamt. Dieser Antrag, der unter anderem die Beschreibung der Einbringtechnik sowie verschiedenste Nachweise beinhaltete (Abb. 16), wurde bei dem zuständigen Bergamt eingereicht und von diesem nach den Vorgaben des Bundesberggesetzes geprüft. Auf der Grundlage dieser unter Berücksichtigung der Stellungnahmen der beteiligten Behörden durchgeführten Prüfung wurde das Vorhaben gegebenenfalls erörtert, woraus eine Planänderung resultieren konnte, die erneut unter Berücksichtigung weiterer Stellungnahmen der in der Abb. 16 genannten Stellen zu prüfen war.

Rechtmäßigkeit nicht so wichtig wie geolog. Eignung. Ob dies korrekt beurteilt wurde, stand nicht zur Debatte. Das ist schlimm!

- **Zugelassen am 14.08.1996** durch das Bergamt Recklinghausen; die Zulassung bezog sich auf die Grundsätze der Organisation und Durchführung der Reststoffverwertung als Nachversatz zur Bruchhohlraumverfüllung im Flöz Grimberg 2/3 in den Baufeldern Monopol E3/E4; die Zulassung umfasste ausdrücklich nicht die Verwertungsvorhaben in den einzelnen Bauhöhen, für die jeweils noch Sonderbetriebspläne mit ergänzenden Angaben zur Zulassung vorzulegen waren.

- **Zugelassen am 19.08.1996** durch das Bergamt Recklinghausen; Zulassung der Verbringung von Reststoffen nach dem Prinzip des vollständigen Einschlusses in den Bruchhohlraum des Abbaubetriebes Gb31, Baufeld Monopol E3.

Eine detaillierte, auf den zur Verfügung stehenden Unterlagen basierende Beschreibung der durchgeführten Sonderbetriebsplanverfahren, der begleitenden Prüfung durch die beim damaligen Landesoberbergamt NRW eingerichteten Arbeitskreise, der betrieblichen Durchführung und der behördlichen Überwachung wird im Detailbericht 2 [redacted] erfolgen.

nutzlos, da verschüttete Milch

Wichtiger Fragen nach Geologie → Bergsetzung
Dynamik

OK

2011). Dies ist wichtig für die Sorptionseigenschaften der Gesteine bezüglich der organischen Schadstoffe PCDD/PCDF und PCB.

Die einzelnen Flöze wurden in sog. Cyclothemen abgelagert. Dies ist eine regelmäßige Abfolge von Flöz, Ton- und Schluffsteinen, Sandsteinen/Konglomeraten, Schluffstein, Tonstein und dem nächsten Flöz. Die einzelnen Ton- und Schluffsteinlagen haben eine geringere Durchlässigkeit als die Sandsteinlagen, die auch geklüftet sein können. Die Mächtigkeit eines Cyclothems beträgt im Durchschnitt 7 bis 10 m. eben!
Das Karbon beginnt im Untersuchungsgebiet gemäß der Bohrung Schacht Grillo 4 mit einer Wechsellagerung aus Sand- und Tonsteinen und gering mächtigen Kohleflözen.

In der Bohrung Schacht Grillo 4 wurden ca. 20 Kohleflöze angetroffen. Im Bereich der Baufelder Monopol E1 bis E3 wurden Flöze der Zollvereingruppe sowie die Flöze Grimberg 2/3, Röttgersbank und Wilhelm abgebaut. Die Recherche ist noch nicht abgeschlossen. Zwischen dem Abbau im Flöz Grimberg 2/3 und dem Abbau im Flöz Röttgersbank im Bereich der o. g. Baufelder bestand ein Abstand von ca. 600 m. ?

Die Tab. 14 gibt eine Übersicht über die bekannten Durchlässigkeitsbeiwerte im Oberkarbon (Startwerte für die Kalibrierung des Regionalmodells).

Tab. 14: Überblick über Durchlässigkeitsbeiwerte im Oberkarbon (Quelle: Paas 1997)

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

* Unter Versatzbereich wird der vertikale Bereich einer Bruchhohlraumverfüllung (ca. 10 bis 15 m) verstanden (s. Abb. 6)

Damit sind die Wegsamkeiten auch bei Betrachtung der Gebirgsdurchlässigkeiten als *äußerst gering* (Klassifizierung gemäß Hydrogeologische Karte, HK 50) einzuschätzen. Die Auflockerung (Gefügezerstörung) durch den Steinkohlenabbau reicht nach Jäger et al. (1991) nur bis zum Drei- bis Fünffachen der jeweiligen Flözmächtigkeit ins Hangende hinein.

aber stirbt doch nicht!
Narrefei!

schen In-situ-Milieus ändern (betrifft u. a. Ionenstärke, pH-Wert, Redoxverhältnisse), welche die Mobilität der Stoffe kontrollieren.

O_2 im Betriebswasser

In zeitlicher Entwicklung werden Prozesse in der Flutungsphase der BHV mit einem auf das Grubengebäude Haus Aden/Monopol zugerichteten Gradienten, einer Übergangsphase mit bereichsweise wechselnden Richtungen des hydraulischen Gradienten – also auch einem möglichen Stofftransport in das Fernfeld – und einer Dauerphase mit Haus Aden/Monopol als hydraulischem Zwangspunkt durch dauerhafte Grubenwasserhebung zu betrachten sein. auch im Karst einschl. Karst!

Ferner werden hydrogeochemische Informationen für die hydrogeologische Systemanalyse (ahu AG) und die Modellierung des Fernfeldes, dem unverritzten Gebirge, durch delta h [redacted] sowie daraus abgeleitete Vorschläge für die Bewertung und für ein zukünftiges Monitoring bereitgestellt. X

? Wasseranalysen?

Der vorliegende Bericht enthält erste Ergebnisse zur Sichtung von Unterlagen, zur Aufbereitung von Daten zu geogenen Hintergrundwerten des Grundwassers in verschiedenen Teufen, zur anorganischen Hydrochemie der Grubenwässer in Haus Aden/Monopol.

Es wird unterschieden zwischen Tiefengrundwasser und Grubenwasser.

Tiefengrundwasser ist das Grundwasser, was bereits vor dem Auffahren der BW in den Klüften und Poren des Steinkohlengebirges vorhanden war und aufgrund der weiträumigen Überdeckung durch gering durchlässige Schichten nicht unmittelbar durch Zusickerung aus der Grundwasserneubildung ergänzt wird. Es sickert auch heute noch dem BW zu und wird nach einer Flutung langfristig das Wasser sein, das mit der BHV in Kontakt kommt. Dieses Tiefengrundwasser ist immer hoch mineralisiert und die Mineralisation nimmt mit der Tiefe zu (Abb. 22). weil ~~so~~ sich immer eine Dichteschichtung durch Fließen ~~geb.~~ einstellte

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

Die Auswertungen des Chemismus der Tiefengrundwässer sind deshalb relevant, weil bei den hydrochemischen Modellierungen (Kap. 8), eine Annahme für die Zusammensetzung eines unbeeinflussten Tiefengrundwassers getroffen werden muss.

Zum jetzigen Stand der Bearbeitung können folgende Wässer definiert werden:

„RAG-Wasser"

In der Machbarkeitsstudie und vielen Studien aus dieser Zeit wurden die Elutionsversuche aus Gründen der Vergleichbarkeit mit einem standardisierten, dem sog. RAG-Wasser, durchgeführt. Die Ruhrkohle AG hat dieses Standard-Grubenwasser in Zusammenarbeit mit dem Landesumweltamt und der Ruhr-Universität Bochum definiert ([redacted]). [redacted] verweist darauf, dass dessen Zusammensetzung *zwischen den beteiligten Stellen Mitte 1992 vereinbart wurde*. Dieses Wasser sollte den Hauptbestandteilen eines Tiefenwassers in der Tiefe der Bruchhohlraumverfüllungen (Teufe - 800 m) entsprechen. Allerdings enthält dieses RAG-Wasser nur eine Auswahl von Stoffen, u.a. keine Schwermetalle. Deswegen nur begrenzt nützlich.

[redacted]

[redacted] liegen gut dokumentierte und vom LFH ([redacted]) überprüfte Analysen von zutretendem, weitgehend unbeeinflusstem Tiefengrundwasser vor. Der untersuchte Parameterumfang bei Wedewardt (1995) ist deutlich größer als beim RAG-Wasser.

Für die weiteren Betrachtungen kann deshalb ein Mittelwert der validierten Analysen für Betrachtungen des Fernfeldes verwendet werden („[redacted] Mittelwert").

Für die Modellierung in der BHV und im Nahfeld kann auch eine für typisch erachtete Analyse verwendet werden, da dann die hydrochemischen Modellierungen mit einem realen Tiefengrundwasser erfolgen [redacted] Z2"). = Staßfurth-Lauge?

Die Entscheidung über die Verwendung der Wässer wurde von den Gutachtern bisher noch nicht getroffen.

7.3.2 Vorgehensweise

Im Einzelnen wurde eine sehr detaillierte und umfangreiche Erhebung der überwiegend analog vorliegenden Daten und deren digitale Erfassung durchgeführt. Hierbei wurden auch in großem Umfang Literaturauswertungen durchgeführt, um gut dokumentierte Originaldaten über die tiefen Grundwässer und Grubenwässer zu erhalten. Diese Arbeiten werden im Detailbericht 3 (LFH, [redacted]) umfassend dokumentiert werden. Als wichtigste und verlässliche Datenquelle für Aussagen über die Hydrochemie der tiefen Grundwässer und Grubenwässer (190 Vollanalysen) wurde [redacted] (1995) identifiziert.

Die in der Arbeit Diss. [redacted] (1995) enthaltenen Analysenergebnisse sind die einzigen nachvollziehbaren Werte, zumal die Arbeit als Dissertationsschrift an der Universität Bonn durch die Promotionskommission hinsichtlich ihrer wissenschaftlichen Qualität geprüft wurde. Sie werden deshalb als geogene Hintergrundwerte für die weiteren Betrachtungen herangezogen.

Unsinn! [redacted] war auch an Uni Bonn

7.3.3 Tiefenabhängigkeit der Parameter

Es wurde die Tiefenabhängigkeit einzelner physiko-chemischer Messgrößen und Stoffe ausgewertet: Dichte, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Temperatur, Gehalt an NaCl und Abdampfrückstand. Bis auf den pH-Wert nehmen alle Parameter mit der Tiefe zu. Exemplarisch sind im Zwischenbericht zunächst die pH-Wert-Verteilung (Abb. 21) und der Abdampfrückstand (Abb. 22) dargestellt. Z2-Lauge

Die pH-Werte liegen bis zu einer Teufe von - 600 mNN zwischen 7,24 und 7,69. Mit zunehmender Teufe sinkt er bis zu einem Minimalwert von 4,78 (- 931 mNN). Saure pH-Werte sind die Folge der Belüftung des Gesteins durch das Grubengebäude. Natürlich im Gestein enthaltene Sulfidminerale werden dann oxidiert und setzen Säure, Sulfat, Eisen und weitere Spurenstoffe frei (Nahfeld). Proben solcher Wässer sind ggf. nicht repräsentativ für die Stoffkonzentrationen der Grundwässer im unverritzten Gebirge (Fernfeld) und sind in den Abbildungen 21 und 22 in gelber Farbe dargestellt. ! O_2

Pflanzen-Laugen

Folgen der Oxidation erhöhen Wegsamkeit auf Pflanzen-Streuen

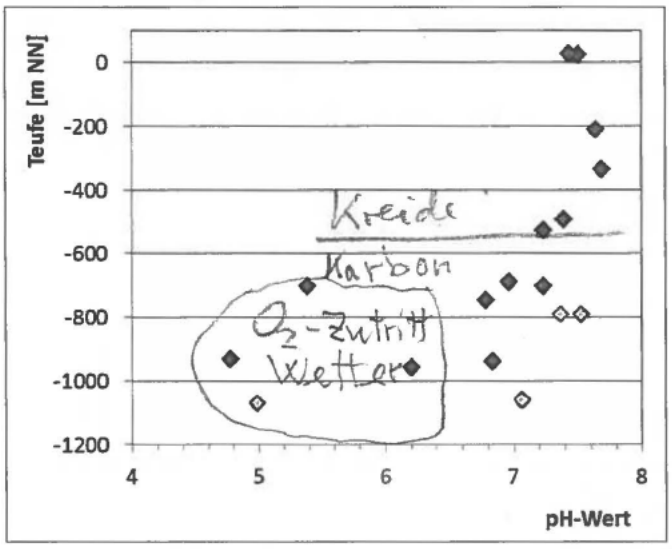
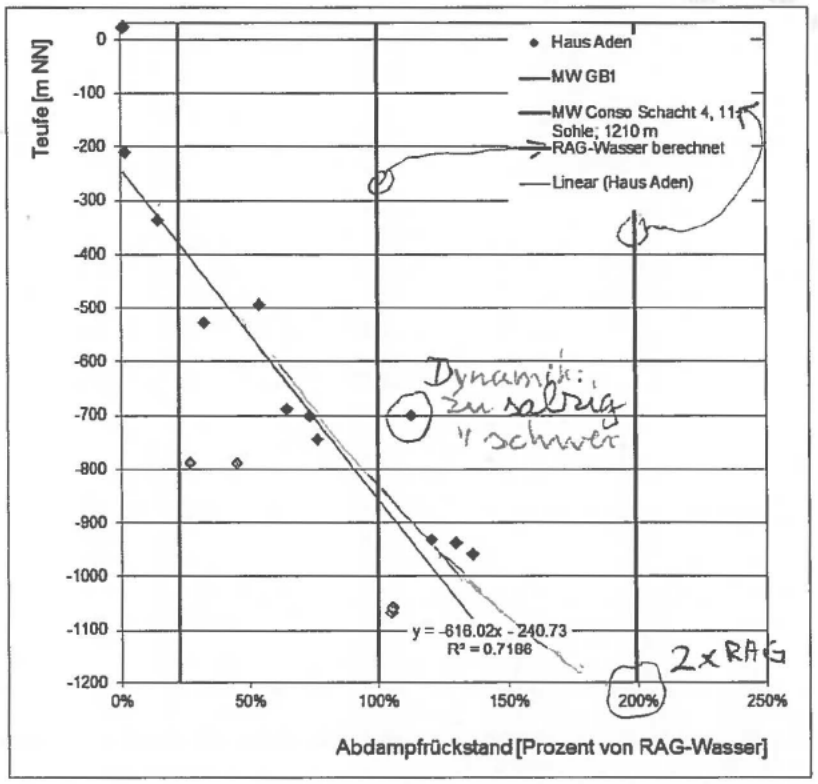


Abb. 21: Tiefenabhängige Verteilung des pH-Wertes, BW Haus Aden/Monopol (gelb = nicht repräsentative Proben da zu hohe pH-Werte) (Quelle: LFH)



Relativ:
Vielfaches v. Standard RAG

Abb. 22: Tiefenabhängige Verteilung der Abdampfrückstände für das BW Haus Aden/Monopol im Vergleich mit den mittleren Abdampfrückständen für die Grubenwasseranalysen von Gb1, des Grundwassers von Consolidation (Schacht 4, 11. Sohle; 1.210 mNN) und dem berechneten Abdampfrückstand des RAG-Wassers (gelb = nicht repräsentative Proben, da zu geringer Abdampfrückstand) (Quelle: LFH)

7.3.4 Zusammensetzung der Tiefengrundwässer

Zur Ermittlung der mittleren Zusammensetzung des Tiefengrundwassers im BW Haus Aden/Monopol wurden die vorhandenen untertägigen Analysen im Bereich der Teufe der Bruchhohlraumverfüllung hinsichtlich Min/Max.-Werten und als Durchschnitt tabellarisch (Tab. 15) zusammengestellt. Für Spurenstoffe können nur die sehr hohen Nachweisgrenzen aufgrund des gewählten Analyseverfahrens angegeben werden (Detailbericht 3, LFH, [redacted]).

Hierbei wurden vor allem solche Proben ausgewählt, die möglichst repräsentativ für die Teufe - 700 bis - 900 mNN sind. Einzelne Proben scheinen bei Zugrundelegung des Stoffinhalts in einer zu großen Teufe entnommen zu sein (vgl. Abb. 21, gelbe Rauten). Sie sind wahrscheinlich im aufgelockerten Nahfeld in größere Teufe versickert, bevor sie in die Grube fließen und dort beprobt werden.

?

Tab. 15: Mittlere Tiefengrundwasserzusammensetzung im BW Haus Aden/Monopol in den Teufen der Bruchhohlraumverfüllungen mit bergbaufremden Reststoffen (Der Mittelwert der einzelnen Parameter wurde aus 7 Proben aus Teufen von - 689 bis - 957 mNN nach Wedewardt, 1995 berechnet.)

Temp. abhängig v. kaltem Süßw.-Zutritt

		Mittelwerte	Minimum	Maximum
Temperatur (in situ)	°C	32	18	47
pH-Wert		6,3	4,8	7,2
spez. elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	142.957	108.100	177.400
Abdampfrückstand	mg/L	4x See 130.529	2x 82.800	5x 174.300
Dichte	g/cm³	1,079	1,053	1,108
freies CO_2	mg/L	28	18	35
aggressives CO_2	mg/L	12	10	14
Natrium	mg/L	35.929	24.000	50.300
Kalium	mg/L	450	265	762
Calcium	mg/L	106 g!! 5.581	2.150	9.090
Magnesium	mg/L	>3x See 3.136	648	13.808
Strontium	mg/L	566	414	883
Barium	mg/L	1.041	24	2.460
Ammonium	mg/L	29	2	46
Bor	mg/L	3	0	6
Silizium	mg/L	4	3	8
Chlorid	mg/L	70.614	47.100	95.500
Sulfat	mg/L	63	63	63
Hydrogencarbonat	mg/L	87	2	269
Nitrat	mg/L	76	22	170
Iodid	mg/L	19	8	50
Bromid	mg/L	93	44	147

Ca 107g NaCl ≈ 3x Seewasser

↑ Wo sind Betriebsw.? Zaubertzahlen!

Haus Aden 1/2	Einheit	15-00212-001	15-02436-001
Säurekapa. bis pH 8.2	mmol/L	< 0,01	< 0,01
Säurekapa. bis pH 4.3	mmol/L	9,5	9,9
Summe Erdalkalien	mg/L	474	452
Natriumchlorid	mg/L	6.642	6.862
Ammonium	mg/L	2,1	2,2
Natrium	mg/L	2.613	2.699
Kalium	mg/L	22	29
Calcium	mg/L	347	333
Magnesium	mg/L	100	94
Barium	mg/L	1,9	1,7
Strontium	mg/L	25	23
Eisen homogenisiert	mg/L	0,43	0,43
Mangan homogenisiert	mg/L	0,17	0,21
Blei	mg/L	< 0,01	< 0,01
Bor	mg/L	1	0,98
Cadmium	mg/L	< 0,001	< 0,001
Chrom (gesamt)	mg/L	< 0,01	< 0,01
Kupfer	mg/L	< 0,01	< 0,01
Nickel	mg/L	< 0,01	< 0,01
Zink	mg/L	0,03	0,15
Chlorid nach Mohr	mg/L	4.540	4.580
Bromid	mg/L	11	10
Sulfat	mg/L	134	190
Hydrogencarbonat	mg/L	580	604
Nitrat	mg/L	< 4,9	< 1,3
Nitrit	mg/L	0,3	0,2
Gesamtphosphor	mg/L	0,01	< 0,01
CSB homogenisiert	mg/L	< 15	< 15
CSB sedimentiert	mg/L	< 15	< 15
TOC	mg/L	< 1	1,9
DOC	mg/L	< 1	1,7
KW-Index in Wasser	mg/L	< 0,1	< 0,1

← Süß!

NaCl nur noch ca. 6.7 g/l ≈ 1/5 Seew.: AUSSÜSSUNG

Nun wohl ohne Betriebswasser? Bergsetzg!

2012

Grundwasserfließsystemen). Diese werden v. a. beim Ausbreitungspotenzial näher betrachtet.

8.4 Erste Bewertung der damaligen Untersuchungen, Ergebnisse und des Barriere- und Sicherungskonzeptes

Den damaligen Gutachtern war bewusst, dass die kleinmaßstäblichen und Kurzzeit-Elutionsversuche im Labor (der empirische Forschungsansatz) *die vielfältigen geochemischen Prozesse im Versatz (beim Kontakt mit wässrigen Lösungen) nicht widerspiegeln können*. Bei solchen hydrogeochemischen Prozessen laufen Auflösungs-, Umwandlungs- und Ausfällungsreaktionen von reststoffbürtigen Mineralphasen ab, die mit einer teilweisen Freisetzung von Stoffen in die wässrige Lösung verbunden sind. Vor allem die Langzeitstabilität der inneren hydrochemischen Barriere mit langanhaltend hohen pH-Werten, konnte in Laborversuchen nicht nachgewiesen werden. Unter dem Gesichtspunkt der Langzeitsicherheit (Zehntausende von Jahren) konnten und können keine entsprechenden Langzeit-Laborversuche durchgeführt werden.

Im Detailbericht 4 [redacted] wird eine ausführliche Darstellung der damaligen Untersuchungen, Ergebnisse und des Barriere- und Sicherungskonzepts erfolgen. Insbesondere werden die Grundlagen und Ergebnisse bewertet (Aufgabenstellung 1 des Gutachtens). ? Werden sedimentäre Bedingungen gewertet?

?

8.5 Untersuchungskonzept [redacted]

8.5.1 Empirischer Forschungsansatz und chemisch-thermodynamisch basiertes Prozessverständnis

In den damaligen Untersuchungen der Basisgutachten wurden vor allem Laborversuche durchgeführt und die Ergebnisse und Beobachtungen detailliert dokumentiert. Was fehlte, war eine grundlegende Analyse, welche hydrogeochemischen Prozesse in der BHV im Reaktionskontakt mit den Tiefengrundwässern und dem Nebengestein ablaufen können. Weil entsprechende Aussagen der Basisgutachten allein auf Laboruntersuchungen beruhen und deshalb rein empirischer Natur sind, können die Ergebnisse dieses Forschungsansatzes

d.h.: war alles wertlos

Also BHV schlecht begründet.

- zu keinem quantitativen Prozessverständnis führen,
- nicht mit Stoffgesetzlichkeiten verknüpft werden und
- deshalb nicht auf andere Verhältnisse übertragen und zur quantitativen Prognose hydrogeochemischer Entwicklung verwendet werden.

Dazu ist chemisch-thermodynamisch basiertes Prozessverständnis erforderlich.

Dass solche Prozesse der Auflösung und Umwandlung / Ausfällung von Mineralphasen in den Reststoffen unzweifelhaft ablaufen, ist darin begründet, dass die großen Mengen eingebrachter Reststoffe nicht in einem hydrogeochemisch-thermodynamischen Gleichgewicht mit den Tiefengrundwässern stehen. Allein die „H^+-„ bzw. die „OH-Ionenkonzentration“ (bzw. der pH-Wert) der Porenwässer in den Reststoffen unter-

Batch-Modellierung (Computerprogramm PHREEQC)

Wie in einem Becherglas können in einem Computerprogramm Mineralphasen oder auch Mineralphasengemische in einem Reaktionskontakt mit einem Liter wässriger Lösung gebracht werden. Der chemisch-thermodynamische Gleichgewichtszustand stellt sich ein. Die dabei erfolgenden Stoffumsätze (Ausfällung, Umwandlung, Auflösung welcher Phasen in welchen Mengen) und die sich einstellenden pH-Werte und Stoffkonzentrationen in der wässrigen Lösung werden auf der Grundlage der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik berechnet. Das entspricht einem einmaligen Reaktionskontakt bzw. einer einmaligen Füllung des Porenhohlraums im Mineralphasengemisch mit „RAG-Wasser" in einem chemischen Reaktor.

Ein wiederholter Austausch des Porenwassers, das in diesem Reaktor den Gleichgewichtszustand eingestellt hat, durch neu hinzutretendes „frisches RAG-Wasser" bildet die schrittweise Weiterentwicklung dieser hydrogeochemischen Prozesse ab. Das beschreibt konzeptionell und in einfachster Form einen wiederholten Zutritt von „RAG-Wasser" in den Porenhohlraum des Mineralphasengemischs – ähnlich der Durchströmung des BHV.

Allerdings bleibt diese Modellierung ohne jede konkrete zeitliche und räumliche Dimension. Batch-Modelle sind in diesem Sinn Null-dimensional.

Einen Schritt weiter als die Batch-Modellierungen geht die reaktive 1D-Stofftransportmodellierung (s. Erläuterung). Hierbei werden über eine eindimensionale Fließstrecke mit einer Länge von z. B. 50 m die hydrochemischen Prozesse mit ihrer räumlich-zeitlichen Entwicklung modelliert. Innerhalb der modellierten Fließstrecke liegt die durchströmte BHV. Der Rest der Fließstrecke sind die Nebengesteine. Die Gesetzmäßigkeiten, die bestimmen, welche und wie die hydrochemischen Prozesse ablaufen, sind diejenigen, die zuvor auch in den Batch-Modellierungen wirksam waren. Die hydraulischen Randbedingungen wie Durchlässigkeiten, Potenzialunterschiede, Abstandsgeschwindigkeit des die BHV durchströmenden Tiefengrundwassers und dessen Fließstrecke durch die BHV ergeben sich aus den Grundwasserströmungsmodellierungen, deren Ergebnisse im Frühjahr 2016 vorliegen werden. "Rohr"

Die Veränderungen der Durchlässigkeiten innerhalb der BHV, z. B. durch Mineralösungen, können mit der reaktiven 1D-Stofftransportmodellierung nicht berücksichtigt werden. Dieser Einfluss kann aber über Grundwasserströmungsmodellierungen mit verschiedenen Durchlässigkeiten abgeschätzt werden (s. Erläuterung: Zeitliche Änderung der Durchlässigkeiten, s. Abschn. 8.5.2).

Bis hier noch kein Ergebnis – nur Pläne zur Modellierung

Reaktive 1D-Stofftransportmodellierung

Mit der reaktiven 1D-Stofftransportmodellierung werden auf konzeptionell einfachste Art die hydrogeochemischen Reaktionen an die Strömung des Porenwassers (des sich verändernden „RAG Wassers") durch die BHV gekoppelt. Für vorgegebene Bedingungen (u. a. die Strömungsgeschwindigkeit) werden damit dimensionsmäßige Abschätzungen zur zeitlichen und räumlichen Entwicklung der hydrogeochemischen Prozesse möglich: Nach welchen Zeiträumen treten wo auf der Fließstrecke durch den BHV und das unmittelbare abstromige Nahfeld

- welche Stoffumsätze der Ausfällungs-, Umwandlungs- und Auflösungsreaktionen,
- welche pH-Werte im Porenwasser (BHV) bzw. Tiefengrundwasser und
- welche Stoffkonzentrationen (u. a. von Blei und Zink)

auf?

Aufgebaut sind solche reaktiven 1D-Stofftransportmodelle aus beispielsweise 100 hintereinander „in Reihe geschalteten" chemischen Reaktoren aus den Batch-Modellen. In den ersten dieser Reaktoren (Zellen) tritt das „RAG-Wasser" ein und reagiert dort bis zur Gleichgewichtseinstellung mit den vorhandenen Mineralphasen. Nach einem vorgegebenen Zeitschritt von z. B. 10 Jahren gelangt dieses durch die Gleichgewichtseinstellung veränderte „RAG-Wasser" über eine bestimmte Fließstrecke (z. B. 0,5 m) in den nächsten der „in Reihe geschalteten" Reaktoren, wo es erneut bis zur Gleichgewichtseinstellung reagiert und dann wieder weiter in den nächsten Reaktor strömt.

Ausgelöst wird dieser Stofftransportprozess durch das mit jedem Zeitschritt in den ersten Reaktor einströmende „frische RAG-Wasser", das die Porenwässer aus den „nachgeschalteten" Reaktoren verdrängt. Die Gesamtanzahl der Zeitschritte von jeweils 10 Jahren gibt den Gesamtzeitraum dieses stationär anhaltenden Stofftransportprozesses vor. Auf diese Art kann die Stofffreisetzung (basierend auf den Gesetzmäßigkeiten der chemischen-Gleichgewichtsthermodynamik) und die Stoffausbreitung im unmittelbaren Nahfeld (basierend auf den Gesetzmäßigkeiten der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik und des advektiven Transports) mit ihrer zeitlich-räumlichen Entwicklung eingeschätzt werden.

Die mit solchen Modellierungen erzeugten Ergebnisse zur Stofffreisetzung im BHV und zur Stoffausbreitung im unmittelbaren Nahfeld sind mit einem einfachen Modell erzeugt. Dessen ungeachtet sind diese Modellierungen in der Lage, die prinzipielle Entwicklung solcher Systeme mit ihrer Entwicklungsrichtung und den Größenordnungen der dabei auftretenden Stoffkonzentrationen im Wasser, der Mineralphasenvorräte sowie der räumlichen und zeitlichen Dimension solcher Entwicklungen zu beschreiben.

Hierbei Bruchraum = Filter Mann als homogen angesehen. Aber Sandstein + Fastere Fragmente nicht einzeln, plastisch viele kleine Kanäle → Strecken mit schwerlich KF: Herbert Modellen aus!

8.5.2.2 Identifizierung und Bewertung wichtiger hydrogeochemischer Prozesse

Im Rahmen der bisherigen Arbeiten wurden wichtige hydrogeochemische Prozesse in einer BHV identifiziert und mit chemisch-thermodynamischen Modellierungen nachvollzogen. Über den Bearbeitungsstand zur Beschreibung und Bedeutung der folgenden Prozesse wird zum jetzigen Zwischenstand kurz berichtet:

Falls sich diese Mineralien wieder auflösen, wird auch das zuvor gebundene Kristallwasser frei. Das z. B. bei der Auflösung von Ettringit wieder frei werdende Kristallwasser hat dann selbst wieder eine hohe Lösungskraft. Hierzu muss sich aber erst wieder ein niedriger pH-Wert einstellen. ± irrelevant, da zu geringe Masse

Eine Bewertung dieser Prozesse ist noch nicht erfolgt. So wird in der Literatur mehrfach berichtet, dass sich bei der Entstehung von Lösungskanälen (channeling) die Lösungsfronten für längere Zeit nicht weiter in den Körper hineinbewegen, sondern sich auf den Lösungskanal beschränken, der oft auf Brüche/Klüfte/Sdstn trifft + Wurzelboden Karst

8.6 Aussagen zur Langzeitstabilität und zum Freisetzungspotenzial (v. a. für die Parameter Blei und Zink)

Aussagen zur Langzeitstabilität und zum Freisetzungspotenzial erfolgen auf der Grundlage der reaktiven 1D-Stofftransportmodellierung ab Frühjahr 2016. Hierzu müssen zunächst die hydraulischen Randbedingungen wie die Durchlässigkeiten, der Potenzialunterschied, die Abstandsgeschwindigkeit des die BHV durchströmenden Tiefengrundwassers und dessen Fließstrecke durch den BHV aus den Grundwasserströmungsmodellierungen vorliegen und das Tiefengrundwasser in seiner Zusammensetzung definiert werden.

Zukunfts-Programm abhängg. v. Bergsetzung

hoffentlich gemäß Fazies: Pflanzenstreuen, Kanäle Klüftung

geht nicht: wegen Süßw.-Zufluß

8.7 Gesamtbewertung des Freisetzungspotenzials

Die Gesamtbewertung des Freisetzungspotenzials erfolgt nach Abschluss der reaktiven 1D-Stofftransportmodellierungen. Aus den reaktiven 1D-Stofftransportmodellierungen wird wiederum der Quellterm als Eingangsgröße für das Ausbreitungspotenzial abgeleitet, das mit der Grundwasserströmungsmodellierung abgeleitet wird.

Tab. 19: Modellkonzept

	Modell	Ergebnis	Verwendung
Fernfeld	3D, abhängig von Dichte und Temperatur	Grundwasserpotenziale regional, ggf. Stoffverteilung	Potenzial-Randbedingungen für das Nahfeld, Stoffverteilung
Nahfeld	3D, Kluftströmung, abhängig von Dichte und Temperatur	Potenziale, Dichte, Fließgeschwindigkeit im umliegenden Gebirge, Stoffverteilung	Austausch Gebirge – Grubengebäude: Wassermengen, Stoffmengen Zeitraum pro Porenwasseraustausch

Beide Modelle, das Fernfeld-Modell und das Nahfeld-Modell sind dreidimensionale Modelle und simulieren die Strömung des Grundwassers unter Berücksichtigung der Dichteschichtung und Temperaturabhängigkeit. Die Stoffverteilung erfolgt innerhalb dieser Modelle über einen Tracer-Transport. Mit beiden Modellen werden sowohl der Ist-Zustand (Anfangsbedingung für die weiteren Berechnungen) als auch der Flutungszustand und der Zustand nach vollständiger Flutung berechnet.

Die Tab. 20 gibt eine Übersicht über die benötigten Daten der Geometrie, der Materialparameter und der Rand- und Anfangsbedingungen beider Modelltypen.

Tab. 20: Benötigte Daten für den Aufbau des Modells

	Geometrie	Materialparameter	Randbedingungen, Anfangsbedingungen
Fernfeld Karst	Geländehöhen, Grubengebäude Haus Aden/Monopol, Schichtgrenzen Kreide/Karbon, Oberflächengewässer, Störung Karst	Durchlässigkeiten, Speicherkoeffizienten	Untertägige Wasserscheide, Potenzialverteilung vor Flutung, Dichteschichtung Süßwasser
Nahfeld	Geometrie BW Haus Aden/Monopol, Wasserhaltung, Schichtung Sandstein, Tonschiefer, BHV Flankenstreuen Wurzelböden	Durchlässigkeiten, Speicherkoeffizienten	Potenziale im Grubengebäude (aus Boxmodell) vor und während der Flutung, Potenziale im Gebirge aus Fernfeldsimulation

9.2 Fernfeld

Das Fernfeld-Modell hat eine horizontale Ausbreitung von etwa 200 km² und geht damit über den Bereich des Grubengebäudes deutlich hinaus und berücksichtigt auch das regionale Gewässernetz (Abb. 27). Bei dieser Ausdehnung sind Unsicherheiten in den Annahmen der Randbedingungen ohne nennenswerten Einfluss auf die Grundwasserströmung im Aussagebereich.

Der obere Rand des Modells ist die Geländeoberkante (ca. 80 mNHN), der untere Rand liegt unterhalb der Bergwerkssohle bei 1.400 m u. GOK.

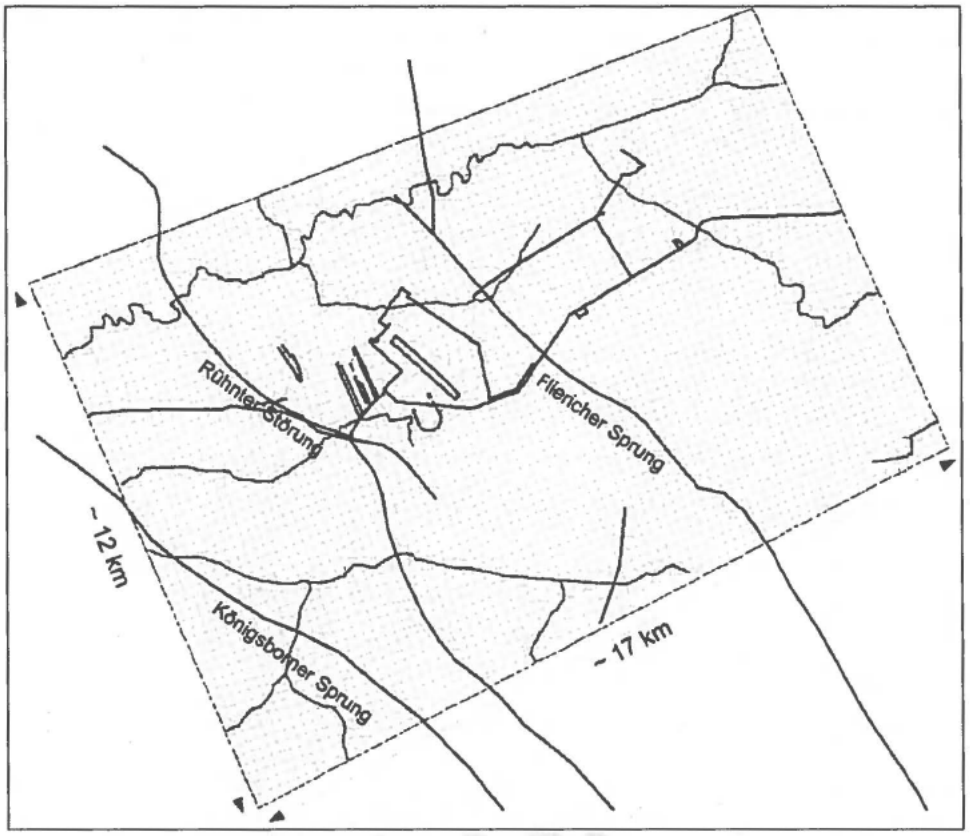


Abb. 29: Draufsicht inklusive Haupt-Störungssystem (Quelle: delta h)

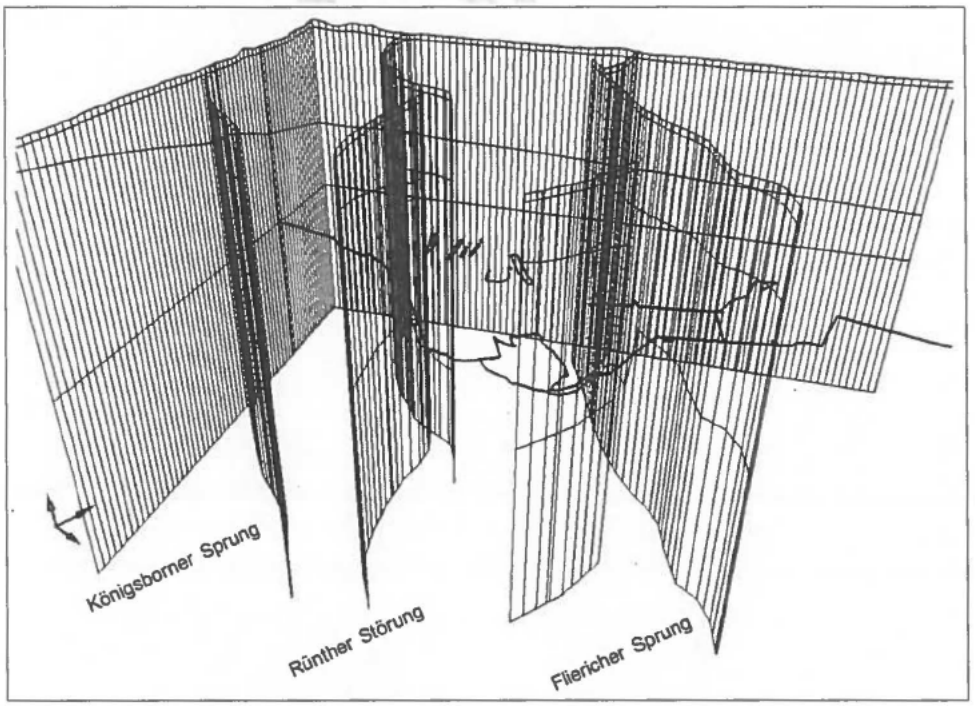


Abb. 30: 3D-Ansicht mit Störungssystem (Quelle: delta h)

?Vertikale Störgn? Täuscht O horiz. Kor onenten vor
Dadurch entfällt Anschauung, v. Der [illegible]

9.3 Nahfeld

Das Nahfeld der untertägig verbrachten Reststoffe wird durch ein dreidimensionales Modell mit einer horizontalen Modellausdehnung von etwa 1.000 bis 2.500 m und einer Modellhöhe von etwa 300 bis 500 m abgebildet. Das Modell beinhaltet die Bruchhohlraumverfüllung mit der entsprechenden Abbausohle und dem umliegenden Schichtsystem aus Sandstein, Schieferton und Flözen, die gemeinsam das Untersuchungsgebiet für die Ermittlung der Porenwasseraustauschmenge innerhalb der BHV darstellen. Dieses Schichtsystem ist exemplarisch in der Tab. 21 dargestellt.

Die Sandsteinschichten werden durch eine poröse Gesteinsmatrix mit darin statistisch verteilten Klüften höherer Durchlässigkeit abgebildet. Die Schiefertonschichten, Flöze und der verfüllte Hohlraum werden als poröse Medien berechnet. Die Berechnungen sind dichte- und temperaturabhängig.

Als Grundlage des geologischen Aufbaus wird das Schachtprofil des Schachtes Grillo 4 herangezogen.

bei Sandst. Gesteins- und Gebirgs-Durchlässigkeit nicht unterschieden

Tab. 21: Parameter: Durchlässigkeiten und Porositäten der betrachteten Schichtenfolge im Nahfeld (Quelle: delta h)

Matrix	Horizontaler K-Wert [K_h]	Verhältnis horizontaler/ vertikaler K-Wert [K_h/K_v]	Porosität [n]
Schieferton	$3*10^{-9}$ m/s	1/3	0,02
Sandstein, geklüftet	$7*10^{-9}$ m/s	1/1	0,07
Schieferton	$3*10^{-9}$ m/s	1/3	0,02
Sandstein, geklüftet	$7*10^{-9}$ m/s	1/1	0,07
Schieferton	$3*10^{-8}$ m/s	1/3	0,02
BHV/Alter Mann	$1*10^{-8}$ m/s / $2*10^{-8}$ m/s	1/1	0,05
Schieferton	$1*10^{-8}$ m/s	1/3	0,02
Kohleflöz	$3*10^{-8}$ m/s	1/1	0,03
Schieferton	$3*10^{-9}$ m/s	1/3	0,02
Sandstein, geklüftet	$7*10^{-9}$ m/s	1/1	0,06
Schieferton	$1*10^{-9}$ m/s	1/3	0,02

± Zauberzahlen: vereinfachg. angenommen

Als Ergebnisse liefert das Nahfeld-Modell die Potenzial-, Dichte- und Geschwindigkeitsverteilung im umliegenden Gebirge, woraus der Austausch von Wasser- und Stoffmengen zwischen dem Gebirge und dem Grubengebäude bzw. des Bruchhohlraumversatzes abgeleitet werden kann.

für Zukunft