

Kurzstellungnahme

Standicherheit und stabiler Endzustand – Lager H

Auftraggeber: Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und
Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt
Rahmenvertrag Reg.-Nr. 29/02/1998
Einzelauftrag Reg.-Nr. 16/02/2006

Auftragnehmer: IHU Geologie und Analytik GmbH
Dr.-Kurt-Schumacher-Straße 23
39576 Stendal

Verantwortliche

Bearbeiter:	Dr.-Ing. Uwe Düsterloh	TU Clausthal
	Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. K.-H. Lux	TU Clausthal

Der Bericht wurde im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU) erstellt. Das MLU behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des MLU zitiert, vervielfältigt oder Dritten zugänglich gemacht werden. Der Bericht gibt die Meinung und Ansicht der Verfasser wider, diese muss nicht in jedem Falle mit der Meinung des MLU übereinstimmen.

Erklärung:

Die Unterzeichnenden versichern, die Vorabstellungnahme unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisanweisungen erstellt zu haben.

Die Vorabstellungnahme umfasst 10 Seiten

Datum: 04.09. 2009

Unterschrift: (Dr.-Ing. U. Düsterloh) (Univ. Prof. Dr.-Ing. habil. K.-H. Lux)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Veranlassung	3
2. Konzeptionelle Vorgehensweise	3
3. Relevante Unterlagen	3
4. Inhaltliche Charakterisierung der vorliegenden Unterlagen	4
4.1 P 113 – Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere Marie	4
4.2 P 224 – Standsicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers – Grubengebäude Marie	5
4.3 P 249 – Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten der Gruben Bartensleben und Marie	7
4.4 Technische Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Grubengebäudes ERAM gegen betriebsbeeinträchtigende Lösungszuflüsse - Konzeptplanung	8
4.5 Sonderbetriebsplan – Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen	9
5. Zusammenstellung der aus geomechanisch-geohydraulischer Sicht für eine vorgezogene Verfüllung von Lager H im Rahmen des atomrechtlichen Verfahrens erforderlichen Nachweise und Unterlagen	9

1. Veranlassung

Auf Anfrage des MLU soll geprüft werden, welche Unterlagen / Nachweise für eine vorgezogene Verfüllung der Grubenbaue im Bereich Lager H / Grubenfeld Marie im Rahmen des atomrechtlichen Verfahrens erforderlich sind.

2. Konzeptionelle Vorgehensweise

- (1) Sichtung der vorliegenden Unterlagen hinsichtlich ihrer geomechanisch-geohydraulischen Relevanz für Fragestellungen zur vorgezogenen Verfüllung von Lager H.
- (2) Charakterisierung der aus geomechanisch-geohydraulischer Sicht relevanten Inhalte der unter (1) zusammengestellten Unterlagen für die Nachweise zur Standicherheit und Integrität.
- (3) Begründete Zusammenstellung der für eine vorgezogene Verfüllung erforderlichen Unterlagen durch Abgleich vorliegender Unterlagen mit Anforderungen entsprechend Stand von Wissenschaft und Technik.

3. Relevante Unterlagen

Aus geomechanisch-geohydraulischer Sicht relevant für die Bearbeitung von Fragestellungen zum Trag- und Dichtigkeitsverhalten der Grubenbaue im Bereich von Lager H werden die nachstehend mit /1/ bis /6/ bezeichneten Unterlagen eingeschätzt:

- /1/ Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere in der Schachtanlage Marie, BGR, 9M2324101100, Juli 2001 (P113)
- /2/ Standsicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers: Grubengebäude Marie, DBE, März 2006 (P 224)
- /3/ Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten der Gruben Bartensleben und Marie, DBE, Feb. 2006 (P 249)
- /4/ Geomechanische Betriebsüberwachung – Marie, Bereich Lager H, DBE, Feb. 2008.
- /5/ Technische Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Grubengebäudes des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gegen betriebsbeeinträchtigende Lösungszuflüsse – Konzeptplanung, DBE, Dez. 1992.
- /6/ Sonderbetriebsplan „Schachtanlagen Bartensleben und Marie: Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen“ (DBE MO392), April 1992.

Für die inhaltliche Bearbeitung weiterhin von Bedeutung sind:

- /7/ Auszüge aus dem geologischen Lagerstättenmodell (Riß- und Profildarstellungen)
- /8/ Auszüge aus dem Rißwerk ERA Morsleben

4. Inhaltliche Charakterisierung der vorliegenden Unterlagen

Die inhaltliche Charakterisierung der vorliegenden Unterlagen folgt soweit möglich den Ausführungen im Prüfbericht „Auslegungsreife“ (→ P113, P224, P249). Geringfügige Modifikationen der bereits im Prüfbericht „Auslegungsreife“ dokumentierten Ausführungen zu P113, P224 und P249 erfolgen vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Zielstellung der Prüfberichte (→ Anforderungen an Auslegungsreife / Anforderungen an Betriebssicherheit und Standicherheit im Rahmen einer vorgezogenen Verfüllung im atomrechtlichen Verfahren). Für die nachfolgenden Ausführungen zu den in Abschnitt 3 mit /4/ bis /8/ bezeichneten Unterlagen existieren seitens TUC bisher keine Stellungnahmen.

4.1 P 113 – Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere Marie

P113 beinhaltet zweidimensionale FEM- Berechnungen der BGR zur Beurteilung der Integrität des Salzgebirges im Bereich der Schachanlage Marie. Dokumentiert werden in P113 Berechnungen für drei Profilschnitte im Bereich des Lagers H (Modell GMLH), der Bunte First (Modell GMBF) und des Zentralbereiches Marie (Modell GMZB). Von besonderer Relevanz für die hier zu bearbeitende Fragestellung ist das Berechnungsmodell GMLH, welches in etwa die Situation im Profil Nr. 17 des Lagerstättenmodells abbildet. Aufbauend auf einer kurzen Charakterisierung der geologischen Verhältnisse im Bereich der drei Profilschnitte werden die für die gebirgsmechanische Modellierung relevanten Sachverhalte Homogenbereiche, im Berechnungsmodell berücksichtigte Grubenbaue, Primärspannungen und primäre Gebirgstemperatur, Stoffmodelle und verwendete Materialparameter und die rechnerisch analysierte Abfolge von Lastfällen (Betriebsablauf) beschrieben. Die geometrische Idealisierung der Berechnungsausschnitte erfolgt gemäß Aussage in P113 durch:

- (a) ein ebenes Berechnungsmodell von 1200m Breite und 650m Höhe für den Profilschnitt im Bereich des Lagers H. Der obere Rand des Berechnungsmodells liegt ca. 130m unterhalb der Geländeoberkante. Rechnerisch analysiert wird das Tragverhalten für einen Zeitraum von insgesamt 150 Jahren nach Auffahrung der Grubenbaue. Die Diskretisierung

des Berechnungsmodells erfolgte durch 53323 Knoten und 17700 isoparametrische 8-Knoten-Elemente;

(b) ein ebenes Berechnungsmodell von 1150m Breite und 750m Höhe für den Profilschnitt im Bereich der Bunte First. Der obere Rand des Berechnungsmodells liegt ca. 30m unterhalb der Geländeoberkante. Rechnerisch analysiert wird das Tragverhalten für einen Zeitraum von insgesamt 130 Jahren nach Auffahrung der Grubenbaue. Die Diskretisierung des Berechnungsmodells erfolgte durch 37373 Knoten und 12404 isoparametrische 8-Knoten-Elemente;

(c) ein ebenes Berechnungsmodell von 1600m Breite und 800m Höhe für den Profilschnitt im Bereich des Zentralbereichs. Der obere Rand des Berechnungsmodells liegt ca. 30m unterhalb der Geländeoberkante. Rechnerisch analysiert wird das Tragverhalten für einen Zeitraum von insgesamt 130 Jahren nach Auffahrung der Grubenbaue. Die Diskretisierung des Berechnungsmodells erfolgte durch 55763 Knoten und 18564 isoparametrische 8-Knoten-Elemente.

Im Ergebnis der Berechnungen wird u.a. ausgeführt, dass das Dilatanzkriterium für alle untersuchten Profilschnitte und Lastfälle eingehalten wird, dass Fluidkriterium jedoch nur für den Profilschnitt Bunte First erfüllt wird, d.h. für den hier besonders relevanten Profilschnitt im Bereich des Lagers H wird das Fluidkriterium rechnerisch nicht erfüllt. Rechnerische Untersuchungen und Auswertungen zur Stand- und Betriebssicherheit sind nicht Gegenstand der Ausführungen in P113. Es erfolgt keine rechnerische Analyse des thermomechanisch gekoppelten Tragverhaltens, d.h. keine Berücksichtigung der Auswirkungen einer Verfüllung mit hydratisierendem Salzbeton und auch keine Einschätzung zur Stand- und Betriebssicherheit während der Verfüllung.

Bewertungen zur Plausibilität der in P113 dokumentierten Ergebnisse zur Integrität bzgl. sachlich- rechnerischer Richtigkeit und Vollständigkeit erfolgten durch TUC bisher nicht. Eine Prüfung ist im Rahmen des Prüfkompleses Standicherheit/Geomechanik vorgesehen.

4.2 P 224 – Standsicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers – Grubengebäude Marie

P224 beinhaltet keine rechnerischen Untersuchungen zur Standsicherheit und Integrität im Grubengebäude Marie. Gemäß Aussage des AS ist *ein rechnerischer Nachweis in Hinblick auf die Schutzziele Arbeitssicherheit und Integrität der Barriere nicht erforderlich, sondern mittels Plausibilitätsbetrachtungen zu führen*. Bezüglich der Tropfstelle im Lager H wird ausgesagt: *Im Falle des Lagers H wird eine Verbindung zum Deckgebirge bereits unterstellt, d.h.*

das Schutzziel Integrität ist bezogen auf das Lager H bereits aufgegeben. Vermutlich als Konsequenz hieraus wird ausgeführt, dass für den Nachweis des stabilen Endzustandes der Einfluss der Hydratationswärme und das Schutzziel Arbeitsschutz nicht mehr betrachtet werden müssen und da Zutritte in zutrittsgefährdeten Abbauen im radiologischen Langzeitsicherheitsnachweis behandelt werden, der Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenbaue nicht gezeigt werden muss. Im Ergebnis vorstehender Ausführungen kommt der AS zu dem Schluss, dass für den Nachweis des stabilen Endzustandes im Grubengebäude Marie lediglich die Nachweise zur Begrenzung der Verformungen an der Tagesoberfläche und einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenbaue zu führen sind. Der Nachweis der Sicherheit der Bauzustände für das Grubengebäude Marie erfolgt verbal argumentativ wie folgt:

- *Die im Grubengebäude Marie einzubringende Menge an Salzbeton ist gegenüber den im Zentralteil einzubringenden Mengen klein, so dass auch die Wärmemengen und daraus resultierende Hebungen geringer als für den Zentralteil sind.*
- *Das im Vergleich zum Zentralfeld geringere Resthohlraumvolumen kann nur zu geringeren Senkungen führen.*
- *Die Berechnungen für den Zentralteil zeigen, dass die Verfüllung zu einer deutlichen Verbesserung der Barriere führt.*
- *Die im Grubengebäude Marie einzubringende Versatzmenge ist geringer als im Zentralteil, so dass auch hier die Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung gegeben ist.*
- *Die Dicke der Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenbaue wird durch die Verfüllung nicht verringert, so dass der Nachweis bei Einhaltung der geforderten Sicherheitsabstände automatisch erfüllt wird.*
- *Die Temperaturerhöhung durch die Verfüllung des Kalilagers F kann nicht als geringfügig betrachtet werden, jedoch wird die Anhydritscholle eingebettet und so eine Stützwirkung erreicht, die zu einer Zustandsverbesserung führt.*

Im Ergebnis der vorstehend skizzierten Plausibilitätsbetrachtungen wird in P224 ausgeführt: *Für das Grubengebäude Marie konnten alle erforderlichen Nachweise für die Sicherheit der Bauzustände sowie den stabilen Endzustand durch Plausibilitätsbetrachtungen unter Einbeziehung vorhandener Berechnungsergebnisse geführt werden.*

Die in P224 dokumentierte Methodik der Nachweisführung auf der Grundlage von Plausibilitätsbetrachtungen entspricht nicht der nach Stand von Wissenschaft und Technik geforderten Nachweisführung auf rechnerischer Grundlage. Vorstehende Aussage gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine Übertragung von Berechnungsergebnissen grundsätzlich nur dann für zulässig erachtet wird, wenn hinreichend gleiche geologisch-geotektonische Verhältnisse, ähnliche Abbaukonfigurationen und Belastungsrandbedingungen vorliegen. Auch wenn ein Vergleich der zu erwartenden Beanspruchungen im Zentralteil der Grube Bartensleben vermuten lässt, dass das Gebirge im Bereich des Zentralteils deutlich höher beansprucht ist als im Bereich der Grube Marie, kann aufgrund der grundsätzlich verschiedenartigen Tragwerksituation nach Einschätzung TUC nicht auf eine explizite rechnerische Nachweisführung für das Grubengebäude Marie verzichtet werden. Vorstehende Aussage gilt insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass ohne rechnerische Untersuchungen keine hinreichend belastbaren Aussagen zur Beeinflussung der mechanischen und hydraulischen Zustandsgrößen im Bereich der Tropfstelle Lager H vorliegen. Nach erster Durchsicht von P224 ist weiterhin anzumerken, dass die Aussage *Die Temperaturerhöhung durch die Verfüllung des Kalilagers F kann nicht als geringfügig betrachtet werden, jedoch wird die Anhydritscholle eingebettet und so eine Stützwirkung erreicht, die zu einer Zustandsverbesserung führt* zumindest vor dem Hintergrund der sonst zur Berücksichtigung der in Folge Thermospannungen induzierten Tragwerksbeanspruchungen für erforderlich erachteten thermomechanisch gekoppelten Untersuchungen inkonsequent erscheint. Erwartet wird, dass zumindest für das Szenario „Normalentwicklung“ des Endlagers ein rechnerischer Nachweis geführt wird. Im Sinne der Konsistenz bleibt schließlich danach zu fragen, warum der AS einerseits mit P113 rechnerische Untersuchungen zur Integrität der Salzbarriere im Bereich der Schachanlage Marie vorlegt, während er andererseits in P224 die Notwendigkeit entsprechender Untersuchungen negiert.

4.3 P 249 – Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten der Gruben Bartensleben und Marie

Zur Untersuchung des Konvergenzverhaltens (zeit- und lokationsabhängige Quantität von Konvergenz und Konvergenzrate) werden numerische Berechnungen für die Profilschnitte SF8s (2D-Berechnungsmodell), OF1 (2D-Berechnungsmodell) und ZTS-3.1 (3D-Berechnungsmodell) der Grube Bartensleben und vereinfachte numerische Modelle zur Abbildung der Rüstungskammern (3D-Berechnungsmodell) sowie der Kalilager H, K und F (2D-

berechnungsmodelle) der Grube Marie verwendet. Die Einschätzung des Konvergenzverhaltens der Feldesteile Westfeld, Nordfeld und Südostfeld der Grube Bartensleben sowie der Nord- und Südabteilung der Grube Marie erfolgt auf Basis der Berechnungen zur Konvergenz eines Einzelhohlraumes und durch Analogieschlüsse mit den rechnerisch untersuchten Profilschnitten. Analysiert wird das Konvergenzverhalten jeweils für einen Zeitraum von 10.000a nach Auffahrung der Grubenbaue. Im Ergebnis der Untersuchungen werden für definierte Zeitbereiche seit Auffahrungsbeginn mittlere Konvergenzraten für die verschiedenen Feldesteile des ERAM abgeleitet.

4.4 Technische Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Grubengebäudes ERAM gegen betriebsbeeinträchtigende Lösungszuflüsse - Konzeptplanung

Die mit Datum vom 06.03.2009 übergebene Konzeptplanung beschreibt technische Vorsorgemaßnahmen für den nicht auszuschließenden Fall eines zunehmenden Zuflusses von Lösungen im Bereich der Tropfstellen Lager H, Bunte Firste und Abbau 1a. Hierzu werden aufbauend auf einer Beschreibung potentieller Fließwege der zutretenden Lösungen Maßnahmen zur Fassung der Zuflüsse mittels Pumpen, Rohrleitungen, Sammelbecken und Dammtoren sowie zur Begrenzung der Zuflüsse durch Verfüllmaßnahmen, Injektionen und Querschnittsabdichtungen dokumentiert und hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit charakterisiert. Im Anschluss an die Beschreibung der grundsätzlich verfügbaren Möglichkeiten zur Beherrschung erhöhter Zuflussraten werden unter Berücksichtigung der standortkonkreten Randbedingungen des ERAM bezüglich Zuflusslokation, Fließweglängen und Grubenraumkonfiguration Pumpenleistungen, Stapelräume und Abdichtungsbauwerke so konfiguriert, dass auch für das Szenario zunehmender Zuflüsse vor Stilllegung des ERAM eine die Langzeitsicherheit gewährleistende Trennung der potentiell zutretenden Lösungen von den eingelagerten Abfällen gewährleistet ist. Im Ergebnis der Untersuchungen zur technischen Beherrschung zunehmender Zuflussmengen werden Empfehlungen zur zeitlichen Reihung der Vorsorgemaßnahmen und zur Dringlichkeit ihrer Umsetzung zusammengestellt.

4.5 Sonderbetriebsplan – Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen

Dokumentation und Genehmigung der konkreten Maßnahmen zur Installation von Rohrleitungen und Pumpen zur Fassung von Laugenzuflüssen und ihrer Anbindung an Stapelbecken.

5. Zusammenstellung der aus geomechanisch-geohydraulischer Sicht für eine vorgezogene Verfüllung von Lager H im Rahmen des atomrechtlichen Verfahrens erforderlichen Nachweise und Unterlagen

Eine Gegenüberstellung der vorliegenden Unterlagen und Nachweise zu Lager H und der nach Stand von Wissenschaft und Technik für eine Verfüllung der Abbaue im Bereich des Lagers H für erforderlich erachteten Nachweise zur Betriebssicherheit, Standicherheit und Integrität resultiert in folgender Einschätzung:

- (1) Die vorliegenden Unterlagen sind geeignet, die Abbaukonfiguration und das großräumige Tragverhalten im Projektgebiet vor einer Verfüllung angemessen zu charakterisieren. Die vorliegenden Unterlagen zur geologischen Situation ermöglichen eine den Anforderungen an die gebirgsmechanische Modellbildung entsprechende Ausweisung von Homogenbereichen.
- (2) Rechnerische Einschätzungen zum Tragverhalten mit Berücksichtigung der durch eine Verfüllung mit hydratisierendem Baustoff induzierten Änderungen im thermo-mechanischen Tragverhalten liegen für das Projektgebiet bisher nicht vor. Da für die im Projektgebiet aufgeschlossene Tropfstelle „Lager H“ eine Verbindung zum Deckgebirge unterstellt wird, sind auch geringfügige Änderungen im Tragverhalten des umgebenden Gebirges als relevant für die Stilllegung des ERAM und die Langzeitsicherheit einzuschätzen. Vor einer Verfüllung von Abbauen im Bereich „Lager H“ werden daher numerische Berechnungen mit Berücksichtigung der zeitbezogenen Verfüllung und des durch die Hydratation induzierten Wärmeeintrages erforderlich. Die Berechnungsergebnisse sind in Analogie zur Vorgehensweise der bGZ hinsichtlich Standicherheit, Betriebssicherheit und Integrität zu bewerten.
- (3) Die in P113 bzw. /1/ für die rechnerischen Nachweise verwendeten Profilschnitte werden als im Grundsatz geeignet eingeschätzt, das großräumige Tragverhalten im Projektgebiet zu charakterisieren. Ob bzw. inwieweit die vorhandenen Berechnungsmodelle auch repräsentativ für die geforderten thermo-

mechanischen Berechnungen zur Standicherheit und Integrität mit Berücksichtigung einer Verfüllung sind, ist insbesondere abhängig vom Verfüllplan. Für eine die Auswirkungen der Verfüllung hinreichend repräsentativ abbildende Berechnung sind insbesondere Profilschnitte geeignet, in denen die thermomechanischen Auswirkungen in Verbindung mit den das Tragverhalten bestimmenden Parametern Durchbauungsgrad und Abstand zum Salzspiegel konservativ erfassen. Mögliche Streubreiten in den mechanischen Eigenschaften des anstehenden Gebirges sind durch geeignete Parametervariationen in der Nachweisführung zu berücksichtigen.

- (4) Für den unmittelbaren Nahbereich der Tropfstelle Lager H liegen mit den unter /1/ bis /8/ genannten Unterlagen keine rechnerischen Untersuchungen vor. Angesichts der besonderen Relevanz der Zutrittsstelle wird empfohlen, das Tragverhalten im Bereich der Tropfstelle durch ein 3D-Berechnungsmodell rechnerisch zu analysieren und soweit möglich die berechneten Zustandsgrößen mit den messtechnischen Informationen zu validieren. Ziel der Berechnungen sollte es sein aufzuzeigen, ob bzw. inwieweit aus den geplanten Maßnahmen der Verfüllung Indikatoren für eine Änderung der Zuflüsse abgeleitet werden können.
- (5) Um möglichst frühzeitig sowohl Veränderungen im Tragverhalten wie auch Veränderungen im Fluidzufluss zu detektieren wird empfohlen, die Frequenz der Untertagemessungen zum Spannungs-, Verformungs- und Zuflussverhalten während der Verfüllmaßnahmen zu erhöhen.
- (6) Bezüglich der im Sonderbetriebsplan „Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen“ /6/ dokumentierten Maßnahmen sollte vor Beginn einer Verfüllung im Rahmen eines Fachgespräches mit dem AS erörtert werden, ob bzw. inwieweit es sinnvoll erscheint, die für den Fall erhöhter Zuflüsse geplanten Vorsorgemaßnahmen soweit technisch-infrastrukturell möglich auf Grund sicherheitlicher Erwägungen vor Aufnahme der Verfüllung (vorbeugend) zu realisieren (→ Vorhaltung von Dammbaumaterial, Installation von Pumpen, Realisierung von Abdichtungsbauwerken, infrastrukturelle Maßnahmen, etc.).