



Stilllegung des ERA Morsleben

**Zweiter Zwischenbericht
zur Prüfung des
Sicherheitsnachweiskonzepts
– geotechnische Aspekte –**

BS-Projekt-Nr. 0108-03/15

erstellt im Auftrag des

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt
des Landes Sachsen-Anhalt
Olvenstedter Straße 4
39108 Magdeburg

durch die

Brenk Systemplanung GmbH
Heider-Hof-Weg 23
52080 Aachen

Aachen, den 11.10.2010

Anmerkung:

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers (BS) wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.



AUTOREN

Dieser Bericht wurde erstellt von folgenden Bearbeitern der Brenk Systemplanung GmbH (BS):

- Dipl.-Phys. S. Kistingner
- Dipl.-Geol. R. H. Stollenwerk

Es wird versichert, dass dieser Bericht nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung angefertigt worden ist.

PRÜFUNG UND FREIGABE

geprüft	freigegeben
Unterschrift Projektleiter	Unterschrift Geschäftsleitung

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht beinhaltet

- die Darstellung des geotechnischen Teils des Sicherheitsnachweiskonzepts des BfS,
- seine rechtliche Bewertung und
- die Zusammenstellung von Prüffragen für seine Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit.

In Kapitel 3 erläutern wir zunächst die Begriffe

- „Schutzziel“ (eine Anforderung an die Stilllegung, die sich aus dem gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerk zum Schutz der Schützgüter vor unzulässigen Einwirkungen ergibt),
- „Nachweiserfordernis“ (ein zu erbringender Nachweis zur Erfüllung der Anforderungen aus dem Regelwerk) und
- „Sicherheitsnachweiskonzept“ (Ableitung und Zusammenstellung der Nachweiserfordernisse und Festlegung der Nachweisführung (Methodik und Kriterien), jedoch ohne die Nachweisführung selbst).

In Kapitel 4 werden die Angaben des BfS zum geotechnischen Teil des Sicherheitsnachweiskonzepts aus dem Plan zur Stilllegung des ERAM [A 281] und der Unterlage „Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahmen der Stilllegung (Standssicherheit und Integrität)“ [P 218] wiedergegeben. In beiden Unterlagen werden aus Schutzzielen Nachweiserfordernisse abgeleitet, die den Ausgangspunkt für die vorzulegenden Nachweise darstellen. In Abschnitt 4.1 stellen wir alle im Plan aufgeführten Nachweiserfordernisse zusammen und identifizieren hiervon diejenigen, die dem geotechnischen Teil zuzurechnen sind. Für diese werden die Angaben im Plan zu Nachweismethoden und -kriterien zusammengestellt. In Abschnitt 4.2 werden die Inhalte von [P 218] geordnet nach Schutzzielen, Nachweiserfordernissen, Nachweismethoden und –kriterien wiedergegeben.

In Kapitel 5 erfolgt zunächst eine erste Prüfung der Angaben in [A 281] und [P 218] zu den Nachweiserfordernissen mit geotechnischen Inhalten (geotechnische Nachweiserfordernisse) auf Konsistenz und Vollständigkeit durch (Abschnitt 5.1). Diese führt zu folgenden Ergebnissen:

- Einige der geotechnischen Nachweiserfordernisse, die im Plan aufgeführt werden, werden in [P 218] nicht erwähnt. Die Ursache hierfür ist, dass in [P 218] nur die Nachweiserfordernisse berücksichtigt werden, die vom BfS den Schutzzielen Standssicherheit und Integrität zugeordnet werden. Die Standssicherheit der Schächte auch bei Erdbeben und die Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten fallen offensichtlich nicht unter diese Schutzziele bzw. werden vom BfS als eigenständige Schutzziele aufgefasst.
- In [P 218] sind Nachweiserfordernisse aufgestellt, die über die im Plan angegebenen Nachweiserfordernisse hinausgehen. Diese betreffen
 - den Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume,
 - den Schutz der (obersten) Anhydritschollen (zum Erhalt der Barrierenintegrität, wobei hier in [P 218] nicht zwischen zutrittsgefährdeten und nicht zutrittsgefährdeten Grubenräumen unterschieden wird) und

- die Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel (um eine Beeinflussung der Grundwasserströmung im Deckgebirge oder eine Änderung der Subrosionsrate (nach unserem Verständnis am Salzspiegel) zu vermeiden).
- Für das Nachweiserfordernis der „globalen Standsicherheit“ im Endzustand werden im Plan und in [P 218] unterschiedliche Nachweise aufgeführt (im Plan die Begrenzung der Senkungsrate, in [P 218] die Begrenzung der integralen Senkung oder der Schiefstellung). Für den Zeitraum der Stilllegung wird die Art des Nachweises im Plan nicht konkretisiert, so dass hier unklar ist, ob ebenfalls Abweichungen zu den Angaben in [P 218] bestehen.

Da die Nachweiserfordernisse weder im Plan noch in [P 218] systematisch aus dem Regelwerk abgeleitet werden, ergeben sich hinsichtlich der Vollständigkeit der geotechnischen Nachweiserfordernisse die folgenden Fragen:

- Sind die in [P 218] aufgestellten, über die Angaben im Plan hinausgehenden Nachweiserfordernisse
 - Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume,
 - Schutz der (obersten) Anhydritschollen und
 - Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegelrechtlich geboten oder sind sie vom BfS auf freiwilliger Basis vorgelegte Nachweise?
- Ergeben sich aus dem Regelwerk weitere Nachweiserfordernisse zu geotechnischen Aspekten, die weder im Plan noch in [P 218] aufgeführt sind?
- Ergeben sich insbesondere aus dem Nachweiserfordernis der radiologischen Langzeitsicherheit, dem Nachweiserfordernis zum Ausschluss einer schädlichen Grundwasserverunreinigung oder der Störfallanalyse im Rahmen des Nachweiserfordernisses zur Einhaltung der Vorgaben der Strahlenschutzverordnung weitere Nachweiserfordernisse zu geotechnischen Aspekten?

Zur Beantwortung dieser Fragen stellen wir in Abschnitt 5.2 die relevanten Schutzgüter und die möglichen Einwirkungen des ERAM und seiner Stilllegung auf diese Schutzgüter zusammen. In Abschnitt 5.3 ermitteln wir die Einwirkungen, die direkt oder indirekt geotechnische Aspekte beinhalten, und identifizieren das Regelwerk, in dem diese Einwirkungen geregelt werden. Auf dieser Basis stellen wir in Abschnitt 5.4 die Anforderungen aus dem genannten Regelwerk zur Begrenzung dieser „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“¹ zusammen (*Schutzziele*). Im Rahmen des vorliegenden Berichts beschränken wir uns auf das strahlenschutzrechtliche Regelwerk, das Bundesberggesetz und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes. In Abschnitt 5.5 stellen wir die zu erbringenden Nachweise zur Erfüllung dieser Anforderungen sowie sonstiger Anforderungen aus dem berücksichtigten Regelwerk (*Nachweiserfordernisse*) zusammen. In Abschnitt 5.6 vergleichen wir die so abgeleiteten geotechnischen Nachweiserfordernisse mit den geotechnischen Nachweiserfordernissen des BfS.

¹ Einwirkungen auf die Schutzgüter, die – direkt oder indirekt – durch das geomechanische Verhalten des Gebirges unter Berücksichtigung der Versatzmaßnahmen und von Erdbeben verursacht werden.

Wir kommen zu den folgenden Ergebnissen:

- Die in [P 218] aufgestellten, über die Angaben im Plan hinausgehenden Nachweiserfordernisse
 - Schutz der (obersten) Anhydritschollen und
 - Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel

sind als Nachweiserfordernisse nicht unmittelbar aus dem Regelwerk ableitbar. Sie sind Teile bei der Nachweisführung zur Barrierenintegrität und zum Grundwasserschutz. In wieweit sie hierzu erforderlich sind bzw. die Nachweisführung zur Barrierenintegrität und zum Grundwasserschutz mit ihnen vollständig ist, wird in den Unterlagen nicht dargelegt und ist Teil der inhaltlichen Prüfung.

- Es gibt verschiedene geotechnische Nachweiserfordernisse, die zwar nicht im Plan und in [P 218] benannt werden, zu denen das BfS aber dennoch Unterlagen vorgelegt bzw. im Plan Angaben dazu gemacht hat.
- Das im Plan und in [P 218] angegebene geotechnische Nachweiserfordernis zum Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume ist erforderlich. Das Kriterium des BfS ist jedoch unvollständig, da es nur für die Phase der Bauzustände und nicht für den Endzustand gefordert wird.
- Für Grubenbaue, bei denen für den gegenwärtigen Zeitpunkt die Integrität der sie umgebenden geologischen Barriere rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann, sollte zusätzlich das Nachweiserfordernis zur möglichst frühzeitigen Wiederherstellung der rechnerischen Barrierenintegrität zur Anwendung kommen.
- Darüber hinausgehend sind die geotechnischen Nachweiserfordernisse zu ergänzen um die Nachweiserfordernisse
 - zur Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallitflözen durch die Verfüllung,
 - zur Nichtbeeinträchtigung von Bodenschätzen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt, sowie
 - zur fehlenden Gefährdung der Sicherheit anderer Bergwerke.

Bei der Führung der Nachweise zum Schutz der Bevölkerung in der Nachbetriebsphase vor radio-logischen Belastungen und zum Ausschluss einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit werden die Annahmen getroffen,

- (1) dass die Konvergenzraten in den Grubenbauen nach Abschluss der Stilllegung in bestimmten Wertebereichen liegen und
- (2) dass der durch Löse- und Umlöseprozesse in oder über der Grube neugebildete Hohlraum mit den gleichen Raten konvergiert wie die aufgefahrenen Grubenhohlräume.

Diese Annahmen sind im Rahmen der geotechnischen Nachweisführungen ebenfalls nachzuweisen.

Kapitel 6 enthält eine Zusammenstellung der Prüffragen für die im Rahmen des AP 3 durchzuführenden Prüfungen.

Die im vorliegenden Zwischenbericht zitierten Unterlagen sind in Kapitel 7 zusammengestellt.



INHALTSVERZEICHNIS

Seite:

ZUSAMMENFASSUNG

1. EINLEITUNG	1
2. BERICHTSAUFBAU	3
3. ERLÄUTERUNGEN ZU BEGRIFFEN UND METHODEN	4
4. SICHERHEITSNACHWEISKONZEPT DES BFS	5
4.1. Angaben im Plan	5
4.1.1. Schutzgüter und Einwirkungen	5
4.1.1.1. Schutzgüter	5
4.1.1.2. Einwirkungen.....	5
4.1.2. Regelwerk	8
4.1.3. Schutzziele	11
4.1.4. Nachweiserfordernisse	11
4.1.5. Nachweismethoden und -kriterien	14
4.2. Angaben in [P 218]	15
4.2.1. Schutzziele und Nachweiserfordernisse	15
4.2.2. Nachweismethoden und -kriterien	15
5. PRÜFUNG DER NACHWEISERFORDERNISSE AUF VOLLSTÄNDIGKEIT	19
5.1. Erstbewertung der Angaben im Plan und in [P 218]	19
5.2. Zusammenstellung der relevanten Schutzgüter und Einwirkungen	23
5.3. Ermittlung der Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten	27
5.4. Zusammenstellung rechtlicher Anforderungen	30
5.4.1. Strahlenschutzrechtliche Anforderungen	30
5.4.1.1. Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung.....	30
5.4.1.2. Atomgesetz (AtG).....	31
5.4.1.3. Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV)	33
5.4.1.4. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)	33
5.4.1.5. Sicherheitskriterien von 1983 [BMI 83]	34
5.4.1.6. Sicherheitsanforderungen von 2009 [BMU 09]	40
5.4.2. Sonstige Rechtsgebiete	47
5.4.2.1. Bundesberggesetz.....	47
5.4.2.2. Wasserhaushaltsgesetz.....	49
5.4.2.3. Deponieverordnung	50
5.5. Zusammenstellung der Nachweiserfordernisse	51
5.5.1. Nachweiserfordernisse gemäß der rechtlichen Anforderungen	51



5.5.2. Geotechnische Nachweiserfordernisse	55
5.6. Prüfung der Vollständigkeit der geotechnischen Nachweiserfordernisse des BfS	56
6. ABLEITUNG VON PRÜFFRAGEN.....	60
6.1. In die Prüfung ergänzend einzubeziehende Unterlagen	60
6.2. Prüffragen zur Prüfung nach AP 3.....	60
6.2.1. Standsicherheit und stabiler Endzustand	61
6.2.1.1. Schutzziele, Nachweiskriterien und Nachweismethode.....	61
6.2.1.2. Einzelnachweise	62
6.2.1.2.1. Sicherheitselement ‚Allgemeine Einschätzung (Befahrung)‘	62
6.2.1.2.2. Sicherheitselement ‚Baugrunduntersuchungen (Wirtsgesteinsuntersuchungen)‘	62
6.2.1.2.3. Sicherheitselement ‚Geotechn. Analyse (Berechnungen/Plausibilitätsbetrachtungen)‘	62
6.2.1.2.4. Sicherheitselement ‚Systematische Beobachtung‘	64
6.2.1.2.5. Sicherheitselement ‚Vorsorgekonzept‘	64
6.2.2. Beherrschung von Lösungszutritten	65
6.2.3. Standsicherheit der Schächte bei Erdbeben	67
6.2.4. Anforderungen aus der LSA	67
6.2.4.1. Abgeschlossenheit der Einlagerungsbereiche.....	67
6.2.4.2. Dichtheit der Schächte Bartensleben und Marie.....	67
6.2.4.3. Konvergenzverhalten.....	68
6.2.4.4. Geomechanisches Verhalten des Versatzes	68
6.2.5. Verfüllkonzept	69
6.2.5.1. Verfüllplan	69
6.2.5.2. Verfüllmaterial.....	69
6.2.5.3. Qualitätssicherung / Beweissicherung	70
7. LITERATUR	71

Anhang 1: Kurzstellungnahme – Standsicherheit und stabiler Endzustand - Lager H [TUC 09]

1. EINLEITUNG

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat beim zuständigen Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt (MLU) die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens nach § 9 b Atomgesetz (AtG) zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) beantragt. Für die Stilllegung des ERAM sind die Sicherheit der Anlage und des Betriebs während der Stilllegung und die langfristige Sicherheit des verschlossenen Endlagers nachzuweisen. Den hierzu vorzulegenden Nachweisen liegt ein Sicherheitsnachweiskonzept zugrunde, das im Plan zur Stilllegung des ERAM [A 281] in Verbindung mit weiteren Verfahrensunterlagen dargelegt wird. Die Brenk Systemplanung GmbH (BS) wurde vom MLU beauftragt, im Rahmen des Prüfkomplexes 8 (PK 8; geotechnische Aspekte) die geotechnischen Teile dieses Sicherheitsnachweiskonzepts auf Plausibilität und Vollständigkeit zu prüfen.

Gegenstand des PK 8 ist die Prüfung,

- ob die vom BfS unter geotechnischen Gesichtspunkten angeführten Nachweiserfordernisse und die verwendete Nachweismethodik sachgerecht und vollständig sind,
- ob und wenn ja welche Nachweiserfordernisse zu ergänzen oder zu ersetzen sind bzw. ob und wenn ja wie die Nachweismethodik zu ändern ist und
- ob die eingereichten Unterlagen den Anforderungen aus den Nachweiserfordernissen und der Nachweismethodik genügen.

Bei der Prüfung wird unterstellt, dass die in [P 220] geplanten umfangreichen Verfüllmaßnahmen in den Gruben Bartensleben und Marie durchgeführt werden.

Im Zentralteil der Grube Bartensleben werden gegenwärtig einige Hohlräume im Rahmen der bergbaulichen Gefahrenabwehr (bGZ) schon vor Beginn der eigentlichen Stilllegungsmaßnahmen verfüllt. Da in den nicht verfüllten Grubenbauwerken des ERAM grundsätzlich ein weiterer Sicherheitsverzehr auftritt, ist eine vorzeitige Verfüllung weiterer Grubenbaue des ERAM noch vor dem Planfeststellungsbeschluss denkbar. Solche Maßnahmen könnten z. B. als Änderungen der bestehenden Dauerbetriebsgenehmigung separat beantragt werden, würden allerdings auch den Anforderungen aus dem Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung unterliegen bzw. müssten unschädlich im Hinblick auf die Stilllegung sowie auf die Einhaltung der langfristigen Ziele der Stilllegung sein. Für eine vorzeitige Verfüllung sind gegenwärtig Teile des Lagers H im Grubengebäude Marie in Diskussion. Aufgrund des dortigen Lösungszutritts und aufgrund seiner Funktion als Stapelraum für im Havariefall zutretende Lösungen ist auf diesen Grubenteil jedoch ein besonderes Augenmerk zu richten.

Ein weiterer Gegenstand des PK 8 ist deshalb die Prüfung,

- welche (ggf. zusätzlichen) Nachweiserfordernisse sich im konkreten Fall einer vorgezogenen Verfüllung des Lagers H ergeben und
- ob die zu Lager H vorliegenden Unterlagen diesen Anforderungen genügen.

Die Prüfung zu PK 8 wird in die Prüfung der Verfahrensunterlagen und Nachweise auf Plausibilität und Vollständigkeit (Phase 1) und die inhaltliche Prüfung der Verfahrensunterlagen und Nachweise



(Phase 2) untergliedert. Gemäß unserem Angebot vom 03.02.2009 sind zu Phase 1 dieser Prüfung im Rahmen der Arbeitspunkte (AP) 1 bis 4 vorgesehen:

- AP 1: Vorabprüfung der Standsicherheit und des stabilen Endzustands für das Lager H im Sinne einer Ersteinschätzung.
- AP 2: Darstellung und rechtliche Bewertung des Sicherheitskonzepts des BfS und Konkretisierung der Vorgehensweise bei der Prüfung der Planunterlagen auf Plausibilität und Vollständigkeit.
- AP 3: Prüfung der dem Themenbereich „Geomechanik, Standsicherheit“ zugeordneten Verfahrensunterlagen auf Plausibilität und Vollständigkeit.
- AP 4: Identifikation von Fragen zwecks Konkretisierung der Anforderungen an die inhaltliche Prüfung von Unterlagen bzw. Nachweisen in der nachfolgenden Phase 2 der Arbeiten.

Der vorliegende Zwischenbericht beinhaltet die Arbeiten zu AP 2. Zu AP 1 wurde als erster Zwischenbericht der Bericht der TU Clausthal vom 04.09.2009 vorgelegt, der als Anhang beigefügt ist. Eine endgültige Bewertung der Standsicherheit und des stabilen Endzustands für das Lager H erfolgt im Rahmen der AP 3 und 4.

2. BERICHTSAUFBAU

Gegenstände dieses Berichts sind

- die Darstellung des geotechnischen Teils des Sicherheitsnachweiskonzepts des BfS,
- seine rechtliche Bewertung und
- die Zusammenstellung von Prüffragen für seine Prüfung auf Plausibilität und Vollständigkeit.

In Kapitel 3 erläutern wir zunächst die Begriffe „Schutzziel“, „Nachweiserfordernis“ und „Sicherheitsnachweiskonzept“.

In Kapitel 4 werden die Angaben des BfS zum geotechnischen Teil des Sicherheitsnachweiskonzepts aus den Unterlagen [A 281] (Plan zur Stilllegung des ERAM) und [P 218] (Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahmen der Stilllegung (Standssicherheit und Integrität)) wiedergegeben. In beiden Unterlagen werden aus Schutzzielen Nachweiserfordernisse abgeleitet, die den Ausgangspunkt für die vorzulegenden Nachweise darstellen. In Abschnitt 4.1 stellen wir alle im Plan aufgeführten Nachweiserfordernisse zusammen und identifizieren hiervon diejenigen, die dem geotechnischen Teil zuzurechnen sind. Für diese werden die Angaben im Plan zu Nachweismethoden und -kriterien zusammengestellt. In Abschnitt 4.2 werden die Inhalte von [P 218] geordnet nach Schutzzielen, Nachweiserfordernisse, Nachweismethoden und -kriterien wiedergegeben.

In Kapitel 5 prüfen wir zunächst die Angaben in [A 281] und [P 218] zu den Nachweiserfordernissen mit geotechnischen Inhalten (geotechnische Nachweiserfordernisse) auf Konsistenz (Abschnitt 5.1). Zur Prüfung der geotechnischen Nachweiserfordernisse auf Vollständigkeit leiten wir in den Abschnitten 5.2 bis 5.4 die geotechnischen Nachweiserfordernisse ab, die sich nach unserer Ausfassung aus dem strahlenschutzrechtlichen Regelwerk unter Berücksichtigung weiterer Fachrechte ergeben. Diese vergleichen wir in Abschnitt 5.5 mit den Angaben des BfS.

Kapitel 6 enthält eine Zusammenstellung der Prüffragen für die im Rahmen des AP 3 durchzuführenden Prüfungen.

Die im vorliegenden Zwischenbericht zitierten Unterlagen sind in Kapitel 7 zusammengestellt.

3. ERLÄUTERUNGEN ZU BEGRIFFEN UND METHODEN

Ziel der Stilllegung des ERAM ist sicherzustellen, dass von dem Endlager nach seiner Stilllegung keine unzulässigen Einwirkungen auf die rechtlich relevanten Schutzgüter ausgehen. Weiterhin sind die Stilllegungsmaßnahmen so auszuführen, dass es auch während der Stilllegung zu keiner unzulässigen Einwirkung auf diese Schutzgüter kommt.

Um den Nachweis zu erbringen, dass diese Ziele erreicht werden, sind die folgenden Schritte erforderlich:

- Zusammenstellung der rechtlich relevanten Schutzgüter.
- Zusammenstellung der möglichen durch das ERAM bzw. seine Stilllegung bedingten Einwirkungen auf die Schutzgüter.
- Identifizierung des zu berücksichtigenden gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerks zum Schutz der Schutzgüter vor unzulässigen Einwirkungen.
- Zusammenstellung der Anforderungen an die Stilllegung, die sich aus diesem Regelwerk ergeben (*Schutzziele*).
- Zusammenstellung der zu erbringenden Nachweise zur Erfüllung dieser Anforderungen sowie sonstiger Anforderungen² aus dem Regelwerk (*Nachweiserfordernisse*).
- Festlegung der Nachweismethodik und der Kriterien, bei deren Einhaltung der Nachweis als erbracht gilt.
- Nachweisführung, dass diese Kriterien eingehalten werden.
Die Nachweisführung kann mittels Messung, Berechnung oder/und der Festlegung von Vorgehensweisen erfolgen.

Als *Sicherheitsnachweiskonzept* verstehen wir die Ableitung und Zusammenstellung der Nachweiserfordernisse und die Festlegung der Nachweisführung (Methodik und Kriterien), jedoch ohne die Nachweisführung selbst.

Bei den Nachweiserfordernissen unterscheiden wir zwischen primären und abgeleiteten Nachweiserfordernissen. Primäre Nachweiserfordernisse sind solche, die sich unmittelbar aus den Anforderungen des Regelwerkes ergeben, wie z. B. das Erfordernis zum Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung während des Stilllegungsbetriebs oder zum Nachweis der Integrität der Einlagerungsbereiche. Abgeleitete Nachweiserfordernisse betreffen dagegen einzelne Punkte bzw. Annahmen in einer übergeordneten Nachweisführung. Ein Beispiel wäre das Erfordernis zum Nachweis einer oberen Schranke für die Konvergenzrate in einem Grubenteil, sofern der radiologische Langzeitsicherheitsnachweis auf einer entsprechenden Annahme beruht.

² Eine solche „sonstige Anforderung“ ist z. B. die Forderung nach Zuverlässigkeit und Fachkunde der verantwortlichen Personen. In diesem Fall bezieht sich die Forderung nicht auf ein Schutzziel, sondern auf ein Mittel zum Erreichen eines Schutzziels.

4. SICHERHEITSNACHWEISKONZEPT DES BFS

4.1. Angaben im Plan

Für die Stilllegung des ERAM sind die Sicherheit der Anlage und des Betriebs während der Stilllegung und die langfristige Sicherheit des verschlossenen Endlagers nachzuweisen. Den hierzu vorzulegenden Nachweisen liegt ein Sicherheitsnachweiskonzept zugrunde, das im Plan zur Stilllegung des ERAM [A 281] in Verbindung mit weiteren Verfahrensunterlagen dargelegt wird. Im Folgenden werden die im Plan enthaltenen Angaben zu den Schutzziele und Nachweiserfordernissen dieses Konzepts wiedergegeben. Weiterhin geben wir die Angaben zu Nachweismethodik und -kriterien wieder, soweit sie die Teile des Nachweiskonzepts betreffen, die in den Prüfkompex 8 fallen.

4.1.1. Schutzgüter und Einwirkungen

4.1.1.1. Schutzgüter

Als Schutzgüter werden im Plan

- Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit,
- Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt,
- Boden, Wasser, Luft,
- Klima,
- Landschaft,
- Kulturgüter und sonstige Sachgüter

aufgeführt ([A 281] S. 10 f).

4.1.1.2. Einwirkungen

Im Folgenden unterscheiden wir zwischen Auswirkungen (von einer Quelle ausgehende Wirkungen wie z. B. Stoffemissionen) und Einwirkungen (auf die Schutzgüter einwirkende Wirkungen wie z. B. Stoffimmissionen).

Im Plan wird zwischen radiologischen und konventionellen Auswirkungen unterschieden. Es wird angegeben, dass im Plan die radiologischen Auswirkungen auf alle Schutzgüter und die konventionellen Auswirkungen auf Dritte (d. h. auf die nicht im ERAM beschäftigten Menschen) beschrieben würden. In der UVS würden die konventionellen Auswirkungen auf alle Schutzgüter beschrieben.

Radiologische Auswirkungen und Einwirkungen

Als radiologische Auswirkungen werden in Kapitel 4 des Plans

- die Direktstrahlung (innerhalb und außerhalb der Grube),
- die Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Grubenwetter und
- die Ableitung bzw. Freisetzung radioaktiver Stoffe mit der Abluft

aufgeführt. Es wird angegeben, dass keine Ableitung bzw. Freisetzung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser erfolgt.

Als Quelle der radiologischen Auswirkungen wird ausschließlich das Grubengebäude benannt, da mögliche Kontaminationen des Betriebsgeländes im Rahmen des Offenhaltungsbetriebs beseitigt werden.

Als radiologische Einwirkungen auf die Schutzgüter werden berücksichtigt

- die (effektive und organspezifische) Strahlenexposition des Menschen durch Direktstrahlung und Aufnahme radioaktiver Stoffe.

Es wird angegeben, dass

- nachteilige Auswirkungen auf Pflanzen und Tiere,
- schädliche Veränderungen des Bodens und
- nachteilige Verunreinigungen der Luft

ausgeschlossen werden können, wenn die gesetzlichen Anforderungen zum Schutz des Menschen eingehalten werden.

Es wird angegeben, dass

- die Einwirkung auf Gewässer
- vernachlässigbar ist und
- eine Beeinflussung von Klima, Landschaft, Kultur- und Sachgütern

nicht erfolgt.

Konventionelle Auswirkungen und Einwirkungen

Als konventionelle Auswirkungen werden aufgeführt

- luftgetragene Emissionen von
 - Staub durch übertägige Bautätigkeiten,
 - übertägigen Wärmeversorgungsanlagen,
 - Salzstaub mit den Abwettern aus der Grube,
 - Verbrennungsabgasen der untertage eingesetzten Fahrzeuge,

- Ableitung von
 - salzhaltigen Schachtwässern (in den Salzbach und die Aller),
 - auf den versiegelten Flächen anfallenden Niederschlagswässern,
- Schallemissionen
 - der Hauptgrubenlüfter,
 - im Rahmen übertägiger Baumaßnahmen,
 - im Rahmen der Anlieferung von Versatzmaterialien,
- Lichtemissionen durch
 - Vorbelastung (hiermit dürfte das ERAM in seinem heutigen Zustand gemeint sein),
 - die zu errichtende Anlage (hiermit dürfte die Anlage zur Herstellung des Versatzmaterials gemeint sein),
 - den Anlieferverkehr,
- (bergbaubedingte) Senkungen.

Es wird unter Verweis auf die Umweltverträglichkeitsstudie und den Landschaftspflegerischen Begleitplan angegeben, dass die Stilllegungsmaßnahmen mit erheblichen temporären Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts und Veränderungen des Landschaftsbildes verbunden sind.

Es wird der Anfall von Abfällen angesprochen und darauf hingewiesen, dass die mit den Abfällen verbundenen Umweltauswirkungen in den Verfahren der (externen) Entsorgungsanlagen berücksichtigt werden.

Es werden die folgenden konventionellen Einwirkungen angegeben:

- Berechnete maximale Immissionswerte für SO₂, NO₂, Schwebstaub und Staubniederschlag aufgrund der Abwetter- und der Wärmeversorgungsanlagen.
- Heutige und künftige durchschnittliche³ Senkungsrate am Ort der maximalen Senkung.

³ Es wird nicht angegeben, über welche Gesamtheit bei der Durchschnittsbildung gemittelt wird.

4.1.2. Regelwerk

Als bei der Stilllegung zu beachtende Regelungen werden im Plan aufgeführt (Gegenstand der Regelung in Kursivschrift von uns ergänzt):

- im Atomgesetz
 - § 9a AtG ([A 281], S. 187)
Schadlose Verwertung oder geordnete Beseitigung radioaktiver Reststoffe
 - § 9b AtG Abs. 4 in Verbindung mit § 7 Abs. 2 Nr. 3 ([A 281], S. 246)
Treffen der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Vorsorge gegen Schäden
- in der Strahlenschutzverordnung
 - § 6 Abs. 2 StrlSchV ([A 281], S. 12, S. 219, S. 226)
Minimierung der Strahlenexposition und Kontamination von Mensch und Umwelt
 - § 29 StrlSchV ([A 281], S. 156)
Freigabe von radioaktiven Stoffen (u. a.)
 - § 41 Abs. 5 StrlSchV ([A 281], S. 192)
Personendosimetrie (zur Überwachung von Personen im Kontrollbereich)
 - §§ 46, 47, 55, 56 und 58 StrlSchV ([A 281], S. 12)
Begrenzung der Strahlenexposition für Beschäftigte und Bevölkerung während des Stilllegungsbetriebs
 - § 49 Abs.1 StrlSchV ([A 281], S. 208, S. 221 ff)
Störfallplanungswerte
 - § 67 StrlSchV ([A 281], S. 191)
Strahlungsmessgeräte
 - § 95 StrlSchV ([A 281], S. 219)
Begrenzung der Strahlenexposition von Beschäftigten durch natürlich vorkommende radioaktive Stoffe
- Sicherheitskriterien von 1983 [BMI 83]
 - Kapitel 2 Absatz 3 (Der Absatz wird nicht benannt, er wird aber zitiert) ([A 281], S. 13. S. 246)
Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung in der Nachbetriebsphase
- REI ([A 281], S. 193 f)
Überwachung der Emissionen und Immissionen radioaktiver Stoffe
- Wasserhaushaltsgesetz (Stand 2008)
 - § 34 WHG ([A 281], S. 13)
Grundwasserschutz bei Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, Lagern und Ablagern von Stoffen sowie bei Beförderung von Flüssigkeiten und Gasen in Rohren.

- Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt
§ 138 WG LSA ([A 281], S. 13)
identisch mit § 34 WHG (Stand 2008)
- Bundesberggesetz
§ 55 Abs. 1 Nr. 5 BBergG ([A 281], S. 13)
Schutz der (Tages-)Oberfläche
- Bundes-Immissionsschutzgesetz
§ 22 BImSchG ([A 281], S. 209)
*Verhinderung bzw. Minimierung schädlicher Umwelteinwirkungen bei nicht
genehmigungspflichtigen Anlagen*
- TA Luft ([A 281], S. 210)
Immissionswerte für Stoffe zum Schutz der menschlichen Gesundheit (u. a.)
- DIN 4149 Teil 1 ([A 281], S. 133, S. 241)
Technische Baubestimmungen

Weiterhin wird auf

- § 31 Abs. 1 Satz 1 StrlSchV ([A 281], S. 185) *Strahlenschutzverantwortlicher*,
- § 34 Nr. 4 StrlSchV ([A 281], S. 186) *Führung eines Betriebshandbuchs für den Strahlenschutz*,
- § 53 BBergG ([A 281], S. 195) *Vorlegen von Abschlussbetriebsplan und Betriebschronik* und
- § 58 Abs. 1 Nr. 1 BBergG ([A 281], S. 185) *Unternehmer*

verwiesen. Diese Regelungen beziehen sich jedoch auf organisatorische Aspekte und Unterlagen, so dass sich aus diesen Regelungen keine Schutzziele und Nachweiserfordernisse ableiten.

Es wird angegeben, dass die Stilllegung des ERAM zur Sicherstellung des Stands von Wissenschaft und Technik in Anlehnung an

- KTA 2201.1 bei der Ermittlung der Erdbebengefährdung ([A 281], S. 91 f),
- KTA 2201.3 beim Nachweis der Standsicherheit der Schächte bei Erdbeben ([A 281], S. 133, S. 241),
- KTA 1401 und DIN EN ISO 9001 bei der Einrichtung eines QM-Systems ([A 281], S. 152),
- KTA-Regeln bei der Auswahl der Messeinrichtungen zur Strahlungsüberwachung ([A 281], S. 191) und
- den „Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren gegen Störfälle im Sinne des § 28 Abs. 3 StrlSchV (Störfall-Leitlinien)“ bei der Störfallanalyse ([A 281], S. 221)

erfolgt. Aus dem Plan geht jedoch nicht hervor, in welchem Umfang und mit welcher Verbindlichkeit diesen Regelungen gefolgt wird.

Weiterhin wird im Plan in Abschnitt 2.2 auf die Anforderungen „*insbesondere folgender Gesetze und Verordnungen*“ verwiesen, ohne die hier relevanten Regelungen zu konkretisieren:

- Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (**Atomgesetz - AtG**) i. d. F. der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29.08.2008 (BGBl. I S. 1793),
- Gesetz zu dem Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (**Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung**) vom 13. August 1998 (BGBl. II S. 1752),
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (**Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG**) i. d. F. der Bekanntmachung vom 26.09.2002 (BGBl. I S. 3830), zuletzt geändert durch Gesetz vom 23.10.2007 (BGBl. I S. 2470),
- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (**Wasserhaushaltsgesetz - WHG**) i. d. F. der Bekanntmachung vom 19.08.2002 (BGBl. I S. 3245), zuletzt geändert durch Gesetz vom 08.04.2008 (BGBl. I S. 686),
- **Wassergesetz für das Land Sachsen-Anhalt (WG LSA)** i. d. F. der Bekanntmachung vom 12.04.2006 (GVBl. LSA S. 248), zuletzt geändert durch Gesetz vom 07.11.2007 (GVBl. LSA S.353),
- Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (**Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG**) i. d. F. vom 25.03.2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.06.2005 (BGBl. I 2005 S. 1818),
- **Naturschutzgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (NatSchG LSA)** vom 23.07.2004 (GVBl. LSA S. 454), zuletzt geändert durch Gesetz vom 20.12.2005 (GVBl. LSA S. 769, 801)
- **Bundesberggesetz (BBergG)** vom 13.08.1980 (BGBl. I S. 1310), zuletzt geändert durch Gesetz vom 09.12.2006 (BGBl. I S. 2833),
- **Baugesetzbuch (BauGB)** i. d. F. der Bekanntmachung vom 23.09.2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Gesetz vom 21.12.2006 (BGBl. I S. 3316),
- Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (**Sprengstoffgesetz - SprengG**) i. d. F. der Bekanntmachung vom 10.09.2002 (BGBl. I S. 3518), zuletzt geändert durch Verordnung vom 10.05.2007 (BGBl. I S. 666) sowie die hierzu ergangenen Verordnungen,
- Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (**Strahlenschutzverordnung - StrlSchV**) vom 20.07.2001 (BGBl. I S. 1714), zuletzt geändert durch Gesetz vom 29.08.2008 (BGBl. I S. 1793),
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (**Grundwasserverordnung**) vom 18.03.1997 (BGBl. I S. 542),
- **Bauordnung des Landes Sachsen-Anhalt (BauO LSA)** vom 20.12.2005 (GVBl. LSA S. 769).

4.1.3. Schutzziele

In Abschnitt 2.2 des Plans werden die folgenden Schutzziele benannt:

- (I) Während des Stilllegungsbetriebs:
 - (I-1) Gewährleistung der konventionellen Sicherheit des Stilllegungsbetriebs und der Beschäftigten,
 - (I-2) Vermeidung, Verminderung und Begrenzung der konventionellen Belastungen von Mensch und Umwelt durch Emissionen und den Anfall von nichtradioaktiven Abfällen,
 - (I-3) Vermeidung, Verminderung und Begrenzung der Kontamination⁴ und Strahlenbelastung von Mensch und Umwelt,
 - (I-4) Ausschluss der Kritikalität.
- (II) Nach Abschluss des Stilllegungsbetriebs (Nachbetriebsphase):
 - (II-1) Einhaltung der Dosisgrenzwerte⁵ des § 47 StrlSchV,
 - (II-2) Begrenzung der Senkungen an der Tagesoberfläche,
 - (II-3) Vermeidung einer schädlichen Verunreinigung oder einer sonstigen nachteiligen Veränderung des Grundwassers,
 - (II-4) Ausschluss der Kritikalität.

Es wird auf zusätzliche Anforderungen verschiedener Gesetze und Verordnungen verwiesen, ohne dass diese Anforderungen explizit benannt werden.

4.1.4. Nachweiserfordernisse

In Abschnitt 2.4 des Plans werden die folgenden Anforderungen als Bedingungen zum Erreichen der Schutzziele benannt:

- Gewährleistung der sicheren Betriebsführung.
Bezüglich der sich aus dem gesetzlichen Regelwerk ergebenden Anforderungen (und damit der Nachweiserfordernisse) wird allgemein auf die „in Kapitel 2.2 [des Plans] zitierten Regelwerke“ verwiesen. Zusätzlich werden konkret benannt
 - der Nachweis der Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben „in Anlehnung an KTA-Regel 2201.3“,

⁴ Wir gehen davon aus, dass hier die Kontamination mit radioaktiven Stoffen gemeint ist.

⁵ In Abschnitt 2.2 wird die Einhaltung der Grenzwerte des § 47 StrlSchV als Schutzziel benannt. Im Weiteren beschränkt sich der Plan lediglich auf die Einhaltung des Grenzwerts für die effektive Dosis Erwachsener.

- die Auslegung der Anlagen nach DIN 4149, Teil 1⁶,
- die Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten sowie von Überschusslösungen bei den Verfüllarbeiten,
- die Auslegung der übertägigen Gebäude und Anlagen gegenüber Eis, Schnee und Sturm,
- der Schutz sicherheitsrelevanter Anlagen gegenüber Blitzschlag sowie
- Maßnahmen zum Schutz gegen Einwirkungen Dritter.
- Nachweis des stabilen Endzustands (sowohl für das trockene als auch für das lösungsgefüllte Endlager).

Der stabile Endzustand beinhaltet nach [A 281]

- die (langfristige) Standsicherheit des Grubengebäudes und
- den Erhalt der Integrität der Salinargesteine in der Umgebung der Einlagerungsbereiche⁷.
- Behinderung des Transports von Lösungsmittel in die Einlagerungsbereiche und des Transports von Schadstoffen aus den Einlagerungsbereichen durch
 - Abdichtung der Strecken zu den Einlagerungsbereichen,
 - Verfüllung und Abdichtung der Schächte und
 - Verfüllung sicherheitsrelevanter (d. h. parallele Wasserwegsamkeiten zu den Einlagerungsbereichen darstellende) Bohrungen

zur Einhaltung der radiologischen und konventionellen Schutzziele in der Nachbetriebsphase.

Nach Kapitel 5 des Plans wurden bzw. werden zu den Schutzziele die folgenden Sicherheitsanalysen, Nachweise und Bewertungen erstellt⁸:

- Nachweis der Standsicherheit der Grubengebäude während des Stilllegungsbetriebs (Abschnitt 5.1) *(zu I-1)*,
- Bewertung der Arbeitssicherheit in den betrieblich genutzten Grubenbauen (Abschnitt 5.1) *(zu I-1)*,
- Nachweis der Integrität der Einlagerungsbereiche (Abschnitt 5.1)⁹ *(zu II-1 und II-3)*
- Darstellung der radiologischen Verhältnisse im bestimmungsgemäßen Stilllegungsbetrieb (Abschnitt 5.2) *(zu I-3)*,

⁶ Aus der DIN 4149, Teil 1, wird kein Nachweiserfordernis abgeleitet. Die DIN wird hier als Begründung angeführt, weshalb die übertägigen Anlagen nicht gegen Erdbeben ausgelegt sein müssen.

⁷ An anderer Stelle wird in [A 281] verkürzt von der „Integrität des Salzgebirges“ oder der „Integrität der Einlagerungsbereiche“ gesprochen. Gemeint ist die Integrität der für die Einlagerungsbereiche wirksamen Abschnitte der geologischen Barriere im Salzgebirge.

⁸ Die Zuordnung zu den im Plan genannten Schutzziele (in kursiver Schrift) erfolgte durch uns.

⁹ Gemeint ist die Integrität der für die Einlagerungsbereiche wirksamen Abschnitte der geologischen Barriere im Salzgebirge.

- (Radiologische) Störfallanalysen für die Stilllegungsphase (Abschnitt 5.3) hinsichtlich
 - anlageninterner Ereignisse (zu I-3),
 - Einwirkungen von außen (zu I-3),
 - Kritikalitätsstörfällen¹⁰ (zu I-4 und II-4),
- Langzeitsicherheit (Abschnitt 5.4) hinsichtlich
 - der Freisetzung von Radionukliden (zu II-1),
 - der Freisetzung chemischer Schadstoffe (zu II-3),
 - Senkungen an der Tagesoberfläche (zu II-2).

Weiterhin liegt als [A 283] eine UVS für die Stilllegung des ERAM vor (zu I-2).

Kommentar:

Im Plan wird nicht erläutert, was unter dem Begriff „Standsicherheit“ (bzw. „Standsicherheit der Grubengebäude“) verstanden wird. Nach unserem Verständnis ist hiermit die Sicherheit vor einem Verbrechen ganzer Abbaue oder Auffahrungen gemeint, so dass Auswirkungen auf die Tagesoberfläche oder die Verfüllplanung ausgeschlossen werden können. Dies bezeichnen wir im Folgenden auch als „globale Standsicherheit“. Die (globale) Standsicherheit schließt kleinere Bruchereignisse (wie Löserfälle) nicht aus. Die Beherrschung solcher kleinerer Bruchereignisse fällt nach unserem Verständnis unter den Punkt Arbeitssicherheit. Nach dem Konzept des BfS ist nicht vorgesehen, kleinere Bruchereignisse in jedem Fall auszuschließen. Die Sicherheit vor kleineren Bruchereignissen (von uns auch als „lokale Standsicherheit“ bezeichnet) ist nur dann erforderlich, wenn Menschen die Grubenbaue betreten. Ansonsten ist lediglich sicherzustellen, dass die Bruchereignisse keinen Schaden verursachen.

Diese lokale Standsicherheit wird in [P 218] als „Standsicherheit für Grubenräume“ bezeichnet. Als „globale Standsicherheit“ wird dort der Schutz der Tagesoberfläche bezeichnet ([P 218] S. 10).

Von den im Plan explizit benannten Nachweiserfordernissen rechnen wir

- den Nachweis der (globalen) Standsicherheit des Grubengebäudes (während des Stilllegungsbetriebs als Teil der sicheren Betriebsführung und langfristig als Teil des stabilen Endzustands),
- den Nachweis, dass die Arbeitssicherheit im Hinblick auf Bruchereignisse gewährleistet ist (als Teil der sicheren Betriebsführung),
- den Nachweis der Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben (als Teil der sicheren Betriebsführung),
- den Nachweis des Beherrschens von Schachtwasser- und Lösungszutritten sowie von Überschusslösungen bei den Verfüllarbeiten (als Teil der sicheren Betriebsführung) und

¹⁰ Der Nachweis für den Ausschluss von Kritikalitätsstörfällen in der Nachbetriebsphase wird im Plan ebenfalls in Abschnitt 5.3 behandelt.

- den Nachweis der Integrität der Einlagerungsbereiche (während des Stilllegungsbetriebs und langfristig als Teil des stabilen Endzustands)

dem Prüfkomples 8 zu. Das Verfüllen und Verschließen der Schächte ist Gegenstand des Prüfkomples 6. Das Abdichten von Strecken und das Verfüllen sicherheitsrelevanter Bohrungen ist Gegenstand des Prüfkomples 7.

4.1.5. Nachweismethoden und -kriterien

Zu den dem Prüfkomples 8 zugeordneten Nachweiserfordernissen sind im Plan die folgenden Angaben zu Nachweismethoden und -kriterien enthalten:

- Der Nachweis der (globalen) Standsicherheit des Grubengebäudes soll mittels rechnerischer Nachweise geführt werden. Die langfristige Standsicherheit wird dann als gegeben angesehen, wenn die Absenkungsrate an der Tagesoberfläche einen gewissen Grenzwert (1 mm/a) unterschreitet ([A 281] S. 131). Für die (globale) Standsicherheit während der Stilllegung wird kein Kriterium angegeben.
- Die Gewährleistung der Arbeitssicherheit im Hinblick auf Bruchereignisse erfolgt durch
 - Bewertung der Arbeitssicherheit
 - vorrangig auf der Grundlage der Einschätzung von Fachpersonal
 - hilfsweise mittels Berechnungen und geotechnischen Messungen
 - und – sofern die Arbeitssicherheit so nicht nachgewiesen werden kann – durch
 - technisch/organisatorische Maßnahmen (z. B. Absperrungen) ([A 281] S. 217).
- Der Nachweis der Standsicherheit der Schächte bei Erdbeben erfolgt „in Anlehnung an KTA-Regel 2201.3“.
- Zur Beherrschung von wässrigen Lösungen sind „entsprechende Maßnahmen“ vorgesehen ([A 281] S. 133). Bei der Verfüllung auftretende Überschusslösungen im Bereich der Einlagerungsgrubenbaue sollen mittels temporärer Abdichtungen in Nordfeld, Südfeld und Ostfeld beherrscht werden ([A 281] S. 171, 175).
- Der Nachweis der Integrität der Einlagerungsbereiche erfolgt durch Nachweis des Einhaltens von Sicherheitsabständen¹¹ ([A 281] S. 132).

¹¹ Zwischen den Grubenbauen in den Einlagerungsbereichen und dem Salzspiegel bzw. Anhydrit/Kalilagern.

4.2. Angaben in [P 218]

4.2.1. Schutzziele und Nachweiserfordernisse

Nach [P 218] sind

- die Sicherheit der Bauzustände und
- das Erreichen eines stabilen Endzustands
 - in Bezug auf die Tagesoberfläche und
 - in Bezug auf die Eigenschaften der Salzbarriere

nachzuweisen. Es werden verschiedene Schutzziele und Nachweiserfordernisse benannt, die in Tabelle 4.2-1 zusammengestellt sind.

Tabelle 4.2-1: Schutzziele und quantitativ zu führende Nachweiserfordernisse (NW) nach [P 218]

		Bauzustände	Endzustände^{*)}
	Schutzziel: Schutz der Tagesoberfläche		
1.	NW der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche	x	alternativ 1. oder 2.
2.	NW der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden	x	
	Schutzziel: Erhalt der Salzbarriere		
3.	NW des Erhalts der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume	x	(x)
4.	NW einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume	x	x
5.	NW der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel	x	
6.	NW Schutz der Anhydritschollen ^{**)}	x	(x)
	Schutzziel: Arbeitsschutz		
7.	NW der Zustandsverbesserung des Salzes in Konturbereichen der Grubenräume und den Tragelementen	x	

NW = Nachweis x = Nachweis erforderlich (x) = Nachweis wünschenswert, aber nicht erforderlich

^{*)} Es werden 2 Endzustände betrachtet: (a) trockenes Endlager, (b) zugelaufenes Endlager

^{**)} Das Nachweiserfordernis „Schutz der Anhydritschollen“ umfasst den „Nachweis der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung in der jeweils obersten Anhydritscholle, wenn der Anhydrit ein potentieller Lösungspfad ist. Alternativ dazu ist der Nachweis der Unterschreitung der Bruchgrenze des Anhydrits oder einer Zustandsverbesserung des Anhydrits möglich.“ ([P 218] S. 12)

4.2.2. Nachweismethoden und -kriterien

Unter Verweis auf das „*sinngemäß anzuwendende geotechnische Regelwerk*“¹² soll zur Führung der Sicherheitsnachweise eine 5-stufige Vorgehensweise angewendet werden:

- Allgemeine Einschätzung (Befahrungsbericht),
- Baugrunduntersuchung (Wirtsgesteinuntersuchung),

¹² Als „*sinngemäß anzuwendende geotechnische Regelwerk*“ werden DIN 1054 (Stand Januar 2005) und DIN EN 1997-1 (Stand Oktober 2005) angegeben.

- geotechnische Analyse auf der Basis von Berechnung bzw. Plausibilitätsprüfung
- Falls der Sicherheitsnachweis so nicht erbracht werden kann, erfolgen die Stufen
- systematische Beobachtung,
 - Vorsorgekonzept.

Im Weiteren wird in der Unterlage angegeben, mit welchen Methoden und Kriterien der dritte Schritt (geotechnische Analyse auf der Basis von Berechnung bzw. Plausibilitätsprüfung) realisiert werden soll. Dabei wird zwischen den Bauzuständen und dem stabilen Endzustand unterschieden. Zur Erfüllung der Nachweiserfordernisse 1. bis 3. und 5. bis 7. (vgl. Tabelle 4.2-1) ist die Berechnung einer Zustandsgröße mittels numerischer Modelle und ihr Vergleich mit einem Sicherheitsnachweiskriterium vorgesehen. Das Nachweiserfordernis 4. soll mittels geometrischer Abstandsbestimmungen erbracht werden. Die jeweiligen Zustandsgrößen und Nachweiskriterien sind in den folgenden Tabellen 4.2-2 und 4.2-3 zusammengestellt.

Für die Phase der Bauzustände wird in [P 218] auf den Seiten 18 ff ausgeführt, dass zusätzlich zum Erbringen dieser sieben Nachweiserfordernisse auch die Arbeitssicherheit zu bewerten ist. Für die rechnerische Bewertung der Arbeitssicherheit werden die folgenden Kriterien herangezogen:

- Unterschreitung des Kurzzeitbruchfestigkeitskriteriums,
- Zugspannung < 1 MPa,
- Dilatanz in Kombination mit einer „*rechnerischen Hauptverzerrung von mehr als 2 – 3 % in durchgehenden Bereichen*“,
- Einhaltung eines Bemessungswerts von 15 MPa für die einaxiale Druckfestigkeit.

Sofern die Arbeitssicherheit auf dieser Basis nicht gewährleistet werden kann, werden „*die Berechnungsergebnisse in Zusammenhang mit in-situ-Befunden [...] im Hinblick auf den Arbeitsschutz erneut bewertet*“. Es werden „*abgestuft geeignete zusätzliche Sicherheitselemente bestimmt, die auf der Beobachtungsmethode sowie technisch-organisatorischen Maßnahmen beruhen*“. Bzgl. der technisch-organisatorischen Maßnahmen wird auf [G 216] verwiesen.

Tabelle 4.2-2: Sicherheitsrelevante Zustandsgrößen und Sicherheitsnachweiskriterien für die Bauzustände (nach [P 218])

	Nachweiserfordernis (NW)	Zustandsgröße	Sicherheitsnachweiskriterien
Schutzziel: Schutz der Tagesoberfläche			
1.	NW der Begrenzung der Senkung der Tagesoberfläche	Senkung (bis wann?)	< 1 m
2.	NW der Begrenzung der Schiefstellung von Gebäuden	Schiefstellung in 100a	< 1/300
Schutzziel: Erhalt der Salzbarriere			
3.	NW des Erhalts der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume	Spannung	keine relative Aufweitung der gestörten Zone (= Zone, in der das Dilatanzkriterium oder Fluidkriterium nicht erfüllt ist) ergänzend Vergleichsverzerrung < 1%
4.	NW einer ausreichend dicken Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume	Abstand	> 130 m vom Salzspiegel oder > 60 m vom Salzspiegel und > 25 m von Anhydrit/Kalilager mit Kontakt zum Salzspiegel
5.	NW der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel	Temperatur	Erhöhung < 1 K
6.	NW Schutz der Anhydritschollen: NW der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung in der obersten Anhydritscholle oder alternativ NW der Unterschreitung der Bruchgrenze des Anhydrits in der obersten Anhydritscholle oder alternativ NW der Zustandsverbesserung in der obersten Anhydritscholle	Temperatur Temperatur Spannung Spannung	Erhöhung < 2 K Festigkeitskriterium nach Drucker-Prager Lastpfadkontrolle des Festigkeitskriteriums
Schutzziel: (lokale) Standsicherheit der Grubenbaue			
7.	NW der Zustandsverbesserung des Salzes in Konturbereichen der Grubenräume und den Tragelementen ¹⁾	Spannung	Lastpfadkontrolle des Dilatanzkriteriums oder einer linearen Approximation des Dilatanzkriteriums

¹⁾ Bei Versatzmaterialien, die keine Hydratationswärme entwickeln, ist nach [P 218] der Nachweis der Zustandsverbesserung „i. d. R. automatisch geführt“, so dass keine numerischen Berechnungen erforderlich sind.

Tabelle 4.2-3: Sicherheitsrelevante Zustandsgrößen und Sicherheitsnachweiskriterien für den stabilen Endzustand (nach [P 218]).



	Nachweiserfordernis (NW)	Zustandsgröße	Sicherheitsnachweiskriterien
Schutzziel: Schutz der Tagesoberfläche			
1.	NW Begrenzung der Senkung	Senkung (bis wann?)	< 1 m
	<u>oder</u>		
2.	NW Begrenzung der Schiefstellung	Schiefstellung in 100a	< 1/300
Schutzziel: Erhalt der Salzbarriere			
3.	NW Erhalt vorhandener Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenbaue	Spannung	keine relative Aufweitung der gestörten Zone (= Zone, in der das Dilatanzkriterium <u>oder</u> Fluidkriterium nicht erfüllt ist) s. Tabelle 4.2-2
4.	NW ausreichend dicker Salzbarriere für nicht zutrittsgefährdete Grubenbaue	Abstand	
6.	NW Schutz der Anhydritschollen	Spannung in der obersten Scholle	Bruchbedingung nicht erfüllt oder/und Zustandsverbesserung

5. PRÜFUNG DER NACHWEISERFORDERNISSE AUF VOLLSTÄNDIGKEIT

5.1. Erstbewertung der Angaben im Plan und in [P 218]

Der Plan enthält keine klare Ableitung und Benennung der für die Stilllegung des ERAM vorzulegenden Nachweiserfordernisse. Aus den in Kapitel 4 zusammengestellten Angaben leiten wir die folgenden Nachweiserfordernisse (NW) ab:

Führung des Stilllegungsbetriebs

- NW der (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche),
- NW der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche,
- NW der Gewährleistung der Arbeitssicherheit im Hinblick auf die (lokale) Standsicherheit,
- NW der Einhaltung der Vorgaben der Strahlenschutzverordnung (inkl. Störfallanalyse),
- NW der Kritikalitätssicherheit,
- NW der Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben,
- NW zum Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten,
- NW zum Beherrschen von Überschusslösungen bei den Verfüllarbeiten,
- NW der Auslegung der übertägigen Gebäude und Anlagen gegenüber Eis, Schnee und Sturm,
- NW des Schutzes sicherheitsrelevanter Anlagen gegenüber Blitzschlag,
- NW des Anlagenschutz gegen Einwirkungen Dritter.

Endzustand

- NW der (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche),
- NW der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche,
- NW der radiologischen Langzeitsicherheit,
- NW des Ausschlusses einer schädlichen Grundwasserverunreinigung,
- NW der Kritikalitätssicherheit.

Als Nachweiskriterium beim Nachweis der radiologischen Langzeitsicherheit wird ausschließlich die Beschränkung der effektiven Dosis Erwachsener (auf maximal 0,3 mSv/a) verwendet. Im Plan wird angegeben, dass sich hieraus Anforderungen (und damit auch Nachweiserfordernisse) an

- die Verfüllung des Schachts Bartensleben (Begrenzung des anfänglichen Lösungsflusses auf 0,1 m³/a)
 - die Abdichtungen (Anfangspermeabilität 10⁻¹⁸ m/s) und
 - die Verschlüsse sicherheitsrelevanter Bohrlochlöcher (Anfangspermeabilität 10⁻¹⁷ m/s)
- ergeben.

Aus der radiologischen Störfallanalyse werden keine zusätzlichen Nachweiserfordernisse abgeleitet.

Für das Schutzziel

(I-2) Vermeidung, Verminderung und Begrenzung der konventionellen Belastungen von Mensch und Umwelt durch Emissionen und den Anfall von nichtradioaktiven Abfällen,

werden im Plan keine Nachweiserfordernisse benannt. Zu diesem Schutzziel befinden sich jedoch Abschätzungen und Bewertungen in der UVS [A 283].

Ein Teil dieser aus dem Plan abgeleiteten Nachweiserfordernisse wird in [P 218] konkretisiert. Zusätzlich werden in [P 218] weitere Nachweiserfordernisse aufgeführt, die auf den Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität zielen (Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume, Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel). In Tabelle 5.1-1 sind die Nachweiserfordernisse aus dem Plan und aus [P 218] gegenübergestellt. Es fallen die folgenden Unterschiede auf:

- Eine Reihe von NW, die im Plan aufgeführt werden, werden in [P 218] nicht erwähnt. Die Ursache hierfür ist, dass in [P 218] nur die NW berücksichtigt werden, die vom BfS den Schutzziele Standsicherheit und Integrität zugeordnet werden. Die Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben und die Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten fallen offensichtlich nicht unter diese Schutzziele bzw. werden vom BfS als eigenständige Schutzziele aufgefasst.
- In [P 218] sind NW aufgestellt, die über die im Plan angegebenen hinausgehen. Diese betreffen
 - den Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume,
 - den Nachweis der Barrierenintegrität auch für solche nicht zutrittsgefährdeten Grubenbaue, die keine Einlagerungsbereiche sind,
 - den Schutz der (obersten) Anhydritschollen (zum Erhalt der Barrierenintegrität, wobei hier in [P 218] nicht zwischen zutrittsgefährdeten und nicht zutrittsgefährdeten Grubenräumen unterschieden wird) und
 - die Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel (um eine Beeinflussung der Grundwasserströmung im Deckgebirge oder eine Änderung der Subrosionsrate (nach unserem Verständnis am Salzspiegel) zu vermeiden).
- Für das Nachweiserfordernis (NW) der globalen Standsicherheit im Endzustand werden im Plan und in [P 218] unterschiedliche Nachweise aufgeführt (im Plan die Begrenzung der Senkungsrates, in [P 218] die Begrenzung der integralen Senkung oder der Schiefstellung). Für den Zeitraum der Stilllegung wird die Art des Nachweises im Plan nicht konkretisiert, so dass hier unklar ist, ob ebenfalls Abweichungen zu den Angaben in [P 218] bestehen.

Wir weisen darauf hin, dass in [P 218] aus den übrigen im Plan erwähnten Nachweiserfordernissen (z. B. dem NW der radiologischen Langzeitsicherheit oder dem Ausschluss einer schädlichen Grundwasserverunreinigung) keine zusätzlichen Nachweiserfordernisse mit geotechnischen Inhalten (wie z. B. der Einhaltung einer bestimmten Konvergenzrate) abgeleitet werden.

Tabelle 5.1-1: Gegenüberstellung der Nachweiserfordernisse (NW) aus dem Plan und aus [P 218]. Die NW jeweils oberhalb der Trennlinien ordnen wir dem Prüfkomplex 8 als „geotechnische Nachweiserfordernisse“ zu.

	Plan	[P 218]
Führung des Stilllegungsbetriebs / Bauzustände		
NW der (globale) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch		
NW der Begrenzung der Setzungsrate	x	
NW der Begrenzung der integralen Setzung		x
NW der Begrenzung der Schiefstellung		x
NW der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche	x	
NW der Barrierenintegrität für die nicht zutrittsgefährdeten Grubenräume		x
NW des Erhalts der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume		x
NW der Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegel		x
NW Schutz der (obersten) Anhydritschollen (zum Erhalt der Barrierenintegrität)		x
NW der Gewährleistung der Arbeitssicherheit im Hinblick auf die (lokale) Standsicherheit durch	x	x
- Bewertung der lokalen Standsicherheit		
- technisch/organisatorische Maßnahmen		
NW der Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben	x	
NW zum Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten	x	
NW der Auslegung der Gebäude und Anlagen gegenüber Eis, Schnee und Sturm	x	
NW des Schutzes sicherheitsrelevanter Anlagen gegenüber Blitzschlag	x	
NW des Anlagenschutz gegen Einwirkungen Dritter	x	
NW der Einhaltung der Vorgaben der Strahlenschutzverordnung	x	
Endzustand		
NW der (globale) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch		
NW der Begrenzung der Setzungsrate	x	
NW der Begrenzung der integralen Setzung		x ¹⁾
NW der Begrenzung der Schiefstellung		x ¹⁾
NW der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche	x	
NW der Barrierenintegrität für die nicht zutrittsgefährdeten Grubenräume		x
NW der radiologischen Langzeitsicherheit, daraus abgeleitet	x	
NW der anfängl. Zuflussbegrenzung durch den verfüllten Schacht Bartensleben	x	
NW der Anfangspermeabilität der Abdichtungen	x	
NW der Anfangspermeabilität der Verschlüsse sicherheitsrel. Bohrlochlöcher	x	
NW des Ausschlusses einer schädlichen Grundwasserverunreinigung	x	
NW der Kritikalitätssicherheit	x	

¹⁾ alternativ (nur eines der beiden NW ist erforderlich)

Da die Nachweiserfordernisse (NW) weder im Plan noch in [P 218] systematisch aus dem Regelwerk abgeleitet wurden, ergeben sich hinsichtlich der Vollständigkeit der in Tabelle 5.1-1 (jeweils oberhalb der Trennlinien) zusammengestellten geotechnischen Nachweiserfordernisse die folgenden Fragen:

- Sind die in [P 218] aufgestellten, über die Angaben im Plan hinausgehenden NW
 - Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume,
 - Vorliegen der Barrierenintegrität auch für solche nicht zutrittsgefährdeten Grubenbaue, die keine Einlagerungsbereiche sind,
 - Schutz der (obersten) Anhydritschollen und
 - Geringfügigkeit der Temperaturerhöhung am Salzspiegelrechtlich geboten oder sind sie vom BfS auf freiwilliger Basis vorgelegte Nachweise?
- Ergeben sich aus dem Regelwerk weitere Nachweiserfordernisse zu geotechnischen Aspekten, die weder im Plan noch in [P 218] aufgeführt sind?
- Ergeben sich insbesondere aus dem NW der radiologischen Langzeitsicherheit, aus dem NW zum Ausschluss einer schädlichen Grundwasserverunreinigung oder aus der Störfallanalyse im Rahmen des NW zur Einhaltung der Vorgaben der Strahlenschutzverordnung weitere Nachweiserfordernisse zu geotechnischen Aspekten?

Zur Beantwortung dieser Fragen leiten wir in den folgenden Abschnitten die sich aus dem gesetzlichen Regelwerk ergebenden Nachweiserfordernisse ab. Hierbei gehen wir in folgenden Schritten vor:

- Zusammenstellung der relevanten Schutzgüter und der möglichen Einwirkungen des ERAM und seiner Stilllegung auf diese Schutzgüter (Abschnitt 5.2).
- Ermittlung der Einwirkungen, die direkt oder indirekt geotechnische Aspekte beinhalten, und Identifizierung des Regelwerks, in dem diese Einwirkungen geregelt werden (Abschnitt 5.3).
- Zusammenstellung von Anforderungen aus dem genannten Regelwerk (*Schutzziele*). Im Rahmen des vorliegenden Berichts beschränken wir uns auf das strahlenschutzrechtliche Regelwerk, das Bundesberggesetz und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (Abschnitt 5.4).
- Zusammenstellung der zu erbringenden Nachweise zur Erfüllung dieser Anforderungen sowie sonstiger Anforderungen aus dem berücksichtigten Regelwerk (*Nachweiserfordernisse*) (Abschnitt 5.5).
- Vergleich der geotechnischen Nachweiserfordernisse des BfS (entsprechend Tabelle 5.1-1) mit den von uns abgeleiteten Nachweiserfordernissen (Abschnitt 5.6).

5.2. Zusammenstellung der relevanten Schutzgüter und Einwirkungen

Nach § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG darf der Planfeststellungsbeschluss nur erteilt werden, wenn (u. a.)

- die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Errichtung und den Betrieb der Anlage getroffen ist,
- von der Errichtung oder dem Betrieb der Anlage keine Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten sind, die durch inhaltliche Beschränkungen und Auflagen nicht verhindert werden können und
- keine sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, insbesondere im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit, der Errichtung oder dem Betrieb der Anlage entgegenstehen.

Hieraus leiten wir ab, dass der Planfeststellungsbeschluss nur dann erteilt werden darf, wenn für die im UVPG genannten Schutzgüter keine schädlichen Einwirkungen durch die Stilllegung des ERAM (d. h. sowohl durch den Stilllegungsbetrieb als auch durch die Existenz des stillgelegten Endlagers) zu erwarten sind bzw. hierzu die die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge getroffen ist.

In Tabelle 5.2-1 sind die Schutzgüter nach UVPG und die möglichen Einwirkungen durch das ERAM auf diese Schutzgüter während des Stilllegungsbetriebs und nach Abschluss der Stilllegung („Endzustand“) zusammengestellt. Bzgl. der Quelle der Einwirkungen differenzieren wir zwischen der Grube, den übertägigen Betriebsteilen (einschließlich der Anlagen zur Stilllegung, auch wenn sie außerhalb des Betriebsgeländes liegen sollten) und dem Verkehr. Zu den Sachgütern von öffentlichem Interesse rechnen wir wegen § 55 Abs. 1 Nr. 4 BBergG auch Rohstoffe. Nicht berücksichtigt haben wir Sachgüter Dritter ohne öffentliches Interesse, da diese nach unserem Verständnis vom UVPG nicht erfasst werden.

Darüber hinausgehende Einwirkungen an anderer Stelle

- im Sinne einer Ökobilanz für die eingesetzten Stoffe und Hilfsmittel und
- im Umfeld von Deponien und Abwasserbehandlungsanlagen Dritter

haben wir nicht berücksichtigt, da sich hieraus keine Nachweiserfordernisse für die Stilllegung des ERAM ableiten lassen – mit Ausnahme eines Nachweises zur ordnungsgemäßen Entsorgung der anfallenden Abfälle und Abwässer, der jedoch nicht dem Prüfkompex 8 zuzurechnen ist.

Tabelle 5.2-1: Potentielle Einwirkungen des ERAM und seiner Stilllegung auf die Schutzgüter.
Grau hinterlegt: hier nicht berücksichtigt.

Schutzgut		während der Stilllegung, differenziert nach Quellen			End- zustand Grube
		Grube	üt Betrieb ¹⁾	Verkehr	
Mensch (Beschäftigter)					
	mechanische Einwirkung (z. B. Löserfall, Unfall)	x	x		
	thermische Einwirkung (z. B. Verbrennungen)	x	x		
	äußere chemische Einwirkung (z. B. Verätzungen)	x	x		
	innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe	x	x		
	äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung	x	x		
	innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe	x	x		
	Vibrationen	x	x		
	Schall	x	x		
	Licht	x	x		
	Geruch	x	x		
Mensch (Bevölkerung)					
	mechanische Einwirkung (z. B. infolge Senkungen, Unfall)	x		x	x
	thermische Einwirkung				
	äußere chemische Einwirkung				
	innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe	x ²⁾	x ²⁾	x ²⁾	x ³⁾
	äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung	x ²⁾			x ³⁾
	innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe	x ²⁾			x ³⁾
	Vibrationen		x	x	
	Schall		x	x	
	Licht		x	x	
	Geruch	x ⁴⁾	x	x	
Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt					
	Beseitigung/Verkleinerung des Lebensraums		x		
	Veränderung des Wasserhaushalts im Lebensraum				
	äußere chemische Einwirkung (inkl. Staubablagerungen)	x ²⁾			
	innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe	x ²⁾	x	x	x ³⁾
	äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung	x ²⁾			x ³⁾
	innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe	x ²⁾			x ³⁾
	Vibration, Schall, Licht, Geruch (wg. Tieren)		x	x	

¹⁾ Es wird vorausgesetzt, dass übertage im Rahmen der Offenhaltung alle Kontaminationen durch radioaktive Stoffe beseitigt wurden und im Stilllegungsbetrieb kein Umgang mit radioaktiven Stoffen erfolgt.

²⁾ über Luftpfad

³⁾ über Wasserpfad

⁴⁾ Ggf. im Rahmen der Schachtverfüllung mit Bitumen.

Tabelle 5.2-1: Potentielle Einwirkungen des ERAM und seiner Stilllegung auf die Schutzgüter. Grau hinterlegt: hier nicht berücksichtigt. (Fortsetzung)

Schutzgut	Einwirkung	während der Stilllegung, differenziert nach Quellen			End- zustand Grube
		Grube	üt Betrieb ¹⁾	Verkehr	
Boden					
	Versiegelung/Verbrauch		X		
	Degeneration/Verdichtung		X		
	Vernässung (<i>durch Senkungen</i>)	X			X
	Eintrag nicht radioaktiver Stoffe	X ²⁾			X ³⁾
	Eintrag radioaktiver Stoffe	X ²⁾			X ³⁾
Grundwasser					
	Verbrauch / Verringerung der Neubildung		X		
	Wärmeeintrag	X			
	Eintrag nicht radioaktiver Stoffe (inkl. Salze)	X ⁵⁾	X		X
	Eintrag radioaktiver Stoffe				X
Oberflächenwasser					
	Veränderung von Verlauf und Struktur (<i>durch Senkungen</i>)	X			X
	Veränderung der Wasserführung				
	Wärmeeintrag				
	Eintrag nicht radioaktiver Stoffe (inkl. Salze)	X ⁶⁾	X		X
	Eintrag radioaktiver Stoffe	X ⁶⁾			X
Luft					
	Eintrag nicht radioaktiver Stoffe	X	X	X	X
	Eintrag radioaktiver Stoffe	X			X
Klima					
	Wärmeeintrag (<i>wg. Mikroklima</i>)				
	Verschattung / Änderung der Strahlungsbilanz (<i>wg. Mikroklima</i>)				
	Eintrag klimawirksamer Stoffe (<i>wg. Makroklima</i>)	X	X	X	
Landschaft					
	Veränderung des Reliefs				
	Veränderung von Oberflächengewässern				
	Veränderung des Bewuchses		X		
	Erstellung/Veränderung von Baukörpern		X		

¹⁾ Es wird vorausgesetzt, dass übertage im Rahmen der Offenhaltung alle Kontaminationen durch radioaktive Stoffe beseitigt wurden und im Stilllegungsbetrieb kein Umgang mit radioaktiven Stoffen erfolgt.

²⁾ über Luftpfad

³⁾ über Wasserpfad

⁵⁾ aus Material der Schachtverfüllung (indirekter Stoffeintrag über Luftpfad wird hier vernachlässigt.)

⁶⁾ gehobene Schachtwässer (leicht tritiumhaltig)

Tabelle 5.2-1: Potentielle Einwirkungen des ERAM und seiner Stilllegung auf die Schutzgüter. Grau hinterlegt: hier nicht berücksichtigt. (*Fortsetzung*)

Schutzgut		während der Stilllegung, differenziert nach Quellen			End- zustand Grube
		Grube	üt Betrieb	Verkehr	
Kulturgüter					
	Beseitigung		X ⁷⁾		
	mechanische Einwirkungen durch Senkungen	X			X
	mechanische Einwirkungen durch Vibrationen		X	X	
	chemische Einwirkungen	X	X	X	
	Veränderung des Grundwasserstands ⁸⁾				
	Veränderung des chemischen Grundwasserzustands				X
	Nutzungsbeeinträchtigung durch Vibration, Lärm, optischer Beeinträchtigung, Geruch oder Staub		X	X	
Rohstoffe und Bergwerksbetriebe					
	Veränderung der Zugänglichkeit				
	Veränderung des geomechanischen Gebirgszustands	X			X
	Veränderung der Grundwasserwegsamkeiten	X			X
	Veränderung des Grundwasserstands ⁸⁾				
sonstige Sachgüter von öffentlichem Interesse					
	Beseitigung				
	mechanische Einwirkungen durch Senkungen	X			X
	mechanische Einwirkungen durch Vibrationen		X	X	
	chemische Einwirkungen	X	X	X	
	Veränderung des Grundwasserstands ⁸⁾				
	Nutzungsbeeinträchtigung durch Vibration, Lärm, optischer Beeinträchtigung, Geruch oder Staub		X	X	
sonstige private Sachgüter					
	Beseitigung				
	mechanische Einwirkungen durch Senkungen	X			X
	mechanische Einwirkungen durch Vibrationen		X	X	
	chemische Einwirkungen	X	X	X	
	Veränderung des Grundwasserstands ⁸⁾				
	Nutzungsbeeinträchtigung durch Vibration, Lärm, optischer Beeinträchtigung, Geruch oder Staub		X	X	
	<i>Wertminderung aufgrund der Einwirkungen auf andere Schutzgüter</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	<i>x</i>	

⁷⁾ Das alte Pfortnergebäude mit Uhrturm auf dem Gelände des Schachts Bartensleben und dem Schachtgebäude Marie sind Baudenkmäler. Ihre Beseitigung ist im Rahmen des Plans zur Stilllegung des ERAM nicht vorgesehen; trotzdem besteht grundsätzlich die Möglichkeit, sie zu beseitigen.

⁸⁾ Wir gehen davon aus, dass sich der Grundwasserstand durch die Stilllegung der Grube nicht signifikant ändert, da die heutigen Schachtwasserzuläufe vergleichsweise gering sind.

5.3. Ermittlung der Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten

Im Rahmen des Prüfkompleses 8 „Geotechnische Aspekte“ berücksichtigen wir nur die Einwirkungen auf die Schutzgüter, die – direkt oder indirekt – durch das geomechanische Verhalten des Gebirges unter Berücksichtigung der Versatzmaßnahmen und von Erdbeben verursacht werden. Diese Einwirkungen bezeichnen wir als „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“. Als Quelle der Einwirkung mit geotechnischen Aspekten kommt nur die Grube in Betracht.

Potentielle Folgen des geomechanischen Verhaltens des Gebirges sind:

- In der Grube:
 - Verformung (Konvergenz),
 - Verbruch und
 - Veränderung von Wasser- und Gaswegsamkeiten im auffahrungsnahen Salzgebirge (Auflockerungszone)

Hierdurch können sich Einflüsse auf den Lösungszutritt zur Grube, die Fließvorgänge in der Grube sowie die dort stattfindenden chemischen Prozesse (Umlösung von Salzen, Korrosion von Versatz und Abdichtungen, Gasbildung, Lösung/Rückhaltung von Stoffen) ergeben.

- Außerhalb der Grube:
 - Tagesbruch (aufgrund des Verbrechens heutiger Grubenhohlräume oder von Lösungshohlräumen nach einem Zulaufen der Grube)¹³,
 - Senkungen (aufgrund heutiger Grubenhohlräume oder künftiger Lösungshohlräume) sowie
 - Änderung von Wasser- und Gaswegsamkeiten in
 - Salzgestein,
 - Hutgestein und
 - Deckgebirge (inkl. Nebengestein)

mit potentielltem Einfluss auf

- den Grundwasserhaushalt (oberflächennah),
- die Wasserhaltung von Nachbargruben und
- den Stofffluss in die Biosphäre.

Zur Ermittlung der „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“ auf die Schutzgüter sind deshalb die Einwirkungen aus Tabelle 5.2-1 zu identifizieren, die durch diese Folgen beeinflusst werden.

¹³ Das Auftreten von Tagesbrüchen wird vom BFS ausgeschlossen.

Die hier ebenfalls zu berücksichtigenden Einflüsse des Einbringens von hydraulisch abbindendem Versatz sind

- sein direkter Einfluss auf das geomechanische Verhalten der Grube durch
 - die Stützwirkung für das darüber liegende Gebirge und
 - den zusätzlichen Lasteintrag auf das darunter liegende Gebirge,
- ein Wärmeeintrag mit einem möglichen Einfluss auf
 - die Konvergenzraten (durch Änderung der Fließeigenschaften der Gesteine und durch Ausdehnung von Gesteinen) und
 - den Grundwasserfluss und die Grundwasserbeschaffenheit (z. B. wegen temperaturabhängiger Löslichkeiten) im Deckgebirge sowie
- ein Feuchtigkeitseintrag mit einem möglichen Einfluss auf
 - die Konvergenzraten und
 - chemischen Reaktionen in den betrieblichen und radioaktiven Abfällen mit Folgen für den potentiellen Stoffaustrag in der Nachbetriebsphase.

Unter Berücksichtigung dieser Beeinflussungen reduzieren sich die „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“ auf die Schutzgüter auf die in Tabelle 5.3-1 wiedergegebenen. In der letzten Spalte der Tabelle ist das Rechtsgebiet angegeben, das von der jeweiligen Einwirkung auf das Schutzgut betroffen sein könnte.

Tabelle 5.3-1: Potentielle „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“ des ERAM und seiner Stilllegung auf die Schutzgüter. Grau hinterlegt: hier nicht berücksichtigt.

Schutzgut		im Betrieb	im Endzustand	ggf. betroffenes Rechtsgebiet
	Einwirkung			
Mensch (Beschäftigter)				
	mechanische Einwirkung (<i>Löserfall, Verbruch</i>)	x		Bergrecht
	innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe (<i>infolge Löserfall, Verbruch</i>)	x		Bergrecht, Arbeitsschutz
	äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung (<i>infolge Löserfall, Verbruch in Einlagerungsgrubenbauen</i>)	x		Strahlenschutz
	innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe (<i>infolge Löserfall, Verbruch in Einlagerungsgrubenbauen</i>)	x		Strahlenschutz
Mensch (Bevölkerung)				
	mechanische Einwirkung (<i>Senkungen</i>)	x	x	Bergrecht
	innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe		x	Immissionsschutz
	äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung		x	Strahlenschutz
	innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe		x	Strahlenschutz

Tabelle 5.3-1: Potentielle „Einwirkungen mit geotechnischen Aspekten“ des ERAM und seiner Stilllegung auf die Schutzgüter. Grau hinterlegt: hier nicht berücksichtigt. (Fortsetzung)

Schutzgut	im Betrieb	im Endzustand	ggf. betroffenes Rechtsgebiet
Einwirkung			
Tiere, Pflanzen, biologische Vielfalt			
innere Einwirkung durch die Aufnahme nicht rad. Stoffe		x	?
äußere Bestrahlung durch ionisierende Strahlung		x	Strahlenschutz
innere Bestrahlung durch die Aufnahme radioaktiver Stoffe		x	Strahlenschutz
Boden			
Vernässung (durch Senkungen)	x	x	Bergrecht, Bodenschutz
Eintrag nichtradioaktiver Stoffe		x	Bodenschutz
Eintrag radioaktiver Stoffe		x	Bodenschutz, Strahlenschutz
Grundwasser			
Wärmeeintrag	x		Wasserrecht
Eintrag nicht radioaktiver Stoffe (inkl. Salze)		x	Wasserrecht
Eintrag radioaktiver Stoffe		x	Wasserrecht, Strahlenschutz
Oberflächenwasser			
Veränderung von Verlauf und Struktur (durch Senkungen)	x	x	Bergrecht, Wasserrecht
Eintrag nicht radioaktiver Stoffe (inkl. Salze)		x	Wasserrecht
Eintrag radioaktiver Stoffe		x	Wasserrecht, Strahlenschutz
Luft			
Eintrag nicht radioaktiver Stoffe		x	Immissionsschutz
Eintrag radioaktiver Stoffe		x	Immissionsschutz, Strahlenschutz
Kulturgüter			
mechanische Einwirkungen durch Senkungen	x	x	Bergrecht, Denkmalschutz
Veränderung des chemischen Grundwasserzustands		x	Denkmalschutz
Rohstoffe und Bergwerksbetriebe			
Veränderung des geomechanischen Gebirgszustands	x	x	Bergrecht
Veränderung der Grundwasserwegsamkeiten	x	x	Bergrecht
sonstige Sachgüter von öffentlichem Interesse			
mechanische Einwirkungen durch Senkungen/Brüche	x	x	Bergrecht
sonstige private Sachgüter			
mechanische Einwirkungen durch Senkungen/Brüche	x	x	?

5.4. Zusammenstellung rechtlicher Anforderungen

Für die Stilllegung des ERAM ist das Atomrecht einschlägig. Da für die Stilllegung des ERAM kein Rahmenbetriebsplan zur Genehmigung vorgelegt wurde und keine wasserrechtliche Erlaubnis beantragt wurde, kommen nach unserem Verständnis das Bergrecht und das Wasserrecht nicht unmittelbar zu Anwendung. Über die in § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG allgemein formulierten Genehmigungsvoraussetzungen (Treffen der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden; keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit darf zu erwarten sein) wirken die Regelungen dieser und anderer Rechtsgebiete jedoch materiell, sofern sie die Vorsorge gegen Schäden und das Wohl der Allgemeinheit betreffen.

Aufgrund der zentralen Rolle des Strahlenschutzrechts erfolgt in Abschnitt 5.4.1 eine umfassende Analyse der sich aus dem Strahlenschutzrecht ergebenden Anforderungen an die Stilllegung des ERAM. Bezüglich der sich aus den übrigen Rechtsgebieten ergebenden Anforderungen beschränken wir uns in diesem Zwischenbericht auf das Bundesberggesetz und das Wasserhaushaltsgesetz des Bundes. Vor einer Analyse weiterer Regelungen sollte zunächst ein Abgleich mit den Prüfergebnissen zu der Umweltverträglichkeitsstudie [A 283] zur Einschätzung der Relevanz der Einwirkungen und zur Identifizierung der betroffenen Regelungen erfolgen.

5.4.1. Strahlenschutzrechtliche Anforderungen

Aus dem strahlenschutzrechtlichen Regelwerk ergeben sich Anforderungen an die Verwahrung des ERAM. In diesem Abschnitt wird abgeleitet, welche Nachweise zur Erfüllung dieser Anforderungen im Rahmen des Plans für die Stilllegung des ERAM vorzulegen sind. Die sich aus unserer Sicht ergebenden Nachweiserfordernisse werden durch pfeilförmige Gliederungszeichen (\Rightarrow) gekennzeichnet. Die hinter den Anforderungen stehenden Buchstaben-Zahlen-Kombinationen geben die in Tabelle 5.5-1 verwendete Kennzeichnung des jeweiligen Nachweiserfordernisses an.

Gegenwärtig liegen keine verbindlichen strahlenschutzrechtlichen Anforderungen an die Verwahrung des ERAM für die Nachbetriebsphase vor. Nach Auffassung des BMU gilt die Strahlenschutzverordnung nur für die Betriebsphase des ERAM (einschließlich der Stilllegungsarbeiten). Die Sicherheitskriterien [BMI 83] entsprechen nach Auffassung des BMU, der SSK und der ESK nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik und die Sicherheitsanforderungen [BMU 09] gelten nur für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle. Das MLU hat deshalb das BMU um Mitteilung und Erläuterung der bei der Verwahrung des ERAM für die Nachbetriebsphase entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik anzuwendenden Bewertungsmaßstäbe gebeten. Da die entsprechenden Ausführungen des BMU gegenwärtig nicht vorliegen, sind die in diesem Kapitel zusammengestellten strahlenschutzrechtlichen Anforderungen und Nachweiserfordernisse vorläufig.

5.4.1.1. Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung

Aus dem Gesetz zu dem Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle (Gesetz zu dem Übereinkommen über nukleare Entsorgung) vom 13. August 1998 (BGBl. II S. 1752) ergeben sich keine Nachweiserfordernisse für das Genehmigungsverfahren zur Stilllegung des ERAM.

Das Gesetz beinhaltet lediglich die Zustimmung zur „Gemeinsamen Übereinkommen vom 5. September 1997 über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle“ („Joint Convention“). In dieser Konvention verpflichtet sich die Bundesrepublik Deutschland zu verschiedenen organisatorischen bzw. regulatorischen Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und bei der Behandlung radioaktiver Abfälle. Diese sind im nationalen Recht zu verankern.

5.4.1.2. Atomgesetz (AtG)

§ 9b AtG fordert für die Stilllegung des ERAM (als eine wesentliche Veränderung) eine Planfeststellung oder eine Plangenehmigung. Antragsgemäß wird für die Stilllegung des ERAM ein Planfeststellungsverfahren durchgeführt.¹⁴

Das Erteilen einer Planfeststellung oder einer Plangenehmigung setzt nach § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 AtG voraus¹⁵, dass

- keine Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Antragstellers sowie gegen die Zuverlässigkeit und die erforderliche Fachkunde der für die Änderung¹⁶, Leitung und Beaufsichtigung des Betriebs verantwortlichen Personen bestehen (§ 7 Abs. 2 Nr. 1 AtG),
- die bei dem Betrieb der Anlage sonst tätigen Personen die notwendigen Kenntnisse besitzen (§ 7 Abs. 2 Nr. 2 AtG),
- die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Änderung und den weiteren Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG),
- der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter gewährleistet ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 5 AtG) sowie

¹⁴ Wir sind der Auffassung, dass auch eine vorgezogene Verfüllung des Lagers H einer Planfeststellung oder einer Plangenehmigung bedarf, da wir das Lager H als Teil der kerntechnischen Anlage des ERAM ansehen. Gründe hierfür sind

- die Verbindung des Lager H mit den Einlagerungsbereichen über Auffahrungen, die gegenwärtig Wetterwege und – im Fall einer Lagerstättenflutung – künftig Wasserwege darstellen,
- die Tatsache, dass die Laugenzutrittsstelle im Lager H laut Plan Stilllegung die gegenwärtig einzige Zutrittsstelle mit Verbindung zum Deckgebirge ist, und
- die Funktion der Unterwerksgrubenbaue im Lager H als Speicherbereich für im ERAM (sowohl in der Grube Bartensleben als auch in der Grube Marie) zutretende Laugen im Havariefall, dessen Bereitstellung eine Voraussetzung für den (Weiter-)Betrieb des ERAM war.

Damit würde eine Verfüllung des Lager H eine Änderung der kerntechnischen Anlage des ERAM darstellen. Nach einem Urteil des Bundesverwaltungsgerichts (BVerwG 11 C 9/95) sind Änderungen i. S. von § 7 AtG Abs. 1 AtG wesentlich und damit genehmigungsbedürftig, wenn sie „... Anlaß zu einer erneuten Prüfung geben, weil sie mehr als nur offensichtlich unerhebliche Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau der Anlage haben können“. Diese Bedingung ist u. E. bei einer Verfüllung des Lager H erfüllt, so dass eine solche Verfüllung nach § 9b Abs. 1 AtG einer Planfeststellung oder einer Plangenehmigung bedarf.

¹⁵ Eine Plangenehmigung für eine vorgezogene Verfüllung des Lagers H setzt zusätzlich voraus, dass dies keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf eines der in § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG genannten Schutzgüter haben kann.

¹⁶ Der Begriff „Errichtung“ ist u. E. bei einem Änderungsverfahren als „Änderung“ zu lesen.

- keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten ist und keine sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, insbesondere im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit, der Errichtung oder dem Betrieb der Anlage (bzw. ihrer Stilllegung als wesentlicher Änderung) entgegensteht.

Um diese Voraussetzungen als erfüllt bewerten zu können, müssen die entsprechenden Nachweise vorliegen:

- ⇒ Nachweis der Zuverlässigkeit der für die Änderung, Leitung und Beaufsichtigung des Betriebs des ERAM verantwortlichen Personen. **(O-1)**
- ⇒ Nachweis der Fachkunde der für die Änderung, Leitung und Beaufsichtigung des Betriebs des ERAM verantwortlichen Personen. **(O-2)**
- ⇒ Nachweis der notwendigen Kenntnisse der bei dem Betrieb der Anlage tätigen Personen. **(O-3)**
- ⇒ Nachweis des Schutzes der Anlage. **(O-4)**

Das Nachweiserfordernis der Zuverlässigkeit des Antragstellers entfällt im Fall des ERAM, da der Antragsteller eine Bundesbehörde ist.

Die übrigen Nachweise zur Erfüllung der Voraussetzungen des § 7 Abs. 2 Nr. 1, Nr. 2 und Nr. 5 AtG (Zuverlässigkeit und Fachkunde; erforderliche Kenntnisse; Anlagenschutz) sind bereits eine Voraussetzung für den laufenden Betrieb.

Aus der im AtG genannten Bedingung, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Änderung und den weiteren Betrieb der Anlage getroffen ist (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG), leiten wir die Vorlage entsprechender

- ⇒ Sicherheitsnachweise **(S-1) und (S-2)**

ab. Zusätzliche Nachweiserfordernisse ergeben sich aus dem untergesetzlichen Regelwerk, auf das wir in den folgenden Abschnitten eingehen.

Aus der im AtG genannten Bedingung,

- dass keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten ist und keine sonstigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften, insbesondere im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit, der Errichtung oder dem Betrieb der Anlage (bzw. ihrer Stilllegung als wesentlicher Änderung) entgegenstehen

ergeben sich entsprechende Nachweiserfordernisse, die jedoch erst durch das untergesetzliche Regelwerk sowie weitere Rechtsgebiete (Bergrecht, Umweltrecht, ...) konkretisiert werden.

Im vorliegenden Zwischenbericht beschränken wir uns auf den Bereich des Atom- und Strahlenschutzrechts.

5.4.1.3. Atomrechtliche Verfahrensverordnung (AtVfV)

In § 3 AtVfV wird festgelegt, welche Unterlagen zur Prüfung der o. g. Zulassungsvoraussetzungen vorzulegen sind. „*Inbesondere*“ (Hervorhebung durch uns) sind vorzulegen¹⁷:

- (1) ein Sicherheitsbericht, der u. a. eine Darlegung der zur Erfüllung des § 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG vorgesehenen Vorsorgemaßnahmen enthält,
- (2) ergänzende Pläne, Zeichnungen und Beschreibungen der Anlage,
- (3) Angaben zum Schutz der Anlage,
- (4) Angaben zur Zuverlässigkeit und Fachkunde der verantwortlichen Personen,
- (5) Angaben zur notwendigen Kenntnis der beschäftigten Personen,
- (6) eine Aufstellung, die alle für die Sicherheit der Anlage und ihres Betriebes bedeutsamen Angaben, die für die Beherrschung von Stör- und Schadensfällen vorgesehenen Maßnahmen sowie einen Rahmenplan für die vorgesehenen Prüfungen an sicherheitstechnisch bedeutsamen Teilen der Anlage (Sicherheitsspezifikationen) enthält,

...

Aus diesen Punkten lässt sich kein zusätzliches Nachweiserfordernis ableiten, das über die in Abschnitt 2.1 genannten hinausgeht.

Aus den unter § 3 Abs. 1 Nr. 8 AtVfV geforderten Angaben zur Vermeidung bzw. schadlosen Verwertung von radioaktiven Reststoffen und der geordneten Beseitigung von radioaktiven Abfällen leiten wir kein Nachweiserfordernis ab, da hier u. E. lediglich eine Beschreibung und keine Nachweisführung gefordert wird. Die notwendige Nachweisführung erfolgt z. B. im Rahmen des Freigabeverfahrens.

§ 3 Abs. 1 Nr. 9 AtVfV betrifft andere Rechtsgebiete, die wir hier ausklammern.

5.4.1.4. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

In der StrlSchV wird die erforderliche Vorsorge gegen Schäden und damit der Gegenstand der vorzulegenden Nachweise konkretisiert. Für die Durchführung der Maßnahmen und den weiteren Betrieb der Anlage bis zum Abschluss der Stilllegung sind i. W. die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- ⇒ Einhaltung der Grenzwerte des § 55 StrlSchV (Beschäftigte – Normalbetrieb) **(D-1)**
- ⇒ Einhaltung der Grenzwerte des § 46 (Bevölkerung – Normalbetrieb) **(D-3)**
- ⇒ Einhaltung der Grenzwerte des § 47 (Bevölkerung durch Ableitungen – Normalbetrieb) **(D-4)**
- ⇒ Einhaltung der Grenzwerte des § 49 StrlSchV (Beschäftigte und Bevölkerung - Störfall) **(D-2 und D-5)**
- ⇒ Einhaltung des Minimierungsgebots des § 6 Abs.2 StrlSchV **(D-1 bis D-5)**

¹⁷ Die Formulierung lässt offen, ob der vorzulegende Langzeitsicherheitsnachweis (s. Abschnitt 2.4) Teil des Sicherheitsberichts ist oder ob er eine zusätzliche, in § 3 Abs. 1 AtVfV nicht explizit aufgeführte Unterlage ist.

Als Teil des Nachweises der nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlichen Vorsorge gegen Schäden (§ 7 Abs. 2 Nr. 3 AtG) ist das Einhalten dieser Vorgaben nachzuweisen.

Sofern im Rahmen der Stilllegung des ERAM bewegliche Gegenstände aus dem Kontrollbereich i. S. des § 44 StrlSchV herausgebracht werden oder Freigaben i. S. des § 29 StrlSchV erfolgen sollen, sind entsprechend Nachweise zur Kontaminationsfreiheit bzw. zur Einhaltung der Freigabewerte zu erbringen. Diesen Aspekt klammern wir im Rahmen dieses Vorhabens aus, da er Gegenstand des Antrags auf Umrüstung und Offenhaltungsbetrieb ist.

5.4.1.5. Sicherheitskriterien von 1983 [BMI 83]

Für den Zeitraum nach Abschluss der Stilllegung (Nachbetriebsphase) gelten gegenwärtig die Schutzziele und Sicherheitskriterien aus [BMI 83]:

Schutzziel ist die Gewährleistung des Schutzes von Mensch und Umwelt vor Schädigungen durch ionisierende Strahlung der radioaktiven Abfälle. Zur Erreichung dieses Schutzziels sind nach [BMI 83] in der Nachbetriebsphase die Grenzwerte des § 47 StrlSchV für alle nicht ausschließbaren Transportvorgänge einzuhalten. „Die erforderliche Sicherheit ... muss ... durch eine standort-spezifische Sicherheitsanalyse nachgewiesen werden“.

Durch diese Forderung wird festgeschrieben, dass die nach § 3 AtVfV vorzulegenden Unterlagen einen Langzeitsicherheitsnachweis auf der Basis einer Langzeitsicherheitsanalyse enthalten müssen. Dieser beinhaltet u. A. einen Nachweis der Dosisbegrenzung in der Nachbetriebsphase.

Um die Einhaltung des o. g. Schutzziels zu garantieren, werden in [BMI 83] verschiedene Kriterien für die Standortauswahl, die Planung, die Errichtung und den Betrieb (einschließlich Stilllegung) eines Endlagers formuliert, aus denen sich weitere Nachweiserfordernisse ergeben. Es wird jedoch darauf hingewiesen: „Die Kriterien lassen bewußt einen Ermessensspielraum zu. Ihre Konkretisierung erfolgt im Rahmen des Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahrens nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik unter besonderer Berücksichtigung des Einzelfalls.“ Von den in [BMI 83] aufgeführten Kriterien betreffen die folgenden die Stilllegung des ERAM:

- Mehrbarrierenkonzept (Abschnitt 3.2)

„Durch einzelne oder die Summe dieser Barrieren muß sichergestellt werden, dass nach menschlichem Ermessen keine unzulässige Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Biosphäre erfolgt.“

Als Maß für die Zulässigkeit sind entsprechend dem Schutzziel die Grenzwerte des § 47 StrlSchV anzuwenden. Die Erfüllung der hier gestellten Forderung ist im Rahmen des vorzulegenden Langzeitsicherheitsnachweises nachzuweisen.

Ein weiterer Aspekt bei der Ermittlung der Zulässigkeit ist der Schutz der Umwelt vor radioaktiver Strahlung. Die Frage der zulässigen Exposition von Flora und Fauna ist gegenwärtig noch nicht geklärt. Zur Zeit wird von der SSK der Grundsatz vertreten, dass die Natur dann ausreichend geschützt ist, wenn der Mensch ausreichend geschützt ist. Die vorliegenden Untersuchungen auf diesem Gebiet würden zeigen, dass dieser Grundsatz zumindest dann nachgewiesen werden kann, wenn eine intensive Nutzung der Umwelt durch den Menschen

entsprechend den Annahmen der AVV unterstellt wird. Da in [BMI 83] durch den Verweis auf § 47 StrlSchV implizit diese Nutzungsannahmen verlangt werden, ergeben sich aus dem Aspekt „Schutz der Umwelt“ nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine zusätzlichen Anforderungen an die zur Stilllegung des ERAM vorzulegenden Nachweise.

- Anerkannte Regeln der Technik (Abschnitt 3.3)

„Bei Stilllegung eines Endlagers sind die anerkannten Regeln der Technik anzuwenden. Der Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik ist dabei ausreichend Spielraum zu geben.“

Dieses Kriterium wird durch § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 AtG abgedeckt. Diese Forderung führt zu keinem eigenständigen Nachweiserfordernis, es ergeben sich hieraus aber Anforderungen an die Vorgehensweisen und Inhalte der Nachweisführungen, wie z. B. hinsichtlich der Berücksichtigung des technischen Regelwerks, des Vorgehens bei Untertagedeponien und der Empfehlungen von Fachgesellschaften.

- Hydrogeologische Verhältnisse (Abschnitt 4.6)

„Nach der Stilllegung ... dürfen in der Endlagerformation vorhandene oder zutretende Wässer oder Salzlösungen nicht bzw. nicht in unzulässigem Umfang in die Biosphäre gelangen.“

In [BMI 83] wird dieses Kriterium zur Standortauswahl herangezogen, die im Fall des ERAM festliegt. Wendet man dieses Kriterium auf die Stilllegung an, ist der Begriff „unzulässiger Umfang“ zu konkretisieren. Als Maß für die Zulässigkeit sind hier entsprechend dem o. g. Schutzziel die Grenzwerte des § 47 StrlSchV anzuwenden. Weitere Anforderungen können sich aus dem konventionellen Gewässerschutz ergeben, auf den in [BMI 83] nicht explizit eingegangen wird.

Die Erfüllung der hier gestellten Forderung hinsichtlich des Strahlenschutzes ist im Rahmen des vorzulegenden Langzeitsicherheitsnachweises nachzuweisen. Zur Gewährleistung des konventionellen Gewässerschutzes ist ggf. ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen.

- Einhaltung der Auslegungsdaten (Abschnitt 5.1)

„Die wesentlichen Daten aus der Erkundung des Standortes sind zu bewerten und bei der Planung zu berücksichtigen. Die Einhaltung der Annahmen und Auslegungsdaten sind während ... (der) Stilllegung des Endlagers zu überwachen.“

Aus diesem Kriterium ergibt sich kein Erfordernis eines zusätzlichen Nachweises, wohl aber resultieren Anforderungen an die inhaltliche Ausgestaltung der an anderer Stelle geforderten Nachweise.

- Sicherheitsanalysen (Abschnitt 5.2)

„Störfallszenarien sind im einzelnen zu begründen und in ihren Randbedingungen festzulegen. ... Für die Sicherheitsanalysen werden Teilsysteme und Ereignisabläufe im Gesamtsystem durch geeignete Modelle auf der Basis ausreichend konservativer Annahmen nachgebildet. ... Solche Sicherheitsanalysen sind sowohl für die Betriebs- und die Stilllegungsphase als auch für die Zeit nach der Stilllegung eines Endlagerbergwerkes erforderlich.“

Hierdurch werden die Anforderungen an den Nachweis der Dosisbegrenzung in der Nachbetriebsphase konkretisiert.

- Standorterkundung (Kapitel 6)

In diesem Kapitel wird ausgeführt, wie die über- und untertägige Standorterkundung zu erfolgen hat, so dass die Funktion der natürlichen Barrieren erhalten bleibt. U. a. wird gefordert:

„Bei der Nutzung der (übertägigen) Bohrlöcher zur Bestimmung von Ausgangswerten oder zur Überwachung der Betriebsphase dürfen keine nachteiligen Veränderungen im Gesteinsverband verursacht werden.“

„Nach Nutzung der (übertägigen) Bohrungen sind diese so zu verfüllen, dass die Barrierewirkung des Gebirges ... nicht beeinträchtigt ist.“

„(Bei der Auffahrung von Erkundungsstrecken) sollten Techniken zum Einsatz kommen, die ein gebirgsschonendes Auffahren gewährleisten ...“

„Um weitere Aussagen über den Aufbau der Endlagerformation, insbesondere hinsichtlich ihrer Barrierenfunktion zu erhalten, sind gegebenenfalls zusätzliche geophysikalische Arbeitsmethoden einzusetzen.“

Sofern weitere Maßnahmen zur Standorterkundung vorgesehen sind, ist der Nachweis zu erbringen, dass für diese die Anforderungen des Kapitels 6 eingehalten sind.

- Schächte (Abschnitt 7.1)

„Durch einen geeigneten Schachtausbau ist sicherzustellen, dass ein Wassereintritt während des Betriebes und auch nach der Stilllegung nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden kann.“

Den Ausschluss eines Wassereintritts während des Betriebs rechnen wir der sicheren Betriebsführung zu. Wir gehen davon aus, dass selbstverständlich ein Wassereintritt an jeder Stelle des Bergwerkes nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden soll. Die Einschränkung auf die Schächte erfolgt hier nur deshalb, da diese in [BMI 83] als potentielle Schwachstelle angesehen werden.

Der Ausschluss eines Wassereintritts über die verwahrten Schächte nach der Stilllegung stellt eine Anforderung an diese technische Barriere dar.

- Untertägige Hohlräume (Abschnitt 7.2)

„Alle Hohlräume sind so herzustellen, dass ihre Standsicherheit bis zu ihrer planmäßigen Verfüllung erhalten werden kann.“

Hieraus leitet sich das Erfordernis eines entsprechenden Standsicherheitsnachweises für die Grubenbaue in der Betriebsphase einschließlich der Verfüllung selber ab. Ist der Grubenbau verfüllt, besteht die Forderung nach Standsicherheit für ihn nicht mehr, wohl aber für die umliegenden noch nicht verfüllten Grubenbaue.

(Es) „ist sicherzustellen, dass – insbesondere unter Berücksichtigung der Wärmentwicklung als Folge der Endlagerung hochaktiver Abfälle – die Standsicherheit der offenen Grubenbaue

nicht gefährdet wird.“ (Es muss) “gewährleistet sein, dass die Strömungsverhältnisse im wasserführenden Deckgebirge/Nebengestein thermisch nicht unzulässig beeinflusst werden. In Salzformationen sind bei der Einlagerung wärmeproduzierender Abfälle ausreichende Sicherheitsabstände zu Carnallititflözen einzuhalten.“

Diese Forderungen beziehen sich zwar auf die Wärmentwicklung als Folge der Endlagerung hochaktiver Abfälle, sie können sinngemäß jedoch auch auf die Wärmentwicklung als Folge des Einbringens von Wärme entwickelndem Versatzmaterial angewendet werden.

Folgt man dieser Übertragung der Forderung auf das Versatzmaterial, leiten sich folgende Nachweiserfordernisse ab:

- Berücksichtigung des Temperatureintrags beim Standsicherheitsnachweis in der Betriebsphase.
- Nachweis, dass die Strömungsverhältnisse im wasserführenden Deckgebirge/Nebengestein thermisch nicht unzulässig beeinflusst werden. Maßstäbe für die Zulässigkeit sind die Einhaltung der Dosisgrenzwerte des § 47 StrlSchV im Langzeitsicherheitsnachweis sowie ggf. Anforderungen aus dem Gewässerschutz.
- Nachweis der Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallititflözen.

(Es) „sind die Felder nach Verfüllung gegen das offene Bergwerk hin so abzuschließen, dass aus abgeworfenen Feldesteilen keine unkontrollierbaren Zuflüsse in das offene Grubengebäude erfolgen können.“

Wir interpretieren den Begriff „unkontrollierbar“ hier im Sinne von „nicht kontrolliert fassbar“. Die Einlagerungsbereiche im ERAM weisen gegenwärtig keine Zuflüsse auf. Es ist nicht zu erwarten, dass Zuflüsse aus dem Gebirge heraus noch während der Betriebsphase direkt in die Einlagerungsbereiche eintreten werden. Die mögliche Quelle von Lösungszutritten in die Einlagerungsbereiche (und damit auch von unkontrollierten Austritten aus diesen) sind entweder Lösungen, die mit dem Verfüllmaterial in die Einlagerungsbaue eingebracht werden, oder Lösungen, die im Rahmen von Verwahrungsarbeiten in die Einlagerungsgrubenbaue eindringen, z. B. weil sie an anderer Stelle nicht mehr gefasst werden.

Es ist somit der Nachweis zu führen, dass im Rahmen der Stilllegung und Verfüllung

- aus den Einlagerungsbereichen keine Lösungen in das offene Grubengebäude austreten können oder
- aus den Einlagerungsbereichen austretende Lösungen vollständig gefasst werden können.

Da im Rahmen der Stilllegung der Umgang mit radioaktiven Lösungen nicht vorgesehen ist, ist der Nachweis für den ersten Punkt zu erbringen.

- Betriebliches Überwachungsprogramm

(Es) „ist ... ein Überwachungsprogramm des im Betrieb befindlichen Endlagers erforderlich. Dieses Überwachungsprogramm dient der Bestätigung der betrieblichen Parameter, die mit einer gewissen Bandbreite in die der Errichtung zugrundeliegenden Sicherheitsanalyse eingeflossen sind. Insbesondere sind die thermomechanische Reaktion der Endlagerformation auf das Einbringen hochradioaktiver Abfälle sowie die gebirgsmechanischen Vorgänge zu verfolgen. Werden signifikante Abweichungen von den Ausgangsdaten festgestellt, sind ihre Auswirkungen auf die Sicherheit des Endlagerbergwerkes zu analysieren ...“

Auch dieses Kriterium kann sinngemäß auf die Wärmeentwicklung als Folge des Einbringens von Wärme entwickelndem Versatzmaterial angewendet werden. Aus ihm ergibt sich kein Erfordernis eines zusätzlichen Nachweises, jedoch ergeben sich Anforderungen an die inhaltliche Ausgestaltung der an anderer Stelle geforderten Nachweise (nämlich die Abstützung gewisser Parameter durch Messungen).

- Stilllegung (Kapitel 9)

„Verfüllung und Abschluss der Hohlräume sind mit geeignetem Material und Techniken durchzuführen und haben zum Ziel,

- *durch Hohlraumreduzierung zur Stabilitätserhöhung beizutragen,*
- *den Zutritt von ... Wasser zu den radioaktiven Abfällen zu erschweren bzw. zu verhindern und*
- *eine eventuell mögliche Radionuklidfreisetzung auf ein zulässiges Maß zu minimieren.“*

Als Maß für die im dritten Spiegel punkt erwähnte Zulässigkeit sind entsprechend dem Schutzziel die Grenzwerte des § 47 StrlSchV anzuwenden. Die Erfüllung der im dritten Spiegel punkt gestellten Forderung ist im Rahmen des vorzulegenden Langzeitsicherheitsnachweises nachzuweisen und führt zu keinem zusätzlichen Nachweiserfordernis.

Aus den beiden ersten Spiegel punkten leiten wir die folgenden Nachweiserfordernisse ab:

- Es ist nachzuweisen, dass die Hohlraumverfüllung zu einer Stabilitätserhöhung der Grubenbaue bzw. des umgebenden Gebirges führt.

Hierbei ist nachzuweisen, dass das zur Hohlraumverfüllung vorgesehene Material und die vorgesehene Technik hierzu geeignet sind.

- Es ist nachzuweisen, dass die Abschlüsse der Einlagerungsbereiche den Wasserzutritt erschweren oder verhindern.

Hierbei ist nachzuweisen, dass das zum Abschluss der Einlagerungsbereiche vorgesehene Material und die vorgesehene Technik hierzu geeignet sind.

Zusammenfassend leiten wir aus [BMI 83] die folgenden Nachweiserfordernisse ab:

- ⇒ Nachweis der Dosisbegrenzung in der Nachbetriebsphase **(D-5)**
- ⇒ Nachweis der Standsicherheit der Grubenbaue während der Betriebsphase (bis zum Abschluss der Stilllegungsarbeiten), **(B-1)**

der folgenden Anforderungen genügt:

- Berücksichtigung des Wärmeeintrags durch die Verfüllung.
 - Verwendung von durch Messungen abgesicherten Parametern zur Beschreibung der gebirgsmechanischen Vorgänge und der thermomechanischen Reaktion der Verfüllung.
- ⇒ Nachweis des Ausschlusses eines Wassereintruchs (insbesondere über die Schächte) während des Betriebs. **(B-2)**
 - ⇒ Nachweis, dass im Rahmen der Stilllegung und Verfüllung aus den Einlagerungsbereichen keine Lösungen in das offene Grubengebäude austreten können. **(B-3)**
 - ⇒ Nachweis, dass die Hohlraumverfüllung zu einer Stabilitätserhöhung führt. **(BI-3)**
Hierbei ist nachzuweisen, dass das zur Hohlraumverfüllung vorgesehene Material und die vorgesehene Technik hierzu geeignet sind.
 - ⇒ Nachweis der Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallitflözen durch die Verfüllung. **(BI-5)**
 - ⇒ Nachweis des Ausschlusses eines Wassereintruchs über die verwahrten Schächte nach der Stilllegung. **zu (TB-2)**
 - ⇒ Nachweis, dass die Abschlüsse der Einlagerungsbereiche den Wasserzutritt erschweren oder verhindern. **zu (TB-3)**
Hierbei ist nachzuweisen, dass das zum Abschluss der Einlagerungsbereiche vorgesehene Material und die vorgesehene Technik hierzu geeignet sind.
 - ⇒ Nachweis, dass der (nicht radioaktive) Stoffeintrag in das Grundwasser¹⁸ nicht unzulässig hoch ist. **(W-1)**
 - ⇒ Nachweis, dass der thermische Einfluss auf die Grundwasserströmungsverhältnisse nicht unzulässig hoch ist. **(W-2)**

Die Nachweiserfordernisse (W-1) und (W-2) stellen Konkretisierungen des aus dem AtG abgeleiteten Nachweiserfordernisses, dass keine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu erwarten ist, dar. Die Bewertungskriterien dieser Nachweiserfordernisse sind aus dem Wasserrecht zu ermitteln.

Sofern weitere Maßnahmen zur Standorterkundung vorgesehen sind, ist für diese der Nachweis zu erbringen, dass die Funktion der natürlichen Barrieren erhalten bleibt.

¹⁸ In [BMI 83] wird der Stoffeintrag in die Biosphäre entsprechend begrenzt. Da ein Stoffeintrag in die Biosphäre über das Grundwasser erfolgen würde, haben wir das Nachweiserfordernis auf das Grundwasser beschränkt.

5.4.1.6. Sicherheitsanforderungen von 2009 [BMU 09]

Nach § 9b Abs. 4 AtG i. V. m. § 7 Abs. 2 AtG ist nachzuweisen, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die beantragte Maßnahme und den weiteren Betrieb der Anlage getroffen ist. Nach [BMI 83] sind die Sicherheitskriterien „im Rahmen des Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahrens nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik unter besonderer Berücksichtigung des Einzelfalls“ zu konkretisieren. Seit dem Zeitpunkt der Abfassung von [BMI 83] hat sich der Stand von Wissenschaft und Technik dahingehend weiterentwickelt, dass die Erstellung verlässlicher Prognosen zur Strahlenbelastung für die hier erforderlichen langen Betrachtungszeiträume als nicht umsetzbar angesehen wird. In dieser Hinsicht ist den Empfehlungen der SSK [SSK 08] zu entnehmen:

„Die Prognose der zukünftigen Entwicklungen am Endlagerstandort über einen derartigen Zeitraum¹⁹ weist aber unvermeidbare Unwägbarkeiten auf ... Dies betrifft unter anderem die hydrogeologischen Randbedingungen ... Die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und deren Ernährungsgewohnheiten sind ebenfalls nicht verlässlich über mehr als einige Generationen zu prognostizieren ... Den Unwägbarkeiten in der Prognose der zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems kann methodisch nur durch die Verwendung von Referenzannahmen für bestimmte Teilsysteme Rechnung getragen werden. Daher besitzen die in der Konsequenzenanalyse berechneten Zahlenwerte für die Individualdosis nach internationalem Verständnis mit zunehmendem Zeithorizont einen orientierenden Charakter als Indikator. RSK und SSK begrüßen ausdrücklich den ... Ansatz, die Isolation der Abfälle im Endlager zu einem wesentlichen Element der Nachweisführung zu machen, da mit diesem Ansatz die Behandlung der o. g. Unwägbarkeiten methodisch vereinfacht werden kann.“

In Folge dieser Entwicklung wurden vom BMU Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle veröffentlicht [BMU 09]. Diese Anforderungen gelten ausschließlich für ein zu errichtendes Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle. Allerdings sind diese Anforderungen auch unter Einbeziehung von ggf. in dieses Endlager einzulagernde vernachlässigbar Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle einzuhalten. Da [BMU 09] vom Grundsatz her den derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik wiedergibt, sollte diesen Anforderungen zumindest soweit möglich bzw. soweit sinnvoll übertragbar auch bei der Stilllegung des ERAM gefolgt werden. Hierbei ist dem Umstand Rechnung zu tragen, dass das Radioaktivitätsinventar des ERAM um mehrere Größenordnungen unter dem Inventar eines künftigen Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle liegt.

In Kapitel 7 von [BMU 09] sind die vorzulegenden Sicherheitsnachweise aufgeführt und erläutert. In Abschnitt 7.1 wird das Führen eines umfassenden Sicherheitsnachweises für die Betriebsphase einschließlich der Stilllegung gefordert (**S-1**). In Abschnitt 7.2 wird ein Langzeitsicherheitsnachweis auf der Basis einer umfassenden und standortspezifischen Sicherheitsanalyse und Sicherheitsbewertung gefordert (**S-2**). Dieser Langzeitsicherheitsnachweis muss sich auf eine Reihe von Einzelnachweisen abstützen, die im Folgenden zusammengestellt werden.

¹⁹ gemeint ist hier 1 Mio. Jahre

7.2.1 *Langzeitaussage zur Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs: Für die wahrscheinlichen Entwicklungen ist für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich auf der Grundlage einer geowissenschaftlichen Langzeitprognose nachzuweisen, dass die Integrität dieses Gebirgsbereichs über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahre sichergestellt ist. Hierfür ist vom Antragsteller der einschlusswirksame Gebirgsbereich räumlich und zeitlich eindeutig zu definieren und unter Berücksichtigung der eingelagerten Abfälle und der geotechnischen Barrieren zu zeigen, dass*

- *die Ausbildung von solchen sekundären Wegsamkeiten innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ausgeschlossen ist, die zum Eindringen unbelasteter oder zum Austreten schadstoffbelasteter wässriger Lösungen führen können, und dass*
- *ggf. im einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhandenes Porenwasser nicht am hydrogeologischen Kreislauf im Sinne des Wasserrechts außerhalb des ewG teilnimmt. Dies gilt als erfüllt, wenn die Ausbreitung von Schadstoffen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich durch advective Transportprozesse allenfalls vergleichbar zur Ausbreitung durch diffusive Transportprozesse erfolgt.*

Bei Salinar- und Tongesteinen ist die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs zusätzlich anhand folgender Kriterien zu prüfen:

- *Die zu erwartenden Beanspruchungen dürfen die Dilatanzfestigkeiten der Gesteinsformationen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs außerhalb der Auflockerungszonen nicht überschreiten.*
- *Die zu erwartenden Fluiddrücke dürfen die Fluiddruckbelastungen der Gesteinsformationen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht in einer Weise überschreiten, die zu einem unnatürlichen Zutritt von Grundwässern in diesen ewG führt.*
- *Durch die Temperaturentwicklung darf die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht unzulässig beeinflusst werden.*

Die Forderung nach einem Nachweis der Integrität der geologischen Barriere (hier als „einschlusswirksamer Gebirgsbereich“ bezeichnet) kann für das ERAM in seiner Gesamtheit laut [A 281Q] nicht geführt werden, da es schon gegenwärtig im Lager H einen Laugenzutritt gibt, der als mit dem oberflächennahen Grundwasser verbunden angesehen wird, und eine Reihe von Grubenbauen als zutrittsgefährdet angesehen werden.

Da das ERAM eine bestehende Anlage (mit nicht mehr frei wählbaren geologischen und bergtechnischen Bedingungen) ist und das Radioaktivitätsinventar des ERAM um mehrere Größenordnungen unter dem Inventar eines künftigen Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle liegt, halten wir es für gerechtfertigt, die Anforderung an die geologische Barriere hier abzuschwächen.

Wir schlagen deshalb vor, zwischen Bereichen mit und ohne Nachweis der gegenwärtigen Barrierenintegrität zu unterscheiden und die Forderungen in Abschnitt 7.2.1 [BMU 09] abgeschwächt auf das ERAM wie folgt zu übertragen:

⇒ Analyse der Barrierenintegrität im gegenwärtigen Zustand unter Berücksichtigung der Kriterien Dilatanzfestigkeit, Fluidruckbelastungen und Temperaturentwicklung; **(BI-1)**

daran anschließend

für Grubenbaue, bei denen für den gegenwärtigen Zeitpunkt die Integrität der sie umgebenden geologischen Barriere rechnerisch nachgewiesen werden kann:

⇒ Nachweis des Erhalts der Barrierenintegrität (während der Stilllegung und in der Nachbetriebsphase) **(BI-2)**

(Für die Einlagerungsbereiche West-Südfeld und Ostfeld ist nach Auffassung des BfS die Barrierenintegrität gegeben. Da dies für die Restgrube in ihrer Gesamtheit nicht der Fall ist, muss der Nachweis der Barrierenintegrität für dieser Einlagerungsbereiche auch die Abgeschlossenheit dieser Einlagerungsbereiche von der Restgrube – hier zunächst unter Annahme einer vollständig wirksamen Abdichtung der Auffahrungen zwischen den ELB und der Restgrube – beinhalten.)

für Grubenbaue, bei denen für den gegenwärtigen Zeitpunkt die Integrität der sie umgebenden geologischen Barriere rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann:

⇒ Nachweis der Zustandsverbesserung durch die Verwahrung **(BI-3)**

(Ziel ist es, das Entstehen neuer Wasserwegsamkeiten zu vermeiden. Wenn eine temporäre Zustandsverschlechterung nicht vermeidbar ist, ist der Nachweis zu erbringen, dass diese – unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit der Mittel – minimiert wird.)

⇒ Nachweis der möglichst frühzeitigen Wiederherstellung der rechnerischen Barrierenintegrität **(BI-4)**

(In ferner Zukunft ist aufgrund der Fließprozesse im Salz die (tatsächliche und die rechnerische) Barrierenintegrität wieder hergestellt. Die Verwahrung der Grube sollte so erfolgen, dass die rechnerische Barrierenintegrität – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – zu einem möglichst frühen Zeitpunkt wieder hergestellt ist.)

Weiterhin wird in Kapitel 7 von [BMU 09] gefordert:

7.2.2 *Radiologische Langzeitaussage: Für wahrscheinliche und weniger wahrscheinliche Entwicklungen ist nachzuweisen, dass die in den Kapitel 6.2 und 6.3 aufgeführten Kriterien²⁰ eingehalten sind. Soweit hinreichend zuverlässige Aussagen für den Nachweiszeitraum über die Wirksamkeit der Sicherheitsfunktionen des Deck- und*

²⁰ U. A. Begrenzung des Lebensrisikos auf 10^{-4} für wahrscheinliche Entwicklungen des Endlagersystems bzw. 10^{-3} für weniger wahrscheinliche Entwicklungen.

Nebengebirges des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gemacht werden können, kann die radiologische Langzeitaussage diese einbeziehen.

Vereinfacht gelten die Kriterien in Kapitel 6.2 und 6.3 auch dann als erfüllt, falls aus den am Rande des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs freigesetzten radioaktiven Stoffmengen für Einzelpersonen der Bevölkerung keine effektive Dosis größer als 0,1 mSv im Kalenderjahr resultieren kann. Diese Dosis ist anhand eines für Betrachtungen zur Langzeitsicherheit anerkannten generischen Expositionsmodells zu ermitteln ...

Die Forderung in Abschnitt 7.2.2 entspricht dem in Abschnitt 2.4 genannten Nachweiserfordernis der Dosisbegrenzung in der Nachbetriebsphase (**D-5**), wobei in [BMU 09] jedoch abweichend von [BMI 83] andere Schutzkriterien als die Dosiswerte des § 47 StrlSchV gefordert werden.

7.2.3 Nachweis der Robustheit technischer Komponenten des Endlagersystems:

Die langfristige Robustheit technischer Komponenten des Endlagersystems muss auf der Basis theoretischer Überlegungen prognostiziert und dargelegt werden. Falls technische Barrieren im Hinblick auf die Langzeitsicherheit bedeutsame Sicherheitsfunktionen übernehmen und besonderen Anforderungen unterliegen und hierfür keine anerkannten Regeln der Technik vorliegen, muss deren Herstellung, Errichtung und Funktion grundsätzlich erprobt sein. Diese Erprobung muss eine nach Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführte Qualitätssicherung beinhalten. Diese Erprobung kann entfallen, falls die Robustheit dieser Bauwerke, d. h. ihre Unempfindlichkeit gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen, anderweitig nachgewiesen werden kann oder falls Sicherheitsreserven in einem Umfang bestehen, die den Verzicht auf eine Erprobung erlauben.

Beim Nachweis der Integrität bzw. des Einschlusses sind die technisch unvermeidbaren Barriereperforationen (z. B. Schächte) und die Verfüllung des Endlagers zu berücksichtigen. Es ist zu zeigen, dass die von der geologischen Barriere geforderte Integrität und der von ihr zu gewährleistende Einschluss auch bei Berücksichtigung der technischen Abdichtungs- und Verschlussbauwerke sowie Verfüllung erhalten bleiben. Zum Nachweis sind unter anderem die für die Funktionstüchtigkeit der technischen Verschlussbauwerke maßgeblichen Beanspruchungszustände und Eigenschaften der Baustoffe zu untersuchen. Die hinreichende Belastbarkeit und Alterungsbeständigkeit dieser Baustoffe ist für den Zeitraum nachzuweisen, für den die Funktionstüchtigkeit der Bauwerke gegeben sein muss. Soweit notwendig müssen sofort wirksame Barrieren den Einschluss der Abfälle für den Zeitraum übernehmen, in dem die volle Wirksamkeit der langfristig wirksamen Barrieren noch nicht gegeben ist.

Die Forderung im ersten Teil des Abschnitts 7.2.3 nach dem Nachweis der langfristigen Robustheit der technischen Komponenten sehen wir als Teil der Nachweise der Wirksamkeit der technischen Barrieren an.

Die Forderung im zweiten Teils des Abschnitts 7.2.3 nach einem Nachweis, dass die Anforderungen an die Integrität der geologischen Barriere auch unter Berücksichtigung der technischen Abdichtungs- und Verschlussbauwerke erfüllt werden, impliziert eine funktionelle Gleichwertigkeit der technischen Barrieren zu den geologischen Barrieren. Dies würde auf das ERAM übertragen zu folgenden Forderungen führen²¹:

- Ein möglicher Laugenzutritt über Schacht Marie muss klein sein gegenüber den Laugenzutritten über das Gebirge in die Grube Marie nach Abschluss der Verwahrungsarbeiten, da sich die geologische Barriere in ihrer Gesamtheit durch den Schacht Marie nicht signifikant verschlechtern darf.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Zuläufe in das Lager H im Lauf der Zeit abnehmen. Gründe hierfür können sein, dass es sich beim Speisungsgebiet des Lagers H abweichend von der Interpretation in [I 58] doch um ein isoliertes Lösungsreservoir handelt, oder dass sich die Wasserwegsamkeit des Zuflusses durch die Verfüllung und die langfristige Konvergenz verringert. Der Schacht Marie sollte auch in diesem Fall keine signifikante Schwachstelle der geologischen Barriere in ihrer Gesamtheit darstellen. Hieraus leiten wir ab, dass ein möglicher Laugenzutritt über den Schacht Marie so gering sein sollte, wie dies – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – möglich ist. Insbesondere sollte er – bei Vernachlässigung möglicher Laugenzutritte über andere Zutrittsstellen – nicht zu einem Zulaufen der Grube führen, so dass ein Auspressen von (potentiell kontaminierter) Lauge aus der Grube aufgrund der Zuläufe über den Schacht in dem für den Langzeitsicherheitsnachweis relevanten Zeitraum nicht erfolgen kann.

- Ein möglicher Laugenzutritt über den Schacht Bartensleben sollte so gering sein, wie dies – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – möglich ist. Insbesondere sollte er – bei Vernachlässigung möglicher Laugenzutritte über die Abdichtungen – nicht zu einem Zulaufen der Einlagerungshohlräume führen, so dass ein Auspressen kontaminierter Lauge aufgrund der Zuläufe über den Schacht in dem für den Langzeitsicherheitsnachweis relevanten Zeitraum nicht erfolgen kann.
- Ein möglicher Laugenzutritt über die Abdichtungen in das West-Südfeld sowie über die Abdichtungen in das Ostfeld sollte so gering sein, wie dies – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – möglich ist. Insbesondere sollte er nicht zu einem Zulaufen der Einlagerungshohlräume führen, so dass ein Auspressen kontaminierter Lauge in dem für den Langzeitsicherheitsnachweis relevanten Zeitraum nicht erfolgen kann.

Ein Nachweis für die letzte Forderung wird vermutlich kaum führbar sein. Da das ERAM eine bestehende Anlage (mit nicht mehr frei wählbaren geologischen und bergtechnischen Bedingungen) ist und das Radioaktivitätsinventar des ERAM um mehrere Größenordnungen unter dem Inventar eines künftigen Endlagers für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle liegt, halten wir es für gerechtfertigt, analog zu oben auch die Anforderung an die technische Barriere hier abzuschwächen. Wir schlagen deshalb vor, die letzte Forderung abgeschwächt auf das ERAM wie folgt zu übertragen:

²¹ In Bezug auf ein vorzeitiges Verfüllen von Lager H kann dieser Aspekt ausgeklammert werden, da diese Maßnahme die Verwahrung der Schächte und die Abdichtung der Einlagerungsbereiche nicht berührt.

- Ein möglicher Laugenzutritt über die Abdichtungen in das West-Südfeld sowie über die Abdichtungen in das Ostfeld muss so gering sein, wie dies – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – möglich ist.²²

Folgt man den Grundgedanken in [BMU 09], nämlich die Einhaltung der Schutzziele primär durch den Nachweis der Integrität der geologischen Barriere unter Berücksichtigung der technischen Barrieren nachzuweisen, dann muss die Forderung im zweiten Teil des Abschnitts 7.2.3 in Bezug auf das ERAM noch weiter gehend interpretiert werden. Es wäre dann zu fordern, dass alle bergbaulichen Beeinträchtigungen der geologischen Barriere durch technische Barrieren auszugleichen sind. Diese würde u. a. bedeuten, dass der Laugenzutritt im Lager H – soweit technisch machbar – durch entsprechende Abdichtungen zu verschließen ist. Auch hier dürfte die funktionelle Gleichwertigkeit einer technischen Barriere kaum nachweisbar sein. Es könnte aber die abgeschwächte Forderung erhoben werden, die Zuläufe in dem Lager bzw. aus dem Lager in die übrige Grube so gering zu halten, wie dies – unter Wahrung der Verhältnismäßigkeit der für die Stilllegung eingesetzten Mittel – realisierbar ist²³.

Hieraus ergeben sich die folgenden Nachweiserfordernisse:

- ⇒ Nachweis der Begrenzung und Minimierung des Laugenzutritts über Schacht Marie (TB-1)
 - ⇒ Nachweis der Begrenzung und Minimierung des Laugenzutritts über Schacht Bartensleben (TB-2)
 - ⇒ Nachweis der Minimierung des Laugenzutritts über die Abdichtungen der ELB (TB-3)
- sowie ggf.
- ⇒ Nachweis der Minimierung des Laugenzutritts über Lager H (TB-4)

Teil dieser Nachweiserfordernisse ist der Nachweis der Robustheit der jeweiligen technischen Barriere.

7.2.4 Ausschluss der Kritikalität:

Es ist zu zeigen, dass sich selbst erhaltende Kettenreaktionen sowohl bei wahrscheinlichen wie auch bei weniger wahrscheinlichen Entwicklungen ausgeschlossen sind.

Diese Forderung bezeichnen wir als Kritikalitätssicherheit. Sie führt zum Nachweiserfordernis

- ⇒ Nachweis der Kritikalitätssicherheit (S-3)

²² Diese Anforderungen bestehen zusätzlich zu den Anforderungen an die querschnittsintegrierte Permeabilität und die Korrosionsbeständigkeit der Abdichtungen, die sich aus dem Nachweis der Dosisbegrenzung in der Nachbetriebsphase (D-5) ergeben.

²³ Im Hinblick auf eine vorgezogene Verfüllung des Lager H ergäbe sich daraus die Forderung, dass entweder bereits bei dieser Verfüllung entsprechende Abdichtungen errichtet werden oder alle Grubenbaue, die für entsprechende Abdichtungen in Frage kommen, von der Verfüllung ausgenommen werden und erreichbar bleiben müssen.

In [BMU 09] wird der Ausschluss der Kritikalität nur im Zusammenhang mit der Langzeitsicherheit gefordert. Der Grund für diese Einschränkung ist, dass der Ausschluss der Kritikalität in der Betriebsphase als selbstverständlich angesehen wird. Die Forderung nach dem Ausschluss der Kritikalität besteht für den gesamten Zeitraum (Betriebs- und Nachbetriebsphase).

Abschnitt 7.3 enthält Forderungen an die Ausgestaltung verschiedener Langzeitanalysen (u. a. die Durchführung von Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen). Wir leiten hieraus kein eigenständiges Nachweiserfordernis ab, sondern sehen dies als Teil der jeweiligen Nachweisführung an.

Nach Abschnitt 7.4 ist anhand eines Kontroll- und Beweissicherungsprogramms während des Betriebs, der Stilllegung und in einem begrenzten Zeitraum nach der Stilllegung nachzuweisen, dass die Eingangsdaten, Annahmen und Aussagen der Sicherheitsnachweise eingehalten werden. Wir leiten hieraus kein eigenständiges Nachweiserfordernis ab, sondern sehen dies als Teil der jeweiligen Nachweisführung an.

Die Abschnitte 7.5 und 7.6 in [BMU 09] betreffen die Einlagerung radioaktiver Abfälle und sind für die Stilllegung des ERAM nicht relevant.

Abschnitt 7.7 geht auf die bei der Ermittlung der Standortdaten erforderliche Genauigkeit und Bandbreite, die Berücksichtigung möglicher Veränderungen unter Endlagerbedingungen sowie auf die Übertragbarkeit von Daten ein. Wir leiten hieraus kein eigenständiges Nachweiserfordernis ab, sondern sehen dies als Teil der jeweiligen Nachweisführung an.

Abschnitt 7.8 ist in [BMU 09] nicht belegt.

Abschnitt 7.9 betrifft u. A. die Untersuchung der Mobilisierung natürlicher radioaktiver und sonstiger grundwasser- oder bodenrelevanter Stoffe, z. B. aufgrund geänderter geochemischer Bedingungen:

7.9 *Es ist zu untersuchen, inwieweit natürlich im Endlagersystem vorkommende radioaktive oder sonstige grundwasser- oder bodenrelevante Stoffe mobilisiert werden können und inwieweit Grundwasserströme in sicherheitsrelevantem Umfang verändert werden könnten. Dies könnte zum Beispiel aufgrund der hohen Wärmeleistung der eingelagerten Abfälle oder aufgrund veränderter geochemischer Bedingungen der Fall sein.*

Im Langzeitsicherheitsnachweis sind Freisetzungen von Radionukliden aus natürlich vorkommenden Materialien (Versatz und Gebirge) gesondert von Freisetzungen von Radionukliden aus den endgelagerten Abfällen zu bewerten.

Aus dem ersten Teil der Forderung 7.9 ergeben sich zwar Anforderungen an die Durchführung von Untersuchungen, aber keine Nachweiserfordernisse. Die Untersuchungen sind im Rahmen der Nachweiserfordernisse (D-5), (W-1) und (W-2) durchzuführen.

Der zweite Teil der Forderung 7.9 weicht von [BMI 83] ab, wo im Zusammenhang mit der Dosisbegrenzung lediglich von Radionukliden aus dem Endlager gesprochen wird und nicht zwischen Radionukliden aus dem Abfall und Radionukliden aus dem Versatz und dem Gebirge unterschieden wird. Eine Klärung bzgl. der zu wählenden Vorgehensweise erwarten wir durch die vom BMU erbetenen Ausführungen zu den anzuwendenden strahlenschutzrechtlichen Bewertungskriterien. Ggf. ergibt sich hieraus ein weiteres Nachweiserfordernis im Hinblick auf den Austrag von aus dem

Versatz und dem Gebirge stammenden Radionukliden bzw. auf die durch diese verursachte potentielle Strahlenexposition.

Im Entwurf zu [BMU 09] vom 29.07.2008 wurde unter 8.2 der Nachweis gefordert, dass für die Betriebsphase (einschließlich der Stilllegung) ein nicht beherrschbarer Wassereinbruch ausgeschlossen werden kann. In [BMU 09] ist diese Forderung entfallen. Der Grund hierfür ist uns nicht bekannt. Unabhängig hiervon stellt ihre Einhaltung u. E. eine Grundvoraussetzung für den sicheren Betrieb eines Endlagers dar. Ihre Einhaltung ist somit Teil der in Forderung 7.1 geforderten sicheren Betriebsführung und Voraussetzung für den Langzeitsicherheitsnachweis.

Abschnitt 5.1 aus [BMU 09] fordert die Durchführung einer Optimierung vor jeder wesentlichen Entscheidung zum weiteren Vorgehen, also auch vor der Stilllegung des Endlagers. In wie weit diese Optimierung der Genehmigungsbehörde gegenüber nachzuweisen ist, geht aus [BMU 09] nicht hervor. Hieraus könnten sich ggf. weitere Nachweiserfordernisse ergeben.

5.4.2. Sonstige Rechtsgebiete

5.4.2.1. Bundesberggesetz

Nach § 53 Abs. 1 Nr. 1 BBergG muss der Abschlussbetriebsplan den Nachweis enthalten, dass die in § 55 Abs. 1 Satz 1 Nr. 3 bis 13 und Absatz 2 BBergG bezeichneten Voraussetzungen erfüllt sind. Danach sind für die Stilllegung des ERAM die folgenden Forderungen zu erfüllen:

- „*Im Betrieb*“²⁴ ist die erforderliche Vorsorge
 - gegen Gefahren für Leben und Gesundheit sowie zum Schutz von Beschäftigten und Dritten und
 - zum Schutz von Sachgütern Beschäftigter und Dritter

getroffen, insbesondere durch die den allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik entsprechenden Maßnahmen. Die für die Errichtung und Durchführung eines Betriebes auf Grund des BBergG erlassenen oder geltenden Vorschriften und die sonstigen Arbeitsschutzvorschriften werden eingehalten.

Nach Abschluss der Stilllegung ist der Schutz Dritter vor den durch den Betrieb verursachten Gefahren für Leben und Gesundheit sichergestellt.²⁵

- Es wird keine Beeinträchtigung von Bodenschätzen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt, eintreten.
- Für den Schutz der Oberfläche im Interesse der persönlichen Sicherheit und des öffentlichen Verkehrs ist Sorge getragen.

²⁴ Die Formulierung des BBergG ist an dieser Stelle nicht eindeutig. „Im Betrieb“ kann räumlich (innerhalb des Bergwerks) oder/und zeitlich (während des Betriebs) verstanden werden. Wir gehen im Folgenden davon aus, dass der Drittschutz in Bezug auf Leben, Gesundheit und Sachgüter während des Betriebs auch außerhalb des Betriebsgeländes sicherzustellen ist.

²⁵ Das BBergG fordert demnach nicht, dass nach Einstellen des Betriebs der Schutz von Sachgütern Dritter sichergestellt sein muss. Allerdings ist in solchen Schadensfällen der Unternehmer bzw. der Bergbauberechtigte nach § 114 ff BBergG ersatzpflichtig.

- Die anfallenden Abfälle werden ordnungsgemäß verwendet oder beseitigt.
- Die Wiedernutzbarmachung der Oberfläche in der vom einzustellenden Betrieb in Anspruch genommenen Fläche ist sichergestellt.
- Die erforderliche Vorsorge ist getroffen, dass die Sicherheit anderer Bergbaubetriebe nicht gefährdet wird.
- Gemeinschädliche Einwirkungen sind nicht zu erwarten.²⁶

Durch die allgemeine Formulierung „Gefahr für Leben und Gesundheit“ werden auch solche Schutzbedürfnisse erfasst, die in andere Rechtsgebiete fallen. Aus der im letzten Punkt aufgeführten Forderung des Bergrechts, wonach gemeinschädliche Einwirkungen nicht zu erwarten sein dürfen, leiten wir an dieser Stelle keine zusätzlichen Nachweiserfordernisse ab, da die Berücksichtigung des Bergrechts gerade zur Konkretisierung dieser gleichlautenden Forderung des Strahlenschutzes dienen soll.

Um diese Voraussetzungen als erfüllt bewerten zu können, müssen die entsprechenden Nachweise vorliegen:

- ⇒ Nachweis der Vorsorge gegen Gefahren für Leben und Gesundheit sowie zum Schutz von Beschäftigten und Dritten innerhalb des Betriebs während des Stilllegungsbetriebs im Hinblick auf
 - die Bergsicherheit **(B-4)**
 - den Strahlenschutz **(D-1, D-2, D-3, D-5)**
 - den sonstigen Arbeitsschutz (Gas, Staub, Lärm, Erschütterungen, Brandschutz, Explosionsschutz, ...) **(B-5)**
- ⇒ Nachweis der Vorsorge gegen Gefahren für Leben und Gesundheit sowie zum Schutz von Dritten außerhalb des Betriebs während des Stilllegungsbetriebs im Hinblick auf
 - die Bergsicherheit zu **(OF-1)**
 - den Strahlenschutz **(D-3, D-4, D-5)**
 - sonstige Einwirkungen (Gas, Staub, Lärm, Erschütterungen, Licht) zu **(I-1)**
- ⇒ Nachweis der Vorsorge zum Schutz von Sachgütern während des Stilllegungsbetriebs durch
 - Senkungen **(OF-2)**
 - Sonstige Einwirkungen (Erschütterungen, Staub, ...) **(I-2)**
- ⇒ Nachweis der Vorsorge gegen Gefahren für Leben und Gesundheit von Dritten nach Abschluss des Betriebs
 - durch Senkungen zu **(OF-1)**
 - durch Radionuklide über den Wasser- oder Luftpfad **(D-6)**

²⁶ Als gemeinschädliche Einwirkung gilt z. B. eine schädliche Grundwasserverunreinigung.

- durch konventionellen Stoffe über den Wasser- oder Luftpfad zu **(I-1)**
- ⇒ Nachweis der Nichtbeeinträchtigung von Bodenschätzen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt. **(SG-1)**
- ⇒ Nachweis des Schutzes der Oberfläche im Interesse der persönlichen Sicherheit und des öffentlichen Verkehrs **(OF-1)** und **(OF-3)**
- ⇒ Nachweis der ordnungsgemäßen Abfallverwertung und –entsorgung **(A-1)**
- ⇒ Nachweis der Sicherstellung der Wiedernutzbarmachung der Oberfläche **(OF-4)**
- ⇒ Nachweis der fehlenden Gefährdung der Sicherheit anderer Bergwerke **(SG-2)**

5.4.2.2. Wasserhaushaltsgesetz

Nach § 8 Abs. 1 WHG bedarf die Benutzung eines Gewässers der Erlaubnis oder der Bewilligung. Benutzungen sind nach § 9 WHG u. A.

- Das Einleiten von Stoffen in Gewässer,
- das Zutagefördern und Ableiten von Grundwasser und
- Maßnahmen, die geeignet sind, dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen.

Die Erlaubnis ist nach § 10 Abs. 1 WHG zu versagen, wenn schädliche, auch durch Nebenbestimmungen nicht vermeidbare oder nicht ausgleichbare Gewässerveränderungen zu erwarten sind.

Nach § 36 Abs. 1 WHG sind Anlagen unter oberirdischen Gewässern so stillzulegen, dass keine schädliche Gewässerveränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist.

Nach § 48 Abs. 2 WHG dürfen Stoffe nur so abgelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. Weitere Regelungen hierzu enthält die Grundwasserverordnung von 1997 [GVO 97].

Nach § 48 Abs. 2 WHG dürfen Flüssigkeiten und Gase nur so durch Rohrleitungen befördert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist.

Die §§ 57 und 58 WHG regeln das Einleiten von Abwässern in Gewässer (Direkteinleitung) und in die öffentlichen Abwasseranlagen (Indirekteinleitung). Der Umgang mit wassergefährdenden Stoffen wird in den §§ 62 und 63 WHG geregelt.

Hieraus ergeben sich die folgenden Nachweiserfordernisse:

- ⇒ Nachweis des Ausschlusses einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit (W-3)
- ⇒ Nachweis des Ausschlusses einer nachteiligen Veränderung der Oberflächenwasserbeschaffenheit (W-4)
- ⇒ Nachweis des Ausschlusses einer nachteiligen Oberflächengewässerveränderung (W-5)
- ⇒ Nachweis der ordnungsgemäßen Einleitung von Abwässern (W-6)
- ⇒ Nachweis des ordnungsgemäßen Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen (W-7)

5.4.2.3. Deponieverordnung

Das ERAM fällt als Endlager für radioaktive Stoffe nicht unter den Geltungsbereich des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und damit des Deponierechts. Unabhängig hiervon ist es jedoch fachlich mit einer Untertagedeponie (UTD; Deponie der Klasse IV) vergleichbar. UTD dürfen nur im Salzgestein errichtet werden. Anforderungen an Errichtung, Betrieb, Stilllegung und Nachsorge einer UTD werden in der Deponieverordnung [DepV 09] geregelt.

Entsprechend § 3 Abs. 2 DepV i. V. m. Anhang 2 muss vor der Anlage einer UTD eine standortbezogene Sicherheitsbeurteilung erbracht werden, zu der drei Einzelnachweise zu führen sind:

- (1) geotechnischer Standsicherheitsnachweis
- (2) Sicherheitsnachweis für die Ablagerungs- und Stilllegungsphase und
- (3) Langzeitsicherheitsnachweis

Der geotechnische Standsicherheitsnachweis umfasst die Teilnachweise, dass

- (1.1) weder untertage noch an der Tagesoberfläche Verformungen zu erwarten sind, die die Funktionsfähigkeit des Bergwerkes beeinträchtigen können,
- (1.2) das Tragverhalten des Gebirges ausreicht, um Hohlraumverbrüche zu verhindern, die die Langzeitsicherheit der Deponie beeinträchtigen können, und
- (1.3) die eingebrachten Abfälle auf längere Sicht stabilisierend wirken.

Der Standsicherheitsnachweis ist durch ein gebirgsmechanischen Gutachten zu erbringen. In diesem ist u. a. auch die „*Langzeitsicherheit (Integrität/Intaktheit)*“ bzw. die „*langfristige Wirksamkeit*“ der geologischen Barriere zu bewerten.

Der Sicherheitsnachweis für die Ablagerungs- und Stilllegungsphase wird in der DepV nicht weiter erläutert.

Der Langzeitsicherheitsnachweis ist ein „*übergreifender und zusammenfassender*“ Einzelnachweis, der i. W. auf den Ergebnissen der beiden Einzelnachweise (1) und (2) basiert. In diesem werden neben den natürlichen Barrieren auch die technischen Eingriffe und Barrieren bewertet. Weiterhin werden natürliche und technisch bedingte Ereignisse und Prozesse bewertet, soweit sie den vollständigen Einschluss der Abfälle gefährden und ggf. eine Schadstoffmobilisierung bewirken können.

Kriterien für diese durchzuführenden Bewertungen ergeben sich aus Kapitel 1 des Anhangs 2 der Deponieverordnung. Danach müssen die Abfälle dauerhaft von der Biosphäre ferngehalten werden und die Ablagerung so erfolgen, dass keine Nachsorgemaßnahmen erforderlich sind. Das Salzgestein als maßgebliche geologische Barriere muss am Standort

- dicht sein gegenüber Flüssigkeiten und Gasen,
- eine ausreichend unverritzte Mächtigkeit besitzen, so dass die Barrierefunktion auf Dauer nicht beeinträchtigt wird, und
- die Abfälle durch sein Konvergenzverhalten allmählich umschließen und am Ende des Verformungsprozesses kraftschlüssig einschließen.

In Anhang 2 der Deponieverordnung sind Anforderungen an die Nachweisführung enthalten.

Der Arbeitskreis „Salzmechanik“ der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. (DGEG) hat 1993 Empfehlungen zur Geotechnik der Untertagedeponierung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen im Salzgebirge erarbeitet. In dieser werden die Anforderungen an die Nachweisführung weiter konkretisiert.

Aus der Deponieverordnung und den Empfehlungen der DGEG leiten wir keine Nachweiserfordernisse ab, da die Stilllegung des ERAM nicht unter diesen Rechtsbereich fällt. Allerdings können aus diesen Unterlagen Anforderungen an die Methodik und die Inhalte der Nachweisführung abgeleitet werden, da sie diesbezüglich den Stand der Technik darstellen.

5.5. Zusammenstellung der Nachweiserfordernisse

5.5.1. Nachweiserfordernisse gemäß der rechtlichen Anforderungen

Die in Abschnitt 5.4 aus dem atom- und strahlenschutzrechtlichen Regelwerk abgeleiteten Nachweiserfordernisse sind in Tabelle 5.5-1 zusammengestellt²⁷. Die zusätzlich aus dem BBergG und dem WHG abgeleiteten Nachweiserfordernisse sind in Tabelle 5.5-2 zusammengestellt

Die aus Kapitel 9 in [BMI 83] abgeleiteten Teilforderungen nach einem Eignungsnachweis für das vorgesehene Material und die vorgesehene Technik sind Bestandteil der Nachweiserfordernisse BI-3 und TB-3. Sie werden deshalb in der Tabelle 5.5-1 nicht explizit aufgeführt. Bei der Erarbeitung bzw. Prüfung der Nachweise ist dies zu berücksichtigen.

Die in der Tabelle 5.5-1 grau hinterlegten Nachweiserfordernisse für den Zeitraum vor Beginn der Stilllegung betreffen den laufenden Betrieb, gehören zur Zuständigkeit der Aufsichtsbehörden und fallen nicht in den unter geotechnischen Aspekten zu prüfenden Rahmen.

Für den Prüfkomples 8 sind somit die Nachweiserfordernisse B-1 und B-2, BI-1 bis BI-5 sowie TB-1 bis TB-3 von Bedeutung.

²⁷ Für den Fall einer vorgezogenen Verfüllung von Lager H könnte dieser Umfang um die Nachweise zur Organisation reduziert werden, da diese schon zur Genehmigung des laufenden Betriebs erbracht werden mussten und deshalb vorliegen.

Tabelle 5.5-1: Aus dem strahlenschutzrechtlichen Regelwerk abgeleitete Nachweiserfordernisse

	Nachweiserfordernis	Basis	zu erbringen für den Zeitraum ...		
			vor Stilllegung	während Stilllegung	nach Stilllegung
Organisation					
O-1	Zuverlässigkeit des Antragstellers und der verantwortlichen Personen	AtG, BBergG	x	x	
O-2	Fachkunde der verantwortlichen Personen	AtG, BBergG	x	x	
O-3	Körperliche Eignung der verantwortlichen Personen	BBergG	x	x	
O-4	Notwendige Kenntnis der tätigen Personen	AtG	x	x	
O-5	Schutz der Anlage	AtG	x	x	
Sicherheitsnachweise					
S-1	Sicherheit in der Betriebsphase *)	AtG, [BMU 09]	x	x	
S-2	Langzeitsicherheit *)	AtG, [BMU 09]			x
S-3	Kritikalitätssicherheit	[BMU 09]	x	x	x
Dosisbegrenzung/-minimierung					
D-1	Schutz der Arbeiter – Normalbetrieb	StrlSchV (Grenzwerte und Minimierung)	x	x	
D-2	Schutz der Arbeiter – Störfall	StrlSchV (Grenzwerte und Minimierung)	x	x	
D-3	Schutz der Bevölkerung - Normalbetrieb	StrlSchV (Grenzwerte und Minimierung)	x	x	
D-4	Schutz der Bevölkerung durch Auswürfe - Normalbetrieb	StrlSchV (Grenzwerte und Minimierung)	x	x	
D-5	Schutz der Bevölkerung durch Auswürfe - Störfall	StrlSchV (Grenzwerte und Minimierung)	x	x	
D-6	Schutz der Bevölkerung in der Nachbetriebsphase	[BfS 83] ²⁸ (Grenzwerte)			x

*) übergeordnete Nachweiserfordernisse, die auf den übrigen Nachweiserfordernissen aufbauen

²⁸ Gegenwärtig ist offen, in wie weit die Grenzwerte aus [BfS 83] heranzuziehen sind bzw. in wie weit die Dosis- und Risikobegrenzungen aus [BMU 09] zu berücksichtigen sind.

Tabelle 5.5-1: Aus dem strahlenschutzrechtlichen Regelwerk abgeleitete Nachweiserfordernisse.
(Fortsetzung).

	Nachweiserfordernis	Basis	zu erbringen für den Zeitraum ...		
			vor Stilllegung	während Stilllegung	nach Stilllegung
(sichere) Betriebsführung					
B-1	Standsicherheit der Grubenbaue	[BMI 83], [BMU 09]	x	x	
B-2	Ausschluss eines nicht beherrschbaren Wassereinbruchs	[BMU 09]	x	x	
B-3	Ausschluss eines Lösungsaustritts aus ELB in das offenes Grubengebäude	[BMI 83]	x	x	
(geologische) Barrierenintegrität (BI)					
BI-1	Analyse der BI	[BMU 09]	x		
BI-2	<i>BI nachgewiesen:</i> Erhalt der BI	[BMU 09]		x	x
BI-3	<i>BI nicht nachgewiesen:</i> Ausschluss/Minimierung einer (temporären) Zustandsverschlechterung	[BMI 83], übertragen aus [BMU 09]		x	x
BI-4	Nachweis der möglichst frühzeitigen Wiederherstellung der BI	übertragen aus [BMU 09]			x
BI-5	Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallititflözen	[BMI 83]		x	
technische Barrieren					
TB-1	Begrenzung und Minimierung des Laugenzutritts über Schacht Marie	übertragen aus [BMU 09]			x
TB-2	Begrenzung und Minimierung des Laugenzutritts über Schacht Bartensleben	übertragen aus [BMU 09]			x
TB-3	Erschweren bzw. Minimierung des Laugenzutritts über Abdichtungen in die ELB	[BMI 83] bzw. übertragen aus [BMU 09]			x
TB-4	Minimierung des Laugenzutritts über Lager H	übertragen aus [BMU 09]			x
Gewässer					
W-1	(konventioneller) Stoffeintrag in das Grundwasser	AtG i. V. m. [BMI 83]			x
W-2	Thermische Beeinflussung der Grundwasserströmung	AtG i. V. m. [BMI 83]			x

Tabelle 5.5-2: Aus dem BBergG und dem WHG zusätzlich abgeleitete Nachweiserfordernisse.

	Nachweiserfordernis	Basis	zu erbringen für den Zeitraum ...		
			vor Stilllegung	während Stilllegung	nach Stilllegung
Abfall					
A-1	Ordnungsgemäße Abfallentsorgung	BBergG	x	x	
(sichere) Betriebsführung					
B-4	Bergsicherheit im Betrieb	BBergG	x	x	
B-5	Arbeitsschutz	BBergG	x	x	
Immissionen					
I-1	Schutz Dritter außerhalb des Betriebs	BBergG	x	x	x
I-2	Schutz von Sachgütern	BBergG	x	x	
(Tages-)Oberfläche					
OF-1	Schutz Dritter außerhalb des Betriebs vor Senkungen	BBergG	x	x	x
OF-2	Schutz von Sachgütern vor Senkungen	BBergG	x	x	
OF-3	Schutz des öffentlichen Verkehrs vor Senkungen	BBergG	x	x	x
OF-4	Wiedernutzbarmachung	BBergG			x
spezielle Sachgüter					
SG-1	Schutz von Bodenschätzen	BBergG	x	x	x
SG-2	Schutz von Bergwerken	BBergG			x
Gewässer					
W-3	Schutz der Grundwasserbeschaffenheit	WHG	x	x	x
W-4	Schutz der Oberflächenwasserbeschaffenheit	WHG	x	x	x
W-5	Schutz vor schädlichen Oberflächenwasseränderungen	WHG			x
W-6	Einleitung von Abwässern	WHG	x	x	
W-7	Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	WHG	x	x	

Im Hinblick auf eine vorgezogene Verfüllung von Lager H sind die Nachweise TB-1 bis TB-3 allerdings nicht zu betrachten, da in diesem Bereich keine Abdichtungen von Schächten oder Strecken vorgesehen sind. Allerdings sind zusätzlich im Rahmen der Nachweisführung D-5 eventuelle Auswirkungen der vorgezogenen Maßnahmen auf die Langzeitsicherheit zu berücksichtigen, die u. a. auch zusätzliche Abdichtungen betreffen könnten.

5.5.2. Geotechnische Nachweiserfordernisse

Von den in den Tabellen 5.5-1 und 5.5-2 aufgeführten Nachweiserfordernissen rechnen wir

- B-1, B-2, B-4
- BI-1, BI-2, BI-3, BI-4, BI-5,
- OF-1, OF-2, OF-3,
- SG-1, SG-2 und
- W-5

den geotechnischen Nachweiserfordernissen unmittelbar zu.

Bei der Führung der Nachweise

- zum Schutz der Bevölkerung in der Nachbetriebsphase vor radiologischen Belastungen (D-6),
- zur Vorsorge gegen Gefahren für Leben und Gesundheit von Dritten nach Abschluss des Betriebs durch konventionelle Stoffe über den Wasser- oder Luftpfad (I-1) und
- zum Ausschluss einer nachteiligen Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit (W-3)

werden die Annahmen getroffen,

- (1) dass die Konvergenzraten in den Grubenbauen nach Abschluss der Stilllegung in bestimmten Wertebereichen liegen und
- (2) dass der durch Löse- und Umlöseprozesse in der Grube neugebildete Hohlraum mit den gleichen Raten konvergiert wie die aufgefahrenen Grubenhohlräume.

Diese Annahmen sind im Rahmen der geotechnischen Nachweisführungen ebenfalls nachzuweisen.

Bei der Störfallanalyse zu Nachweiserfordernis (S-1) werden u. a. die folgenden Störfälle mit geotechnischen Aspekten berücksichtigt:

- Löserfälle,
- Zutritt von Schachtwässern und Lösungszutritten und
- Erdbeben mit den potentiellen Auswirkungen auf
 - Löserfälle,
 - die Abschlussmauern der Einlagerungsbereiche und
 - die Schächte.

Aufgrund der Nachweiserfordernisse (B-1) und (B-2) ergeben sich keine zusätzlichen Anforderungen aus den Störfallanalysen zum Betrieb.

5.6. Prüfung der Vollständigkeit der geotechnischen Nachweiserfordernisse des BfS

In Abschnitt 5.1 gingen wir bereits auf die im Plan Stilllegung sowie in der Unterlage [P 218] dargestellten Nachweiserfordernisse ein. Nachfolgend werden die Nachweiserfordernisse (NW), die sich aus unserer Sicht dem Prüfkompex 8 zuordnen lassen (siehe auch Tabelle 5.1-1), mit einer fortlaufenden Kennzeichnung versehen. In Klammern und kursiver Schrift wird dabei nochmals angegeben, ob dieses Nachweiserfordernis im Plan und/oder in [P 218] genannt wird.

Nachweise für den Stilllegungsbetrieb bzw. die Bauzustände:

- (BfS 1) Nachweis (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch Nachweis der Begrenzung der Setzungsrate (*Plan*)
- (BfS 2) Nachweis (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch Nachweis der Begrenzung der integralen Setzung (*P 218*)
- (BfS 3) Nachweis (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch Nachweis der Begrenzung der Schiefstellung (*P 218*)
- (BfS 4) Nachweis der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche (*Plan*)
- (BfS 5) Nachweis der Barrierenintegrität für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume (*P 218*)
- (BfS 6) Nachweis des Erhalts der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenräume (*P 218*)
- (BfS 7) Nachweis der Geringfügigkeit von Temperaturerhöhungen am Salzspiegel (*P 218*)
- (BfS 8) Nachweis des Schutzes der (obersten) Anhydritschollen (*P 218*)
- (BfS 9) Nachweis der Gewährleistung der Arbeitssicherheit im Hinblick auf die (lokale) Standsicherheit (*Plan, P 218*)
- (BfS 10) Nachweis der Standsicherheit der Schächte auch bei Erdbeben (*Plan*)
- (BfS 11) Nachweis zum Beherrschen von Schachtwasser- und Lösungszutritten (*Plan*)

Nachweise für den stabilen Endzustand:

- (BfS 12) Nachweis der (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch Nachweis der Begrenzung der Setzungsrate (*Plan*)
- (BfS 13) Nachweis der (globalen) Standsicherheit (Schutz der Tagesoberfläche) durch Nachweis der Begrenzung der integralen Setzung oder alternativ durch Nachweis der Begrenzung der Schiefstellung (*P 218*)
- (BfS 14) Nachweis der Barrierenintegrität für die Einlagerungsbereiche (*Plan*)
- (BfS 15) Nachweis der Barrierenintegrität für nicht zutrittsgefährdete Grubenräume (*P 218*)

Entsprechend Abschnitt 5.5.2 ordnen wir den geotechnischen Nachweiserfordernisse die Nachweiserfordernisse B-1, B-2, B-4, BI-1 bis BI-5, OF-1 bis OF-3, SG-1 und SG-2 sowie W-5 zu (vgl.

Tabelle 5.5-1 und 5.5-2). Diesen Nachweiserfordernissen lassen sich die im Plan Stilllegung sowie in [P 218] genannten Nachweiserfordernisse wie folgt zuordnen:

Nachweise zur sicheren Betriebsführung

- **B-1: Nachweis der Standsicherheit der Grubenbaue**
Diesem Nachweiserfordernis ist (BfS 9) zuzuordnen.
- **B-2: Ausschluss eines nicht beherrschbaren Wassereintruchs**
Diesem Nachweiserfordernis ist (BfS 11) zuzuordnen.
- **B-4: Nachweis der Bergsicherheit im Betrieb**
Diesem Nachweiserfordernis ist (BfS 9) zuzuordnen.

Nachweise zur (geologischen) Barrierenintegrität

- **BI-1: Analyse der Barrierenintegrität (im gegenwärtigen Zustand, d. h. für den Zeitraum vor der Stilllegung)**

Die aus dem Plan und aus [P 218] abgeleiteten Nachweiserfordernisse sehen keine Analyse der Barrierenintegrität im gegenwärtigen Zustand vor. Allerdings werden im Vorsorgekonzept [G 216] geotechnische Berechnungen erwähnt, die als geotechnische Analysen durchgeführt wurden und auf Ergebnissen von Labor- und Felduntersuchungen basieren. In [G 216] wird diesbezüglich auf [P 99] (für das Grubengebäude Bartensleben) bzw. [P 113] (für das Grubengebäude Marie) verwiesen. In diesen Unterlagen wird die Barrierenintegrität jeweils für den Zustand ohne Verfüllung bewertet.

- **BI-2: Nachweis des Erhalts der Barrierenintegrität während und nach der Stilllegung**

Dieses Nachweiskriterium bezieht sich auf Grubenbaue mit nachgewiesener Barrierenintegrität. Zum Vergleich mit den Nachweiserfordernissen des BfS muss entsprechend der Nomenklatur des BfS unterschieden werden zwischen

1. Einlagerungsgrubenbauen,
2. sonstigen nicht zutrittsgefährdeten Grubenbauen und
3. zutrittsgefährdeten Grubenbauen mit nachgewiesener (lokaler) Barrierenintegrität²⁹

sowie zwischen Bauzuständen und Endzustand.

Für die Einlagerungsgrubenbaue in den Bauzuständen und im Endzustand sieht das BfS die Nachweiserfordernisse (BfS 4) und (BfS 14) vor.

Für die sonstigen nicht zutrittsgefährdeten Grubenbauen in den Bauzuständen und im Endzustand sieht das BfS die Nachweiserfordernisse (BfS 5) und (BfS 15) vor.

²⁹ D. h., dass die Integrität in dem für diesen Grubenbau wirksamen Abschnitt der geologischen Barriere im Salzgebirge gegeben ist.

Für die zutrittsgefährdeten Grubenbaue mit nachgewiesener lokaler Barrierenintegrität in den Bauzuständen sieht das BfS das Nachweiserfordernis (BfS 6) vor. Für den Endzustand sieht das BfS für die zutrittsgefährdeten Grubenbauen (mit nachgewiesener lokaler Barrierenintegrität) kein Nachweiserfordernis vor.

- **BI-3: Nachweis über den Ausschluss bzw. die Minimierung einer (temporären) Zustandsverschlechterung der Barrieren während und nach der Stilllegung**

Dieses Nachweiskriterium bezieht sich auf Grubenbaue ohne nachgewiesene Barrierenintegrität.

Wir vermuten, dass das BfS das Nachweiserfordernis (BfS 6) auch für die zutrittsgefährdeten Grubenbaue ohne nachgewiesene lokale Barrierenintegrität ansetzt, wobei die Formulierung „vorhandene Barrierenintegrität“ ([P 218] S. 12) in diesem Fall unklar ist und präzisiert werden sollte.

Für die Bauzustände würde (BI-3) damit dem Kriterium (BfS 6) entsprechen. Für den Endzustand sieht das BfS dagegen kein Nachweiserfordernis vor.

- **BI-4: Nachweis der möglichst frühzeitigen Wiederherstellung der Barrierenintegrität**

Dieses Nachweiserfordernis wird im Plan und [P 218] nicht aufgeführt.

- **BI-5: Nachweis der Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallitflözen**

Dieses Nachweiserfordernis wird im Plan und [P 218] nicht aufgeführt. Die thermische Beeinflussung von Carnallitflözen wird in den genannten Unterlagen auch nicht thematisiert.

Nachweise zum Schutz der (Tages-)Oberfläche

- **OF-1: Nachweis zum Schutz Dritter außerhalb des Betriebs vor Senkungen**

Diesem Nachweiserfordernis sind (BfS 1) bis (BfS 3) sowie (BfS 12) und (BfS 13) zuzuordnen.

- **OF-2: Nachweis zum Schutz von Sachgütern vor Senkungen während der Stilllegung**

Diesem Nachweiserfordernis sind (BfS 1) bis (BfS 3) zuzuordnen.

- **OF-3: Nachweis zum Schutz des öffentlichen Verkehrs vor Senkungen**

Diesem Nachweiserfordernis sind (BfS 1) bis (BfS 3) sowie (BfS 12) und (BfS 13) zuzuordnen.

Nachweise zum Schutz spezieller Sachgüter

- **SG-1: Nachweis zum Schutz von Bodenschätzen**

Dieses Nachweiserfordernis wird im Plan und [P 218] nicht aufgeführt. Auf Seite 18 des Plans werden lediglich die benachbarten Bergbauobjekte des ERAM angegeben.

- **SG-2: Nachweis zum Schutz von Bergwerken**

Dieses Nachweiserfordernis wird im Plan und [P 218] nicht aufgeführt. Auf Seite 255 des Plans wird lediglich im Zusammenhang mit einer eventuellen Gefährdung des ERAM auf benachbarte Schachtanlagen eingegangen.

Nachweise zum Schutz von Gewässern

- **W-5: Nachweis zum Schutz vor schädlichen Veränderungen von Oberflächengewässern**

Dieses Nachweiserfordernis wird im Plan und [P 218] nicht aufgeführt. Im Rahmen der inhaltlichen Prüfung ist zu klären, ob es durch die Nachweiserfordernisse (BfS 1), (BfS 2), (BfS 12) und (BfS 13) abgedeckt wird.

Aus dieser Zuordnung ist ersichtlich, dass die im Plan und in [P 218] dargestellten Nachweiserfordernisse nur einem Teil der unter geotechnischen Aspekten aus rechtlichen Forderungen ableitbaren Nachweiserfordernisse zugeordnet werden können. Im Rahmen der inhaltlichen Prüfungen wird zu analysieren sein, ob bzw. inwieweit den Detailanforderungen der verschiedenen Regelwerke durch die im Plan und in [P 218] thematisierten Nachweiserfordernisse ausreichend genügt wird.

Folgende Nachweiserfordernisse werden mit den im Plan und in [P 218] dargestellten Nachweiserfordernissen nicht abgedeckt:

- Nachweis des Erhalts der Barrierenintegrität von vom BfS als „zutrittsgefährdet“ eingestuften Grubenbauen mit nachgewiesener Barrierenintegrität für den Endzustand (Teile von (BI-2) und (BI-3)),
- Nachweis zur möglichst frühzeitigen Wiederherstellung der rechnerischen Barrierenintegrität für Grubenbaue, bei denen für den gegenwärtigen Zeitpunkt die Integrität der sie umgebenden geologischen Barriere rechnerisch nicht nachgewiesen werden kann (BI-4),
- Nachweis der Geringfügigkeit der thermischen Beeinflussung von Carnallitflözen durch die Verfüllung (BI-5),
- Nachweis der Nichtbeeinträchtigung von Bodenschätzen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt (SG-1) sowie
- Nachweis der fehlenden Gefährdung der Sicherheit anderer Bergwerke (SG-2).

In wieweit das Nachweiserfordernis NW-5 durch die Nachweiserfordernisse (BfS 1), (BfS 2), (BfS 12) und (BfS 13) abgedeckt wird, ist im Rahmen der inhaltlichen Prüfung zu klären.

6. ABLEITUNG VON PRÜFFRAGEN

Die Prüfungen zu AP 3 werden unter Berücksichtigung der in unserem Angebot vom 03.02.2009 angegebenen Unterlagen und unter Einbeziehung der in Abschnitt 6.1 genannten ergänzenden Unterlagen erfolgen.

Die Prüfung der Unterlagen auf Plausibilität, Konsistenz und Vollständigkeit wird u. a. auf den in Abschnitt 6.2 zusammengestellten Prüffragen basieren.

6.1. In die Prüfung ergänzend einzubeziehende Unterlagen

Zusätzlich zu den in unserem Angebot vom 03.02.2009 angegebenen Unterlagen zum Themenbereich „Geomechanik, Standsicherheit“ wurden bzw. werden folgende Unterlagen bei der Prüfung berücksichtigt:

- Sonderbetriebsplan MO392 ‚Schachtanlagen Bartensleben und Marie: Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen‘ vom 29.04.1992 [DBE 92]
- ‚Technische Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Grubengebäudes des ERAM gegen betriebsbeeinträchtigende Lösungszuflüsse - Konzeptplanung‘ vom 09.03.1993 [DBE 93]
- Gefährdungsabschätzung zur gebirgsmechanischen Situation im Bereich der Laugenzutrittsstelle Lager H [BfS 09a]
- Geowissenschaftliche Aspekte zur ‚Gefährdungsabschätzung Lager H‘ [BfS 09b]
- Geomechanische Aspekte zur ‚Gefährdungsabschätzung Lager H‘ [BfS 09c]

Die Unterlagen zur LSA ([P 189] und [P 248]) wurden zwischenzeitlich revidiert und bei der Prüfung durch die Unterlagen [P 277] und [P 278] ersetzt.

6.2. Prüffragen zur Prüfung nach AP 3

Nachfolgend wird der derzeit erwartete Gesamtrahmen der Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität dargestellt. Einige der nachfolgenden Prüffragen wurden im Rahmen der Arbeitspunkte AP 1 und AP 2 bereits teilweise bearbeitet.

6.2.1. Standsicherheit und stabiler Endzustand

6.2.1.1. Schutzziele, Nachweiskriterien und Nachweismethode

Ausgangspunkt der Prüfungen ist die Unterlage [P 218]. Die Prüfung der Unterlage auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen:

Schutzziele

- Sind die in der Unterlage genannten Schutzziele identisch mit den im Plan genannten oder bestehen Abweichungen? Falls ja, wie sind die Schutzziele beider Unterlagen relativ zueinander einzuordnen?
- Wird die Einhaltung der vom BfS aufgeführten Schutzziele im Strahlenschutzrecht und dem Bergrecht in Verbindung mit hier materiell zu beachtenden Fachrechten tatsächlich gefordert?
- Lassen sich aus den genannten Regelungen zusätzliche Schutzziele ableiten, aus denen sich Anforderungen hinsichtlich geotechnischer Nachweise ergeben?

Nachweiserfordernisse

- Sind die vom Antragsteller aufgeführten Nachweiserfordernisse vollständig, geeignet und entsprechen sie dem Stand von Wissenschaft und Technik, um die Einhaltung der oben als relevant identifizierten Schutzziele zu gewährleisten?
- Ergeben sich aus den in den Szenarienanalysen [P 67, P 132], den LSA [P 277, P 278] oder den Störfallanalysen [P 244] getroffenen Annahmen und Voraussetzungen zu geotechnischen Aspekten zusätzliche Anforderungen an die zu erbringenden Nachweise?³⁰

Nachweiskriterien

- Sind die genannten Kriterien zur Nachweisführung vollständig, geeignet und entsprechen sie dem Stand von Wissenschaft und Technik oder sind zusätzliche Kriterien zur Nachweisführung erforderlich?
- Sind die Kriterien ausreichend abgesichert und die in ihnen enthaltenen Parameterwerte (z. B. für Sicherheitsabstände oder Senkungsraten) ausreichend belegt?

Nachweismethodik

- Ist die geschilderte Methodik (bestehend aus 5 „Sicherheitselementen“) zur Nachweisführung geeignet und entspricht sie dem Stand von Wissenschaft und Technik? Ist die Methodik für alle Nachweise die gleiche bzw. welche nachweisspezifischen Anpassungen sind erforderlich? Sind alle Schritte der Methodik ausreichend konkret beschrieben bzw. wird auf unterlegende Unterlagen verwiesen?

³⁰ An dieser Stelle möchten wir schon jetzt darauf hinweisen, dass in der LSA – abgesehen von den Abdichtungen und dem Hauptanhydrit zum Ostfeld - die vollständige hydraulische Abgeschlossenheit der Einlagerungsbereiche gegenüber der Restgrube vorausgesetzt wird. Die in [P 218] zum Nachweis der Barrierenintegrität der Einlagerungsbereiche verwendeten Kriterien scheinen jedoch nur auf den Schutz gegen Zutritte von außerhalb des Salzstocks abzielen. Ein Teil der Prüfung wird deshalb die Frage sein, ob die Barrierenintegrität des Salzgesteins zwischen den Einlagerungsbereichen und der Restgrube nachgewiesen ist. Hierzu werden wir auch die Unterlagen [P 67] und [P 132] berücksichtigen.

6.2.1.2. Einzelnachweise

In der Unterlage [P 218] wird abgeleitet, dass eine geotechnische Nachweisführung in der Regel aus bis zu fünf Sicherheitselementen besteht. In den nachfolgenden Abschnitten wird auf diese Sicherheitselemente jeweils eingegangen.

6.2.1.2.1. Sicherheitselement ‚Allgemeine Einschätzung (Befahrung)‘

Zu diesem ersten Sicherheitselement der in [P 218] angegebenen Methodik liegen im Rahmen des Prüfkomplexes 8 keine gesonderten Unterlagen vor. Es wird geprüft, in wieweit die Unterlagen zu Element 3 der Methodik („Berechnungen und Plausibilitätsprüfungen“) dieses erste Element mit abdecken bzw. ob hier auf weitere Unterlagen zum ersten Sicherheitselement verwiesen wird.

6.2.1.2.2. Sicherheitselement ‚Baugrunduntersuchungen (Wirtsgesteinsuntersuchungen)‘

Zu diesem zweiten Sicherheitselement der in [P 218] angegebenen Methodik liegen im Rahmen des Prüfkomplexes 8 keine gesonderten Unterlagen vor. Es wird geprüft, in wieweit die Unterlagen zu Element 3 der Methodik („Berechnungen und Plausibilitätsprüfungen“) dieses zweite Element mit abdecken bzw. ob hier auf weitere Unterlagen zum zweiten Sicherheitselement verwiesen wird.

6.2.1.2.3. Sicherheitselement ‚Geotechn. Analyse (Berechnungen/Plausibilitätsbetrachtungen)‘

In der Unterlage [P 212] wird das dritte Element der in [P 218] angegebenen Methode („Berechnung bzw. Plausibilitätsbetrachtungen³¹“) konkretisiert. Die Prüfung dieser Unterlage auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen:

- Ist die geschilderte Methodik konsistent mit den Angaben in [P 218]?
- Wird begründet, weshalb die Betrachtung zweidimensionaler Schnitte bzw. eines dreidimensionalen Teilbereichs zur Nachweisführung ausreichend ist? Ist die Begründung vollständig und plausibel?
- Sind die Kriterien für die Auswahl der „repräsentativen“ Schnitte vollständig und geeignet? Wird berücksichtigt, dass verschiedene Kriterien zu erfüllen sind, so dass prinzipiell unterschiedliche Schnitte für verschiedene Kriterien maßgeblich sein könnten?
- Erfolgte die Auswahl der „repräsentativen Schnitte“ tatsächlich entsprechend dieser Kriterien und ist die Auswahl nachvollziehbar? Sind die vorliegenden Unterlagen im Hinblick auf eine solche Einschätzung vollständig?
- Sind die Kriterien für die Auswahl der Berechnungsschnitte vollständig und geeignet? Wird berücksichtigt, dass verschiedene Kriterien zu erfüllen sind, so dass prinzipiell unterschiedliche Schnitte für verschiedene Kriterien maßgeblich sein könnten?

³¹ Gemäß [P 218], Blatt 13, werden im Zusammenhang mit der Nachweisführung für die Bauzustände unter Berechnungen auch Plausibilitätsbetrachtungen verstanden.

- Erfolgte die Auswahl der Berechnungsschnitte tatsächlich entsprechend dieser Kriterien und ist die Auswahl nachvollziehbar? Kann beispielsweise der Auffassung gefolgt werden, dass bei aufgegebener Barrierenintegrität für den betroffenen Feldesteil keine Berechnungen erforderlich sind oder muss z. B. eine weitere Verschlechterung des bestehenden Zustands durch Berechnungen nachweislich ausgeschlossen werden? Sind die vorliegenden Unterlagen im Hinblick auf eine solche Einschätzung vollständig?

Die Unterlagen [P 214], [P 215], [P 224], [P 234], [P 243], [P 245] und [P 267] enthalten die Plausibilitätsbetrachtungen oder/und Berechnungen für die in [P 212] identifizierten Schnitte. Da in diesen Unterlagen der mit dem Einbringen des Salzbetons verbundene Feuchteintrag nicht berücksichtigt wurde, wird dieser Aspekt in den Unterlagen [NN 308], [NN 309] und [NN 339] separat untersucht.

Die Prüfung dieser Unterlagen auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen:

- Ist die in diesen Unterlagen dokumentierte Vorgehensweise konsistent mit der in [P 218] und [P 212] geschilderten Methodik?
- Sind die Angaben in den Unterlagen hinsichtlich der getroffenen Annahmen (räumliche Gegebenheiten, Gesetzmäßigkeiten zur Beschreibung des Materialverhaltens, Materialparameter, Randbedingungen) vollständig?
- Sind diese Angaben plausibel und unterlagenübergreifend konsistent?
- Entspricht die angesetzte Materialbelegung den in [P 44] dargestellten geologischen Verhältnissen?
- Liefern die dokumentierten Rechenfälle und Ergebnisse die für die Nachweise erforderlichen Informationen?
- Ist die Interpretation der Ergebnisse plausibel?
- Sind eventuelle Plausibilitätsbetrachtungen für die Nachweisführung vom Grundsatz her ausreichend und kann den Ergebnissen dieser Betrachtungen gefolgt werden?
- Sind die Ergebnisse konsistent mit den in [P 132] abgeleiteten Szenarien für einen Laugenzutritt und den dort angesetzten Zutrittspfaden?

In den Unterlagen [P 99], [P 113] und [P 194] werden geomechanische Berechnungen für den Fall durchgeführt, dass die Grube nicht verfüllt würde. Diese Unterlagen werden in die Prüfung eingeschlossen. Die Prüfung ihrer Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen:

- Sind die Angaben in diesen Unterlagen hinsichtlich der getroffenen Annahmen (räumliche Gegebenheiten, Gesetzmäßigkeiten zur Beschreibung des Materialverhaltens, Materialparameter, Randbedingungen) vollständig?
- Sind diese Angaben plausibel und mit den Angaben in den zuvor genannten Berichten konsistent?
- Sind insbesondere die für die Bestimmung von Homogenbereichen verwendeten Kriterien vollständig und plausibel? Bestehen Bedenken hinsichtlich der getroffenen Auswahl der

Homogenbereiche, ihrer Ausdehnung oder der jeweils zugewiesenen Eigenschaften/Materialparameter?

- Sind die dokumentierten Berechnungsergebnisse plausibel? (Die Richtigkeit der Berechnungen wird in einer späteren Phase geprüft.)
- Zeigen die in den Unterlagen durchgeführten Berechnungen die Standsicherheit der Grubenbaue in den jeweiligen Grubenfeldern bis zum Abschluss der Verwahrungsarbeiten (die rechnerische Richtigkeit der Berechnungen vorausgesetzt)?

Schwerpunkte der Prüfungen werden die Grubenbereiche sein, in denen schon gegenwärtig Laugenzutritte erfolgen (primär das Lager H in der Grube Marie und untergeordnet Abbau 1a im Zentralteil und die Bunte Firste in der Grube Marie).

- Zeigen die drei Unterlagen im Vergleich mit den zuvor genannten Unterlagen (mit Verfüllung: [P 214] u. a.) eine Zustandsverbesserung durch die Verfüllung, d. h. den Erhalt der vorhandenen Barrierenintegrität für zutrittsgefährdete Grubenbaue (die rechnerische Richtigkeit der Berechnungen vorausgesetzt)?
- Liefern die diesbezüglich dokumentierten Rechenfälle und Ergebnisse die für die Interpretationen und Nachweise erforderlichen Informationen?
- Ist die Interpretation der Ergebnisse plausibel?

Die Unterlage [P 249] enthält ebenfalls geomechanische Modellberechnungen (zum langfristigen Konvergenzverhalten). Die Prüffragen zum Aspekt „Standsicherheit und stabiler Endzustand“ sind:

- Sind die Angaben in [P 249] hinsichtlich der getroffenen Annahmen (räumliche Gegebenheiten, Gesetzmäßigkeiten zur Beschreibung des Materialverhaltens, Materialparameter, Randbedingungen) vollständig und mit den Angaben in den zuvor genannten Berichten konsistent?

6.2.1.2.4. Sicherheitselement ‚Systematische Beobachtung‘

Zu diesem vierten Sicherheitselement der in [P 218] angegebenen Methodik liegen im Rahmen des Prüfkompleses 8 keine gesonderten Unterlagen vor. Es wird geprüft, in wieweit die Unterlagen zu Sicherheitselement 5 der Methodik („Vorsorgekonzept“) dieses vierte Element mit abdecken bzw. ob hier auf weitere Unterlagen zum vierten Element verwiesen wird.

6.2.1.2.5. Sicherheitselement ‚Vorsorgekonzept‘

In der Unterlage [P 218] wird hinsichtlich des Konzepts von Vorsorgemaßnahmen auf die Unterlage [G 216] verwiesen. Die Prüfung des Vorsorgekonzepts [G 216] auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Berücksichtigung folgender Prüffragen:

- Ist die Identifikation bzw. Festlegung von Gefahren und außergewöhnlichen Situationen, d. h. aller zu berücksichtigenden Ereignisse, vollständig und plausibel?
- Sind die gewählten Aspekte und Kriterien für die Auswahl sowie die Ausführung von Vorsorgemaßnahmen vollständig und nachvollziehbar?
- Sind die Rahmenvorgaben für die später vorgesehene Präzisierung der Vorsorgemaßnahmen ausreichend und plausibel? Müssen bzw. können zusätzliche Anforderungen an diese Präzisierung formuliert werden?

Die Unterlage [G 188] („Überwachung und Beweissicherungsprogramm zu den Bauzuständen für die Stilllegung des ERAM“) wird bei der Prüfung berücksichtigt. Die Prüfung dieser Unterlage ist jedoch dem Aspekt „Verfüllkonzept – QS und Beweissicherung“ zugeordnet (s. Abschnitt 6.2.5.3).

6.2.2. Beherrschung von Lösungszutritten

Gemäß Abschnitt 5.3.2 des Plans [A 281] könnten die vorgesehenen Verfüll- und Verschleißmaßnahmen durch einen Zutritt von Schachtwässern oder wässrigen Salzlösungen beeinträchtigt werden. Um dies zu vermeiden, sollen die Schachtwässer bis zum Abschluss der Schachtverfüllung gefasst werden. In Bezug auf den Zutritt wässriger Salzlösungen wird in [A 281] wie folgt unterschieden:

- Zutritte aus Gesteinen der Salzstruktur, die keine hydraulisch wirksame Verbindung zu grundwasserführenden Gesteinen des Deck- oder Nebengebirges haben, werden als nicht betrachtungsbedürftig angesehen, da sie nur begrenzte Volumina aufweisen, deren Zutritt technisch beherrschbar wäre und keine Gefährdung für das Endlager und die Verfüll- und Verschleißmaßnahmen darstellen würde.
- Ein größerer und längerer Zutritt wässriger Salzlösungen in Lager H könnte über Rohrleitungen in tieferliegende Grubenbaue des Grubengebäudes Marie unschädlich abgeleitet werden. Bei Bedarf könnte der Nordbereich der Grube Marie mit der Zuflussstelle im Bereich des Lager H während dieser Zeit durch den Bau von Dämmen bzw. Dammtoren hydraulisch wirksam vom übrigen Grubengebäude abgetrennt werden. Im Schutz dieser Abdämmungsmaßnahmen könnten die Verfüll- und Verschleißmaßnahmen im ERAM wie vorgesehen durchgeführt werden.
- In sonstigen Bereichen des Grubengebäudes mit hohem Durchbauungsgrad bzw. geringem Abstand zum Deck- bzw. Nebengebirge gibt es gemäß [A 281] derzeit keine Hinweise auf entstehende hydraulisch wirksame Wegsamkeiten. Die Grubenbaue des Zentralteils wurden zur Vermeidung der Entstehung von Wegsamkeiten vorsorglich vor dem Beginn der Stilllegungsphase stabilisierend verfüllt.
- Ein Zutritt wässriger Salzlösungen aus dem Deck- oder Nebengebirge infolge von Subrosion ist gemäß [A 281] aufgrund des sehr geringen Fortschreitens der Subrosion während des Stilllegungsbetriebs nicht zu besorgen.

Die Prüfung dieser Thematik auf Vollständigkeit und Plausibilität erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen und unter Einbeziehung der Konzeptplanung für Technische Vorsorgemaßnahmen gegen Lösungszuflüsse [DBE 93] sowie des Sonderbetriebsplans MO392 [DBE 92], dessen Darstellungen gemäß Aussage des BfS beim Fachgespräch Offenhaltung vom 19.12.2009 [MLU 10] dem gegenwärtigen Zustand dieser Anlagen entspricht³²:

- Ist die Informationsbasis, die den Angaben im Plan zugrunde liegt, nachvollziehbar dargestellt? Wurden alle wesentlichen Informationen berücksichtigt? (z. B.: Liefern die Prognosen zum weiteren Verhalten des Salzgebirges Hinweise auf eine potentielle Verstärkung bestehender bzw. der Initiierung zusätzlicher Lösungszutritte, insbesondere infolge der Hohlraumverfüllung und den dadurch auftretenden Spannungsänderungen? Liegen Angaben zu Ort und Menge eines möglichen Laugenzutritts (innerhalb und außerhalb von Lager H) vor? Sind die gezogenen Schlussfolgerungen plausibel?)
- Sind die Betrachtungen zu einer eventuellen Gefährdung des Endlagers und der Verfüll- und Verschießmaßnahmen vollständig und nachvollziehbar? Sind die gezogenen Schlussfolgerungen zur nicht gegebenen Gefährdung plausibel?
- Liegen Nachweise zur ausreichenden Dimensionierung und Effektivität sowie zur Funktionstüchtigkeit der im Plan erwähnten Abwehrmaßnahmen (Rohrleitungen, Dämme) bei starkem Lösungszutritt zu Lager H vor? Geht der derzeitige Sachstand zur Umsetzung und Gebrauchstauglichkeit dieser Maßnahmen aus den Verfahrensunterlagen hervor? Ist die Aussage zur Möglichkeit einer unschädlichen Ableitung zutretender Lösungen nachvollziehbar und plausibel und gilt diese für den gesamten Zeitraum der Stilllegung?
- Liegen Untersuchungen vor, ob die Ableitung von in Lager H zutretenden Lösungen in tieferliegende Grubenbaue nachteilige Auswirkungen auf die Standsicherheit oder andere sicherheitsrelevante Aspekte haben könnte? Sind diese Untersuchungen vollständig und die gezogenen Schlussfolgerungen nachvollziehbar?
- Liegen Betrachtungen zu dem Aspekt vor, in welcher Hinsicht bzw. welchem Umfang starke Lösungszutritte die Verwahrungsarbeiten beeinflussen bzw. zeitlich verzögern könnten? Sind diese Betrachtungen vollständig und die Ergebnisse plausibel?
- Kann eine (ggf. vorgezogene) Verfüllung des Lagers H oder angrenzender Grubenbaue zu nachteiligen Auswirkungen bzgl. Standsicherheit oder Lösungszufluss noch während des Stilllegungsbetriebs führen?
- Liegen belastbare Einschätzungen oder Nachweise zum Zustand der Abmauerung (Aufbau, Standsicherheit, Erdbebensicherheit, Durchfeuchtung etc.) im Zutrittsbereich von Lager H, dem Umfang eines eventuellen Lösungseinstaus hinter dieser Abmauerung, den bei einem Versagen der Abmauerung möglichen instantanen und nachfolgenden Lösungszutritten vor?

³² Im Rahmen des Fachgesprächs Offenhaltung vom 19.12.2009 [MLU 10] führte das BfS aus, dass die DBE mit der Erstellung einer Planung zu Maßnahmen zur Beherrschung der Lösungszutritte Lager H beauftragt wurde, die kompatibel mit den im Plan Stilllegung dargestellten Maßnahmen sein soll. Diese Planung liegt uns bislang nicht vor.

- Welche Auswirkungen könnte die Realisierung der Vorsorge- bzw. Abwehrmaßnahmen gemäß Konzeptplanung [DBE 93] auf die geplante Stilllegung haben (z. B. die Notwendigkeit eines Abwerfens laugegefüllter Grubenbereiche)?

Der Schwerpunkt der Prüfungen wird bei den Lösungszutritten in Lager H liegen, da nach [I 58] nur bei diesem Zutritt eine hydraulisch wirksame Verbindung zu grundwasserführenden Schichten im Deck- oder Nebengebirge anzunehmen ist. Grundsätzlich sind diese Betrachtungen allerdings für alle potentiell zutrittsgefährdeten Grubenbaue erforderlich.

Bezüglich der Frage der Beeinflussung (Änderung, Schaffung) von Wasserwegsamkeiten aufgrund geomechanischer Effekte besteht eine inhaltliche Verbindung zu Unterlage [P 113], die bei den Prüfungen zum Aspekt der Standsicherheit und stabiler Endzustand berücksichtigt wird.

6.2.3. Standsicherheit der Schächte bei Erdbeben

Die Standsicherheit der Schächte des ERAM gegenüber Erdbeben wurde von der AG Morsleben in einem Prüfbericht 2003 bewertet. Ausgehend von dieser Bewertung wird geprüft, ob die damals geprüften Unterlagen mit den nun vorliegenden Angaben zum Sicherheitskonzept konsistent sind.

6.2.4. Anforderungen aus der LSA

6.2.4.1. Abgeschlossenheit der Einlagerungsbereiche

Die vorliegenden LSA setzen voraus, dass zwischen den Einlagerungsbereichen und der Restgrube – mit Ausnahme der abzudichtenden Auffahrungen und (ggf.) einer Wasserwegsamkeit über den Hauptanhydrit zum Ostfeld – keine Wasserwegsamkeiten bestehen.

An dieser Stelle wird geprüft, ob die Nachweise für diese Annahme vollständig und plausibel sind. Hierbei werden die Ergebnisse der Prüfungen zu

- Schutzziele, Nachweiskriterien und Nachweismethoden und
- den Einzelnachweisen zu den betroffenen Einlagerungsbereichen Ostfeld und West-Südfeld herangezogen. Es wird geprüft, in wie weit

- potentielle Klüftigkeit,
- potentielle Umlösungsprozesse,
- bestehende und künftige Auflockerungszonen und
- Bohrungen

ausreichend berücksichtigt wurden.

Der Aspekt einer möglichen Wasserwegsamkeit über die Abdichtungen einschließlich ihrer Kontakt- und Auflockerungszonen ist nicht Gegenstand der hier angebotenen Prüfungen, da er schon an anderer Stelle (Prüfkomplex 7) geprüft wird.

6.2.4.2. Dichtigkeit der Schächte Bartensleben und Marie

Diesen Aspekt klammern wir bei der Prüfung aus, da er Gegenstand des schon beauftragten Prüfkomplexes 6 „Schachtverschlussysteme“ ist.

6.2.4.3. Konvergenzverhalten

Gegenstand der Unterlagen [P 101] und [P 249] ist die Ermittlung des Konvergenzverhaltens der Gruben Bartensleben und Marie sowie die Ableitung und Parametrisierung eines vereinfachten Ansatzes zur Beschreibung des Konvergenzverhaltens. Dieser vereinfachte Ansatz wird in den LSA [P 277] und [P 278] verwendet. Die Unterlagen [P 101] und [P 249] sind nicht Teil der Nachweisführung zur Gewährleistung der sicheren Betriebsführung und des stabilen Endzustands. Sie werden jedoch in die Prüfung einbezogen, da

- auch die aus den Langzeitsicherheitsanalysen resultierenden Anforderungen an die Nachweise zu geotechnischen Aspekten Prüfgegenstand sind und
- zwischen den beiden Unterlagen und den in Abschnitt 6.2.1 genannten Prüfaspekten deutliche inhaltliche Überschneidungen bestehen.

Die Prüfung der Unterlagen [P 101] und [P 249] erfolgt unter Beachtung folgender Prüffragen:

- Sind die für die Bestimmung von Homogenbereichen verwendeten Kriterien vollständig und plausibel? Bestehen Bedenken hinsichtlich der getroffenen Auswahl der Homogenbereiche, ihrer Ausdehnung oder der jeweils zugewiesenen Eigenschaften/Materialparameter?
- Sind die dokumentierten Berechnungsergebnisse plausibel? (Die Richtigkeit der Berechnungen wird in einer späteren Phase geprüft.)
- Sind die Schlussfolgerungen nachvollziehbar, d. h. wird die Zulässigkeit der Verwendung eines vereinfachten Ansatzes zur Beschreibung des Konvergenzverhaltens nachgewiesen?
- Ist die Ableitung der Konvergenzraten für die verschiedenen Grubenfelder jeweils plausibel (Repräsentativität der modellierten Schnitte bzw. Grubenteilbereiche, Übertragbarkeit der numerischen Ergebnisse auf andere Grubenteile, Übertragbarkeit der numerischen Ergebnisse auf andere Hohlraumgeometrien entsprechend [P 101])? Sind die Angaben für eine inhaltliche Prüfung ausreichend?

6.2.4.4. Geomechanisches Verhalten des Versatzes

In der LSA werden Annahmen zu den geomechanischen Eigenschaften des Versatzes gemacht. Diese betreffen

- die Kompressibilität und Stützwirkung des Salzbetons sowie
- die Kompressibilität und Stützwirkung von Salzgrus, Braunkohlenfilterasche (BFA) und Abfällen.

Ziel der Prüfungen ist die Bewertung, ob diese Annahmen mit den Ansätzen in den vorliegenden Einzelnachweisen konsistent sind und ob sich die Annahmen in der LSA in den Anforderungen an das Versatzmaterial wiederfinden.

Die entsprechenden Prüffragen lauten somit:

- Sind die Ansätze zu Kompressibilität und Stützverhalten von Salzgrus, BFA und Abfällen in der LSA konsistent mit den Ansätzen zu den entsprechenden Materialeigenschaften in den in Abschnitt 6.2.1.2 aufgeführten Einzelnachweisen?
- Finden sich die in der LSA getroffenen Annahmen an Versatzmaterial und Verfüllkonzept in den Anforderungen an das Versatzmaterial und das Verfüllkonzept vollständig wieder?

6.2.5. Verfüllkonzept

Aus den Annahmen zum Sicherheitskonzept, den mit den Verfahrensunterlagen vorgelegten Nachweisen sowie den Prüfergebnissen nach Abschnitt 5.2.1 bis 5.2.4 ergeben sich Anforderungen an die Verfüllung der Grubenhohlräume. Daher ist zu prüfen, ob das in den Verfahrensunterlagen dargestellte Verfüllkonzept in Verbindung mit dem vorgesehenen Verfüllmaterial geeignet ist, diese Anforderungen zu erfüllen.

6.2.5.1. Verfüllplan

Aus der Systembeschreibung der Verfüllung [G 217] in Verbindung mit dem Verfüllplan [P 220] sind u. a. die Vorgehensweise bei der Verfüllung und der angestrebte Verfüllgrad ersichtlich. Die zu prüfenden Fragestellungen sind insbesondere:

- Stimmen die Ansätze in den Nachweisen mit den laut Verfüllplan vorgesehenen Verfüllgraden überein?
- Entspricht die vorgesehene Reihenfolge der Verfüllung den Annahmen in den in Abschnitt 6.2.1 genannten Unterlagen, d. h. erfolgt die Verfüllung i. d. R. „von unten nach oben“?
- Sind der vorgesehene Ablauf der Verfüllung sowie die angestrebten bzw. vorausgesetzten Verfüllgrade nach den Erfahrungen bei der Verfüllung im Rahmen bGZ realisierbar bzw. welche Voraussetzungen sind dafür erforderlich?

6.2.5.2. Verfüllmaterial

In den Einzelnachweisen werden Annahmen zu verschiedenen Materialparametern zum

- mechanischen Verhalten (u. a. Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul) und
- thermischen Verhalten (Wärmeentwicklung beim Abbinden, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Wärmeausdehnungskoeffizient)

getroffen. Aus dem Verfüllkonzept ergeben sich Anforderungen an das

- rheologische Verhalten

des Verfüllmaterials.

Aus der LSA ergeben sich ebenfalls Anforderungen an Verfüllgrad und Verfüllmaterial, deren Vollständigkeit unter Abschnitt 6.2.4.4 untersucht wird.

Die Unterlagen [G 228], [P 221] und die 4 Unterlagen mit Angaben zum vorgesehenen Verfüllmaterial Salzbeton [U 1] bis [U 4] werden dahingehend geprüft, ob das vorgesehene Verfüllmaterial diese Anforderungen auch erfüllt. Es ergeben sich insbesondere folgende Prüffragen:

- Sind die Angaben zur Spezifizierung des Verfüllmaterials (Ausgangsmaterialien und Mischung) vollständig und ausreichend konkret um zu gewährleisten, dass das in den Berichten untersuchte Material auch dem für die Verfüllung vorgesehenen Material entspricht? Oder lassen die Vorgaben an das einzusetzende Verfüllmaterial zu große Freiheitsgrade zu?
- Sind die am Verfüllmaterial durchgeführten Untersuchungen – die Repräsentativität der Proben und eine richtige Durchführung und Auswertung der Versuche vorausgesetzt³³ – geeignet, die geforderten Materialeigenschaften nachzuweisen?
- Sind die berichteten Untersuchungsergebnisse plausibel?
- Liefert die untersuchte Probenanzahl eine ausreichende statistische Sicherheit?
- Sind die Eignungsprüfungen für das Verfüllmaterial bzgl. der aus geotechnischer Sicht wesentlichen Materialeigenschaften vollständig und ausreichend dokumentiert?
- Liegen Angaben zur Verfügbarkeit der einzelnen Mischungskomponenten in der erforderlichen Zusammensetzung und Qualität über die Gesamtdauer der Verfüllmaßnahmen vor? Sind diese Angaben vollständig und nachvollziehbar?

Die vom BfS dokumentierten bzw. die vom LAGB und vom für die Prüfung vorgesehenen Unterauftragnehmer TUC im Rahmen der bGZ gewonnenen Erfahrungen bzgl. der Verfügbarkeit und Homogenität des Verfüllmaterials, seiner Verarbeitbarkeit (inkl. Überschusswasserbildung) sowie zur Anbindung an bzw. zur chemischen Reaktion mit dem umgebenden Gebirge werden berücksichtigt.

6.2.5.3. Qualitätssicherung / Beweissicherung

Das letzte Glied in der Nachweisführung ist die Gewährleistung der technischen Verfüllmaßnahmen in der vorgesehenen Qualität. Das diesbezügliche Vorgehen wird in [G 188] und [P 229] dargelegt.

Es ergeben sich folgende Prüffragen:

- Sind die Angaben zur vorgesehenen Qualitäts- und Beweissicherung vollständig? Wird nachvollziehbar begründet, ob mit der vorgesehenen Überwachung der Bauzustände und der Beweissicherung ein ausreichender Nachweis geführt werden kann, dass die Vorgaben des Verfüllplans umgesetzt wurden?
- Sind die vorgesehenen Qualitätssicherungsmaßnahmen vollständig und nachvollziehbar dargestellt? Wird erläutert, wie die Übereinstimmung der Materialeigenschaften des Verfüllmaterials mit den Vorgaben der Eignungsprüfung und somit die Einhaltung der aus geotechnischer Sicht zu stellenden Anforderungen an das Verfüllmaterial nachgewiesen und dokumentiert werden sollen? Ist die vorgesehene Vorgehensweise plausibel?

³³ Die Prüfung der Richtigkeit dieser Annahme erfolgt – sofern erforderlich – im Rahmen der späteren inhaltlichen Prüfung.

7. LITERATUR

- [A 281] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben
(einschließlich der Endlagerung bereits zwischengelagerter radioaktiver Abfälle und
noch anfallender betrieblicher radioaktiver Abfälle)
Salzgitter, 31.03.2009
- [A 281-Q] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Quellennachweis für Aussagen im
Plan zur Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben
(einschließlich der Endlagerung bereits zwischengelagerter radioaktiver Abfälle und
noch anfallender betrieblicher radioaktiver Abfälle)
Salzgitter, 31.03.2009
- [A 283] HERBSTREIT LANDSCHAFTSARCHITEKTEN
Stilllegung des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM)
Umweltverträglichkeitsstudie zum Planfeststellungsverfahren
Hildesheim, 28.08.2009
- [BFS 09A] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Gefährdungsabschätzung zur gebirgsmechanischen Situation im Bereich der
Laugenzutrittsstelle Lager H
02.03.2009
- [BFS 09B] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Geowissenschaftliche Aspekte zur „Gefährdungsabschätzung Lager H“
Salzgitter, 04.03.2009
- [BFS 09C] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ
Geomechanische Aspekte zur „Gefährdungsabschätzung Lager H“
Salzgitter, 20.03.2009
- [BMI 83] BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk
Rdschr. D. BMI v. 20.04.1983 - RS - AGK 3 - 515 790/2 -
- [BMU 09] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver
Abfälle
Bonn, Juli 2009

- [DBE 92] DEUTSCHE GESELLSCHAFT ZUM BAU UND BETRIEB VON ENDLAGERN FÜR
ABFALLSTOFFE MBH (DBE)
Sonderbetriebsplan MO392
Schachtanlagen Bartensleben und Marie:
Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung von Laugenzuflüssen
Peine 1992 (eingereicht beim Bergamt Staßfurt mit Datum vom 29.04.1992)
- [DBE 93] DEUTSCHE GESELLSCHAFT ZUM BAU UND BETRIEB VON ENDLAGERN FÜR
ABFALLSTOFFE MBH (DBE)
Technische Vorsorgemaßnahmen zur Sicherung des Grubengebäudes des Endlagers
für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) gegen betriebsbeeinträchtigende
Lösungszuflüsse - Konzeptplanung
Peine, 09.03.1993
- [DEPV 09] DEPONIEVERORDNUNG
Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom
27.04.2009 (BGBl. I S. 900)
- [G 188] WEIDENBACH, MÜLLER-HOEPPE, N.
Überwachungs- und Beweissicherungsprogramm zu den Bauzuständen für die
Stilllegung des ERAM
DBE, Peine, 07.05.2004
- [G 216] MÜLLER-HOEPPE, N.
Konzept von Vorsorgemaßnahmen für die Stilllegung
DBE, Peine, 15.12.2005
- [G 217] HANETZOG.
Systembeschreibung der Verfüllung
DBE, Peine, 15.12.2005
- [G 228] ENGELHARDT
Systembeschreibung: Material für die Stilllegung
DBE, 10.08.2006
- [GVO 97] GRUNDWASSERVERORDNUNG
Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember
1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte
gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18.03.1997 (BGBl. I S. 542)
- [I 58] KÄBEL, H.
Projekt ERA Morsleben
Geologische Gesamtbewertung der Lösungszutritte in den Gruben
Bartensleben und Marie

BGR, Hannover, Dezember 1998

- [NN 308] FAHLAND, S.
ERA Morsleben - Auswirkungen von Feuchtekriechen auf die Integrität der Salzbarriere im nördlichen Zentralbereich Bartensleben
BGR, Hannover, 24.03.2005
- [NN 309] FAHLAND, S.
ERA Morsleben - Auswirkungen von Feuchtekriechen auf die Integrität der Salzbarriere im südlichen Zentralbereich Bartensleben
BGR, Hannover, 25.07.2005
- [NN 339] BRÜCKNER, D.
Gebirgsmechanische Untersuchungen zum Einfluss der Feuchtigkeit auf das Festigkeits- und Kriechverhalten von Steinsalz
Institut für Gebirgsmechanik GmbH, Leipzig, 18.07.2005
- [P 44] BEHLAU, J., MINGERZAHN, G., BORNEMANN, O.
ERA Morsleben
Erarbeitung eines geologischen Lagerstättenmodells Morsleben
Hannover, Dezember 1997
- [P 67] KÄBEL, H., GERARDI, J., KELLER, S.
Projekt ERA Morsleben. Szenarienanalyse. Geologische Langzeitbewertung und Ermittlung der Zuflussszenarien ohne technische Maßnahmen.
BGR, Hannover, Juli 1999
- [P 99] HEUSERMANN, S., NIPP, H.-K.
Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere in der Schachanlage Bartensleben
BGR, Hannover, 14.12.2000
- [P 101] LERCH
Numerische Untersuchungen zum Konvergenzverhalten eines Einzelhohlraums
DBE, Peine, 27.03.2001
- [P 113] HEUSERMANN, S., GÖBEL, I., HEEMANN, U.
Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere in der Schachanlage Marie
BGR, Hannover, 20.07.2001
- [P 132] KÄBEL, H., GERARDI, J., KELLER, S..
ERA Morsleben. Geowissenschaftliche Bewertung der Langzeitentwicklung sowie Zufluss- und Austrittsszenarien nach Verfüllung des Endlagers. Abschlussbericht.

- BGR, Hannover, April 2002
- [P 189] NIEMEYER ET AL.
Endlager Morsleben - Langzeitsicherheitsnachweis für das verfüllte und verschlossene
Endlager mit dem Programm PROSA
Colenco Power Engineering, Baden/CH, 04.07.2004
- [P 194] BÜTTNER, K....
Gebirgsmechanische Beurteilung der Integrität der Salzbarriere im südlichen Teil des
Zentralteils Bartensleben
BGR, Helmstedt, 30.04.2003
- [P 212] MÜLLER-HOEPPE, N., KREIENMEYER, M.
Stand sicherheits- und Integritätsnachweis – Kriterien zur Auswahl von
Berechnungsschnitten
DBE, Peine, 15.12.2005
- [P 214] KREIENMEYER, M.
Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Grubenteil Westfeld
DBE, Peine, 31.10.2005
- [P 215] LERCH, C.
Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Grubenteil Südfeld
DBE, Peine, 15.12.2005
- [P 218] MÜLLER-HOEPPE, N.
Sicherheitsnachweismethoden und Sicherheitsnachweiskriterien für die Maßnahmen
der Stilllegung (Stand sicherheit und Integrität)
DBE, Peine, 15.12.2005
- [P 220] FISCHER ET. AL
Verfüllplan zur Stilllegung des ERAM nach Durchführung der bergbaulichen
Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil – Konzeptplanung –
DBE, 15.12.2005
- [P 221] ENGELHARDT
Salzbeton – Zusammenstellung der Eigenschaften und Materialkennwerte
(Referenzmaterial M3)
DBE, 13.01.2006
- [P 224] KREIENMEYER, M.

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Grubenteil Marie

DBE, Peine, 01.03.2006

[P 229]

ENGELHARDT

ERA Morsleben, Stilllegung – Überwachungskonzept Salzbeton

DBE, 01.08.2006

[P 234]

LERCH, C.

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Grubenteil Nordfeld

DBE, Peine, 31.01.2006

[P 243]

KREIENMEYER, M.

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Zentralteil Bartensleben

DBE, Peine, 24.02.2006

[P 244]

MARIC, D., MÜLLER, W..

Störfallanalyse für den Stilllegungsbetrieb des Endlagers Morsleben

ISTec, Köln, 17.10.2006

[P 245]

KREIENMEYER, M.

Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des verfüllten Endlagers:
Grubenteil Ost- und Südostfeld

DBE, Peine, 15.12.2005

- [P 248] GRS
Endlager Morsleben – Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit mit dem Rechenprogramm EMOS
Braunschweig, 01.08.2006
- [P 249] LERCH.
Numerisch Untersuchungen zum Konvergenzverhalten der Gruben Bartensleben und Marie
DBE, Peine, 23.11.2006
- [P 267] POLSTER
Stand sicherheits- und Integritätsnachweis des zugelaufenen Endlagers
DBE, 11.04.2008
- [P 277] AF-COLENCO AG
Endlager Morsleben – Sicherheitsanalyse für das verfüllte und verschlossene Endlager mit dem Programm PROSA
Baden (CH), März 2009
- [P 278] GRS
Endlager Morsleben – Sicherheitsanalyse für das verfüllte und verschlossene Endlager mit dem Programmpaket EMOS
Braunschweig, 27.03.2009
- [SSK 08] SSK UND RSK
Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK zum GRS-Bericht „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen“
Bonn, 09.05.2008 / 03.07.2008
- [TUC 09] TU CLAUSTHAL
Kurzstellungnahme
Stand sicherheit und stabiler Endzustand – Lager H
Clausthal, 04.09.2009
- [U 1] BERGBEHÖRDE STAßFURT
Anweisung Nr. 4/88 über die Gewährleistung des Schlagwetterschutzes im Grubenbetrieb des ERA Morsleben
Staßfurt, 27.10.1988
- [U 2] ENGELHARDT
Ergänzende Untersuchungen - Referenzmaterial Salzbeton M2
DBE, 14.09.2001



- [U 3] DMT
Endlagerbergwerk für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) – Vorgezogene Verfüllung Zentralteil – In-situ-Versuch zum Entmischungsverhalten der Salzbetonrezeptur M2
Essen, 18.03.2002
- [U 4] ENGELHARDT
Salzbetonrezeptur für die bergbauliche Gefahrenabwehrmaßnahme im Zentralteil (BGZ) des ERAM – Beschreibung der Rezeptur und Rezepturmodifikationsmöglichkeiten
DBE, 05.02.2004