

Stellungnahme zum Bericht:

Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Rückholplan.

Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE)

Stand: 19.02.2020

Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO)

Projektträger Karlsruhe (PTKA)

Bühler, M.; Stacheder, M.

Gutachter der Begleitgruppe Asse-II des Landkreises Wolfenbüttel

Brückner, U.

Gellermann, R.

Hoffmann, F.

Kreusch, J.

Krupp, R.

Abgestimmte Endfassung Stand: 06.08.2020

Zusammenfassung der AGO

Der am 19. Februar 2020 von der BGE freigegebene „Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Rückholplanung“ (BGE 2020a) hat das Ziel, die Schwerpunkte des Vorhabens zusammenzufassen und die Vorgehensweise bei der Rückholung zu beschreiben. Damit liegt erstmals ein Dokument vor, das zumindest seinem Anspruch nach das im Richtungsentscheid von 2010 entschiedene und durch die Lex Asse im Jahr 2013 verbindlich vorgeschriebene Projekt der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II zusammenhängend beschreibt.

Nach eigener Darstellung der BGE (BGE 2020a, S. 2) dient dieser Plan zur Diskussion mit allen Beteiligten.

Die AGO erkennt an, dass mit dem Rückholplan ein Dokument vorliegt, das den regionalen Vertretungen einen Überblick über die in den nächsten 12 Jahren geplanten Schritte verschafft. Gemäß ihrer Agenda sieht es die AGO als ihre Aufgabe an, die fachlichen Aspekte dieser Planung so aufzuarbeiten, dass die am Begleitprozess beteiligten Gruppen der A2B sachbezogene Grundlagen für ihre Meinungsbildung erhalten.

Die AGO sieht eine Reihe von grundsätzlichen Fragen und zu diskutierenden Sachverhalten sowohl im inhaltlichen Teil der Planung als auch im Vorgehen der BGE bei der Arbeit und Veröffentlichung dieser Planung und stellt daher fest:

- **Allgemeines**

Der Titel des Berichtes „Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II“ oder „Rückholplan“ erweckt den Eindruck, dass der Inhalt einen klar umrissenen Weg zu Vorbereitung, Durchführung und Abschluss der Rückholung beschreibt und dass die Autoren wissen, wie sie zu Ihrem Ziel, der Rückholung, gelangen. Diesem Anspruch wird nur bedingt Rechnung getragen, denn im Verlauf der Darstellung wird immer wieder in grundsätzlichen Fragen auf zukünftige Arbeiten und Planungen verwiesen.

Der vorliegende Rückholplan fasst im Wesentlichen lange Zeit bekannte Sachverhalte und Planungen zusammen und ist aus fachlicher Sicht weniger eine Planung als eine für die Allgemeinheit gedachte Skizze des generellen Vorgehens bei der Rückholung. Als solche wurde sie von der BGE zwar auch mehrfach kommuniziert, aber es ist nicht erkennbar, wie ein aufeinander abgestimmtes Vorgehen aussehen soll. Nach einer so langen Vorbereitungszeit hat die AGO einen Rahmenplan erwartet, aus dem eine zum jetzigen Zeitpunkt angemessen detaillierte Projektstruktur mit den nötigen Teilprojekten, Zuständigkeiten/Verantwortlichkeiten und Schnittstellen sowie ein Zeitgerüst erkennbar werden.

- **Planungsrelevante Sachverhalte**

Von den planungsrelevanten Sachverhalten werden einige rechtliche Anforderungen (im Kap. 2.1) stichwortartig aufgeführt. Die Lex Asse wird im Kapitel 1.3 zwar wörtlich zitiert, eine tiefergehende Analyse aller für den Gesamtprozess und seine Planung wesentlichen Inhalte und Aspekte von AtG, StrlSchG, BBergG, UVPG mit ihren untergesetzlichen Regelungen (KTA, StrlSchV, ABVO) fehlt jedoch. In den einzelnen Teilen des Rückholplanes werden derartige rechtliche Bezüge zwar aufgerufen, die bisherigen Erfahrungen mit Verzögerungen in Genehmigungsverfahren zeigen allerdings, dass eine ganzheitliche Sicht auf die rechtlichen Grundlagen der Planungen entscheidend für den Genehmigungsprozess ist.

Die Zusammenstellung der planungsrelevanten Sachverhalte zu Geologie, Hydrogeologie, zum Grubengebäude und seiner Stabilität und zu den geotechnischen Randbedingungen werden mehr oder weniger ausreichend beschrieben. Kenntnisdefizite zu diesen Sachverhalten werden benannt, teilweise auch überbetont,

ihre Einordnung im Kapitel 7 des Rückholplanes wirft aber die Frage auf, ob sie in der nötigen Komplexität als Planungsgrundlage herangezogen wurden.

Gleiches gilt für die Ausführungen zum Abfall-Inventar (stofflich, radiologisch) in der Schachanlage Asse II. Auch diese für die Planung des praktischen Strahlenschutzes und der radiologischen Risikovorsorge (bei Ableitungen, störfallbedingten Freisetzungen, nicht beherrschten Lösungszutritten) grundlegenden Informationen finden sich erst im hinteren Teil des Rückholplanes (Kap. 7).

- **Vorgehensweise Rückholung**

Die allgemeine Vorgehensweise der Rückholung wird in Planungsphasen aufgeteilt, die nach Einschätzung der AGO einen Gewinn an Klarheit in das Planungsgeschehen bringen. Die Beschreibung ist ausgerichtet an den Erfordernissen von Genehmigungen, was atomrechtlich und bergrechtlich korrekt ist, wodurch aber grundlegende technische Aspekte zu kurz kommen. Eine durchgehende Genehmigungsstrategie für das Gesamtvorhaben, zu welchem Zeitpunkt das Vorliegen welcher Genehmigung erforderlich ist, wird nicht ausgeführt.

- **Technische Konzepte und Rückholstrategien**

Die technischen Konzepte der Bergung werden für die unterschiedlichen Einlagerungsbereiche, Kammer 8a/511, Kammer 7/725 und die Einlagerungskammern der 750-m-Sohle getrennt dargestellt. Hier verbleiben nach Ansicht der AGO diverse Fragen im Hinblick auf die Wahl von Vorzugsvarianten und die dabei herangezogenen Kriterien. Während die technischen Grundkonzepte zur Rückholung der Abfälle aus der Kammer 8a/511 und Kammer 7/725 von der AGO als ein brauchbarer Rahmen für die weitere Planung bewertet werden, sieht die AGO die bisherigen Konzepte für die Rückholung der Abfälle aus den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle kritisch.

Die für die Rückholung von der 750-m-Sohle betrachtete Variante „*Teilflächenbau von oben – ohne Ausbauelemente*“ erfordert zunächst eine Auffahrung von Strecken innerhalb der Firstschwebe der Einlagerungskammern, wodurch die seitliche gebirgsmechanische Einspannung der Schwebe teilweise aufgehoben wird und ein Schwebendurchbruch provoziert werden könnte. Selbst wenn ein Absturz der Firstschwebe zunächst ausbleibt, wird dieses Risiko weiter erhöht, indem durch die einzubringenden Beton-Versatzkörper zusätzliche Lasten durch Ankersysteme in die Firste übertragen werden.

Bei der alternativ betrachteten Variante „*Schildvortrieb*“ werden die bereits gebrochenen Stützpfeiler zwischen benachbarten Einlagerungskammern durchfahren und verlieren dadurch weiter an Tragfähigkeit. Möglichkeiten zur konstruktiven Auslegung der Schilde gegen die in Pfeilerbereichen einwirkenden Druckkräfte und konvergenzbedingten Verschiebungsraten sowie Eignung der Vorschub-Hydraulik zur Überwindung der resultierenden Mantel-Reibungskräfte werden von der AGO bezweifelt. Ein Festfahren der Schildmaschine ist daher nicht auszuschließen und könnte zu einem erheblichen Zeitverlust für die Rückholung im betroffenen Bereich führen.

Die AGO befürchtet, dass diese Vorauswahl der weiter zu verfolgenden Varianten für die Rückholung von der 750-m-Sohle in eine planerische Sackgasse führen oder spätestens bei der operativen Durchführung zu großen Problemen führen könnte. Eine technisch möglichst einfache und gebirgsschonende Rückholung unter Nutzung der früheren Kammerzugänge sollte deshalb weiter in Erwägung gezogen werden. Für dabei absehbare Probleme (insbesondere brüchige Firstschweben und Stöße) sind Lösungen zu erarbeiten.

Die aus der Beschreibung des Bestandsbergwerks wahrscheinlich hervorgehende Absicht der BGE, die Resthohlräume in den Einlagerungskammern auf der 750-m-

Sohle zu verfüllen, steht bisherigen Aussagen der BGE entgegen. Eine solche Verfüllung behindert die Rückholung und es bedarf der Klarstellung, ob diese Aussage tatsächlich den Absichten von BGE entspricht oder lediglich missverständlich dargestellt wurde.

Im Zusammenhang mit der technischen Planung hält die AGO die Wege zum Erreichen der Praxistauglichkeit von genehmigten Bergungstechniken inklusive Schulungs- und Wartungsprozessen für nicht ausreichend berücksichtigt. Diese Wege sollten parallel zur Rückholungsplanung einen eigenen Planungsstrang erhalten, damit für den Einsatzfall bereits vor der Kalterprobung entwickelte und erprobte Technik zur Verfügung steht. Weitere Erläuterungen dazu finden sich im Kap. 2.4 dieser Stellungnahme.

- **Schacht 5 und Rückholbergwerk**

Die Notwendigkeit, die Abfälle über einen neu zu errichtenden Schacht 5 rückzuholen, wird auch von der AGO gesehen, und der nach neuen geologischen Erkenntnissen optimierte Ansatzpunkt für Schacht Asse 5 erscheint plausibel. Die Anbindung des Schachtes an das derzeit bestehende Bergwerk (Bestandsbergwerk) und die Errichtung neuer Infrastrukturräume sind unstrittig erforderlich, der im Rückholplan genannte Flächenbedarf für Infrastrukturräume ist aber nicht nachvollziehbar begründet. Der von der BGE vorgenommene Ausschluss von Schacht 2 als Bergungsschacht auch für die Bergung von Abfällen aus der Kammer 8a/511 wird von der AGO – mit einem abweichenden Sondervotum des Gutachters Dr. Krupp – als Konsequenz atomrechtlicher Anforderungen gesehen und daher akzeptiert. Hinsichtlich der konkreten Ausführung des Rückholbergwerks spiegeln sich im Rückholplan noch zahlreiche Unsicherheiten wider, die vor allem mit Kenntnisdefiziten zur geologischen Struktur sowie mit bergrechtlichen Anforderungen für Sicherheitspfeiler im Zusammenhang stehen. Bezüglich der Sicherheitspfeiler zum Deckgebirge erwartet die AGO eine Klärung durch die Ergebnisse der 3D-Seismik und empfiehlt, die Problematik des Sicherheitsabstandes gemäß § 224 ABVO zeitnah durch Gespräche mit der zuständigen Behörde LBEG und den weiteren Verfahrensbeteiligten zu klären.

- **Abfallbehandlung**

Die Charakterisierung der radioaktiven Abfälle als erster Schritt der Abfallbehandlung nach der Bergung, wird von der AGO als ein Schlüsselement im Rückholprozess angesehen, da sie entscheidende Weichenstellungen für die weitere Klassifizierung (z.B. als Kernbrennstoff) und Behandlung der Abfälle zur Folge haben wird.

Grundsätzlich besteht ein großes Problem in der Heterogenität der Inhalte der Umverpackungen bzw. Abfallgebände, die eine zerstörungsfreie und zugleich repräsentative quantitative Analytik praktisch ausschließen.

Durch die vor kurzem erfolgte Vergabe der Planungsarbeiten für ein Konzept zur Charakterisierung der radioaktiven Abfälle erwartet die AGO Lösungsvorschläge, die sowohl die Möglichkeiten und Grenzen verfügbarer Messmethoden als auch den personellen und technischen Aufwand erkennen lassen und den Umfang erforderlicher Probenahmen klären. Die Charakterisierung der Abfälle hinsichtlich chemischer Parameter sieht die AGO als Herausforderung an.

Die AGO weist außerdem auf die Anforderungen der Abfallkontrollrichtlinie (BMU 2008) hin und geht davon aus, dass Fragen des Datenmanagements bei der Charakterisierung im Hinblick auf die Abfallflussverfolgung zeitnah bearbeitet werden.

Für die Konditionierung der rückgeholt Abfälle sind bewährte Technologien vorgesehen. Hinderlich ist, dass Annahmebedingungen des zukünftigen Endlagers fehlen und hilfsweise die derzeitigen Endlagerungsbedingungen von Schacht Konrad

als Planungsgrundlage herangezogen werden sollen. Da die Annahmebedingungen an endzulagernde Abfälle aber auch von der Geologie (v. a. Wirtsgestein) des Zielendlagers abhängen und die Endlagersuche in Deutschland Eisenerze als Wirtsgestein nicht betrachtet, ist die ersatzweise Heranziehung der „Konrad-Bedingungen“ zu hinterfragen.

Die BGE sollte daher eine Teilkonditionierung der Abfälle in Betracht ziehen, mit der die notwendige Stabilisierung der Abfälle für die langfristige Zwischenlagerung erreicht und die spätere endlagerspezifische Konditionierung vor der Endlagerung in das dann bekannte Endlager möglich wäre.

Für größere Mengen kontaminierten Salzgruses sollten nach Meinung der AGO Verfahren entwickelt oder bereits bestehende Verfahren genutzt werden, mit denen die Radionuklide von Salz abgetrennt und konzentriert werden können. Die langfristige Zwischenlagerung von betoniertem Salzgrus dürfte aufgrund der Eigenschaften von chloridischen Salzen zu Problemen mit der Korrosion von Behältern führen.

- **Zwischenlagerung**

Zum Standortauswahlprozess des Zwischenlagers hat die AGO eine eigene Stellungnahme verfasst, auf die hier verwiesen wird (AGO 2020c). Die AGO erkennt an, dass die BGE das mit der Begleitgruppe in dem Kriterienkatalog (BfS 2014) vereinbarte Verfahren bezüglich der von BfS vorausgewählten fünf Asse-nahen Standorte umgesetzt hat. An mehreren Stellen konnten aber Fehler oder Mängel in den von BGE zugrunde gelegten Sachverhalten zur Standortauswahl festgestellt werden. Die AGO empfiehlt daher, nicht zuletzt aus Gründen der Verfahrenssicherheit, den Bericht zur Beseitigung der Mängel zu überarbeiten.

Unabhängig von diesen Mängeln hält die AGO das Ergebnis des Auswahlverfahrens noch nicht für ausreichend, um eine finale Standortentscheidung zu treffen.

Aufgrund der Größe und Dauer des Projektes vermisst die AGO Überlegungen zu Alternativen insbesondere für die bauliche Größe des Zwischenlagers durch Nutzung von freiwerdenden Ressourcen/Lagermöglichkeiten an bestehenden Zwischenlagerstandorten.

Auch die Berechnung für den Flächenbedarf des Zwischenlagers ist nicht schlüssig, denn bei der angenommenen Grundfläche von 30.000 m² und einer Stapelhöhe von 20 m ergibt sich ein Volumen von 600.000 m³, also dem Dreifachen des geschätzten Abfallvolumens.

Ein weiteres unbeachtetes Thema ist vor dem Hintergrund des derzeit unüberschaubar langen Zeitraumes der Lagerung die Langzeitsicherheit und -überwachung der geplanten Anlagen, Einrichtungen und Gebäude (Thema Alterungsmanagement).

- **Sicherheitsfragen**

Als Grundlagen für die sichere Durchführung der Rückholung werden im Rückholplan der BGE die Notfallmaßnahmen, die Entsorgung betrieblicher Abfälle sowie die nötigen Sicherheitsnachweise, sowohl in strahlenschutzrechtlicher als auch bergrechtlicher Hinsicht beschrieben.

Die Notfallplanung wurde seit Unterstellung der Schachanlage unter Atomrecht mehrfach ausgiebig diskutiert und auch von der AGO kommentiert. Eine konsistente Planung und Umsetzung der noch ausstehenden Maßnahmen bis zur abschließenden Herstellung der Notfallbereitschaft fehlt noch. Die im Rückholplan enthaltene Darstellung der Notfallplanung ist eine Kurzfassung, die insbesondere die Verfüllmaßnahmen ausführlich beschreibt, die Gegenflutung jedoch ausblendet. Gerade in letzterer sieht die AGO zurzeit erhebliche Defizite. Die AGO vermisst auch Aussagen zur früher vom Betreiber erwogenen Aufbringung eines pneumatischen

Stützdrucks und ist der Hoffnung, dass dieser problematisch gesehene Ansatz nunmehr aufgegeben worden ist.

Die AGO weist außerdem darauf hin, dass die Bergung der Abfälle aus den Einlagerungskammern dazu führen könnte, dass die Wirksamkeit der technischen Strömungsbarrieren hinfällig werden. Die für die Notfallplanung relevanten Konsequenzen können nur mit einer systematischen Modellierung des Gesamtsystems beurteilt werden. Hierauf hat die AGO auch wiederholt hingewiesen (AGO 2019c).

Als Möglichkeiten der Entsorgung von radioaktiv kontaminierten betrieblichen Abfällen werden im Rückholplan die Freigabe, die Abgabe an Umgangsberechtigte oder eine Ablieferung an die Landessammelstelle genannt. Die Einschränkung der Freigabe oder Ablieferung an andere Einrichtungen auf *„radioaktive Reststoffe, die weder freigabefähig noch geeignet für den genehmigungsfreien Umgang sind, und keinen im Sinne des § 57b AtG rückzuholenden radioaktiven Abfall darstellen“* wird von der AGO hinterfragt. Die AGO sieht die Notwendigkeit, möglichst zeitnah ein gesamthaftes Entsorgungskonzept zu erarbeiten, in dem alle anfallenden Abfallströme, deren Behandlung einschließlich Dokumentation dargestellt werden. Die Möglichkeit, auch rückgeholte Abfälle (insbesondere Kernbrennstoffe) an andere Einrichtungen bzw. Umgangsberechtigte abzugeben oder in Freigaben gemäß StrlSchV einzubeziehen, muss nach Meinung der AGO in die Planung einbezogen werden.

Für die Untersuchung von Störfällen im Rahmen von zukünftig notwendigen Genehmigungsverfahren geht die BGE nach Ansicht der AGO von einer zwar möglichen, aber nicht zweckmäßigen Anwendung des Störfallbegriffes (Einteilung in Störfallklassen) auf Basis des BfS-internen Regelwerkes für Störfall-Leitfaden für Endlager für radioaktive Abfälle (BfS 2012) aus. Die Bedingungen der Schachtanlage Asse II und die Rückholung der radioaktiven Abfälle lassen sich nicht anforderungsgerecht mit diesem Konzept beschreiben, da weder die Anlage noch die eingelagerten Abfallgebände so ausgelegt sind, dass radiologische Auswirkungen begrenzt bzw. vermieden werden. Die AGO empfiehlt die Verwendung des Schutzzielkonzeptes und die diesbezügliche Betrachtung störfallbedingter Ereignisabläufe, wie sie im Leitfaden zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen (BMU 2016) bzw. in der ESK-Empfehlung der Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen (ESK 2015) dargestellt sind.

Hinsichtlich der Feststellung des auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) bleibt unklar, wie dabei methodisch vorgegangen und nach welchen Kriterien beurteilt werden soll. Eine Festlegung von Grenz- und Interventionswerten zur Feststellung des AÜL hält die AGO für ungeeignet, da sie kontraproduktiv sein können, wenn formal ein Grenzwert überschritten ist, aber man noch über Handlungsoptionen zur Behebung oder Schadensbegrenzung verfügt. Umgekehrt könnte die Feststellung eines Notfalls verschleppt werden, nur weil ein Grenzwert formal noch nicht erreicht worden ist.

- **Radioaktives Inventar**

Kenntnisse zum Inventar der radioaktiven Abfälle sind nötig, um die Anforderungen des Strahlenschutzes erfüllen zu können. Die im Rückholplan aufgeführten Angaben zum Aktivitätsinventar entsprechen im Wesentlichen den in TÜV (2011 und 2013) und STEAG (2013) enthaltenen Daten. Diese als Gesamtaktivität in Becquerel (Bq) angegebenen Werte bedürfen für eine strahlenschutzseitige Bewertung eines Massenbezuges (spezifische Aktivität in Bq/g). Ein solcher Bezug auf der Basis der verfügbaren Angaben zu den eingelagerten Abfallmassen ergibt, dass zahlreiche Radionuklide, insbesondere solche mit Halbwertszeiten von nur wenigen Jahren bis zum Beginn der Rückholung, soweit zerfallen sind, dass sie strahlenschutzseitig außer Acht gelassen werden können. Die für viele Strahlenschutzplanungen bei der Rückholung und bei der Zwischenlagerung am meisten relevanten Radionuklide sind

Cs-137, Sr-90, Ra-226, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241 und Am-241. Bei Tritium und eventuell auch C-14 ist davon auszugehen, dass mit höheren Inventaren und damit auch einer größeren strahlenschutzfachlichen Relevanz gerechnet werden muss als bisher in den Datensätzen erfasst.

Der Sachverhalt, dass in der Schachanlage Asse II Kernbrennstoffe eingelagert wurden, ist von großer praktischer Bedeutung und hat Auswirkungen auf die Planung der Abfalldeklaration, der Abfallbehandlung und der Lagerung der rückgeholten Abfälle. Die von BGE vorgenommene pauschale Zuordnung der Inventare von Thorium, Uran und Plutonium zur Kategorie „Kernbrennstoffe“ entspricht allerdings nicht den atom- bzw. strahlenschutzrechtlichen Regelungen. Insbesondere ist die Zuordnung von Thorium zu Kernbrennstoffen nicht nachzuvollziehen. Bei Uran und Plutonium ist es beim derzeitigen Kenntnisstand möglich, dass in einzelnen Gebinden Mengen enthalten sind, die als Kernbrennstoffe zu klassifizieren sind. Abschätzungen auf der Basis der Inventardaten zeigen, dass das gesamte Inventar an U-233 nicht ausreicht, um als Kernbrennstoff eingestuft zu werden. Beim Plutonium werden rechnerisch höchstens 1.500 Fässer, vermutlich aber deutlich weniger, den gesetzlichen Anforderungen an Kernbrennstoffe genügen. Die planerische Vorbereitung auf Kernbrennstoffe ist daher grundsätzlich nötig, die AGO bezweifelt aber, dass die von BGE benannten Mengen in den eingelagerten Abfällen vorkommen. Als irreführend und nicht fachgerecht ist die vielfache Verwendung des Begriffs „kernbrennstoffhaltig“ im Rückholplan anzusehen.

- **Stilllegung und Rückbau**

Der Rückholplan beschreibt im Wesentlichen Arbeiten, die bis zum Beginn der Rückholung im Jahr 2033 erfolgen müssen. Die gesamte Phase der Rückholung selbst wird nur bruchstückhaft skizziert.

Die an die Rückholung anschließende Stilllegung des Bergwerks und der weitere Verbleib der rückgeholten radioaktiven Abfälle sowie die Stilllegung und der Rückbau der kontaminierten Anlagen und Maschinen und der Einrichtungen zur Charakterisierung und Konditionierung inklusive Lagerung werden weder skizziert noch irgendwie anders angedeutet.

- **Termin- und Kostenplanung**

Die von BGE vorgelegte Terminplanung ist durch diverse Unsicherheiten gekennzeichnet, von denen das Genehmigungsverfahren und der Bau von Schacht 5 besonders große Auswirkungen auf alle anderen Verfahrensschritte haben. Generell sind die Genehmigungsverfahren zeitlich knapp bemessen. Außerdem werden Verzögerungen durch Einsprüche nicht in Betracht gezogen. Der Terminplan endet derzeit mit dem Beginn der Rückholung aus der ELK 8a/511m im Jahr 2033 und enthält noch keinen Zeitpunkt zum Beginn der Rückholung von der 750-m-Sohle. Für die Durchführung der Rückholung der Abfälle der 750-m-Sohle veranschlagt die BGE einen Zeitraum von mehreren Dekaden.

Da die Kostenplanung im Rückholplan die bisher angefallenen Kosten und die Kosten nach Rückholbeginn nicht betrachtet, stellt sie nur ein unvollkommenes Bild der Gesamtkosten dar.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der AGO.....	1
Veranlassung und Vorgehensweise.....	9
Veranlassung.....	9
Vorgehensweise	9
Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen.....	9
Kurzfassung	10
1. Einleitung.....	11
2. Vorgehensweise bei der Rückholung.....	12
2.1 Grundsätze der Rückholung.....	12
2.2 Nicht gegeb. Nutzbarkeit von Schacht Asse 2 zur Rückholung erster Gebinde ..	14
2.3 Prozessschritte der Rückholung.....	15
2.4 Planungsphasen und deren Inhalte.....	18
3. Technische Konzepte der Bergung.....	20
3.1 Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725	20
3.2 Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511	21
3.3 Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle	22
4. Rückholbergwerk.....	25
4.1 Nutzung der Schächte Asse 2 oder Asse 4 als Bergungsschacht	25
4.2 Zugang zum Rückholbergwerk / Schachtansatzpunkt	26
4.3 Rahmenbedingungen und grundlegende Planungsannahmen für das Rückholbergwerk und den Bau des Schachtes Asse 5.....	28
4.4 Eckdaten für das Rückholbergwerk mit Schacht und Förderanlage Asse 5	31
4.5 Beispielhafter Entwurf eines Rückholbergwerks	32
4.6 Teuf- und Streckenvortrieb.....	34
5. Abfallbehandlung und Zwischenlagerung	35
5.1 Abfallbehandlung.....	36
5.1.1 Einrichtungen zur Charakterisierung	36
5.1.2 Einrichtungen zur Konditionierung	39
5.1.3 Pufferlagerung.....	41
5.2 Zwischenlagerung	41
5.3 Vorplanungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung	42
5.4 Standortvorschlag für die Anlagen und Einrichtungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung	43
6. Voraussetzungen für die Rückholung	45
6.1 Notfallplanung	45
6.2 Entsorgung betrieblicher Abfälle	47
6.2.1 Abfälle aus genehmigten Tätigkeiten	47

6.2.2	Konventionelle Abfälle.....	48
6.3	Sicherheitsnachweise in Genehmigungsverfahren	49
6.3.1	Atom- und strahlenschutzrechtliche Sicherheitsnachweise	49
6.3.2	Bergrechtliche Sicherheitsnachweise.....	51
7.	Beschreibung der Anlage zum Zeitpunkt der Rückholung	52
7.1	Abfallinventar.....	53
7.1.1	- 7.1.5 (Ausgangssituation, ASSEKAT, Vert. Gebinde und Aktivität, Nuklide)	53
7.1.6	Kernbrennstoffe.....	54
7.1.7	Stoffliches Inventar und 7.1.8 Inventardatenbank	57
7.2	Geologische Standortbeschreibung	58
7.3	Hydrogeologische Standortbeschreibung	58
7.4	Standortbeschreibung der Schachtanlage Asse II	59
7.5	Bestandsbergwerk.....	62
8.	Terminplanung und Kostenschätzung.....	63
8.1	Terminplan	63
8.2	Leistungsansätze für die Terminplanung	64
8.3	Kostenschätzung bis zum Beginn der Rückholung	65
9.	Ausblick.....	66
	Fazit der AGO	67
	Literatur	70
	Anlage	73

Veranlassung und Vorgehensweise

Veranlassung

Am 27.03.2020 ging der AGO der Bericht der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) „*Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Rückholplan*“ (BGE 2020a) zu. Dieser Bericht wurde mit Datum 19.02.2020 von der BGE erstellt.

In einer Telefonkonferenz der AGO am 03.04.2020 wurde entschieden, dass dazu von der AGO eine Stellungnahme erstellt wird.

Vorgehensweise

Diese Stellungnahme der AGO befasst sich im Wesentlichen mit der Bewertung des Inhalts des vorliegenden Berichtes hinsichtlich der Darstellung und der daraus entwickelten Erkenntnisse über mögliche Wege zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II. Formal folgt die Stellungnahme der Kapitelnummerierung für die Kapitel 1. bis 9. im Bericht der BGE. Bei der Wiedergabe der Sachverhaltsdarstellungen folgt die AGO häufig sprachlich eng den Formulierungen in BGE (2020a). Ihre zentralen Schlussfolgerungen formuliert die AGO als Fazit am Ende dieser Stellungnahme.

Die AGO hat über einen Entwurf der Stellungnahme auf ihren Sitzungen 05/2020, 06/2020 und 07/2020 sowie zahlreichen Telefonkonferenzen von April bis Juli 2020 beraten. Im Nachgang zur letzten Telefonkonferenz wurde die Stellungnahme per E-Mail am 06.08.2020 final abgestimmt.

Von der AGO berücksichtigte Unterlagen und Informationen

Die vorliegende Stellungnahme der AGO bezieht sich auf den Bericht der BGE „*Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Rückholplan*“ (BGE 2020). Da der zeitlich parallel zum Rückholplan der AGO zugesandte Bericht „*Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II*“ (BGE 2019) die diesbezüglichen Inhalte des Rückholplans fachlich untersetzt und erläutert, wurde dieser Bericht von der AGO mit betrachtet. Eine Stellungnahme zum Standortauswahlbericht wurde von der AGO separat erstellt (AGO 2020c).

Weitere berücksichtigte Unterlagen und Informationen sind im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Kurzfassung

Sachstand BGE

In der Kurzfassung fasst die BGE die Inhalte des auch als „Rückholplan“ bezeichneten Berichtes BGE (2020a) zusammen. Es wird erläutert, dass mit diesem Plan:

- Der gesetzliche Auftrag umgesetzt wird,
- der Sicherheit für Beschäftigte und Bevölkerung heutiger und zukünftiger Generationen höchste Priorität eingeräumt wird, aus diesem Grund derzeit Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung durchgeführt werden, um im Falle eines Auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) die bestmögliche Schadensvorsorge getroffen zu haben und
- alle Schwerpunkte des Vorhabens Rückholung zusammengefasst und die gewählte Vorgehensweise vorgestellt werden, um der Diskussion mit allen Beteiligten zu dienen.

In allgemeiner Form wird darauf hingewiesen, dass im Rückholplan der konzeptionelle Arbeitsstand der Planungen für das Rückholbergwerk, für die Bergung der radioaktiven Abfälle sowie für die Abfallbehandlung und Zwischenlagerung beschrieben werden.

Es wird von einer etwa zehnjährigen Bauphase ausgegangen und mit einem Beginn der Rückholung im Jahr 2033 gerechnet. Die Kosten für Bauphase, Offenhaltung und Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung werden auf insgesamt etwa 3,35 Milliarden Euro geschätzt.

Kommentar AGO

Die Kurzfassung des Rückholplans skizziert die allgemeinen Eckpunkte des Projektes und blendet technische Aspekte weitgehend aus. Damit wird der Rahmen abgegrenzt, in dem die BGE als die für die Ausführung eines politischen Auftrags atomrechtlich verantwortliche, technisch und bergbaulich ausgerichtete Gesellschaft das Projekt sieht und bewertet.

Als wesentliche Elemente des geplanten Vorgehens werden genannt:

- das neu zu errichtende Rückholbergwerk,
- die an die Einlagerungssituation angepassten Technologien der Rückholung und
- die Einrichtungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung.

Die Beschreibung dieser technischen Planungselemente nimmt richtigerweise den Hauptteil des Rückholplans ein und zeigt grundsätzlich einen Weg zur Rückholung auf.

Einzelne Teile dieser Planung werden von der AGO kritisch gesehen und ihre technische Machbarkeit in der von der BGE vorgesehenen Weise wird ohne detailliertere Darstellung der technischen Lösungsansätze hinterfragt (siehe Kapitel 3). Der mit dem Rückholplan vorgezeichnete Weg wird jedoch als diskutierbarer Planungsansatz bewertet.

Auf besondere Probleme und Konflikte, die im Zusammenhang mit der Planung entstehen und die nur in einer offenen Diskussion aller gesellschaftlichen Gruppen gelöst werden können, wird kaum eingegangen. Vielmehr wird, und das ist symptomatisch für den Rückholplan, durch Beschreibung technischer Fragen, bei gleichzeitig verkürzter Darstellung einiger zentraler Aspekte, ein unvollständiges und verzerrtes Bild gezeichnet. So enthalten z.B. die genannten Kosten von 3,35 Milliarden Euro weder die bereits aufgewendeten Mittel, noch werden Aussagen über die erheblichen Kosten getroffen, die mit dem Beginn der Rückholung einschließlich der unbegrenzten Lagerzeit für die rückgeholtten Abfälle anfallen werden (s. dazu auch Kommentare der AGO zu Kapitel 8). Genauso wenig wird, trotz der Beteuerung der Prioritätssetzung auf Sicherheit durch die BGE, auf die bestehenden Risiken des Projektes hingewiesen. Damit wird bereits in der Kurzfassung der Anspruch verfehlt, das Projekt in seiner Gesamtheit zu skizzieren und damit eine Grundlage für die sachliche Diskussion mit allen Beteiligten zu ermöglichen.

Der im Titel verwendete Begriff „*Rückholplan*“ suggeriert einen Gesamtplan (Rahmenplan) wie er auch von der AGO erwartet wurde und als überfällig angesehen wird. Diesem Anspruch wird der Plan aber nicht gerecht. Vielmehr beschreibt das vorliegende Dokument den aktuellen und hinsichtlich der Bearbeitungstiefe heterogenen Stand der Planungen auf konzeptioneller Ebene, ohne dass die detaillierte Projektstruktur mit den Teilprojekten und Schnittstellen sowie das Zeitgerüst ableitbar werden.

Der Rückholplan wird von der AGO daher auch nur als Diskussionspapier verstanden.

1. Einleitung

Sachstand BGE

In der Einleitung werden zunächst die historischen Entwicklungen der Schachtanlage umrissen sowie die maßgeblichen gesetzlichen Rahmenbedingungen skizziert. Die wichtigsten Ziele des Rückholplanes werden beschrieben und können als Grundlage für die Abstimmung mit Genehmigungsbehörden oder dem Träger der Regionalplanung, als Diskussionsgrundlage mit Experten und Bürgern oder als Zusammenfassung des aktuellen Arbeitsstandes, der fortlaufend aktualisiert wird, verstanden werden. Schließlich wird in einem Unterkapitel noch der für den Betrieb und die Stilllegung der Schachtanlage Asse II maßgebliche Gesetzestext des § 57b AtG ausführlich erklärt.

Kommentar AGO

Nach Meinung der AGO ordnet die Einleitung die Planung historisch und rechtlich ein und gibt Schwerpunkte vor, die im weiteren Dokument behandelt werden. Wesentliche Aspekte des Gesamtvorhabens werden allerdings nicht angesprochen.

In der Einleitung wird u.a. Bezug auf den Optionenvergleich von 2009 genommen (BfS 2010), der *„ergab, dass die atomrechtlich geforderte langfristige Sicherheit von Mensch und Umwelt nach derzeitigem Kenntnisstand nur durch die Rückholung aller radioaktiven Abfälle nachgewiesen werden kann.“* Diese Aussage wird aber von der BGE nur als deklaratorische Sprachformel benutzt. Die Fragen der langfristigen Sicherheit, die entscheidend für die Region um die Schachtanlage sind, spielen planungsseitig derzeit keine Rolle bzw. sind nicht erkennbar. Die Gewährleistung der langfristigen Sicherheit ist aber das entscheidende Kriterium für die Rückholung der radioaktiven Abfälle und sollte daher im Mittelpunkt der Planungen stehen. Das hat auch Auswirkungen auf die Entscheidungsprozesse und das Ergebnis der Standortsuche für ein Zwischenlager (s. Kapitel 5 dieser Stellungnahme).

Die Regelungen des § 57b AtG („Lex Asse“) werden im Kapitel 1.3 (BGE 2020a) vollständig zitiert. Auf die daraus abgeleiteten Konsequenzen für die Planung wird jedoch nicht eingegangen. Damit bekommt der Text den Charakter eines Platzhalters. Nach Ansicht der AGO können ergänzend zur Pflicht der Rückholung insbesondere folgende Aspekte des Gesetzes planungsrelevant sein:

- Die im § 57a (5) AtG aufgeführte Anwendung von § 114 StrlSchV (2001, in der Fassung von 2012) ermöglicht Abweichungen von zahlreichen Vorschriften des Strahlenschutzrechtes mit Ausnahme der Grenzwerte. Im AtG wird dazu konkret der Umgang mit radioaktiv kontaminierten Stoffen bis zum 10-fachen der Freigrenze nach StrlSchV (Anlage III) von Genehmigungen befreit und der Störfallplanungswert von 50 mSv für Einzelpersonen der Bevölkerung ausgesetzt bzw. es kann im Einzelfall ein anderer Wert festgelegt werden. Inwieweit ein Bezug auf § 114 StrlSchV es ermöglichen könnte, bestimmte weitere Anforderungen des Strahlenschutzrechtes (bei Einhaltung der grundsätzlichen Sicherheit) zu reduzieren und damit Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, wird nicht angedacht.
- Die Rückholplanung beschränkt sich auf konzeptionelle, übergeordnete Betrachtungen zu Sicherheitsnachweisen in atom- und bergrechtlichen

Genehmigungsverfahren. Die grundlegenden sicherheitstechnischen Methoden, wie Sicherheits- und, Störfallanalysen sowie Analysen zur Sicherstellung der Unterkritikalität, sind nachvollziehbar und Stand der Technik. Entgegen der Herangehensweise der BGE mittels Einteilung in Störfallklassen und Maßnahmen zu deren Beherrschung oder Vermeidung, wäre die Vorgabe der einzuhaltenden Schutzziele sowohl bei bestimmungsgemäßer Rückholung als auch bei Störungen und bei Störfällen zweckmäßiger, um dem Gedanken der bestmöglichen Schadensvorsorge gerecht zu werden (s. Kommentar der AGO zu Kap. 6.3.1). Gleichmaßen sind die konzeptionellen Ansätze zur Konsequenzenanalyse bei einem auslegungsüberschreitenden Lösungszutritt (AÜL) ohne methodischen Tiefgang. Der Aspekt der Erfüllung der erforderlichen Schadensvorsorge durch Verweis auf die Vorsorge- und Notfallschutzmaßnahmen im Rahmen der Notfallplanung ist nicht ausreichend bzw. wird der Dynamik der Rückholung nur unzureichend gerecht (näheres in Kap. 4).

- Die als (Neben-)Ziel des Rückholplanes (BGE 2020a) beschriebene „*Diskussion mit der A2B, den Experten der AGO und Bürgerinitiativen oder interessierten Bürgerinnen und Bürgern aus der Öffentlichkeit im Rahmen des Begleitprozesses*“ erfordert eine besondere Transparenz der Planungen und Entscheidungsprozesse. Die „Lex Asse“ schreibt daher eine „*umfassende Unterrichtung der Öffentlichkeit*“ vor, bei der wesentliche Unterlagen „*auf einer Internetplattform*“ zu veröffentlichen sind. Eine klärende Erläuterung zur Abgrenzung „*wesentlicher Unterlagen*“ und zur Frage, wie die historisch entstandenen Unterlagen auf einer Plattform verfügbar gemacht werden, findet sich im Rückholplan nicht. Damit wird die „*Diskussion*“ auf die Ebene einer Unterrichtung herabgestuft.

2. Vorgehensweise bei der Rückholung

2.1 Grundsätze der Rückholung

Sachstand BGE

Es gelten die folgenden Grundsätze für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II:

- Das Nationale Entsorgungsprogramm sucht nach einem Endlager auch für die Abfälle aus der Asse.
- Der Schacht Konrad ist nicht zugelassen für die Abfälle aus der Asse.
- § 57b AtG verlangt die unverzügliche Rückholung aller Abfälle aus der Asse.
- Neben den vorhandenen Gebinden mit radioaktivem Abfall werden alle erkennbaren Abfallbestandteile zusammen mit dem kontaminierten Salzgrus rückgeholt.
- Es werden vor Ort mindestens Puffer- und Charakterisierungsmöglichkeiten vorgesehen.
- Für Strahlenschutzbelange ist ein Anlagensicherungs- und Safeguardskonzept zu erarbeiten und mit den zuständigen Behörden abzustimmen.
- Der Rückholungsprozess ist in drei Hauptphasen gegliedert:
 - Vorbereitung: Alle Arbeiten, die zur/vor der eigentlichen Durchführung der Rückholung gemacht werden müssen wie Auffahrungen, Einrichtungen der Strahlenschutz-Bereiche, Sicherungsmaßnahmen etc.
 - Durchführung: Bergung der radioaktiven Abfälle aus einer oder mehreren Einlagerungskammern.

- Nachbereitung: Messung der Restkontamination und Verschließen der Kammer mit Sorelbeton.
- Der Ablauf des Rückholungsprozesses erfolgt unter der Bedingung der Minimierung der Offenhaltungsdauer der geöffneten Einlagerungskammern und der Neuauffahrungen.
- Erfassung der Restkontamination der Einlagerungskammern zum späteren Langzeitsicherheitsnachweis für die Schließung.

Kommentar AGO

Die Zusammenstellung grundlegender Bedingungen und Überlegungen zur Rückholung ist hilfreich, aber nach Ansicht der AGO nicht vollständig und zeigt auch zum Teil keine Konsequenzen für das Vorgehen hinsichtlich der Rückholungsplanung auf. So wird z.B. die (zeitlich noch sehr ferne) Schnittstelle vom Rückholprozess zum Stilllegungsprozess nicht erwähnt, obwohl auch dazu bereits im Vorfeld Überlegungen und Arbeiten nötig sind.

Was die drei Hauptphasen des Rückholprozesses betrifft, so unterstützt es die AGO, dass in der Hauptphase „Durchführung“ auch die parallele Bergung aus mehreren Einlagerungskammern in Betracht bezogen werden soll, weist aber auch auf die damit verbundenen höheren Anforderungen an die Begrenzung radioaktiver Ableitungen hin (s. Kap. 5.1.2, 6.3.1 und 7.1).

Andere Punkte werden von der AGO kritischer gesehen. So ist der Hinweis auf das Nationale Entsorgungsprogramm und dessen Intention, auch ein Endlager für die radioaktiven Abfälle der Schachanlage Asse II zu suchen, irreführend, da das Standortauswahlgesetz (StandAG) in § 1 Abs. 6 zwar die „Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am auszuwählenden Standort“ als zulässig erklärt, „wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist“ – eine explizite Vorgabe zur Suche bzw. Auswahl eines Standortes für den „Asse-Abfall“ aber nicht getroffen wird. Dieses hinsichtlich der rückzuholenden Abfälle der Schachanlage Asse II ergebnisoffene Vorgehen hat nach Ansicht der AGO Rückwirkungen auf die Vorgaben in der Rückholungsplanung zur Charakterisierung und Konditionierung des Abfalls (s. Kap. 5.1.1). In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass einige Grundsätze, die sich aus den seit November 2015 in das AtG aufgenommenen Anforderungen des Nationalen Entsorgungsprogrammes ergeben, in der Rückholplanung nicht oder nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Dazu gehören (vgl. § 2d AtG):

1. Der Anfall radioaktiver Abfälle wird durch eine geeignete Auslegung sowie Betriebs- und Stilllegungsverfahren, einschließlich der Weiter- und Wiederverwendung von Material, auf das Maß beschränkt, das hinsichtlich Aktivität und Volumen der radioaktiven Abfälle vernünftigerweise realisierbar ist,
2. die wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Schritte beim Anfall und bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle werden berücksichtigt,
3. im Hinblick auf die langfristige Sicherheit sind auch die Aspekte der passiven Sicherheit zu berücksichtigen,
4. die Durchführung von Maßnahmen erfolgt nach einem abgestuften Konzept,
5. in Bezug auf alle Stufen der Entsorgung wird ein faktengestützter und dokumentierter Entscheidungsprozess angewendet.

Die AGO sieht hier, ähnlich wie beim Vorgang der „Kamerabefahrung“ der ELK 8a/511, ein Versäumnis der BGE, die Veränderungen im kerntechnischen Regelwerk proaktiv in den Planungen zu berücksichtigen (vgl. AGO 2020a).

Aus den o.g. Grundsätzen ergeben sich nach Ansicht der AGO diverse Fragen, die sowohl bei der Rückholungsplanung als auch bei der Planung des Zwischenlagers zu beachten sind und die von BGE als verantwortlicher Betreiber hätten beachtet werden müssen.

So wird von der BGE bisher nicht hinreichend begründet, warum kontaminiertes Salz, das bei der Bergung anfallen wird, in dem derzeit geplanten Umfang in das Zwischenlager verbracht werden muss. Da bereits derzeit kontaminierte Lösungen in der Schachanlage verbleiben und von BGE auch nicht die vollständige Dekontamination der Einlagerungskammern angestrebt wird (BGE 2020a S. 19: „erkennbare Abfallbestandteile werden ... rückgeholt“), ist die Frage „der Weiter- und Wiederverwendung von Material“, um den Umfang der Abfälle auf ein Maß zu beschränken, „das hinsichtlich Aktivität und Volumen der radioaktiven Abfälle vernünftigerweise realisierbar ist“ (§ 2d AtG) nicht ausreichend betrachtet worden.

Die nach AtG zu beachtenden „wechselseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Schritte beim Anfall und bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle“ führen zur Frage, ob solche Abhängigkeiten nicht genutzt werden können, um die nötigen Lagerkapazitäten des Zwischenlagers zu verringern.

Die gesetzliche Forderung „alle Stufen der Entsorgung“ in einen faktengestützten und dokumentierten Entscheidungsprozess einzubeziehen, wird durch das Ausblenden der Rückholung selbst und aller daran anschließenden Schritte nicht nachgekommen.

Aus diesen Sachverhalten ergeben sich Konsequenzen, auf die in den Kapiteln 4 und 5 dieser Stellungnahme näher eingegangen wird.

Die im Rückholplan (BGE 2020a) enthaltenen allgemeinen Hinweise auf eine spätere Endlagerung verstellen den Blick auf die anstehenden Probleme der Zwischenlagerung. Es fehlen klare Aussagen zum aktuellen Handlungsziel.

Ein gesetzlich festgeschriebener Ausschluss von Abfällen aus der Schachanlage Asse II zur Endlagerung im Schacht Konrad, wie von BGE (2020a, S. 19) behauptet, ist der AGO nicht bekannt. Außerdem werden betriebliche Abfälle der Schachanlage Asse II ggf. im Schacht Konrad zu entsorgen sein. Einer der Gründe für den Ausschluss der Endlagerung eines Teils der Abfälle der Schachanlage Asse II resultiert aus den Endlagerungsbedingungen von Schacht Konrad (BfS 2015). Daraus ergibt sich als Konsequenz, dass im Hinblick auf die Charakterisierung und Konditionierung der Abfälle aus der Schachanlage Asse II nicht von den Endlagerungsbedingungen für Schacht Konrad direkt Kredit genommen werden kann. Aus Sicht der AGO ist diese Problematik von großer Bedeutung, weil ohne eine klare Grundlage eine zielgerichtete Charakterisierung und Konditionierung der Abfälle nicht möglich ist. Die AGO sieht hier dringenden Handlungsbedarf. Durch die Tatsache, dass in diesem Kontext immer auf die Endlagerungsbedingungen von Schacht Konrad verwiesen wird, wird der Fokus auf die eigentlich anstehenden Probleme der radiologischen und der stofflichen Bewertung der rückzuzuholenden Gebinde eingeschränkt.

2.2 Nicht gegebene Nutzbarkeit von Schacht Asse 2 zur Rückholung erster Gebinde

Sachstand BGE

Nach einer Neubewertung der BGE wird die Nutzung von Schacht Asse 2 für den Transport über Tage eines Teiles der geborgenen, umverpackten, radioaktiven Abfälle nicht mehr verfolgt. Die Nutzung von Schacht 2 ergibt nach Neubewertung der BGE keinen Sicherheits- oder Zeitgewinn, weil Schacht 5 im Jahr 2028 in Betrieb gehen soll.

Kommentar AGO

Die AGO hat die Begründungen der BGE für diese Entscheidung zur Kenntnis genommen und unterstützt mehrheitlich diesen Schritt. Genauere Erläuterungen zu diesem Aspekt werden im Kapitel 4 dieser Stellungnahme gegeben und sind auch (mit einem abweichenden Sondervotum) in der Stellungnahme der AGO (2020a) aufgeführt.

Unabhängig davon sollte nach Meinung der AGO jedoch versucht werden, den Inbetriebnahmetermin für Schacht 5 soweit als möglich vorzulegen, um die Vorbereitung und Durchführung der Rückholung zu beschleunigen und den allgemeinen Bergwerksbetrieb sicherer zu machen. Auf die dazu nötige Klärung der genehmigungsrechtlichen

Randbedingungen, insbesondere die einzuhaltenen Sicherheitsabstände nach § 224 der Allgemeine Bergverordnung über Untertagebetriebe, Tagebaue und Salinen (ABVO) des Landes Niedersachsen, weist die AGO hin und empfiehlt einen kurzfristigen Abstimmungsprozess zwischen der BGE mit den beteiligten Behörden.

2.3 Prozessschritte der Rückholung

Sachstand BGE

Die BGE definiert für den Rückholungsprozess des Abfalls aus der Schachanlage Asse II abweichend von den Definitionen im Standortauswahlgesetz (StandAG) eigene Begriffe folgendermaßen:

- Rückholung bezeichnet das Herausholen der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II, „*obwohl dies bei der Einlagerung nicht vorgesehen war und auch keine technischen Vorkehrungen dafür getroffen wurden*“. Das entspricht der Definition des §57b AtG.
- Als Bergung wird „*das Herauslösen und/oder Greifen von Gebinden oder Abfallbestandteilen und Verladen in Verpackungen verstanden. Die Bergung findet innerhalb der Einlagerungskammern statt.*“

Die Prozessschritte der Rückholung und die zugehörigen Anlagenbereiche werden von BGE in der hier als Abb. 1 gezeigten Form veranschaulicht.

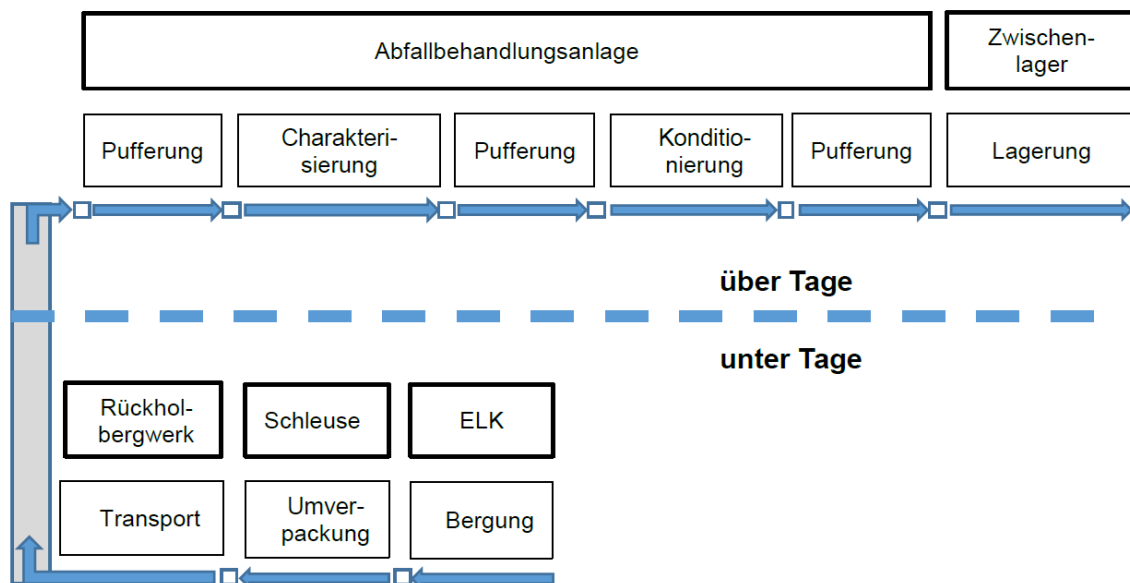


Abb. 1: Prozessschritte der Rückholung (dünn gerahmte Kästen) und die zugehörigen Anlagenbereiche (fett gerahmte Kästen) sowie Weg der Abfälle (blaue Pfeile) (übernommen von Abb. 1 in BGE 2020a).

Grundsätzlich sieht BGE für alle Prozessschritte vor, dass die Anlagen und Maschinen emissionsarm bzw. -frei sein sollen, z.B. durch elektrische Antriebe.

Zu den einzelnen Prozessschritten werden folgende Kurzbeschreibungen und Anforderungen an die Anlagentechnik formuliert:

Bergung

- Die Technik muss für die verschiedenen Einlagerungssituationen geeignet sein.
- Die Bergung findet in einem Kontrollbereich statt.
- Die Technik soll staubarm arbeiten.

- Die Abwetter aus den Einlagerungskammern werden gezielt über radiologische Filter abgeführt, wobei ein Unterdruck in den Einlagerungskammern hergestellt wird.
- Die primäre Staubentwicklung kann bei Bedarf im Umluftverfahren gefiltert werden.
- Die Zerstörung intakter Gebinde soll möglichst vermieden werden.

Umverpackung

- Die Schleusentechnik muss gewährleisten, dass die Umverpackungen für die geborgenen Abfälle äußerlich kontaminationsfrei bleiben.
- Die radioaktive Abluft aus der Schleuse muss über radiologische Filter geführt werden.
- Die Umverpackungen werden für den innerbetrieblichen Transport ausgelegt.
- Die Umverpackungen verhindern die Freisetzung von Abfallbestandteilen und Aerosolen.
- Die Umverpackungen sind nicht gasdicht.
- Im inneren Arbeitsbereich der Schleuse (Kontrollbereich) arbeiten Personen planmäßig für z.B. Kontaminationskontrollen und Verdeckelungsarbeiten.

Transport

- So wenig Umschlagprozesse wie möglich.
- Störfall- und Betriebssicherheit müssen gewährleistet sein.
- Transportwege möglichst sählig (horizontal).
- Größere Höhenunterschiede im Rückholbergwerk werden über Blindschächte oder flache Rampen überwunden.
- Schachttransport über Tage über den neuen Schacht 5.
- Kein Transport über öffentliche Verkehrswege in das Pufferlager.

Pufferung

- Das Pufferlager muss alle umverpackten und rückgeholten Abfälle aufnehmen können.
- Das Pufferlager muss für den Umgang mit Kernbrennstoffen ausgelegt werden.

Charakterisierung

- Nach Möglichkeit zerstörungsfreie Messverfahren.
- Es können auch intakte Gebinde aus den Umverpackungen zum Messen genommen werden.
- Ist eine zerstörungsfreie Prüfung nicht möglich, dann muss eine Probennahme erfolgen.
- Probennahmen im abgeschirmten Raum.

Konditionierung

- Behandlung der Abfälle für eine Zwischenlagerung
- Sind die Endlagerbedingungen bekannt, dann erfolgt eine Neuverpackung.

Lagerung

Kommentar AGO

Die Klarstellung der Begriffsdefinitionen für „Rückholung“ und „Bergung“ ist wichtig und richtig.

Die aus dem Rückholplan (BGE 2020a) übernommene Abb. 1 soll die Prozessschritte der Rückholung schematisch darstellen. Die Abb.1 beinhaltet implizit die getroffene Entscheidung über einen Asse-nahen Standort des Zwischenlagers in unmittelbarer Nähe zum Asse-

Betriebsgelände. In dieser schematischen Darstellung fehlt daher der Prozessschritt „Transport zu einem Zwischenlager über öffentliche Verkehrswege“. Dies steht im Widerspruch zum Kriterienkatalog (BfS 2014) und dem Diskussionsstand mit der AGO (vgl. AGO 2020c).

Die im Abschnitt „Sachstand BGE“ zusammengestellten Kurzbeschreibungen der Prozessschritte zeigen die Grundanforderungen an die Technik (insbesondere Bergungstechnik, Rückholtechnik, Transporttechnik) im Wesentlichen richtig auf. Zu einigen Details dieser Prozessschritte hat die AGO aber folgende Anmerkungen:

- Zu den Umverpackungen schreibt BGE: *„Die Umverpackungen sind nicht gasdicht und enthalten ein Aerosolfilter, sodass ein Druckausgleich zwischen dem Inneren der Umverpackung und dem Umgebungsdruck jederzeit möglich ist. Hierdurch kann die Entstehung eines Überdrucks in der Umverpackung beispielsweise durch die Seilfahrt oder durch chemische Reaktionen ausgeschlossen werden.“* Das bedeutet nach Ansicht der AGO, dass beim Transport durch das Rückholbergwerk radioaktives Gas aus den Behältern austreten kann. Ein solcher Effekt führt zu Freisetzungen, die bei den Betrachtungen des radiologischen Arbeitsschutzes (Inhalationsrisiko) im Rahmen des bestimmungsgemäßen Rückholbetriebes sowie bei der Bestimmung des Quellterms im Rahmen der Störfalluntersuchungen zu prüfen und ggf. zu berücksichtigen sind. Das wurde aber bisher nicht gemacht (s. Kapitel 6.3).
- Weiter führt BGE aus: *„Der innere Arbeitsbereich der Schleuse wird strahlenschutzseitig als Kontrollbereich eingeordnet. Hier werden Personen planmäßig tätig und führen z.B. Verdeckelungsarbeiten oder Kontaminationskontrollen an den Umverpackungen durch.“* Nach Ansicht der AGO ist es sinnvoll und auch technisch möglich, Teile dieser Arbeiten fernhantiert durchzuführen, um damit die Strahlenexposition des eingesetzten Personals zu minimieren.
- Zum Transport führt die BGE aus: *„Größere Höhenunterschiede im Rückholbergwerk werden über Blindschächte oder flache Rampen überwunden.“* Die AGO hält diese Überlegungen für richtig, weist aber darauf hin, dass die BGE in Gesprächen mit der AGO Blindschächte mehrfach als genehmigungstechnisch kritisch eingestuft hat.
- Zum Pufferlager vor der Abfallbehandlung heißt es: *„Das Pufferlager ist so dimensioniert, dass alle umverpackten und rückgeholten Abfälle darin aufgenommen werden können und es nicht zu einer Unterbrechung bei der Bergung der radioaktiven Abfälle kommt.“* Dieses Konzept entspricht dem STEAG-Entwurf (STEAG 2013) für ein Zwischenlager, wozu es jedoch Alternativen gibt. Die Frage ist daher, ob hier an ein Lager für das gesamte radioaktive Abfallaufkommen oder nur für einen gewissen Prozentsatz der Umverpackungen gedacht ist, oder ob alle übertägigen Behandlungsprozesse darauf zugreifen können. Darauf wird in Kapitel 5 nochmal gesondert eingegangen.

Zur Charakterisierung der geborgenen Abfälle wird geschrieben: *„Sollte eine Untersuchung der Abfälle mit zerstörungsfreien Verfahren nicht möglich sein, so muss die Charakterisierung über eine Probennahme erfolgen. Diese Probennahme findet in einem abgeschirmten Raum statt. Eine wichtige Fragestellung bei der Charakterisierung ist die Feststellung, ob der rückgeholte radioaktive Abfall kernbrennstoffhaltig ist oder als sonstiger radioaktiver Stoff behandelt werden kann.“* Hierzu stellt die AGO fest, dass das von der BGE derzeit in Bearbeitung befindliche Verfahren zur Charakterisierung der radioaktiven Abfälle noch nicht vorliegt. Wesentlich für die Charakterisierung dürfte sein, welche Anforderungen an die Vollständigkeit und Genauigkeit der Quantifizierung des Nuklidinventars gestellt werden und

ob wegen der unklaren Inventardeklarationen konservative Nuklidvektoren (radiologisch, stofflich) verwendet werden müssen. Die übliche Methode ist die Verwendung von Nuklidvektoren zur Beschreibung des Inventars mittels einfach messbarer Nuklide. Auch wenn der Abfall aus den Gebinden genommen wird, kann mit einfachen Methoden die Alpha-/Beta-Aktivität höchstens summarisch erfasst werden (Gesamt-Alpha/Beta-Messung). Für genauere Angaben ist eine Homogenisierung oder ein Aufschluss von entnommenen Proben erforderlich (z.B. LSC-Methode, Alpha-Spektrometrie).

Darüber hinaus sollen nach momentaner Kenntnis Methoden und Möglichkeiten der Bewertung mittels zerstörungsfreier Verfahren untersucht und bewertet werden.

Weitere Kommentare zu diesem Thema enthält Kap. 5.1.1 (Einrichtungen zur Charakterisierung).

Eine ähnliche Fragestellung ergibt sich für die AGO aus der Feststellung über die Konditionierung, wo es heißt: *„Im Prozessschritt der Konditionierung werden die Abfälle getrocknet, ggf. kompaktiert, verfestigt, entsprechend ihrer analysierten Nuklide und chemotoxischen Bestandteile sortiert, deklariert und neu verpackt.“* Die AGO weist darauf hin, dass durch das Trocknen der Abfälle tritiumbelasteter Wasserdampf entstehen kann, der nicht in die Umgebung abgeleitet werden sollte.

2.4 Planungsphasen und deren Inhalte

Sachstand BGE

Die BGE teilt die Planung in folgende **Planungsphasen** ein:

Konzeptplanung mit den Planungsschritten

- Grundlagenermittlung
- Vorplanung
- Planungskonzept mit allen Systemen und Anlagenteilen
- Sicherheits- und Nachweiskonzept
- ELK-spezifisches Erkundungskonzept
- grobe Terminplanung
- erste Kostenschätzung

Entwurfsplanung mit den Planungsschritten

- Detaillierung des Technischen Planungskonzepts
- Berechnung der technischen Anlagen und Anlagenteile
- Fortschreibung und Detaillierung der Funktionsschemata und der Prozesse
- Bedarfswerte für Medien
- Fortschreibung des Sicherheits- und Nachweiskonzeptes

Parallel zur Entwurfsplanung

- ELK-spezifisches Erkundungsprogramm
- Versuche zur Bergetechnik

Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung mit den Planungsschritten

- Erstellung der Unterlagen für den Genehmigungsantrag
- Aufbau wichtiger Anlagenteile zur Kalterprobung

- Beginn mit der Bauausführung für auflagenfreie Teile nach Erteilung der Genehmigung
- Einarbeitung der Auflagen zur Genehmigung in die Ausführungsplanung

Die zeitliche Zuordnung wird in einer Abbildung schematisch dargestellt, wobei die Zeitachse keine Jahresangaben enthält.

Kommentar AGO

Die AGO hält die vorgestellte Aufteilung der Planungsphasen für sinnvoll für die weitere Planung der Rückholung. Es ist auch gut, dass sich die BGE um eine inhaltliche Beschreibung bemüht, damit mehr Klarheit in das Planungsgeschehen eingeht.

Jedoch sind hierzu einige Anmerkungen zu machen:

Der Begriff der „Genehmigungserlangungsplanung“ ist für die AGO neu und auch irritierend, denn man plant ja im Allgemeinen ein Projekt und nicht eine Genehmigung. Auch die inhaltliche Darstellung der einzelnen Planungsphasen ist sehr „genehmigungslastig“ beschrieben. Hier vermisst die AGO mehr technische Inhalte und deren Zielsetzungen. So sollte nach Auffassung der AGO zum Abschluss einer jeden Planungsphase das erwartete Ergebnis und wie die nächste Phase darauf aufbaut klar ersichtlich sein.

Zur Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung erläutert die BGE: *„Im Rahmen der Genehmigungserlangungs- und Ausführungsplanung werden zunächst alle für den Genehmigungsantrag erforderlichen Unterlagen erstellt. Dazu gehören alle detaillierten Planungsunterlagen, alle Beschreibungen und Berechnungen zu den einzelnen Anlagen und Anlagenteilen sowie alle im Rahmen der atom- und strahlenschutz- sowie bergrechtlichen Genehmigungs- und Zulassungsverfahren zu erbringenden Nachweise zur Erfüllung der Genehmigungs- bzw. Zulassungsvoraussetzungen.“* Es bleibt unklar, ob hier die Ergebnisse der Entwurfsplanung zusammengestellt werden, oder ob hier schon Ergebnisse der Ausführungsplanung mit einfließen. Denn es heißt weiter: *„Einige der zu erstellenden Genehmigungsunterlagen werden bereits das Detaillierungsniveau von Ausführungsplanungen aufzuweisen haben“.* Hier stellt sich der AGO die Frage, ob zunächst die Ausführungsplanung gemacht wird, oder ob zunächst die Unterlagen für den Genehmigungsantrag zusammengestellt werden sollen. Die AGO erkennt hier keine klare Genehmigungsstrategie. Diese ist aber notwendig und sollte außerdem mit den zuständigen Behörden gemeinsam entwickelt werden.

Abschließend schreibt die BGE: *„Während die Kalterprobung im Rahmen der Genehmigungserlangungsplanung und während der Phase der Genehmigung der Demonstration der Anlage dient, kann es nach Genehmigungserteilung zu Trainingszwecken verwendet werden und später im laufenden Betrieb der Rückholung zur Übung bzw. zur Vorbereitung von Interventionsarbeiten.“* Die AGO erkennt zwar den Sinn dieses Satzes, er kann aber missverstanden werden und sollte klarer formuliert werden.

Im Zusammenhang mit der technischen Planung hält die AGO die Wege zum Erreichen der Praxistauglichkeit von genehmigten Bergungstechniken inklusive Schulungs- und Wartungsprozessen für nicht ausreichend berücksichtigt. Diese Wege sollten parallel zur Rückholungsplanung einen eigenen Planungsstrang erhalten, damit für den Einsatzfall bereits vor der Kalterprobung entwickelte und erprobte Technik zur Verfügung steht.

Der einzige Hinweis auf eine Entwicklung zur einsatzfähigen Bergungstechnik findet sich in Kap. 2.4 (Planungsphasen und deren Inhalte) in Abb. 2 unter *„Entwicklung/Versuche“* (BGE 2020a). Ansonsten ist ausnahmslos von Kalterprobung zur Erlangung der Genehmigungsplanung die Rede. In dieser Darstellung wird völlig ausgeblendet, dass zur Kalterprobung für alle Planungsstränge jeweils eine Bergungstechnik vorgehalten werden muss, die technisch einwandfrei arbeitet und in der Handhabung einfach und gut einsetzbar ist. Dazu können auf dem Markt befindliche Techniken zum Einsatz kommen, die jedoch im jeweiligen Rückholprozess problemfrei und fernhantiert arbeiten müssen. Die Fernhantierung muss dabei so fein adaptiert sein, dass sie den Anforderungen an ein gut handhabbares Steuersystem entspricht und fehlerfrei mit ihm kommuniziert. Dazu sind umfangreiche

Anpassungen und Versuche notwendig. Entspricht die dann vorliegende Bergungstechnik schließlich den Anforderungen an die Aufgaben für die Rückholung, kann sie zur Kalterprobung in einem vergleichbaren Ort an die realen Gegebenheiten angepasst werden. Sind alle sichtbaren Probleme ausgeräumt, kann sich das Genehmigungsverfahren anschließen. Dazu wäre dann zu berücksichtigen, dass dieses Verfahren sehr umfangreich sein wird und viel Zeit in Anspruch nehmen wird. Parallel zur Entwicklung der Bergungstechnik muss ständig darauf geachtet werden, dass die Technik gewartet werden muss und somit Wartungsbereiche vorgesehen werden müssen, die aufgrund Ihrer Größe und Lage zum Einsatzort einen schnellen Wiedereinsatz möglich machen.

3. Technische Konzepte der Bergung

Sachstand BGE

Die BGE betrachtet für die Rückholung verschiedene Szenarien für alle drei Einlagerungssohlen. Dabei geht sie davon aus, dass mit den Einlagerungskammern 7/725 und 8a/511 begonnen werden soll, weil über diese Kammern ein hoher Kenntnisstand wichtiger Eigenschaften vorliegt. Für den Beginn bietet sich die Kammer 7/725 an. Sie ist noch zugänglich, wird bewettert und als Lager betrieben. Sollte sich jedoch bei den weiteren Planungen herausstellen, dass eine umgekehrte Reihenfolge sinnvoller ist, so wird entsprechend umgeplant.

Aus dem frühzeitigen Start mit diesen Einlagerungskammern können wichtige Erkenntnisse für die weitere Rückholung gewonnen werden.

Grundvoraussetzung für die Planungen ist die Einhaltung der Schutzziele in bergtechnischer Hinsicht und im Strahlenschutz. Dazu werden in Kap. 3 acht grundlegende Planungsprämissen festgelegt, die sich mit den Anforderungen aus Kap. 2.3 (BGE 2020a) decken.

Die Rückholungsplanung wird für jede der drei Einlagerungssohlen in einem eigenen Planungssteil bearbeitet, dessen jeweiliger Stand in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt wird.

Kommentar AGO

Das beschriebene Vorgehen hinsichtlich der Auswahl der ELK 8a/511 und 7/725 als zuerst zu räumende Kammern ist grundsätzlich richtig und die acht von BGE genannten Planungsprämissen können beim Abwägen von Vorgehensvarianten hilfreich sein.

Die AGO sieht aufgrund der räumlichen Trennung des Bergungsgeschehens in den ELK 8a/511 und 7/725 die Möglichkeiten, die Arbeiten zur Bergung parallel laufen zu lassen. Diese Möglichkeit sollte in der Planung explizit verfolgt werden.

Die AGO vermisst als weitere Planungsprämisse Überlegungen zu Sicherheitsaspekten wie z.B. zu Fluchtwegen. Gerade beim Schildvortrieb könnten sich lange und gefährliche Fluchstrecken ergeben, besonders im Fall eines starken Wassereinbruchs.

3.1 Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725

Sachstand BGE

Die Beschreibung der Ausgangssituation für die Rückholung aus der ELK 7/725 erläutert sowohl die geologischen und gebirgsmechanischen Bedingungen als auch die kammer-spezifische Einlagerungssituation. Letztere setzt sich aus einem voll mit Salzgrus versetzten Ostbereich und einem Westbereich zusammen, der im unteren Teil abgekippte und versetzte Gebinde mit radioaktivem Abfall enthält und im oberen Bereich mit Salzgrus teilversetzt ist.

Die Rückholung soll entsprechend der in Kap. 2.1 (BGE 2020a) beschriebenen Rückholphasen durchgeführt werden. Dabei wird die Bergung flurgeführt mittels Tripod-Bagger mit den notwendigen Einrichtungen und Werkzeugen und der Transport innerhalb der ELK firstgeführt mittels Einschienenhängebahn erfolgen. Der östliche Teil der ELK wird geleert

und mit kohäsivem Baustoff verfüllt. Die Schleusen werden in einem westlichen und einem östlichen Zugang errichtet. Nördlich entstehen Infrastrukturräume. Während der Bergung werden die Abwetter radiologisch gefiltert und über Tage abgeleitet.

Für den Transport der Abfälle in der ELK sind sogenannte Innenbehälter vorgesehen, in die sowohl ganze Gebinde als auch Teile oder Salzhautwerk geladen werden können. Dieser Innenbehälter wird zum Schleusenbereich transportiert und dort über eine Doppeldeckelschleuse in eine Umverpackung verbracht, die danach über Tage transportiert wird.

Nach der vollständigen Bergung der radioaktiven Abfälle und einer Teilverfüllung des Westteils der ELK erfolgt nach Messung der Restkontamination der Rückbau aller Komponenten der Bergungs- und Transporttechnik. Daran schließt sich die restliche Verfüllung an.

Kommentar AGO

Die Darstellung der Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 beschreibt den derzeitigen Planungsstand und gibt einen Überblick über die beabsichtigten Maßnahmen. Der Gesamtvorgang wurde ausführlich im Bericht zur Konzeptplanung für Grobkonzepte der ELK 7/725 dargestellt (BGE 2017) und von der AGO in einer Stellungnahme kommentiert (AGO 2018).

Das hier dargestellte Verfahren entspricht der Vorzugsvariante 1c aus BGE (2017). Die AGO fragt sich, warum an dieser Stelle auf die Berichte dieser Konzeptplanung und die AGO-Stellungnahme kein Bezug genommen wurde. Damit wären für interessierte Leser beurteilungsrelevante Sachverhalte und Entscheidungsprozesse der Planung besser erkennbar.

Die Ermittlung der verbleibenden Kontaminationen könnte sich, abhängig von der erforderlichen Qualität des Ergebnisses, als Herausforderung erweisen. Dies gilt für alle Einlagerungskammern. Daher empfiehlt die AGO hier rechtzeitig die Ziele einer solchen Messung mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen und auf einer solchen Grundlage Planungen zum Messprozess vorzunehmen, um ggf. Wechselwirkungen mit der Rückholplanung berücksichtigen zu können.

3.2 Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 8a/511

Sachstand BGE

Die Beschreibung der Ausgangssituation für die Rückholung aus der ELK 8a/511 erläutert sowohl die geologischen und gebirgsmechanischen Bedingungen als auch die kammer-spezifische Einlagerungssituation. Diese ELK wurde erst 1961/62 mit einer annähernd quadratischen Grundfläche aufgefahren. Sechs Meter über ihr liegt die kleinere Beschickungskammer, durch die die 1.301 Gebinde in die Einlagerungskammer abgelassen wurden. Fotografische Aufnahmen aus der Einlagerungszeit zeigen eine unebene Sohle und intakte Firne und Stöße ohne Abschaltungen oder Risse. Es wird von bergbauüblichen Sicherungsmaßnahmen ausgegangen. Die Kammeratmosphäre ist aufgrund der Sonderwitterung der Kammer bekannt und nicht explosibel.

Auch hier wird die Rückholung in die drei Hauptphasen Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung gegliedert, wie sie in BGE (2020a, Kap. 2.1) beschrieben sind. Dazu wurden drei Rückholkonzepte entwickelt, die je nach Erkenntnisstand über den Kammerzustand zur Anwendung kommen sollen:

1. Grundkonzept
2. Alternativkonzept
3. Konzept mit Sichern der Firne durch deren Stützung mit Versatz

Das „Grundkonzept“ geht von Rückholbedingungen aus, die mit den bereits erwähnten bergbauüblichen Sicherungsmaßnahmen auskommen und eine flurgebundene Technik ermöglichen. Dazu wird vom Grubenraum aus nordöstlich der ELK 8a/511 ein sogenanntes Zielgebiet aufgefahren, das so einerseits an den Grubenraum angeschlossen ist und

andererseits an die ELK angeschlossen wird. Der söhliche Zugang zur ELK wird durch eine Schleuse vom Grubenraum getrennt, womit Verschleppungen von Kontaminationen verhindert werden sollen. Nach Öffnen der Kammer und Herstellung der bergbaulichen Sicherheit kann mit der Bergung der Gebinde begonnen werden, wobei je nach Möglichkeiten ein- oder mehrere Manipulatorfahrzeuge zum Einsatz kommen. Die Gebinde werden messtechnisch erfasst und in einem Innenbehälter mit entsprechender Behälterklasse deponiert, der dann in der Schleuse in eine kontaminationsfreie Umverpackung gestellt wird. Von dort wird die gefüllte Umverpackung durch den Grubenraum und über den Tagesschacht über Tage in das Pufferlager transportiert.

Nach Rückholung aller Abfälle und Messung der Restkontamination wird die ELK mit Sorelbeton verfüllt.

Das „*Alternativkonzept*“ beschreibt den Zugang in Firstnähe, weil hier alle Arbeiten in der ELK über einen Kran erfolgen sollen. Die verschiedenen anderen Prozessschritte unterscheiden sich nicht vom Grundkonzept.

Das dritte Rückholkonzept, das „*Konzept mit Sichern der Firste durch deren Stützung mit Versatz*“, kommt zum Einsatz, wenn die Firste mit den bereits erwähnten bergbaulichen Sicherungsmaßnahmen nicht gesichert werden kann. Dann soll Versatz in die Kammer eingebracht werden, um das Gebirge zu stützen. Dabei sollen Nachteile für die Rückholung so gering wie möglich gehalten werden. Die weiteren Prozessschritte unterscheiden sich vom Grundkonzept nicht.

Kommentar AGO

Die AGO hat sich bereits mit den Planungen, die zur Entwicklung des Grundkonzeptes geführt haben, befasst und dazu eine Stellungnahme erarbeitet (AGO 2020a). Obwohl die konkrete Vorgehensweise der vergleichenden Bewertung der Varianten in BGE (2018a) teilweise nur schwer oder nicht nachzuvollziehen ist, weil wesentliche methodische Grundlagen im Unklaren bleiben, wurde das erarbeitete Grundkonzept von der AGO als ein brauchbarer Rahmen für die weitere Planung bewertet.

Die beiden weiteren Konzepte der Rückholung aus der ELK 8a/511 sind als Optionen derzeit nötig, da die Faktenerhebung zu dieser Einlagerungskammer unzureichend ist. Die Beschreibung der drei Rückholkonzepte im Rückholplan (BGE 2020a) ist sehr knapp gehalten und gibt nur einen groben Einblick über die beabsichtigten Maßnahmen. Das betrifft besonders die Rückholkonzepte 2 (Alternativkonzept) und 3 (Konzept mit Sichern der Firste durch deren Stützung mit Versatz), wobei für das Alternativkonzept noch nicht einmal eine Begründung mitgeliefert wird. Auch vermisst die AGO den Bezug auf die vertiefenden Berichte zur Konzeptplanung wie z. B. BGE (2017 und 2019). Weiterhin fehlt der AGO ein Hinweis auf die fehlenden Erkenntnisse zum Kammerzustand, die in den Berichten zur Konzeptplanung deutlich thematisiert werden. Hier schlägt die AGO eine schnellstmögliche Erkundung der Kammer insbesondere mit bildgebenden Verfahren zur Verbesserung des Kenntnisstandes vor.

3.3 Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 750-m-Sohle

Sachstand BGE

Auf der 750-m-Sohle sind radioaktive Abfälle in 11 Einlagerungskammern eingelagert. Diese werden aufgrund ihrer gebirgsmechanischen Eigenschaften in drei Kammergruppen eingeteilt:

- Kammergruppe Ost, das sind die Einlagerungskammern 1/750, 2/750 und 12/750, gekennzeichnet durch fehlende Schweben, das heißt ohne darüber liegende Grubenbaue.
- Kammergruppe Zentral, das sind die zwei übereinanderliegenden Einlagerungskammern 7/725 und 2/750 Na2, gekennzeichnet durch eine trennende Schweben von 6m.

- Kammergruppe Süd, das sind die restlichen Einlagerungskammern, gekennzeichnet durch einen Abstand von weniger als 150 m zum Deckgebirge und durch gebräuche Schweben.

Die Randbedingungen und die wesentlichen Eigenschaften der Kammerbereiche und der einzelnen Einlagerungskammern sind in BGE (2020a, Tab. 1 und 2) dargestellt. Es kann erforderlich werden, dass unverfüllte oder teilverfüllte Kammern zur Anwendung von Rückholverfahren verfüllt werden müssen.

Weiter werden verschiedene Möglichkeiten für die Reihenfolge der Rückholung diskutiert. Dazu sind Fragen der Bewetterung, der Ableitungen von radioaktiven Gasen und Aerosolen, der Staubneigung der Rückholverfahren und der möglichen Beschädigung von Gebinden zu berücksichtigen. Schonende Bergetechnik mit geringem Energie- und Kraftertrag ist zu verwenden, um Kontaminationsverschleppung gering zu halten.

Im Rahmen der Konzeptplanung wurden für die drei Kammergruppen verschiedene Rückholverfahren in einem zweistufigen Bewertungsverfahren bewertet und drei Rückholverfahren als weiterzuverfolgen identifiziert:

- Teilflächenbau TF, einschließlich Schildvortrieb mit Teilflächenabbau HK
- Langfrontartige Bauweise mit horizontalem und vertikalem Verhieb (Stoßzugang) L-H/V-St und
- Langfrontartige Bauweise mit vertikalem Verhieb (Firstzugang) L-V-F

BGE (2020a, Tab. 3) zeigt die Ergebnisse für die einzelnen Kammergruppen und kommt zu folgenden Ergebnissen.

Der Teilflächenbau bietet aufgrund der kleinräumigen Vorgehensweise nur unerhebliche gebirgsmechanische Auswirkungen und ist universell anpassbar. Die Variante Schildvortrieb ermöglicht insbesondere für die Kammergruppe Süd und Ost eine sequentielle Räumung. Dagegen können die Kammergruppen Zentral und Ost wegen der weniger komplexen bergbaulichen Randbedingungen auch mit der Langfrontartigen Bauweise mit Stoß- oder Firstzugang geräumt werden.

In den Teilkapiteln 3.3.3 (Schildvortrieb mit Teilflächenabbau) und 3.3.4 (Teilflächenbau von oben - ohne Ausbauelemente) werden zwei der Teilflächenbauverfahren näher beschrieben.

Der Schildvortrieb mit Teilflächenabbau, der für alle Kammern der 750-m-Sohle geeignet ist, wird bereits in der Studie des KIT (2015) beschrieben. Dabei können je nach Kammergröße mehrere Maschinen versetzt nebeneinander und auch übereinander zum Einsatz kommen. Jede der eingesetzten Maschinen wird dabei in einer Montagekaverne im Startbereich montiert und nach Durchlaufen aller Kammern in einer Demontagekaverne wieder zerlegt. Die geplante örtliche Situation gibt Abb. 17 (BGE 2020a) wieder. Die Maschinen müssen so konstruiert sein, dass sie zu erwartende Auflasten statisch tragen können. Der Vorschub entsteht durch Abdrücken nach hinten mittels Hydraulik-Zylindern. Die geborgenen Gebinde und das kontaminierte Versatzsalz werden über Transportröhren nach hinten heraustransportiert. Diese Röhren sind darüber hinaus sowohl Ent- als auch Versorgungswege für die Maschine.

Das zweite dargestellte Verfahren, Teilflächenbau von oben - ohne Ausbauelemente (TF-OA), beschreibt ein Abbauverfahren von oben nach unten, wobei stützende Ausbauelemente nicht nötig sind. Da auch dieses Verfahren für gebräuche Schweben geeignet ist, wird nach Herstellung der Zugangs- und Transportstrecken zuerst eine künstliche Schweben gebaut, die in der ursprünglichen Schweben und in den Seiten verankert wird. Sie besteht aus mehreren Reihen von Teilflächenenelementen, in deren Boden jeweils Schienen eingelassen sind, so dass nach Fertigstellung der Schweben über die gesamte Einlagerungskammer entsprechend jeder Teilflächenreihe eine Einschienehängenbahn mit Transport- und Werkzeugtechnik fahren kann. Damit kann nun unter der künstlichen Schweben mit dem Abbau zur Rückholung begonnen werden. Nach Rückholung der ersten Lage wird unterhalb der künstlichen Schweben eine zweite Ebene in gleicher Form aufgebaut und betrieben. Das wird fortgesetzt, bis die

Kammer geräumt ist und alle Teilflächen wieder verfüllt sind. Vor ihrer Verfüllung wird die Restkontamination gemessen.

Zum Betrieb dieser Verfahren im Bereich der Kammergruppe Süd müssen umfangreiche gebirgsmechanische Untersuchungen und Berechnungen durchgeführt werden, weil die Kammern im Bereich des Sicherheitspfeilers (< 150 m nach § 224 ABVO, z.T. < 75 m zum Deckgebirge) liegen.

Der Einsatz des TF-OA-Verfahrens in der Kammergruppe Ost erfordert gegebenenfalls ein Verfüllen der noch unverfüllten Einlagerungsbereiche.

Kommentar AGO

Die Ausgangssituation für die Rückholung der radioaktiven Abfälle ist übersichtlich und für das Verständnis der dargestellten Rückholtechnik hinreichend beschrieben. Dagegen ist die Bewertung für die möglichen Rückholverfahren und die Auswahl von drei weiterzuverfolgenden Verfahren nur pauschal unter Verweis auf zahlreiche Bewertungskriterien und Bewertungsaspekte abgehandelt und für die AGO nicht nachzuvollziehen. Der AGO sind zwar die Berichte zum Arbeitspaket 04 (Kriterienkatalog und Bewertungsmaßstäbe) und erste Ansätze im Arbeitspaket 06 (Grobkonzepte) bekannt. Leider standen die Berichte zu den Arbeitspaketen 07 (Bewertung der Konzepte) sowie 08 (Ausarbeitung der Grobkonzepte) und 09 (Ableiten der Vorzugsvariante) vor der Befassung mit dem Rückholplan der AGO nicht zur Verfügung, deshalb ist eine vertiefende fachliche Beurteilung wie die BGE zur Auswahl der weiter zu verfolgenden Verfahren gekommen ist, durch die AGO nicht möglich

Die von der BGE angedeutete Möglichkeit, dass *„unverfüllte oder teilverfüllte Kammern zur Anwendung von Rückholverfahren verfüllt werden müssen“* wird von der AGO kritisch gesehen. Das gilt auch für die Kammergruppe Ost, bei der die BGE im letzten Absatz des Kapitels 3.3 feststellt: *„Unabhängig davon ist noch zu prüfen, ob der TFO-OA auch in der Kammergruppe Ost sinnvoll zum Einsatz kommen kann. Dazu müssten diese Einlagerungskammern ggf. im Vorfeld der Rückholung verfüllt werden.“* Eine Bewertung dieser Überlegungen der BGE erfolgt im Kapitel 6.1 auf der Grundlage der dort dargestellten Abwägungskriterien.

Eine Erklärung, warum von den im Rückholplan genannten vier Verfahren nur die beiden Verfahren *„Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“* und *„Teilflächenbau von oben — ohne Ausbauelemente“* detailliert beschrieben werden, wird von der AGO vermisst.

Die AGO hat bereits früher Zweifel an der technischen Vorgehensweise geäußert (z. B. AGO 2015) und hat auch weiterhin Zweifel, dass die geplanten Vorgehensweisen überhaupt praktisch umsetzbar sind. Diese Zweifel resultieren einerseits aus der fehlenden operativen Flexibilität aufgrund der geometrisch starr vorbestimmten („deterministischen“) Strossen und Schienensysteme und andererseits aus den massiven Eingriffen in bereits überlastete Tragsysteme.

Der *„Teilflächenbau von oben – ohne Ausbauelemente“* (vgl. Abb. 18 in BGE 2020a) erfordert zunächst eine Auffahrung von Strecken innerhalb der Firstschwebe entlang von zwei Seiten (querschlägig und in Streichrichtung) der Einlagerungskammer, wodurch die seitliche gebirgsmechanische Einspannung der Schwebe teilweise aufgehoben wird und somit ein Schwebendurchbruch provoziert werden könnte. Selbst wenn dieser Absturz der Firstschwebe zunächst ausbleiben sollte, so werden die nächsten Schritte dieses Risiko weiter erhöhen, indem durch die eingebrachten Beton-Versatzkörper zusätzliche (statische und dynamische) Lasten durch Ankersysteme in die Firste übertragen werden (vgl. Abb. 19 und 21D in BGE 2020a), ohne dass diese Versatzkörper selbst durch seitliche Einspannung gehalten werden (deren seitliche Verankerungen können nur Zugspannungen aufnehmen, aber keine Druckkräfte aufbauen).

Eine Verfüllung von teilverfüllten oder unverfüllten Einlagerungskammern, auch als Voraussetzung zur Anwendung von bestimmten Rückholverfahren, wird von der AGO äußerst kritisch gesehen. Die Bergung könnte dadurch unnötig erschwert, das Risiko von

Beschädigungen erhöht und das Abfallvolumen erheblich vergrößert werden. Abgesehen davon ist zu erwarten, dass die Gebinde durch die nicht näher spezifizierten Auflasten weiter beschädigt werden können. Hierauf hat die AGO in der Vergangenheit immer wieder hingewiesen (z.B. AGO 2013)

Beim Schildvortrieb werden die bereits gebrochenen Stützpfeiler zwischen benachbarten ELK durchfahren und verlieren dadurch weiter an bereits jetzt stark verminderter Tragfähigkeit. Die gemessenen maximalen Spannungen in den Pfeilern entsprechen näherungsweise der maximalen Hauptspannung (σ_1) in dieser Tiefe und sind horizontal querschlägig orientiert, bei Werten in einer Größenordnung von 20 MPa. Möglichkeiten zur konstruktiven Auslegung der Schilde gegen die in Pfeilerbereichen einwirkenden Druckkräfte und konvergenzbedingten Verschiebungsraten sowie die Eignung der Vorschub-Hydraulik zur Überwindung der resultierenden Mantel-Reibungskräfte werden von der AGO kritisch gesehen und hinterfragt. Ein Festfahren der Schildmaschine ist aus den vorgenannten Gründen nicht unwahrscheinlich und könnte dann zu einem erheblichen Zeitverlust führen.

Die AGO befürchtet, dass die Vorauswahl der von BGE weiter verfolgten Varianten in eine planerische Sackgasse führen oder spätestens bei der operativen Durchführung scheitern könnte. Die AGO empfiehlt daher neben den ausgewählten Varianten außerdem eine Rückholung der Abfälle durch sukzessiven Rückbau im Sinne einer umgekehrten Abwicklung der Einlagerungsschritte und unter Nutzung der damals verwendeten Kammerzugänge weiter bei der Planung in Erwägung zu ziehen und Lösungen für absehbare Probleme (insbesondere brüchige Firstschweben und Stöße) aufzuzeigen bzw. zu erarbeiten. Zumindest bei einigen Kammern (mit gestapelten Gebinden) wäre eine solche Art der Rückholung denkbar.

4. Rückholbergwerk

Sachstand BGE

Unter dem Begriff „Rückholbergwerk“ wird von der BGE die Gesamtheit aller für die Rückholung neu aufzufahrenden Grubenräume verstanden. Ebenso umfasst das Rückholbergwerk alle mit der Rückholung in räumlicher und funktionaler Verbindung stehenden und neu zu errichtenden Tagesanlagen des Bergwerkes. Die Grenze des Rückholbergwerkes besteht beim Übergang in das Pufferlager.

Kommentar AGO

Bei der Beschreibung des Rückholbergwerkes verwendet die BGE Teufenangaben, bei denen unklar ist, ob sie sich auf die Oberkante der Rasenhängebank des alten Schachts Asse 2 oder des neuen Schachts Asse 5 beziehen. Hier sollten klare Bezüge hergestellt werden.

Als redaktioneller Hinweis ist anzumerken, dass die verschiedenen Farbcodierungen in Abb. 23 (perspektivisches Grubenbild) in BGE (2020a) mit Ausnahme der neuen Infrastrukturräume (türkis), nicht erläutert werden.

4.1 Nutzung der Schächte Asse 2 oder Asse 4 als Bergungsschacht

Sachstand BGE

Eine Vorplanung zur Ertüchtigung des Schachtes Asse 2 zur Förderung der umverpackten radioaktiven Abfälle wurde 2011 begonnen. Im Fachworkshop zum Sachstand der Rückholung der radioaktiven Abfälle im Jahre 2012 (BfS 2012) wurde festgestellt, dass für die Rückholung aller radioaktiven Abfälle der Schacht Asse 5 zwingend benötigt wird. Bei Nutzung eines der bestehenden Schächte müsste dessen Durchmesser erweitert und mit neuer Fördertechnik ausgestattet werden. Diese Arbeiten führen durch Entfall eines zweiten Zugangs zum Grubengebäude während der Baumaßnahmen zu längerfristigen betrieblichen Einschränkungen und wären erst nach Abschluss der Vorsorgemaßnahmen aus der Notfallplanung möglich.

Eine Erweiterung der Schachtdurchmesser birgt auch das Risiko eines Lösungszutritts. Außerdem ist die Position der Schächte Asse 2 und Asse 4, bezogen auf die voraussichtliche Lage der neu aufzufahrenden Grubenräume für das Rückholbergwerk, nicht vorteilhaft, weil

ein Großteil der neuen Grubenräume im unverritzten Teil der Asse-Struktur östlich des Bestandsbergwerkes aufgefahren werden muss. Bei einziehendem Schacht Asse 2 und ausziehendem Schacht Asse 4 genügt die daraus resultierende Wetterführung im Grubengebäude nicht den erhöhten wettertechnischen Anforderungen der Rückholung. Im Ergebnis der betrachteten Varianten wurde seitens BGE entschieden, dass die Ertüchtigung des Schachtes Asse 2 und/oder des Schachtes Asse 4 für den Transport der rückgeholten radioaktiven Abfälle nicht weiterverfolgt wird.

Kommentar AGO

Der Tenor des Unterkapitels 4.1 (BGE 2020a) dient hauptsächlich der Begründung des neuen Schachtes Asse 5 und wird von der AGO akzeptiert. Eine Verwendung des Schachtes Asse 2 und/oder des Schachtes Asse 4 für den Transport aller rückgeholten radioaktiven Abfälle kommt auch aus Sicht der AGO nicht in Betracht.

In ihrer Stellungnahme zur Rückholplanung aus der ELK 8a/511 (AGO 2020a) hat die AGO die Nutzung von Schacht 2 für die (vorgezogene) Rückholung der „nur“ 1.301 Gebinde aus dieser Einlagerungskammer geprüft und Gründe genannt, warum sie sich mehrheitlich für die Entscheidung der BGE ausgesprochen hat. Aus Sicht der AGO wären die nötigen Maßnahmen nicht schneller umsetzbar als die Errichtung von Schacht 5. Sie könnten sogar durch das Umlenken von Kapazitäten zu zeitlichen Verzögerungen beim Gesamtvorhaben führen. Ein Gutachter der AGO formulierte ein abweichendes Sondervotum und sah durch weniger einschneidende Maßnahmen zur Ertüchtigung bzw. Umgestaltung und durch begleitende organisatorische Regelungen (z.B. Nutzungszeiten) eine solche Nutzung auch dann als sinnvoll an, wenn kein (unmittelbarer) zeitlicher Vorteil gesehen wird. Er verweist darauf, dass die logistische Anbindung der ELK 8a/511 an den geplanten Schacht Asse 5 nur mit sehr aufwändigen Neuauffahrungen nahe des Salzspiegels sowie langen Transportstrecken realisierbar ist, die bei Nutzung von Schacht 2 vermeidbar wären. Dann könnten neben Kosteneinsparungen mittelbar auch Zeitgewinne möglich sein.

4.2 Zugang zum Rückholbergwerk / Schachtansatzpunkt

- Zugangsvarianten

Sachstand BGE

Neben der Errichtung eines neuen seigeren Bergungsschachtes ist auch die Errichtung einer Rampe als Zugang in das Rückholbergwerk grundsätzlich denkbar.

Gegen eine Rampe spricht, dass eine Durchörterung der Flanken des Salzstocks wegen möglicher Lösungszutritte ausgeschlossen ist. Weiterhin sind die große Länge und das große Ausbruchsvolumen nachteilig für eine Rampe. Schächte sind außerdem mit deutlich geringerem Aufwand langfristig sicher zu verschließen. Allerdings bietet eine Rampe mehr Flexibilität hinsichtlich der Wahl der Tagesanlagen und einen deutlich besseren Zugang in das Rückholbergwerk für Material und Fahrzeuge. Ein Schacht hingegen stellt in der Regel die kürzeste Verbindung zwischen der Tagesoberfläche und einer Lagerstätte dar. Im Vergleich zur deutlich längeren Rampe ist insofern auch der Eingriff in die geologische Barriere geringer. Im Ergebnis der Abwägungen wird die Errichtung eines Schachtes anstelle einer Rampe bevorzugt.

Kommentar AGO

Die AGO folgt den Abwägungen der BGE zugunsten einer Schacht-Lösung in allen Punkten.

- Varianten für den Schachtansatzpunkt

Sachstand BGE

Schächte werden aus Gründen der hydrogeologischen Sicherung des Bergwerks möglichst auf dem Top der Salzstruktur durch das Hutgestein geteuft. Ein Standort westlich des Bestandsbergwerks wurde als weniger geeignet bewertet, da hier weite Bereiche durch einen bestehenden Sicherheitspfeiler gegen die Baue der abgesoffenen Schachtanlage Asse I zu meiden sind. Eine außerhalb des verfügbaren Sicherheitspfeilers verbleibende Fläche im

westlichen Bereich der Schachanlage Asse II weist im Gegensatz zu der östlich des Grubengebäudes befindlichen Fläche carnallitisches Salz im Bereich möglicher Schachtabdichtungen auf, und der westliche Ansatzpunkt würde Hang- und Böschungssicherungsarbeiten erfordern.

Kommentar AGO

Die Ausschluss- und Abwägungskriterien, die zur Entscheidung für einen Schachtstandort im Osten der Schachanlage Asse II geführt haben, werden von der AGO geteilt, jedoch verweist die AGO auf ihre Stellungnahme vom 10.10.2011 (AGO 2011) und die dort enthaltenen Hinweise zur geologischen Situation (Hydrogeologische und gebirgsmechanische Relevanz von Hauptanhydrit/Grauem Salzton, Rotem Salzton und Pegmatitanhydrit; Verlauf der Großvahlberger Diagonalstörung und der Ammerbeek-Störung; ausstehende 3D-Reflexionsseismik). Ein wichtiges Kriterium für den Ausschluss möglicher Schachtansatzpunkte war damals auch der starke Durchbauungsgrad im Bereich der bestehenden Schachanlage Asse II, der keine unverritzten Bereiche für einen Schachtsicherheitspfeiler übrigließ.

- Erkundungsergebnisse zum Schachtansatzpunkt

Sachstand BGE

Seit 2013 wird der Bereich östlich des Grubengebäudes durch die Tagesbohrung Remlingen 15, untertägige Kernbohrungen und geophysikalische Erkundungsmaßnahmen erkundet (BfS 2017; BGE 2018c). Im Rahmen der Erkundung wurde festgestellt, dass der innere Aufbau der Salzstruktur komplexer als angenommen ist. Anstelle des erwarteten älteren Steinsalzes der Staßfurt-Folge wurde in der Remlingen 15 das jüngere Leine-Steinsalz mit steilstehendem Anhydritmittelsalz und dem darin auftretenden potenziell lösungsführenden Anhydritmittel (am4) angetroffen. Die untertägigen Erkundungsbohrungen zeigen, dass die Salzstruktur nach Osten hin abtaucht und neben dem Leine-Steinsalz östlich des Grubengebäudes auch potenziell lösungsführender Hauptanhydrit auftritt. Die Erkundungsergebnisse zeigen eine deutliche Verschmälerung der Salzstruktur östlich des Grubengebäudes. Diese Erkenntnisse werden auch durch die Ergebnisse der geologischen Oberflächenkartierung gestützt. Damit haben sich die ursprünglich getroffenen Annahmen zur Geologie bezüglich der oben genannten Verhältnisse des Salinars nicht verifizieren lassen.

Kommentar AGO

Die AGO verfolgt mit großem Interesse die neuen Erkundungsergebnisse, die aber nur zögerlich freigegeben werden und noch einer abschließenden Interpretation bedürfen, in welche auch die noch nicht vorliegenden Ergebnisse der 3D-Seismik einfließen werden.

Der geologische Internbau der Salzstruktur ist in der Vergangenheit von der bekannten Struktur im aufgeschlossenen Grubengebäude ausgehend nach Osten (mangels Erkundungsdaten) extrapoliert worden. Man hat damals offenbar die Intensität der Verfaltung und das Abtauchen der Faltenachsen nach Osten unterschätzt, mit dem Ergebnis, dass der Sattelkern mit dem Staßfurt-Steinsalz weiter als erwartet zur Nordflanke hin gelegen ist. Die Verschmälerung des Sattels östlich der Großvahlberger Verwerfung ist allerdings bekannt gewesen und war aus geologischen Karten ableitbar.

Die intensive Erkundung des Untergrundes wird gleichwohl von der AGO als absolut notwendig und zielführend erachtet, um verlässliche und präzise Planungsgrundlagen für den Schacht 5 und den Anschluss des Rückholbergwerks zu erarbeiten.

- Aktuell zugrunde gelegter Schachtansatzpunkt

Sachstand BGE

Durch die neuen geologischen Erkenntnisse wird die grundsätzliche Entscheidung für den Schachtstandort östlich des Grubengebäudes nicht in Frage gestellt. Die vorgefundene Situation lässt sich durch Veränderungen (z. B. schmalere Infrastrukturausbreitung, tieferes Füllort, geringe Verschiebung des Schachtansatzpunktes) bei der Planung und Errichtung des

Rückholbergwerks kompensieren. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird nunmehr ein Punkt – ca. 150 m ostnordöstlich der Erkundungsbohrung Remlingen 15 und ca. 250 m Abstand zum Bestandsbergwerk (Bezugspunkt östlicher Rand ELK 1/750) – für den Schachtansatz in Betracht gezogen. Dieser Schachtansatzpunkt bietet einen ausreichend großen Abstand zum Bestandsbergwerk, sodass ausreichend Platz für die neu aufzufahrenden Infrastrukturräume vorhanden ist. Im Weiteren gewährleistet dieser Punkt einen möglichst großen Abstand zu den Anhydritmittelsalzen und zu der Nord- und der Südflanke.

Kommentar AGO

Nach dem Kenntnisstand der AGO zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts ist der nach neuen geologischen Erkenntnissen gewählte und optimierte Schachtansatzpunkt plausibel.

4.3 Rahmenbedingungen und grundlegende Planungsannahmen für das Rückholbergwerk und den Bau des Schachtes Asse 5

Sachstand BGE

Die Planungen zur Streckenführung und zur Anlage von Infrastrukturräumen richten sich primär nach sicherheitlichen und funktionalen Anforderungen während der Rückholung unter Berücksichtigung bereits bekannter und erkundeter geologischer und geotechnisch-gebirgsmechanischer Rahmenbedingungen. Die erhobenen Daten aus diesen Erkundungsmaßnahmen werden durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) interpretiert, in ein geologisches 3D-Modell eingepflegt und den Planern des Rückholbergwerkes in regelmäßigen Abständen zur Verfügung gestellt.

Kommentar AGO

Die arbeitsteilige Hinzuziehung der BGR bei der geologischen Interpretation der Erkundungsdaten wird für sinnvoll erachtet, um den Planungsprozess zu beschleunigen und durch die vorhandene Expertise zu unterstützen.

Sachstand BGE

Die Aus- und Vorrichtungsplanung des Rückholbergwerkes geht davon aus, dass sich die querschlägige Erstreckung des Salinars südöstlich des bestehenden Grubengebäudes deutlich verjüngt, aber dennoch mit der Teufe kontinuierlich zunimmt. Größere Infrastrukturräume können erst auf tieferen Sohlen angelegt werden. Durch das Abtauchen der Salzstruktur nach Südosten wird es wahrscheinlich, dass das oberste Füllort des Schachtes Asse 5 und die obere Verbindungsstrecke zwischen dem Füllort und dem Bestandsbergwerk tiefer liegen wird als die oberste Sohle des Bestandsbergwerks.

Kommentar AGO

Die geschilderten tektonischen Verhältnisse sind nachvollziehbar, jedoch werden diesbezüglich von der Auswertung der 3D-Seismik noch präzisere Informationen erwartet.

Das oberste Füllort des neuen Schachtes sowie die Verbindungsstrecken zur alten Schachtanlage haben die alleinige Funktion, die Rückholung der 1301 Fässer aus der ELK 8a/511 zu ermöglichen. Der hohe Aufwand hierfür, verbunden mit praktischen Problemen (z.B. Nähe des Füllorts und der Anschlussstrecken zum Salzspiegel bzw. Salinarkontakt), legten nahe, für die Rückholung aus ELK 8a/511 nach alternativen Lösungen und Transportwegen zu suchen. Dem Vorschlag einer Nutzung des Schachtes Asse 2 (s.o.) kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Dies war ein Argument für das Sondervotum eines AGO-Mitglieds in AGO (2020a).

Sachstand BGE

Im Rahmen der Vorrichtungsplanung sind die eingebetteten lösungsführenden Gesteine (Hauptanhydrit und Anhydritmittel) zu beachten. Der in der Erkundungsbohrung EBrg. 700-2 angetroffene Hauptanhydrit ist ab einer Bohrlochlänge von ca. 200 m bis zur Bohrlochsohle bei 254 m lösungsführend. Es trat ein Zufluss zur Bohrung auf, der nach mehreren Monaten Beobachtungsdauer kumulativ etwa 6 m³ erbrachte und nach Chemismus und beobachteter

Druckentwicklung eindeutig intrasalinaren Ursprungs war. Bereiche, in denen Hauptanhydrit nachgewiesenermaßen ansteht oder mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vermuten ist, müssen im Rahmen der Vorrichtungsplanung ausgehalten werden.

Die Anhydritmittelsalze sind in Form mehrerer Sättel und Mulden gefaltet. Diese verlaufen quer zum Streichen der Salzstruktur. Damit wird bei Anlage des Rückholbergwerkes bzw. beim Auffahren der Verbindungsstrecken zum Bestandsbergwerk das Durchörterung ggf. lösungsführender Anhydritmittel nicht zu vermeiden sein.

Kommentar AGO

Die Lösungs- und teilweise Gasführung des Hauptanhydrits (und Grauen Salztons, sowie der Anhydritmittelsalze) sind ein bekanntes Phänomen der deutschen Kalilagerstätten, und auf einschlägige Erfahrungen kann zurückgegriffen werden. Die Meidung entsprechender Anhydritkörper bei der Streckenauffahrung ist anzustreben. Dazu stellt die AGO fest: Die Anhydritmittelsalze zeigen aufgrund der abtauchenden Faltenachsen umlaufendes Streichen (sie „verlaufen nicht quer“). Soweit die Anhydritmittelsalze beim Bau von Verbindungsstrecken lokal durchörtert werden müssen, sollte der Durchstoßpunkt möglichst im Bereich der Umbiegung (Faltenkern) und nicht an den Flanken der Falten erfolgen, um die Aufschlussfläche in den Anhydritmitteln und die beeinflusste Streckenlänge möglichst gering zu halten.

Sachstand BGE

Die Umverpackungen mit den geborgenen Abfällen werden zum nächstgelegenen Füllort des Bergungsschachtes (Asse 5) transportiert. Für die Abfälle aus den ELK der 750- und 725-m-Sohle ist dies ein Füllort im Bereich der 750-m-Sohle, für die Abfälle aus der ELK 8a/511 ist dies der Füllort im Bereich der 574-m-Sohle. Im Rückholbergwerk sollen die Transportketten von den Schleusenbereichen vor den Einlagerungskammern bis zu den Füllörtern des Schachtes möglichst nicht unterbrochen werden. Dabei sind die Umverpackungen so wenig wie möglich umzuschlagen.

Kommentar AGO

Die hier beschriebene optimierte Logistik ist anzustreben. Aus diesem Grund stellt sich erneut die Frage, ob es günstigere Alternativen für die Rückholung der Abfälle aus ELK 8a/511 als den Weg über Schacht 5 gibt. Die AGO verweist an dieser Stelle auf die im Kapitel 4.1 umrissenen Abwägungen und das Sondervotum eines Gutachters.

Die Teufenangabe für das Füllort sowie weitere Teufenangaben für das Rückholbergwerk im neuen Schacht 5 im Bereich der 574-m-Sohle bezieht sich vermutlich auf das Bestandsbergwerk (Rasenhängebank Schacht Asse 2).

Sachstand BGE

Hinsichtlich der Transporttechnik unter Tage sind grundsätzlich Transporte von Betriebsmitteln, maschinellen Anlagen und sonstigen Materialien sowie das Fördern von Haufwerksmassen, die jeweils keinen atom- und/oder strahlenschutzrechtlichen Bestimmungen unterliegen, von Transporten radioaktiver Abfälle zu unterscheiden. In beiden Fällen sind folgende Anforderungen von der Transporttechnik zu erfüllen: möglichst emissionsfrei, mindestens unterhalb aller gesetzlichen Grenzwerte (z. B. für NO_x), Steigung, Kurvenradius und Größe der Streckenquerschnitte müssen der eingesetzten Technik entsprechen, möglichst ungebrochene Transportketten von der ELK bis zum übertägigen Pufferlager, möglichst leichte und handhabbare Transporteinheiten.

Kommentar AGO

Die genehmigungsrechtliche Unterscheidung nach radioaktiven und sonstigen Materialien ist für die AGO plausibel und sachgerecht.

Sachstand BGE

Bei den Planungen des Rückholbergwerkes sind auch wettertechnische Aspekte sowie die Einhaltung der genehmigten Ableitungen mit der Fortluft zu beachten. Nach dem Herstellen der untertägigen Verbindung zwischen Rückhol- und Bestandsbergwerk wird der Schacht

Asse 2 als einziehender und Schacht Asse 5 als ausziehender Schacht betrieben. Bei entsprechendem Erfordernis kann ggf. auch der Schacht Asse 4 als weiterer einziehender Schacht genutzt werden. Limitierender Faktor bei den Wettermengen ist der einziehende Schacht Asse 2. Unter Berücksichtigung noch zulässiger Wettergeschwindigkeiten lassen erste Abschätzungen des Frischwetterstromes, nach entsprechender Umrüstung und Optimierung des Schachtes Asse 2, ca. 12.000 bis 14.000 m³/min erwarten. Das Wetternetz muss dabei Wärmeabfuhr und Schadstoffverdünnung zuverlässig gewährleisten. Die den ELK-Öffnungsbereichen zugeführten Frischwetter gelten nach dem Verlassen dieser Bereiche als potenziell radiologisch kontaminiert. Diese Abwetter müssen aus den ELK-Öffnungsbereichen abgeführt (abgesaugt) und in geschlossenen Systemen (Rohrleitungen, Kastenlütten oder dgl.) über ausgewählte Strecken/Grubenbaue zum Schacht Asse 5 und über diesen nach über Tage abgeführt werden. Dort ist ein Abluftbauwerk (Wetterauslass oder Abwetterbauwerk) zu errichten, welches die umwelt- und strahlenschutzrechtlichen Anforderungen aus der Genehmigung erfüllt.

Kommentar AGO

Den Ausführungen kann die AGO vom Grundsatz her folgen, erwartet aber zum gegebenen Zeitpunkt z. B. detailliertere und quantitative Aussagen über die erforderlichen Wetterströme auch für die einzelnen Teilbereiche der Schachtanlage (z. B. der Einlagerungskammern).

Sachstand BGE

Für den Untertagebetrieb im Rückholbergwerk werden neue Infrastrukturräume benötigt. Derzeit werden hierfür beispielhaft ein Flächenbedarf von bis zu 20.000 m² und ein Raumbedarf von bis zu 150.000 m³ angenommen. Ein Großteil der gegenwärtig im Bestandsbergwerk befindlichen Infrastrukturräume wird aus gebirgsmechanischen Gründen verlegt werden müssen. Unabhängig davon wird geprüft werden müssen, inwieweit ggf. auch im Bereich des Bestandsbergwerkes neue, langfristig standsichere Infrastrukturräume herzustellen sind.

Kommentar AGO

Der genannte Flächenbedarf für neue Infrastrukturräume von „bis zu 20.000 m²“ entspricht der Fläche von 3 Fußballfeldern. Die AGO vermisst eine konkrete und nachvollziehbare und nicht nur „beispielhafte“ Aufstellung der notwendig erachteten Infrastrukturräume unter Tage, nach Funktion und Raumbedarf. Sie weist an dieser Stelle auf die günstigen Messbedingungen für Strahlungsmessungen hin, die für eine Charakterisierung der Abfälle genutzt werden könnten (s. Kapitel 5.1.1). Es sollte auch geprüft werden, welche Infrastrukturräume über Tage eingerichtet werden könnten, denn der aus anderen Gründen groß ausgelegte Schacht Asse 5 wird, anders als bei Gewinnungsbergwerken, viel freie Förderkapazitäten haben, die genutzt werden können.

Sachstand BGE

In den Verbindungsstrecken zwischen dem Bestandsbergwerk und dem Rückholbergwerk sind Verschlussbauwerke zu integrieren, die im Falle eines auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) schnell aktiviert werden können. Geologisch und geotechnisch geeignete Orte, Bauart und Funktionsweise stehen derzeit im Detail noch nicht fest.

Kommentar AGO

Verschlussbauwerke werden auch von der AGO als notwendig erachtet. Die AGO geht davon aus, dass es sich im Prinzip um Dammtore handelt, die im Rahmen einer Schadensbehebung auch wieder geöffnet werden können und danach ggf. einen Weiterbetrieb der Rückholung ermöglichen.

Die AGO weist darauf hin, dass auch alle sonstigen Verbindungen wie Wetterbohrungen etc. im Havariefall geschlossen werden müssen und entsprechende Vorkehrungen herzustellen sind.

Sachstand BGE

Aufgrund der bis ca. 700 m Teufe engen, querschlägigen Erstreckung des Salzsattels ist es erforderlich, den Sicherheitsabstand zu den Salzflanken von 150 m bis zu 75 m zu verringern.

Nach dem Wortlaut des § 224 Absatz 2 ABVO ist die Anlage von Grubenräumen in den genannten Sicherheitsbereichen nicht ausdrücklich verboten und insofern dann mittels Ausnahmegenehmigung grundsätzlich auch möglich. Bei der Antragsstellung sind hierzu entsprechende Sicherheitsnachweise vorzulegen, sodass die Genehmigungsbehörde diesen Sachverhalt prüfen kann. Die Darstellung ist in Abb. 24 (BGE 2020a) wiedergegeben.

Kommentar AGO

Nach dem Verständnis der AGO sollte eine Verringerung der Sicherheitsabstände zur Salzkontur nur als letztes Mittel in Frage kommen und auf das erforderliche Mindestmaß beschränkt bleiben. Andererseits zeigt das Risswerk und die Abb. 22 (BGE 2020a), dass im Bestandsbergwerk der Abstand von 150 m vielfach deutlich unterschritten ist und die Einlagerungskammern bis zu 40 m an das Deckgebirge heranreichen.

Für die konkrete Planung fehlen derzeit noch wesentliche Beurteilungsgrundlagen, insbesondere der durch 3D-Seismik bestimmbarer genaue Verlauf des Salinarkontakts zum Deckgebirge und der zu konkretisierende Raumbedarf für Infrastrukturräume, die nicht nach über Tage verlegbar sind. Ebenso werden nach Abschluss der Erkundungsarbeiten weitere, im Wesentlichen geologisch geotechnische Randbedingungen (z. B. Anhydritvorkommen) zu berücksichtigen sein.

Sachstand BGE

Unter Berücksichtigung der geologischen Randbedingungen und der Festlegungen und Annahmen für die Planung der Vorrichtung des Rückholbergwerkes im Salinar wurde als Schachtansatz ein ca. 150 m ostnordöstlich der Erkundungsbohrung Remlingen 15 gelegener Punkt gewählt. Die Höhe des Ansatzpunktes über NN beträgt ca. 197 m. Bezogen auf den östlichen Rand der ELK 1/750 beträgt der Abstand der zukünftigen Schachtachse zum Bestandsbergwerk ca. 254 m. Die Lage des neuen Ansatzpunktes auf dem Luftbild bzw. der Durchstoßpunkt der Schachtachse im Niveau der 750-m-Sohle sind in den Abb. 25 und 26 (BGE 2020a) dargestellt.

Kommentar AGO

Der neu festgelegte, geologisch optimierte Ansatzpunkt für den Schacht 5 ist aufgrund der bisher der AGO bekannten Erkundungsergebnisse nachvollziehbar. Für die AGO ist jedoch die Darstellung der geologischen Begrenzungslinien in den Abb. 25 und 26 (BGE 2020a) nicht ausreichend erläutert und verwirrend. Die „Ausbisslinien Muschelkalk“ sollen vermutlich beidseits der Sattelachse die südliche bzw. nördliche Verbreitungsgrenze von Gesteinseinheiten des Muschelkalks an der Geländeoberfläche bezeichnen, unabhängig davon ob es sich um stratigraphische Liegend-, Hangend- oder tektonische Grenzen handelt. Die grünen und gelben Teilflächen sollen vermutlich die Bereiche mit Mindestabständen von 75 m bzw. 150 m von der Salzflanke kennzeichnen. Die AGO vermisst in den Abbildungen außerdem den Verlauf der bekannten Störungen (vgl. ERCOSPLAN 2018). Überhaupt fehlt eine Diskussion der tektonischen Störungen in Bezug zum Schachtstandort, auch wenn nach bisherigem Kenntnisstand vermutlich keine Durchörterung erfolgen wird.

Die AGO weist weiterhin darauf hin, dass sich in ca. 500 m Entfernung eine Trinkwasserfassung befindet und es derzeit nicht klar ist, ob oder wie diese Fassung und das zugehörige Einzugsgebiet von der Planung betroffen sind.

4.4 Eckdaten für das Rückholbergwerk mit Schacht und Schachtförderanlage Asse 5

- Schacht und Schachtförderanlage Asse 5

Sachstand BGE

In zwei Tabellen sind in BGE (2020a) die konzeptionellen Eckdaten des Schachtes Asse 5 (Tabelle 4) und der im Schacht geplanten Förderanlagen (Tabelle 5) zusammengestellt. Die Schachtscheibe mit eingezeichneten Förderanlagen, Schachteinbauten, Rohrleitungen und Kabel sowie den beiden Trumen für die Abwetter ist in Abb. 27 wiedergegeben.

Über Schacht Asse 5 ist vor Beginn der Rückholung im Rahmen der Auffahrung des Rückholbergwerkes Ausbruchshaufwerk in erheblicher Menge nach über Tage auszufördern. Im Rahmen der derzeit laufenden Entwurfsplanungen wird daher auch geprüft, inwieweit die Koepe-Förderung während der Auffahrungsphase temporär auch mit Skipgefäß und Gegengewicht betrieben werden kann. Das Skipgefäß könnte dann für Personenbeförderung an Schacht Asse 5 auch mit einem zusätzlichen Seilfahrtsboden ausgestattet werden.

Kommentar AGO

Die aus den o.g. Tabellen hervorgehenden Leistungsmerkmale des Schachts Asse 5 erscheinen der AGO angemessen, auch in Anbetracht der Nutzung aller Beschleunigungspotentiale für die Rückholung. Die AGO hält auch die Überlegungen für eine Modifizierung der Förderanlage während der Aus- und Vorrichtungsphase für sinnvoll. Zum besseren Verständnis der Angaben wäre es sinnvoll gewesen, entweder auf den BfS-Bericht (BfS 2017) und auf die AGO-Stellungnahme (AGO 2017) zu verweisen oder die Anlage näher zu erklären.

- Zuschnitt von Strecken und Infrastrukturräumen

Sachstand BGE

Die Anschlussstrecken an die Füllörter des Schachtes Asse 5 müssen mit einem Querschnitt aufgefahren werden, der ein Bewegen von schweren Lasten in vertikaler und horizontaler Richtung im Rahmen des Umschlages von Schwerlasten zwischen Schacht und Strecke ermöglicht. Strecken, in denen z. B. mittels flurgebundener, mehrachsiger Fahrzeuge Umverpackungen mit radioaktivem Abfall bewegt werden, müssen einen der Transporttechnik entsprechenden Querschnitt aufweisen. Infrastrukturräume (Werkstätten, Lagerräume, Räume zum Umgang mit Umverpackungen) werden entsprechend der Ergebnisse gebirgsmechanischer Modellierungen aufgefahren. Die jeweilige Firsthöhe eines der Infrastruktur dienenden Grubenraumes ergibt sich dabei aus seiner Zweckbestimmung. Die Länge eines Infrastrukturräumens ergibt sich ebenfalls aus seiner jeweiligen Zweckbestimmung. Für Planungszwecke – u. a. auch für die Abschätzung des gesamten auszubrechenden Hohlraumvolumens – wurden die Längen von Infrastrukturräumen vorläufig und beispielhaft mit bis zu 55 m angenommen. Für alle vorstehend aufgeführten Grubenräume wird – wie in Salzbergwerken üblich und langjährig bewährt – zunächst davon ausgegangen, dass keine besonderen Ausbaumaßnahmen erforderlich sein werden.

Kommentar AGO

Die AGO sieht hier besondere Probleme aufgrund der Sicherheitsabstände und hätte an dieser Stelle wenigstens vorläufige, aber doch konkrete Aussagen zu den erforderlichen Streckenquerschnitten und sonstigen Dimensionierungen des Rückholbergwerks erwartet. Der AGO ist bewusst, dass noch offenstehende Entscheidungen bei der Variantenauswahl detaillierte Angaben schwierig machen, hätte sich aber trotzdem präzisere Angaben zur Dimensionierung der Strecken und Infrastrukturräume gewünscht.

Hier werden thematische Verbindungen zu den ebenfalls defizitären Überlegungen zu den tatsächlich notwendigen Infrastrukturräumen gesehen. Die AGO empfiehlt eine Forcierung diesbezüglicher Planungen und die Ableitung und Festlegung von konkreten Zielwerten.

4.5 Beispielhafter Entwurf eines Rückholbergwerks

Sachstand BGE

BGE stellt anhand eines Entwurfs die Vorgehensweise zur Planung des Rückholbergwerks dar. Der von der BGE als „beispielhaft“ dargestellte Entwurf spart noch Bereiche von ca. 100 m Breite östlich der Einlagerungskammergruppe Ost auf der 750-m-Sohle und nördlich der ELK 8a/511 für im Rahmen der Durchführung der Rückholung aufzufahrende Grubenräume (Kammeröffnungs- und Schleusenbereiche etc.) aus. Diese sollen später in die dynamische 3D-Bergbauplanungssoftware SURPAC importiert und fortgeschrieben werden.

Der aktuelle Planungsansatz ist in den Abb. 28 bis 30 (BGE 2020a) beispielhaft dargestellt. Die dort gelb umrandeten Bereiche vor der ELK 8a/511 und vor der Kammergruppe Ost auf der 750-m-Sohle wurden für anzulegende Grubenbaue (z. B. Zugangsstrecken zu Einlagerungskammern, Schleusenbereiche, Arbeitsbereiche für das Verpacken des geborgenen radioaktiven Abfalls in Umverpackungen etc.) reserviert.

Kommentar AGO

Die AGO hält den Einsatz der Bergbauplanungssoftware SURPAC für den Planungsansatz, um den aktuellen Kenntnisstand jederzeit deutlich zu machen, für sachgerecht. Das 3D-Modell wird entsprechend den sich fortentwickelnden Kenntnissen über Geologie, Gebirgsmechanik, Sicherheitspfeiler usw. und die Entscheidungen über Planungs-entwicklungen beständig fortgeschrieben. Die AGO erkennt darin die Möglichkeit, die Planungen schnell und nachvollziehbar zu aktualisieren sowie die sich durch Erkenntnisgewinn ergebenden Anpassungen umfassend in die Planung einbeziehen zu können. Mit der Nutzung eines 3D-Modells lässt sich auch der Veränderungsprozess nachvollziehbar dokumentieren und somit für alle Beteiligten transparent darstellen. Den von der BGE in diesem Zusammenhang benutzten Begriff „*beispielhaft*“ findet die AGO allerdings unglücklich, da er vermuten lässt, dass es weitere Ansätze gibt, über die nicht berichtet wird.

Die Abb. 28 bis 30 (BGE 2020a) dokumentieren die Ansätze der Planungsstrategie, die mit den konkreten, logischen und terminlich aufeinander abgestimmten operativen Maßnahmen verknüpft werden sollten. Eine solche Vorgehensweise ist in der Industrie bereits als BIM-Planung (Building Information Management) etabliert und sollte auch für die Schachtanlage Asse II Anwendung finden.

Sachstand BGE

In den drei geplanten Verbindungsstrecken zwischen dem Rückholbergwerk und dem Bestandsbergwerk wird es Absperrbauwerke (s. Abb. 28 und 29 (BGE 2020a)) geben.

Kommentar AGO

Die AGO hält solche Absperrbauwerke in Gestalt von Dammtoren sowohl für die betriebliche Sicherheit als auch für die Notfallvorsorge für notwendig (s.o.).

Sachstand BGE

Aufgrund der geologischen und geotechnischen Gegebenheiten werden Infrastrukturräume voraussichtlich unterhalb der 750-m-Sohle angelegt werden müssen. Eine von der 750-m-Sohle zur 800-m-Sohle führende Rampe/Wendel ist daher eingeplant. Es ist derzeit nicht auszuschließen, dass auch in diesem Sohlenniveau ggf. weitere Streckenverbindungen zwecks Öffnung und Räumung der Einlagerungskammern erforderlich werden.

Kommentar AGO

Die fehlende Konkretisierung der tatsächlich erforderlichen Infrastrukturräume unter Tage (s.o.) wirkt sich planungshemmend aus und die detaillierte Planung sollte daher schnellstmöglich erfolgen, sobald die notwendigen Kenntnisse zur Geologie vorliegen. Die AGO fragt sich allerdings, aus welchen Gründen die BGE unterhalb der 750-m-Sohle weitere Streckenverbindungen zwecks Öffnung und Räumung der Einlagerungskammern für erforderlich hält, zumal dieser Bereich bereits bergbaulich verritzt ist und andererseits die 750-m-Sohle aufwändig verfüllt worden ist. Die AGO fragt sich außerdem, wie solche Auffahrungen in das Sicherheitskonzept, das die Herstellung von Strömungsbarrieren begründet hat, passen.

Sachstand BGE

Um im Rückholbergwerk – außer Schacht Asse 5 – eine weitere Verbindung zwischen den Sohlen im Salinar vorsehen zu können, ist ein Blindschacht zwischen dem Niveau der 574-m-Sohle und dem Niveau der 800-m-Sohle mit Zwischenanschlüssen auf der 700-m-Sohle und der 750-m-Sohle dargestellt. Dieser Blindschacht könnte wetter- und transporttechnischen Zwecken sowie der Verbesserung der Fluchtwegmöglichkeiten dienen.

Kommentar AGO

Bei zielgerichteter Planungsweise müsste die Frage doch eher lauten: Ist eine weitere Verbindung erforderlich und falls ja zu welchem Zweck, oder reichen die vorhandenen Verbindungen (z.B. Schächte Asse 2 und 4) aus? Die Begründung von BGE, dass dieser Blindschacht wetter- und transporttechnischen Zwecken sowie der Verbesserung der Fluchtwegmöglichkeiten dienen kann, ist nachvollziehbar.

Sachstand BGE

Die im 3D-Modell des Rückholbergwerkes auf mehreren Sohlen beispielhaft verzeichneten Infrastrukturräume stellen noch nicht den voraussichtlichen Bedarf dar, der sich aus Räumen für Werkstätten, für maschinelle und elektrotechnische Anlagen, für untertägig erforderliche Lager und Funktionsräumen für Wettertechnik, Geoinformation und Strahlenschutz ergibt. Hinzu könnten des Weiteren Infrastrukturräume für die Prozesse der Bergung, Umverpackung und des untertägigen Transports im Rahmen der Durchführung der Rückholung kommen.

Kommentar AGO

Die AGO hält die rechtzeitige Konkretisierung und realistische Dimensionierung der erforderlichen Infrastrukturräume für dringlich, wobei mögliche Auslagerungen nach über Tage anzustreben sind.

4.6 Teuf- und Streckenvortrieb

Sachstand BGE

Das Teufen des Schachtes Asse 5 wird nach Vorversuchen konventionell mit Bohr- und Sprengarbeit geplant. Auch das Aussetzen der Füllörter sowie das von Schacht Asse 5 aus erfolgende Auffahren der Füllortanschlussstrecken ist konventionell einfacher darstellbar als vergleichsweise mit maschinellen Teufverfahren (Schachtfräse, Schachtbohrmaschine). Alle anderen Streckenvortriebe und Infrastrukturräume sollen maschinell (schneidend/fräsend) aufgefahren werden. Die von Schacht Asse 5 aus aufzufahrenden Grubenräume des Rückholbergwerkes sollen aus Gründen einer optimalen Bewetterung so bald als möglich mit dem Bestandsbergwerk verbunden werden. Parallel ausgeführte Teuf- und Streckenvortriebsmaßnahmen sind im Schachtbau bereits mehrfach erfolgreich und zeitoptimierend durchgeführt worden. Grubenräume, die im Bereich des Bestandsbergwerkes neu angelegt werden sollen/müssen, können ggf. schon vor dem Durchschlag zwischen Rückhol- und Bestandsbergwerk aufgefahren werden, sofern das Ausbruchshaufwerk unter Tage verwertbar ist.

Kommentar AGO

Die AGO hält die genannten Teuf- und Vortriebstechniken aufgrund der Vorversuche und der langjährigen Erfahrungen im Salzbergbau für zielführend. Die Überlegungen zu zeitsparenden parallelen Teuf- und Vortriebsarbeiten werden von der AGO begrüßt. Die AGO weist darauf hin, dass die mit dem Durchschlag zum Bestandsbergwerk wirksam werdenden atom- und strahlenschutzrechtlichen Vorschriften so in der Planung berücksichtigt werden sollten, dass sie nicht zu Verzögerungen führen.

Sachstand BGE

Das beim Schachtbau sowie bei den untertägigen Auffahrungsmaßnahmen für das Rückholbergwerk anfallende Haufwerk muss über Schacht Asse 5 nach über Tage gefördert und auf einer neu einzurichtenden Halde gelagert werden, sofern sich nicht anderweitige Möglichkeiten realisieren lassen. Das insgesamt anfallende Haufwerk könnte auf Basis des gegenwärtigen Bearbeitungsstandes voraussichtlich in der Größenordnung zwischen 735.000 und 945.000 t betragen (entsprechend 350.000 bis 450.000 m³ Ausbruchsvolumen).

Kommentar AGO

Auch die AGO sieht beim Management der anfallenden Haufwerksmassen die Notwendigkeit einer temporären, über mehrere Jahrzehnte dauernden Zwischenlagerung über Tage.

In Anbetracht der Mengen stellt sich die Frage, wo die Halde errichtet werden soll, ob dafür die Fläche (mehrere ha) verfügbar ist, welcher Eingriff in den Naturhaushalt damit verbunden ist und, ob sich daraus Umweltgefährdungen (z.B. Salzeinträge in das Grund- und Oberflächenwasser) ergeben.

Die aus dem Deckgebirge stammenden nicht salinaren Massen sollten möglichst vor Ort für sinnvolle Baumaßnahmen verwendet werden, beispielsweise zur Herstellung eines Planums für Gebäude oder zur Herstellung von Rampen zur Überquerung der Kreisstraße K513, um die neue Schachthalle von Schacht 5 an das alte Grubengelände der Schachtanlage Asse II bzw. das neue Pufferlager logistisch anzuschließen.

Das anfallende Salzhautwerk sollte im Hinblick auf seine Verwertbarkeit bei späteren Verfüllarbeiten sortiert und getrennt gelagert und zu gegebener Zeit wieder ins Bergwerk zurückgebracht werden.

5. Abfallbehandlung und Zwischenlagerung

Sachstand BGE

Nach der Zu-Tage-Förderung der Umverpackungen müssen diese zwischengelagert werden bis ein geeignetes Endlager gefunden ist. Dafür müssen sie den Annahmebedingungen für das Zwischenlager entsprechen. Ebenso sind zur Erlangung von Transportgenehmigungen zum Endlager konkrete Kenntnisse zum transportierten Abfall und ggf. dessen notwendiger Verpackung erforderlich.

Die Einrichtungen zur Abfallbehandlung sollen in der Lage sein, die rückgeholten, radioaktiven Abfälle in einen transport- und/oder lagerfähigen Zustand zu überführen. Die Abfallbehandlung läuft in drei Schritten ab:

- Charakterisierung
- Konditionierung
- Pufferlagerung

Die Charakterisierung ist der erste Schritt und dient dazu die stofflichen und radiologischen Eigenschaften des Abfalls zu bestimmen, um die notwendigen Behandlungsschritte und die geeignete Verpackung festzulegen.

Aus logistischen Gründen und um die Tätigkeiten unter Tage zur Rückholung nicht zu verzögern, wird eine Pufferung der Abfallströme von BGE geplant. Es ist darüber hinaus geplant, die Einrichtungen zur Abfallbehandlung vor Ort zu errichten und direkt mit dem Betriebsgelände der Schachtanlage zu verbinden.

Aus Gründen der Erfüllung internationaler Verpflichtungen zur Kernmaterialüberwachung ist des Weiteren die Charakterisierung und Bilanzierung der Abfälle erforderlich.

Laut BGE ist aus Gründen der Störfallsicherheit (u.a. Brandschutz) die Errichtung dieser Einrichtungen unter Tage nicht realisierbar. Dies wird auch mit dem Sicherheitsgewinn in Bezug auf den AÜL begründet, wenn die Abfälle so schnell als möglich nach über Tage gebracht werden.

Kommentar AGO

Die in die Thematik einführenden Aussagen der BGE sind allgemein gehalten und geben einen Überblick über die Vorstellungen des Betreibers, worin die wesentlichen Fragestellungen gesehen werden.

Die nahe am Standort der Schachtanlagen Asse II vorgesehene Errichtung von Anlagen zur Abfallbehandlung (Charakterisierung, Konditionierung, Pufferlagerung) ist für die AGO nachvollziehbar, eine daran gekoppelte Standortentscheidung zum Zwischenlager allerdings nicht.

5.1 Abfallbehandlung

Sachstand BGE

Zur Charakterisierung sollen möglichst zerstörungsfreie Messverfahren zum Einsatz kommen, damit die Abfälle nicht aus den Umverpackungen genommen werden müssen.

Ziel der Charakterisierung ist die Bestimmung

- der Dosisleistung
- der inneren Struktur der Gebinde
- der Struktur der Abfallmatrix
- des Kernbrennstoffgehalts

Die Ergebnisse sollen mit den vorhandenen Daten abgeglichen werden. Ist das nicht möglich, so erfolgt eine Probennahme und deren Analyse.

Es sind mehrere Messstraßen vorgesehen zur gleichzeitigen Analyse von Gebinden, wobei eine Messung ggf. mehrere Stunden bis zu mehr als einem Tag dauern kann.

Die Charakterisierung soll in einem Gebäudekomplex liegen und gegen Flugzeugabsturz gesichert sein. Die messtechnische Ausstattung konkretisiert sich in den nächsten Planungsphasen.

Nach der Zwischenpufferung schließt sich die Konditionierung an. Ziel der Konditionierung ist es, transport- und (end-)lagerfähige Abfallprodukte herzustellen. Diese müssen den Anforderungen des Transportrechts entsprechen und die Zwischen- oder Endlagerbedingungen erfüllen. Dabei kommen folgende Verfahren zum Einsatz:

- Verpressen
- Verbrennen
- Trocknen
- Zementieren/Bituminieren
- Verpacken
- Messen

Die Konditionierung orientiert sich an den derzeit gültigen Endlagerbedingungen für schwach- und mittelradioaktive Abfälle.

Die geplante Anlage besteht aus mehreren Konditionierungs- und Trocknungsstraßen. Es sollen 80 bis 100 Gebinde pro Tag verarbeitet werden können, ausgehend von der Überlegung im Mittel 20 bis 25 Gebinde pro Arbeitsort und Tag bei drei bis vier Arbeitsorten zu bergen. Die konditionierten Abfälle werden anschließend im Pufferlager eingestellt. Dessen Ziel ist es, einen unterbrechungsfreien Rückholbetrieb zu gewährleisten.

Das Pufferlager ist für die Pufferung kernbrennstoffhaltiger Abfälle ausgelegt und die Gebäudehülle ist gegen Flugzeugabsturz ausgelegt.

Kommentar AGO

Die einführende Darstellung der Abfallbehandlung gibt einen groben Überblick über die Vorstellungen des Betreibers. Da sich Inhalte dieser Einführung in den zugehörigen Unterkapiteln größtenteils wiederholen und detaillierter beschrieben werden, verweist die AGO bezüglich fachlicher Fragen auf ihre nachfolgend getroffenen Bewertungen und Hinweise.

5.1.1 Einrichtungen zur Charakterisierung

Sachstand BGE

Nachdem die umverpackten, radioaktiven Abfälle zu Tage gefördert wurden, werden sie einer stofflichen und radiologischen Charakterisierung unterzogen. Diese Charakterisierung ist

gemäß Rückholplan (BGE 2020a) für die weiteren Prozessschritte notwendig, insbesondere für den Transport über öffentliche Verkehrswege und für die spätere Deklaration. Zur Charakterisierung sollen möglichst zerstörungsfreie Messverfahren zum Einsatz kommen, damit die Abfälle nicht aus den Umverpackungen genommen werden müssen. Es werden als zerstörungsfreie Verfahren vorgesehen:

- Gammaskopie
- Tomografie
- Neutronenaktivierungsanalyse

Ziel der Charakterisierung ist mindestens die Bestimmung:

- der Dosisleistung
- der inneren Struktur der Gebinde
- der Struktur der Abfallmatrix
- des Kernbrennstoffgehalts

Die Ergebnisse sollen mit den vorhandenen Daten (Quelldaten) abgeglichen werden und damit die Zuordnung zu Abfallströmen erfolgen. Ist das nicht möglich, so erfolgt eine Probennahme und deren Analyse. Wichtiges Ziel der Charakterisierung ist die messtechnische Bestimmung, ob der Abfall kernbrennstoffhaltig ist oder als sonstiger radioaktiver Stoff behandelt werden kann. Im Ergebnis der Charakterisierung werden die umverpackten Abfälle für die weiteren Konditionierungsschritte zu Chargen vorsortiert.

Es sind mehrere Messstraßen vorgesehen zur gleichzeitigen Analyse von Gebinden, wobei eine Messung ggf. mehrere Stunden bis zu mehr als einem Tag dauern kann.

Die Charakterisierung soll in einem Gebäudekomplex stattfinden, der am Standort der Schachanlage Asse II liegt und nach ESK-Leitlinie gegen Flugzeugabsturz gesichert sein wird. Die Einrichtungen zur Charakterisierung bilden zusammen mit dem Pufferlager einen geschlossenen Gebäudekomplex, um möglichst kurze Transportwege zu realisieren. Die messtechnische Ausstattung konkretisiert sich in den nächsten Planungsphasen.

Kommentar AGO

Die Charakterisierung der radioaktiven Abfälle wird von der AGO als Schlüsselement im Rückholprozess angesehen, da sie entscheidende Weichenstellungen für die weitere Klassifizierung (z.B. als Kernbrennstoff) und Behandlung der Abfälle zur Folge haben wird. Die AGO sieht die fehlenden Vorgaben für Endlagerungsbedingungen als Hemmnis und die Unsicherheiten bei Vorkenntnissen zum Aktivitätsinventar als eine Herausforderung für das/die zu entwickelnden Messverfahren an, weist jedoch darauf hin, dass sowohl in den Endlagerungsbedingungen Konrad (BfS 2015) als auch in der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV 2018) grundlegende Anforderungen enthalten sind.

In diesem Zusammenhang weist die AGO darauf hin, dass eine Definition, was unter *„kernbrennstoffhaltig“* im Rahmen Rückholplanung verstanden wird, im Rückholplan (BGE 2020a) nicht enthalten ist. Die AGO vermutet, dass BGE Bezug nimmt auf den TÜV-Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars (TÜV 2011), in dem das Aktivitätsinventar der Abfälle hinsichtlich der Kernbrennstoffdaten überprüft wurde. Der Begriff „kernbrennstoffhaltig“ als Term der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 1989) ist jedoch seit Ende der 1990er Jahre obsolet und daher für Planungszwecke verwirrend. Sofern er für eine betriebliche Kommunikation benutzt wird, sollte er klar von den gesetzlich definierten Begriffen, insbesondere dem gesetzlich klar definierten Begriff der Kernbrennstoffe (s. Kap. 7.1.6) abgegrenzt werden. Die Charakterisierung der Abfälle sollte ausschließlich auf der Grundlage geltender Regelwerke durchgeführt werden.

Die AGO erwartet, dass durch die vor kurzem erfolgte Vergabe der Planungsarbeiten für ein Konzept zur Charakterisierung der radioaktiven Abfälle die Probleme umfassend analysiert, Defizite benannt sowie Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Zu klären ist insbesondere der

zu erwartende personelle und technische Aufwand für die Charakterisierung sowie die Notwendigkeit und ggf. das Vorgehen bei Probenahmen inklusive aller damit verbundenen Risiken (Freisetzung, Strahlenexposition, technische Maßnahmen zum Einschluss der radioaktiven Stoffe z.B. in einem Caisson).

Die im Rückholplan genannten zerstörungsfreien Verfahren haben enge technische Grenzen bzw. eingeschränkte Anwendungsbereiche. Die räumliche Verteilung von Strahlenquellen in den Abfallgebänden (Tomographie) wird von der AGO als wichtig betrachtet und sollte weiter präzisiert werden.

Grundsätzlich besteht aufgrund der Heterogenität der Inhalte der Umverpackungen bzw. Abfallgebände die Schwierigkeit, eine zerstörungsfreie repräsentative quantitative Analytik zu gewährleisten, mit der auch niederenergetische Betastrahler (vor allem Tritium und C-14) und Elektroneneinfangstrahler (z.B. Ni-59, Ni-63) hinreichend erfasst werden können. Diese Schwierigkeit wird noch verstärkt, wenn bei den vorgesehenen „Multiumverpackungen“, die unterschiedliche Abfallgebände nebeneinander enthalten, eine quantitative Abfallcharakterisierung ohne Öffnung der Umverpackungen erfolgen soll.

Weitere erhebliche Herausforderungen sieht die AGO in der Charakterisierung der nicht radioaktiven Abfallbestandteile hinsichtlich chemischer (stofflicher) Parameter.

Die erforderlichen Messkapazitäten für 126.000 Abfallgebände plus zusätzlicher Abfälle durch radioaktiv kontaminierten Salzgrus, kontaminierte Lösungen, Maschinenteile, Verbrauchsmittel, etc. sind beachtlich. Unter Berücksichtigung der Angaben im Rückholplan (BGE 2020a, S. 78), nach denen „eine Messung an der Umverpackung mehrere Stunden bis zu mehr als einem Tag dauern“ kann, muss bei beispielsweise 10 parallelen Messstraßen größenordnungsmäßig mit bis zu 50 Jahren zur Charakterisierung aller Abfälle gerechnet werden. Es stellt sich hier die Frage, wie sich die BGE diese Aufgabe zeitlich vorstellt. Die AGO ist gespannt auf die Ergebnisse der Konzeptentwicklung und sieht, dass die von BGE bereits erwähnte „Probenahme und Analyse“ nötig sein kann. Der zunächst unschöne Gedanke, alle oder bestimmte Teile der Abfälle aus den Umverpackungen und Gebänden zu nehmen, zu sortieren und mit den sonstigen Abfällen ausgebreitet über ein Mess- und Sortierband laufen zu lassen, könnte die Charakterisierung (und Konditionierung) beschleunigen und verlässliche Aussagen über die Abfälle ermöglichen. Eine anforderungsgerechte Konditionierung und Neuverpackung würde ermöglicht und die Volumen- und Massenzuwächse der Abfälle durch zusätzliche Verpackungen und Fixierungsmittel würden minimiert.

Die AGO weist außerdem auf die Anforderungen der Abfallkontrollrichtlinie (BMU 2008) hin, die vom Abfallverursacher bzw. Abfalleigentümer verlangen, dass er jederzeit Auskunft über Art, Beschaffenheit, Zustand und Lagerort geben muss. Die AGO sieht daher auch die Notwendigkeit, dass Fragen des Datenmanagements bei der Charakterisierung im Hinblick auf die Abfallflussverfolgung zeitnah bearbeitet werden.

Die AGO begrüßt es unter dem Aspekt der Beschleunigung bzw. Vermeidung von Behinderungen der untertägigen Rückholungsmaßnahmen ausdrücklich, dass die parallele Bearbeitung von Prozessschritten zur radiologischen und stofflichen Charakterisierung durchgeführt werden soll.

Aussagen zur Zweckmäßigkeit der Anordnung und Dimensionierung der Gebäudekomplexe lassen sich erst nach Vorliegen konkreter Entwürfe tätigen. In Anbetracht erheblicher messtechnischer Herausforderungen stellt sich allerdings die Frage, ob nicht eine erste radiologische Charakterisierung der Abfälle zunächst unter Tage erfolgen sollte. Da unter Tage die Höhenstrahlung abgeschirmt ist und in Grubenbereichen mit Steinsalz die Hintergrundstrahlung deutlich geringer als über Tage ist (die Schachanlage Asse II wurde in der Vergangenheit genutzt, um den Nullwert von Messgeräten zu prüfen), sind in dieser Hinsicht günstigere Messbedingungen gegeben und kürzere Messzeiten möglich. Damit könnte auch (unter Nutzung der Möglichkeiten der Lex Asse) eine Trennung von

kontaminiertem und nicht kontaminiertem Salzgrus vorgenommen werden, um die Menge des zutage zu fördernden Salzes zu minimieren.

5.1.2 Einrichtungen zur Konditionierung

Sachstand BGE

Nach einer Zwischenpufferung schließt sich die Konditionierung an. Ziel der Konditionierung ist es, transport- und (end-)lagerfähige Abfallprodukte herzustellen. Diese müssen den Anforderungen des Transportrechts entsprechen und die Zwischen- oder Endlagerbedingungen erfüllen. Dabei sollen folgende Verfahren zum Einsatz kommen:

- Verpressen
- Verbrennen
- Trocknen
- Zementieren/Bituminieren
- Verpacken

Die Auslegung der Konditionierungsanlage und die Auswahl der Konditionierungsverfahren orientieren sich an den derzeit gültigen Endlagerbedingungen für schwach- und mittelradioaktive Abfälle für das Endlager Konrad (BfS 2015).

Die geplante Anlage besteht aus mehreren Konditionierungs- und Trocknungsstraßen. Es sollen 80 bis 100 Gebinde pro Tag verarbeitet werden können, ausgehend von der Überlegung, dass im Mittel 20 bis 25 Gebinde pro Arbeitsort und Tag bei drei bis vier Arbeitsorten parallel zu bergen sein werden. Die Straßen sollen vom Grundaufbau her identisch sein und mit/ohne Schleusensystem ausgerüstet werden können. Im Konditionierungsbereich wird sich auch ein Bereich für die frisch vergossenen Transportcontainer befinden, in dem die Behälter beim Abbindeprozess verweilen.

Zusätzlich wird in die Konditionierungsanlage eine Anlage zur Betonherstellung integriert, in der die Verarbeitung von kontaminiertem Salzgrus und kontaminierten Lösungen möglich sein wird. Arbeitsplätze zur Behälterabfertigung sind ebenfalls geplant.

Kommentar AGO

Die von der BGE sehr knapp genannten Konditionierungsverfahren sind erprobte, bewährte Technologien. Nach Auffassung der AGO erscheint es mit den verfügbaren und bewährten Konditionierungstechniken und -verfahren zwar grundsätzlich möglich, die rückzuholenden radioaktiven Abfälle inklusive der dabei anfallenden Sekundärabfälle (z.B. kontaminierte Lösungen, Salzgrus) sowie die Bindemittel für Gase und Dämpfe zu behandeln und längerfristig zwischenlagerfähige Abfallprodukte herzustellen, doch sollten folgende Punkte bedacht werden:

- Für die Konkretisierung der Konditionierungsschritte, die einzusetzenden Verfahren und deren Reihenfolge, die genauen Arbeits- und Prüfschritte zur Sicherstellung der Qualität des Abfallproduktes sind die detaillierten Kenntnisse der Eigenschaften (stofflich, radiologisch, Gärfähigkeit, Feuchtegehalt, chemisch-toxische Eigenschaften usw.) der zu konditionierenden Abfälle notwendige Bedingung und setzen eine entsprechend zuverlässige Charakterisierung voraus. Aus diesem Grund ist es erforderlich, die Planungen zur Charakterisierung zu intensivieren und detailliert darzustellen, um mit den Ergebnissen die Konditionierungsschritte planen zu können. Dabei sollte auch eine Integration der Charakterisierung in den Konditionierungsprozess und deren gutachterliche Begleitung (Produktkontrolle) betrachtet werden.
- Es ist hinderlich, dass wegen der fehlenden Annahmebedingungen des Zwischenlagers und eines zukünftigen Endlagers zunächst hilfsweise die derzeitigen Endlagerungsbedingungen von Schacht Konrad (BfS 2015) als Planungsgrundlage herangezogen werden sollen. Die AGO weist deshalb darauf

hin, dass die Konrad-Bedingungen u.a. verschiedene Abfallproduktgruppen beinhalten, wobei die Anforderungen, die an das Erreichen von höheren Abfallproduktgruppen als der Abfallproduktgruppe 01 (erfüllt Grundanforderungen) gestellt werden, für einen Großteil der rückgeholten Abfälle möglicherweise nur erreichbar sind, wenn die rückgeholten Gebinde geleert und völlig neu konditioniert werden. Damit sind allerdings zusätzliche Strahlenexpositionen von Personen und wahrscheinlich auch Ableitungen von Radionukliden aus den Kontrollbereichen verbunden.

Weiterhin ist darauf hinzuweisen, dass die in den Konrad-Bedingungen enthaltenen Sicherheitsanalysen auf Modellannahmen für einen konkreten Endlagerstandort basieren, die in den 1980er Jahren entwickelt wurden. Diese führten bei einigen Radionukliden, die auch im Abfallinventar der Schachanlage Asse II enthalten sind, zu Begrenzungen der Annahmeaktivität, die in ihrer Höhe den Inventaren der Schachanlage Asse II entsprechen. So betragen die maximal einlagerbaren Aktivitäten am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad für Th-232 $5,0E+11$ Bq (Inventar in der Schachanlage Asse: $3,3E+11$ Bq (TÜV 2013)) und bei Ra-226 $4,0E+12$ Bq (Asse: $2,0E+11$ Bq). Eine Konditionierung von Abfällen mit Ra-226 oder Thorium nach den Konrad-Kriterien könnte daher, nicht zuletzt wegen der (bei Alterung zunehmenden) Freisetzung von Rn-222 bzw. Rn-220 zu neuen Problemen führen. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass das Endlager Schacht Konrad in dem Wirtsgestein „Eisenerz“ angelegt ist. Für die derzeitige Standortauswahl eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle wird aber nur Salzgestein, Tongestein und Kristallin (Granit) betrachtet (§1 Abs. 3 StandAG). Damit werden in einem zukünftigen Endlager, das in einem dieser Gesteinsarten errichtet werden wird, andere Milieubedingungen als im Schacht Konrad herrschen.

Da die Endlagerungsbedingungen heute noch nicht bekannt sind, empfiehlt die AGO eine Teilkonditionierung/Vorkonditionierung in Betracht zu ziehen. Damit sind mehrere Vorteile verbunden:

- Konditionierung soweit, dass die Gebinde die Sicherheitsanforderungen an den Transport und die lange Zwischenlagerzeit erfüllen,
- kein Zeit- und Ressourcenverlust durch Umkonditionierung aller nach den Konradbedingungen konditionierten Abfällen,
- Endkonditionierung erst dann, wenn das Wirtsgestein des Endlagers und seine Endlagerbedingungen feststehen.

Werden Abfälle verbrannt, die Radiokohlenstoff (C-14) enthalten, dann ist derzeit eine Ableitung des dabei entstehenden Kohlendioxids (CO₂) Stand der Praxis. Eine Rückhaltung durch Fällung des CO₂ z.B. als Karbonat ist allerdings grundsätzlich möglich und sollte auch vorgenommen werden.

Hinsichtlich der zu erwartenden größeren Mengen an kontaminiertem Salzgrus ist nach Meinung der AGO der Sachverhalt zutreffend, dass diese Stoffe, soweit sie den Salzgrus betreffen, nicht als radioaktive Stoffe in die Schachanlage Asse II eingebracht wurden. Die Lex Asse sieht für die Verwendung dieser Stoffe unter Tage in der Schachanlage Asse II z.B. zum Verfüllen der geräumten (und restkontaminierten) ELK einen genehmigungsfreien Umgang bis zum Zehnfachen der Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 StrlSchV (2001) vor. Diese Möglichkeit sollte genutzt werden, um das Volumen des weiter zu behandelnden Salzgruses zu verringern. Für das stärker kontaminierte Salzgrus sollten rechtzeitig Verfahren entwickelt oder bereits bestehende Verfahren genutzt werden, mit denen die Radionuklide vom Salz abgetrennt werden können. Insbesondere (ggf. mehrstufige) Waschverfahren und Rekrystallisationsverfahren scheinen geeignet, um die Kontaminanten in einem kleinen Volumen Waschlauge/Mutterlauge zu konzentrieren und den Großteil des Salzgruses/Kristallisats einer untertägigen Verwendung oder Freigabe zuzuführen. Eine langfristige (Zwischen-) Lagerung von betoniertem Salzgrus dürfte nach Einschätzung der

AGO aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften von chloridischen Salzen zu Problemen durch Korrosion von Behältern führen.

Die AGO weist zusätzlich darauf hin, dass nach Ende der Nutzung auch der Rückbau der Konditionierungsanlagen bei der Planung zu berücksichtigen ist. Anlagenteile, Systeme und Komponenten, die nicht dekontaminiert und freigegeben werden können, müssen einer Verwertung oder anderweitigen Verwendung unter atom- oder strahlenschutzrechtlicher Genehmigung zugeführt oder als radioaktiver Abfall entsorgt werden. Gleiches gilt für die unter Tage eingesetzten Maschinen, Schleusen, Filter, Hilfsmittel, etc. Dieser Aspekt fehlt vollständig im Rückholplan (BGE 2020a).

5.1.3 Pufferlagerung

Sachstand BGE

Die konditionierten Abfälle werden nach der Konditionierung in das Pufferlager eingestellt. Ziel der Pufferlagerung ist es, sowohl den unterbrechungsfreien Verlauf aller untertägigen Prozesse der Bergung sowie anschließend der Prozesse der Charakterisierung zu gewährleisten durch die temporäre Lagerung der rückgeholt bzw. charakterisierten Abfälle.

Das Pufferlager ist so konzipiert, dass stets freie Pufferflächen für umverpackte rückgeholte Abfälle verfügbar sind und gleichzeitig genügend umverpackte Abfälle für eine Charakterisierung bereitstehen. Die Pufferung ist für kernbrennstoffhaltige Abfälle ausgelegt, die die Barriereanforderungen zur Lagerung von Kernbrennstoffen erfüllen und gleichzeitig ist die Gebäudehülle gegen Flugzeugabsturz gemäß ESK-Leitlinie (ESK 2013) ausgelegt.

Kommentar AGO

Die Darstellung der Pufferlagerung der radioaktiven Abfälle für den reibungslosen Ablauf der Rückholungsmaßnahmen und für die Charakterisierung ist logisch und zweckmäßig. Details sind späteren Planungsphasen vorbehalten. Die AGO weist darauf hin, dass insbesondere bei Berücksichtigung der langen Zeitspannen für Charakterisierung und Konditionierung ein „atmendes System“ sinnvoll sein kann, welches die Anzahl der zu puffernden Gebinde minimieren hilft.

Ohne genaue Kenntnis der radiologischen Eigenschaften der Abfälle insbesondere hinsichtlich entsorgter Kernbrennstoffe ist aus Sicht der AGO die vorzeitige Festlegung auf die hohen Anforderungen der SEWD-Richtlinie (BMU 2013) und der ESK-Leitlinien (ESK 2013) an die Auslegung der Gebäudehülle verfrüht.

5.2 Zwischenlagerung

Sachstand BGE

Die BGE stellt im Rückholungsplan fest, dass im Zwischenlager die rückgeholt radioaktiven Abfälle zwischengelagert werden müssen bis eine Endlagerung in einem neuen, dafür vorgesehenen Endlager möglich ist.

Das Gesamtvolumen der 126.000 Gebinde wird in BGE (2020a) mit 47.000 m³ angegeben. Außerdem werden im Rahmen der Rückholung weitere kontaminierte Materialien (Salzgrus, kontaminierte Lösungen) anfallen. Wegen fehlender Untersuchungen zu deren Umfang plant BGE auf der Grundlage einer Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK 2010) mit einem zusätzlichen Volumen von 50.000 m³ für diese Materialien. Zur Dimensionierung der übertägigen Einrichtungen legt BGE demnach ein Volumen vom 100.000 m³ zugrunde.

Durch die Konditionierung soll die störfallsichere und transportgerechte Verpackung hergestellt werden, was durch Fixierung der radioaktiven Abfälle und der kontaminierten Materialien in einer Betonmatrix erreicht werden soll. Der daraus resultierende Volumenzuwachs wird von BGE mit dem Faktor 2 abgeschätzt. Insgesamt führt dies zu einem zwischen- und später endzulagernden Volumen von 200.000 m³ (BGE 2020a).

Kommentar AGO

Die AGO kann die vorerst noch groben Abschätzungen der BGE hinsichtlich der zu behandelnden und zwischenzulagernden radioaktiven Abfallvolumina grundsätzlich nachvollziehen. Die Aussage der BGE, dass das aus der Rückholung resultierende Volumen an radioaktiven Abfällen derzeit in keiner bestehenden Einrichtung zwischengelagert werden könnte, stimmt nach Ansicht der AGO nur insofern, als dass die geplante Zwischenlagerung des Gesamtvolumens an einem (Lager)Ort unterstellt wird.

Die Begründung, dass wegen des erwarteten Volumens an radioaktiven Abfällen - gemeint ist eher das Volumen an konditionierten Abfallgebinden - die Zwischenlagerung am Standort Asse als zwingende Notwendigkeit zu betrachten sei, erschließt sich der AGO nicht. Bestehende Zwischenlagerkapazitäten (zentral und dezentral an den Kernkraftwerksstandorten) sind vorhanden und es ist insbesondere ab Beginn der Rückholung im Jahr 2033 zu erwarten, dass mit dem geplanten Betriebsbeginn des Endlagers Konrad die in den Zwischenlagern befindlichen Abfallgebinde sukzessive dort abgeliefert werden und somit freie Lagerkapazität entstehen wird. Nach heutigem Kenntnisstand ist die zentrale Pufferung von ablieferungsfähigen Gebinden aus anderen Sammelstellen und Zwischenlagern am Standort Würzgassen geplant, was zu einer weiteren Entzerrung bei verfügbaren Lagerkapazitäten führen kann (AGO 2020c).

Aus Sicht der AGO fehlen auch alternative Betrachtungen zu den technischen Volumenreduktionsmöglichkeiten im Rahmen der Charakterisierung/Konditionierung (z.B., Sortierung, Eindampfung, Verbrennung/Pyrolyse usw.) und deren Auswirkungen auf die Auslegung der baulichen Anlagen zur Zwischenlagerung. Darüber hinaus weist die AGO insbesondere für die Abfallgebinde mit Kernbrennstoffen oder anderen speziellen Eigenschaften an dieser Stelle erneut daraufhin, dass durch die Nutzung der im Eigentum der Bundesrepublik befindlichen Zwischenlager (Betreiber: BGZ – Gesellschaft für Zwischenlagerung) Möglichkeiten der Verlagerung und Dezentralisierung bestehen, die eine erhebliche Kostenoptimierung und Ressourcenschonung ermöglichen könnten.

5.3 Vorplanungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung

Sachstand BGE

Die Vorplanungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung umfassen die bauliche Zusammenfassung der Einrichtungen zur Abfallbehandlung (Pufferung, Charakterisierung, Konditionierung) und zur Zwischenlagerung. Das Lagergebäude besteht aus mehreren Hallenschiffen, die beidseitig eines Transportganges angeordnet sind. In diesem Anlagenkomplex befindet sich auch ein Transportbereitstellungsbereich für die Ablieferung der zwischengelagerten Gebinde an das spätere Endlager. Der gesamte Gebäudekomplex wird genehmigungsrechtlich abgegrenzt und soll während der fortschreitenden Rückholung genehmigungsrechtlich angepasst werden (sog. Umwidmung von Pufferlagerflächen in Zwischenlagerflächen). BGE schätzt die Fläche des Zwischenlagerbereiches bei einer Stapelhöhe der Container von 20 m auf eine Fläche von 30.000 m² (ca. 250 m x 120 m).

Die MAW-Abfälle aus der ELK 8a/511 sollen in einem separaten, besonders gesicherten Lagerbereich aufbewahrt werden.

Transportcontainer, die keine Kernbrennstoffe enthalten, werden im sog. LAW-Bereich gelagert.

Voraussetzung für das Einbringen der konditionierten Abfälle in Transportcontainer zur Zwischenlagerung ist die Erfüllung der technischen Annahmebedingungen des Zwischenlagers und der zugehörigen Ausführungsbestimmungen. Diese Anforderungen sind bestimmt durch das radioaktive Inventar und den Behälter selbst und werden durch sicherheitstechnische Spezifikationswerte repräsentiert.

Kommentar AGO

Die Ausführungen zu den Vorplanungen baulicher Art sind sehr allgemein gehalten und lassen noch keine vertiefende Beurteilung der anforderungsgerechten Berücksichtigung des Regelwerkes unter Beachtung der Spezifika der Abfälle aus der Schachtanlage Asse II zu.

BGE verwendet bei den baulichen Planungen die Fachterminologie „*Container*“ und „*Transportcontainer*“. Das ist nachvollziehbar, da die konditionierten Abfälle gemäß den Konrad-Bedingungen konditioniert werden sollen und die Verwendung von zugelassenen Transportgebinden (Container) naheliegend ist, um flächenmäßige Abschätzungen durchführen zu können.

Die grundsätzliche Aufteilung des Gesamtgebäudes in einzelne Teilbereiche (Konditionierung, LAW und MAW, Puffer usw.) ist plausibel und orientiert sich an der Idee alle Behandlungsschritte unter einem Dach durchführen zu wollen. Die Vorstellung von BGE, dass die rückgeholten MAW-Abfälle aus der ELK 8a/511m ohne weitere Konditionierungsschritte in Abschirmbehälter eingestellt werden, teilt die AGO wegen der fehlenden Vorgaben von Endlagerungsbedingungen nicht (siehe auch Kap. 5.4)

Die Abmessungen und der Flächenbedarf des Zwischenlagerbereiches umfassen zum Vergleich mehr als das 2,5-fache eines Fußballfeldes. Dies verdeutlicht die Dimensionen der baulichen Anlagen und des entsprechenden Eingriffs in die Natur. Allerdings ist die Flächenangabe in BGE (2020a) nicht schlüssig, denn bei einer Grundfläche von 30.000 m² und einer Stapelhöhe von 20 m ergibt sich ein Volumen von 600.000 m³, also das Dreifache des geschätzten Abfallvolumens. Darüber hinaus fehlen nach jetzigem Stand der Technik grundsätzliche Überlegungen zur Stilllegung, zum Rückbau und zur Entsorgung der sehr wahrscheinlich kontaminierten aber mindestens dem Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung unterfallenden Anlagenteile und Gebäude sowie der Standortflächen.

Ein im Rückholplan nicht betrachtetes aber wichtiges Thema ist die Langzeitsicherheit und -überwachung der geplanten Abfallgebäude, technischen Einrichtungen und Gebäude unter besonderer Berücksichtigung der Alterungseffekte (z.B. Korrosion, Dichtheit, Betriebsfähigkeit).

5.4 Standortvorschlag für die Anlagen und Einrichtungen zur Abfallbehandlung und zur Zwischenlagerung

Sachstand BGE

Um einen transparenten und objektiven Standortauswahlprozess durchführen zu können, wurden in Abstimmung mit der A2B/AGO im Vorfeld sowohl Bewertungskriterien und Bewertungsgrößen definiert als auch die Wichtungen der einzelnen Beurteilungsfelder festgelegt.

Die Arbeiten für die Standortauswahl wurden entsprechend dem im Kriterienbericht (BfS 2014) festgelegten Verfahren durchgeführt und sind im Bericht „*Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II*“ (BGE 2019) vollständig und ausführlich dargestellt. Der Stand berücksichtigt dabei auch den derzeit in Rede stehenden Standort für den neuen Bergungsschacht. In dem Rückholplan werden daher nur kurz die Bewertungsgrundlagen (Kriterien), die betrachteten potenziellen Standorte sowie das Ergebnis zusammenfassend dargestellt. Diese zusammenfassende Darstellung ersetzt nicht den o. g. Bericht (BGE 2019).

Kommentar AGO

Zu dem im Sachstand erwähnten Bericht (BGE 2019) hat die AGO eine eigene Stellungnahme verfasst (AGO 2020c) und verweist in diesem Zusammenhang darauf. Zum besseren Verständnis wird aber hier im Folgenden nochmal das Fazit dieser Stellungnahme (AGO 2020c) wiedergegeben:

Der von der BGE im März 2020 der Öffentlichkeit vorgestellte Bericht zur Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II stellt das Ergebnis eines nahezu 10-jährigen Prozesses der Standortsuche dar.

Die AGO erkennt an, dass die BGE das mit dem Kriterienkatalog (BfS 2014) vereinbarte Verfahren bezüglich der von BfS vorausgewählten fünf Asse-nahen Standorte umgesetzt hat. Obwohl es der AGO nicht möglich war alle in die Bewertungen der BGE eingeflossenen Informationen nachzuvollziehen, konnte sie an mehreren Stellen Mängel in den der Bewertung von BGE zugrunde gelegten Sachverhalten zur Standortauswahl feststellen. Die AGO empfiehlt daher, nicht zuletzt aus Gründen der Verfahrenssicherheit, den Bericht zwecks Beseitigung der Mängel zu überarbeiten.

Unabhängig von den festgestellten Mängeln hält die AGO aber das Ergebnis des Auswahlverfahrens noch nicht für ausreichend abgesichert, um darauf eine finale Standortentscheidung zu treffen. Sie sieht folgende Aspekte im bisherigen Verfahren als entscheidungsbeeinflussende Mängel an:

- Der Asse-nahe Suchraum wurde so eng gezogen, dass der Suchprozess selbst für diesen Raum als vorrangig am Aspekt der einfachen Durchsetzbarkeit orientiert bewertet werden muss.
- Da die BGE sich offensichtlich entschlossen hat, die Forderung der Begleitgruppe und der AGO nach Berücksichtigung zweier konkreter Asse-ferner Standorte beim Standortvergleich nicht zu erfüllen (BGE 2020b), wurde aus Sicht der AGO ein Verfahren gewählt, das faktisch auf den Grundsatz hinausläuft „ein geeigneter Standort genügt“. Die Einbeziehung von zwei zusätzlichen Standorten hätte keinen großen Ressourcen- und Zeitbedarf mit sich gebracht, dem Auswahlverfahren jedoch eine größere Akzeptanz und womöglich eine erhöhte Verfahrenssicherheit (z. B. kein Zeitverlust durch Klagen) gegeben.

Darüber hinaus weist die AGO darauf hin, dass das gesamte Suchverfahren folgende grundsätzliche Defizite aufweist:

- Die Prüfung alternativer Optionen wie z.B. ein denkbares Mehrstandortkonzept wurde von der BGE von vornherein ausgeschlossen, obwohl bestehende Zwischenlager-kapazitäten vorhanden sind bzw. frei werden können. Am Standort Asse wäre dann im Anschluss an die Konditionierung nur ein Transportbereitstellungslager nötig.
- Neuere Entwicklungen im Gesamtrahmen der nuklearen Entsorgung sowie das auf standortferne Orte ausgerichtete Suchverfahren für das Zentrale Bereitstellungslager Schacht Konrad (LOK) wurden von BGE ausgeblendet und damit alternative Optionen unter Berücksichtigung von zeitlichen Veränderungen gar nicht erst in Erwägung gezogen.
- In Anbetracht eher geringer Mengen an tatsächlich als Kernbrennstoff zu klassifizierenden Abfällen hält es die AGO nicht für nötig, das Zwischenlager für die Aufbewahrung von Kernbrennstoff auszulegen. Die zu erwartenden Mengen an Kernbrennstoff könnten in den andernorts bestehenden Lagern, die bereits für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen ausgelegt sind, gelagert werden. Damit würden auch Voraussetzungen geschaffen, die es erschweren in Zukunft die Anlagen für Kernbrennstoffe zu nutzen.
- Obwohl die AGO keine spezielle juristische Kompetenz beansprucht, weist sie darauf hin, dass diese Aspekte Bezüge zu dem seit 2014 weiterentwickelten Atomrecht und den Rahmenvorgaben des Nationalen Entsorgungsplans haben können und eine Nichtberücksichtigung daher auch Verfahrensrisiken beinhaltet.

Die Berücksichtigung der genannten Defizite würde den Handlungsspielraum der BGE erweitern und gleichzeitig die Glaubwürdigkeit ihres Handelns bei den Bewohnern der Region

Asse erhöhen. Dies wäre vorteilhaft für den Gesamtprozess der Rückholung und unabhängig von den auch der AGO bekannten, denkbaren Probleme, die mit den genannten Vorschlägen einhergehen können (z.B. die Genehmigungslage an den Zwischenlagern, vermehrte Transporte radioaktiver Abfälle, Akzeptanzprobleme an vorhandenen Zwischenlagern).

Der AGO ist bewusst, dass die Rückholung einen sicheren Verbleib der Abfälle in einem oder mehreren geeigneten Lager(n) voraussetzt, und dass die Rückholplanung nicht an der Machbarkeit einer oberirdischen Zwischenlagerung scheitern darf. Nach Einschätzung der AGO baut die BGE allerdings durch die Standortauswahl des Zwischenlagers gegenüber regionalen Akteuren einen Handlungsdruck auf, der eine Zustimmung mit dem Argument „sonst scheitert die Rückholung“ erzwingen soll. Das von der BGE umgesetzte und auf die Durchsetzbarkeit fokussierte Vorgehen birgt jedoch Risiken im Hinblick auf die Glaubwürdigkeit der BGE als sachorientierter Einrichtung als Ganzes.

Wenn diese Glaubwürdigkeit Schaden nimmt, ist nicht auszuschließen, dass neben dem als Referenzprojekt angesehenen Asse-II-Begleitprozess auch sonstige Projekte der nuklearen Entsorgung, insbesondere die Suche nach einem Endlager für stark wärmeentwickelnde Abfälle, wieder in Zustände abgleiten könnten, wie sie aus der Vergangenheit bekannt sind. Das kann niemand wollen, der vor dem Hintergrund des Atomausstiegs eine möglichst sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle will.

6. Voraussetzungen für die Rückholung

6.1 Notfallplanung

Sachstand BGE

In diesem Kapitel werden zunächst die Grundsätze und Vorgehensweise der Notfallplanung erläutert. Dazu wird ausgeführt, dass die BGE als Betreiberin der Schachanlage Asse II verpflichtet ist, den Auswirkungen eines möglichen auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) durch geeignete Maßnahmen entgegenzuwirken. Auf Grundlage der Sicherheitsüberprüfung der Anlage aus dem Jahr 2009 entstand die Notfallplanung mit Vorsorge- und Notfallmaßnahmen entsprechend Abb. 33 (BGE 2020a).

Ziel der Notfallplanung ist die Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines AÜL für das Bergwerk und deren mögliche radiologische Konsequenzen in der Biosphäre. Dazu gehören:

- Verfüllung aller nicht mehr benötigten Hohlräume mit Sorelbeton
- Firstspaltverfüllung
- Errichtung von Strömungsbarrieren
- Weiterentwicklung des Lösungsmanagements
- Verbesserung der Speichermöglichkeiten von Zutrittswässern
- Einrichtung von Drainagen auf der 750m-Sohle zum Abpumpen und Beobachten der entstehenden Salzlösungen

Nach Abschluss aller Vorsorgemaßnahmen ist die Notfallbereitschaft hergestellt.

Weiter werden in diesem Zusammenhang Abwägungskriterien zu Verfüllmaßnahmen in den Einlagerungskammern diskutiert. Dabei werden Aspekte der Gebirgsmechanik, der Langzeitsicherheit und der Rückholung gegeneinander abgewogen.

Für eine Verfüllung spricht:

unter langzeitsicherheitlichen Gesichtspunkten:

- Reduktion des Auspressvolumens
- Reduktion des Lösungsvolumens
- Verringerung der Mobilisierung der Radionuklide
- Begrenzung der Schädigungsprozesse im Umfeld der ELK

unter gebirgsmechanischen Gesichtspunkten:

- Verlangsamung der Schädigungsprozesse im Tragsystem
- Stützung gebräucher Schweben und deren Sicherung
- Verschluss möglicher Migrationspfade

unter Rückholungsgesichtspunkten:

- Rückhaltung von Radonemissionen
- Vermeidung von Firstfall auf Gebinde und Bergetechnik

Gegen eine Verfüllung spricht:

- Mehraufwand durch Entfernung des Verfüllmaterials bei der Rückholung
- Erhöhung der Abfallmenge bei Kontamination des Verfüllmaterials
- zusätzliche Aerosolbildung bei Zerkleinerungsvorgängen des Verfüllmaterials
- Umwerfen von Fassstapeln bei der Verfüllung
- Erhöhter Aufwand für die Charakterisierung durch Verlust des Informationsstandes

Eine Bewertung und Abwägung der Verfüllung der Einlagerungskammern kann erst nach Festlegung des Rückholverfahrens erfolgen.

Kommentar AGO

Die Notfallplanung wurde seit Unterstellung der Schachtanlage unter Atomrecht im Jahr 2008 (BfS 2010) mehrfach ausgiebig diskutiert und kommentiert (u. a. (AGO 2010, 2012, 2013, 2019c) und (ESK 2013)). Die hier vorliegende Darstellung ist eine Kurzfassung, die die Grundzüge der von den jeweiligen Betreibern der Schachtanlage Asse II vorgesehenen Notfallplanung beschreibt. Während die Verfüllmaßnahmen ausführlicher dargelegt sind, fehlen alle Angaben und Darstellungen zur Gegenflutung vollständig. Gerade hier sieht die AGO zurzeit große Defizite (AGO 2019c). Die Notfallbereitschaft ist erst dann hergestellt, wenn auch alle Maßnahmen zur Vorbereitung der Gegenflutung ausgeführt sind.

Die AGO geht (wie auch BGE) generell davon aus, dass eine Verfüllung von ELK (insbesondere in der Kammergruppe Süd) die Bergung erschwert und das Risiko von Beschädigungen der Gebinde erhöht wird. Es bedarf daher klarer und nachvollziehbarer Abwägungen, mit den die Notwendigkeit der Verfüllung gezeigt wird. Die von BGE aufgeführten Abwägungsaspekte sind nach Einschätzung der AGO allerdings nur zu Teilen geeignet.

So ist z. B. unklar, ob das Kriterium „Verringerung der Mobilisierung der Radionuklide“ sich auf die Freisetzung der Nuklide aus den Abfällen bei Lösungskontakt bezieht oder auf den migrationsbedingten Austrag aus den ELK. Für beide Sachverhalte sieht die AGO keine positive Wirkung hinsichtlich der langzeitsicherheitlichen Gesichtspunkte.

Die Verfüllung würde auch nicht zu der behaupteten Verringerung der Radonemissionen führen, sondern im Gegenteil das als Puffer wirkende Hohlraumvolumen verringern und eine schnellere Ausbreitung des Radons ins Grubengebäude fördern. Ein Verschluss von Migrationspfaden wäre nur bei qualifizierten Strömungsbarrieren denkbar, aber nicht bei loser Verfüllung.

BGE hat auch längst nicht alle entgegenstehenden Punkte genannt: Nach der Verfüllung einer ELK sind die Gebinde nicht mehr sichtbar und müssen erst wieder freigelegt und lokalisiert werden. Gegen eine Verfüllung der ELK spricht weiterhin, dass ein schnellerer Anstieg der Lösungspegel erfolgen würde, mit der Folge einer stärkeren Durchfeuchtung, beschleunigten Korrosion, Gasbildung und Ausbreitung von Kontamination. Außerdem stellt sich die Frage, warum durch eine Verfüllung ein Firstfall auf Gebinde und Bergungstechnik vermieden würde, wenn das Verfüllmaterial während der Bergung wieder entfernt werden muss.

Auch für die von BGE angenommene Verringerung der Mobilisierung der Radionuklide und die Verringerung der Radonemissionen sieht die AGO keine nachvollziehbaren Gründe.

Außerdem weist BGE explizit darauf hin, dass eine Bewertung und Abwägung erst nach Auswahl des Rückholverfahrens und somit nach Abschluss der Konzeptplanung erfolgen kann. Daher geht die AGO davon aus, dass Verfüllmaßnahmen an ELK nicht unter Verweis auf den Notfallschutz vorgezogen werden.

Die AGO fand im Rückholplan auch keine Aussagen mehr zur früher vom Betreiber erwogenen Aufbringung eines pneumatischen Stützdrucks und folgert daraus, dass dieser von der AGO als problematisch angesehene Ansatz nunmehr aufgegeben worden ist.

6.2 Entsorgung betrieblicher Abfälle

Sachstand BGE

Gemäß BGE (2020a) werden die im Rahmen des Offenhaltungsbetriebes, bei der Auffahrung des Rückholbergwerkes, bei der Vorbereitung sowie Durchführung der Rückholung Reststoffe anfallen, die entweder verwertet oder als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden müssen.

Die BGE schätzt das Volumen auf mehrere 100.000 m³ nicht kontaminiertem Salzhauwerk für die Herstellung des Rückholbergwerkes ab.

Beim Offenhaltungsbetrieb anfallende möglicherweise kontaminierte Stoffe sollen, wenn diese freigabefähig sind, aus dem Geltungsbereich des Atom- und Strahlenschutzrechts entlassen werden. Diese Vorgehensweise zur Freigabe soll auch auf bei der Rückholung anfallende Stoffe und Abfälle angewendet werden (insbesondere Salzlösungen, Beraubesalze, Salzhauwerk). Grundsätzlich plant BGE die Abfälle aus genehmigten Tätigkeiten nach AtG und StrlSchV entsprechend der atomrechtlichen Entsorgungsverordnung AtEV) und bergbauliche Abfälle entsprechend der bergrechtlichen Bestimmungen zu verwerten oder zu beseitigen.

Kommentar AGO

Die Darstellung gibt einen Überblick über die Optionen bei der Entsorgung betrieblicher Abfälle. Da die detaillierten Ausführungen in den zugehörigen Unterkapiteln von Kapitel 6.2 erfolgen, wird dort auf Fragen genauer eingegangen.

Die AGO weist darauf hin, dass sie den Begriff „Reststoffe“ unter Bezug auf das AtG und damit auf radioaktiv kontaminierte Stoffe versteht.

6.2.1 Abfälle aus genehmigten Tätigkeiten

Sachstand BGE

Das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) regelt die Möglichkeit der Freigabe von radioaktiven Stoffen, sofern die in der StrlSchV festgelegten Freigabewerte unterschritten und weitere Bedingungen erfüllt sind. Danach kann dieser Stoff als konventioneller Reststoff verwertet oder entsorgt werden. Die Freigabe unterliegt der behördlichen Zustimmung durch Bescheid. BGE plant dazu entsorgungsspezifische Freigabepläne vorzulegen. Freigaben können laut BGE diskontinuierlich mittels Chargen oder kontinuierlich erfolgen.

Radioaktive Reststoffe, die weder freigabefähig noch geeignet für den genehmigungsfreien Umgang sind, und keinen im Sinne des § 57b AtG rückzuziehenden radioaktiven Abfall darstellen, werden als ablieferungspflichtige Abfälle an die Landessammelstelle abgegeben.

Kommentar AGO

BGE führt die Möglichkeiten der Entsorgung von radioaktiven Stoffen mittels Freigabe, Abgabe an Umgangsberechtigte, Entsorgung gemäß AtG und Ablieferung an die Landessammelstelle auf. Grundsätzlich sollten damit alle anfallenden Stoffe aus den genehmigten Tätigkeiten erfasst sein. Allerdings zeigt die Verwendung des Terms „konventionelle Reststoffe“, der im oben beschriebenen Zusammenhang offensichtlich Abfälle nach Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) meint, dass sich BGE in den Planungsdokumenten in einer Weise ausdrückt, die in Genehmigungsverfahren zu Klärungsbedarf und damit Verzögerungen führen kann.

Die von Seiten BGE gemachte Beschränkung der Freigabe oder Ablieferung an andere Einrichtungen auf „radioaktive Reststoffe, die weder freigabefähig noch geeignet für den genehmigungsfreien Umgang sind, und keinen im Sinne des § 57b AtG rückzuholenden radioaktiven Abfall darstellen“ wird von der AGO hinterfragt. Der Bezug auf die Regelung im § 57b AtG, nach der „radioaktive Stoffe, die nicht als radioaktive Abfälle in die Schachtanlage Asse II eingebracht wurden“, in eingeschränktem Umfang von einer Genehmigung freigestellt sind, wird derzeit genutzt, um radioaktiv kontaminierten Laugen der 750-m-Sohle zur Herstellung von Sorelbeton zu verwenden. Damit wird von BGE und Genehmigungsbehörden zugrunde gelegt, dass diese kontaminierten Laugen Stoffe sind, die „nicht als radioaktive Abfälle in die Schachtanlage Asse II eingebracht wurden“, obwohl die betreffenden Radionuklide aus den Abfallinventaren stammen. Eine grundsätzliche Trennung der von den radioaktiven Abfällen stammenden Radioaktivität in die Kategorien „eingebrachte“ und „nicht eingebrachte“ Abfälle führt nach Ansicht der AGO in zusätzliche Planungskonflikte, die eine zügige Rückholung eher behindern als fördern. Deshalb sollte bei stringenter Verfolgung dieses Konzeptes kontaminiertes Salz, das bei der Bergung gefördert wird, genauso wie kontaminierte Lauge behandelt werden (vgl. Kap. 5.1.2).

Nach Meinung der AGO stellt der § 57b AtG zwar „radioaktive Stoffe, die nicht als radioaktive Abfälle in die Schachtanlage Asse II eingebracht wurden“, in eingeschränktem Umfang von einer Genehmigung frei, das bedeutet aber nicht, dass die radioaktiven Abfälle in der Schachtanlage Asse II einen generellen Sonderstatus im Atomrecht erhalten. Vor diesem Hintergrund sieht die AGO die Notwendigkeit, möglichst zeitnah ein Entsorgungskonzept zu erarbeiten, in dem die anfallenden Abfallströme, deren Behandlung und Dokumentation dargestellt sind. Dieses Konzept sollte auch Aussagen zur erforderlichen Buchführung gemäß StrlSchV über den Anfall, Bestand und Verbleib der radioaktiven Stoffe enthalten. Die Möglichkeit, auch rückgeholte Abfälle in Freigaben einzubeziehen, muss nach Meinung der AGO in die Planung der Abfallcharakterisierung, Konditionierung und Lagerung einbezogen werden (s. AGO-Kommentare zu Kap. 5).

6.2.2 Konventionelle Abfälle

Sachstand BGE

BGE sieht vor, alle unter Tage anfallenden konventionellen sowie bergbauspezifischen Abfälle entsprechend den abfallrechtlichen bzw. bergrechtlichen Bestimmungen zu verwerten oder zu beseitigen. Die anfallenden Abfälle bei dem Weiterbetrieb der Schachtanlage und bei der Auffahrung des Rückholbergwerkes werden nach Stoffgruppen getrennt gesammelt, verwertet und/oder nach Kreislaufwirtschaftsgesetz beseitigt.

Ein Sonderfall ist die eintretende Zutrittslösung, die nach Freigabe der Verwertung (wahrscheinlich Herstellung Sorelbeton) zugeführt oder zur Flutung alter Salzbergwerke genutzt werden soll.

Nach den Planungen der BGE wird das anfallende Haufwerk entweder auf dem Betriebsgelände oder in der Nähe der Schachtanlage aufgehaldet oder an einen berechtigten Dritten abgegeben. Die aufgehaldeten bergbauspezifischen Abfälle sollen im Rahmen der Stilllegung der Schachtanlage als Versatzmaterial wieder nach unter Tage gebracht werden.

Kommentar AGO

Die Ausführungen zu den konventionellen und bergbauspezifischen Abfällen sind nachvollziehbar. Grundsätzlich sind die gesetzlichen Regelungen einzuhalten.

Die Verfahrensweise zur Freigabe von zutretenden Lösungen ist erprobt und zugelassen. Allerdings stellt sich die Frage, wie die Vorgehensweise angepasst werden soll, falls die zutretenden Mengen erheblich zunehmen.

Die AGO sieht auch Klärungsbedarf in der Fragestellung der Aufhaldung von großen Mengen Salzhauwerk. Insbesondere ist frühzeitig zu klären wo, wie und mit welchem Transportaufkommen das Haufwerk gelagert werden soll. (s. AGO-Kommentar zu Kap. 4.6).

Besonderes Augenmerk kommt dabei der Problematik der Versalzung des Grundwassers im verkarsteten Untergrund in und um die Asse zu.

6.3 Sicherheitsnachweise in Genehmigungsverfahren

6.3.1 Atom- und strahlenschutzrechtliche Sicherheitsnachweise

Sachstand BGE

Gemäß Rückholplan (BGE 2020a) werden für das atom- und strahlenschutzrechtliche Genehmigungsverfahren für die folgenden Bereiche Sicherheitsanalysen durchgeführt bzw. Sicherheitsnachweise geführt:

- Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb
- Störfallanalysen
- Sicherstellung der Unterkritikalität
- Konsequenzenanalysen bei dem auslegungsüberschreitenden Lösungszutritt (AÜL)

Die Belange der Anlagensicherung werden nach BGE separat betrachtet und damit begründet, dass die Sachverhalte und Unterlagen der besonderen Geheimhaltung (VS - nur für den Dienstgebrauch) unterliegen. Gleiches wird für die Kernmaterialüberwachung nach EURATOM und die Implementierung der Safeguard-Maßnahmen in Abstimmung mit der Internationalen Atomenergie-Organisation ausgesagt (IAEA 2009).

Demzufolge wird von BGE die Nachweisführung im Rahmen der Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb dargelegt. Dazu werden als Randbedingungen benannt:

- Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen nach § 78 StrlSchG (effektive Dosis von 20 mSv/Jahr und Grenzwerte der Organ-Äquivalentdosis)
- Grenzwerte für Einzelpersonen der Bevölkerung nach § 80 StrlSchG (1 mSv/Jahr effektive Dosis) in Verbindung mit § 99 StrlSchV
- Ableitungswerte für Einzelnuclide oder Nuklidgruppen
- Kurzzeitableitungswerte für anormale Betriebszustände
- Zusammenwirken mehrerer Emittenten am Standort bei der Ableitung
- Schaffung günstigerer Ableitungsbedingungen (Ausbreitungspfad Fortluft)

Als Grundlage der Störfallanalyse soll der Nachweis der Einhaltung der Grenzwerte nach § 104 StrlSchV (50 mSv effektive Dosis) geführt werden. Es wird betont, dass abweichend davon die Einzelfallregelung der Lex-Asse in § 57b Abs. 5 (3) AtG geltend gemacht werden kann.

BGE wählt für die Störfallanalyse die Vorgehensweise mit

- Auslegungsstörfällen (Störfallklasse 1),
- Ereignissen, die durch die Auslegung der Anlage und deren Betriebsweise vermieden werden (Störfallklasse 2).

Es sollen die zu unterstellenden Ereignisse durch Störfalldatenblätter bewertet und Vorsorgemaßnahmen zur Beherrschung oder Vermeidung beschrieben werden.

Als weiterer Aspekt soll gezeigt werden, dass im Rahmen der Rückholung keine Anordnungen entstehen können, die zu einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion führen können.

Ein Langzeitsicherheitsnachweis wird in dem vorliegenden Rückholplan nicht betrachtet, sondern auf das Planfeststellungsverfahren zur Stilllegung der Schachanlage Asse II nach der Rückholung verschoben.

Gleichwohl plant BGE für den Fall, dass die Notfallschutzmaßnahmen zum Zeitpunkt der Rückholung nicht oder nicht vollständig umgesetzt sind, eine Konsequenzenanalyse durchzuführen, welche die potenziellen Auswirkungen auf die Umgebung der Schachanlage nach einem AÜL bewerten soll. Ziel ist dabei, die potenzielle Gefährdung des Menschen und der Umwelt durch radioaktive und chemotoxische Stoffe aus den Einlagerungsbereichen in die oberflächennahe Biosphäre zu untersuchen. Im Sinne der Minimierung der radiologischen und chemotoxischen Konsequenzen soll nach BGE im Rahmen des technisch Machbaren das höchste Sicherheitsniveau und die bestmögliche Schadensvorsorge bei einem AÜL gewährleistet werden. Aufgrund bestehender Ungewissheiten (z.B. Instabilität, Rissvermutungen, Veränderungen des Lösungszuflusses, Fließpfade) wird von BGE der AÜL als mögliche Einwirkung betrachtet und anhand von Schutzziele bewertet. Durch die Rückholung und insbesondere das Öffnen der Einlagerungskammern wird erwartet, dass die Wirksamkeit der Notfallmaßnahmen beeinträchtigt ist und daher neue Vorsorgemaßnahmen entwickelt werden müssen. Dazu ist vorgesehen eine Szenarienanalyse nach der FEP-Methode (Features, Events and Processes) durchzuführen, um die erkannten möglichen Sachverhalte, Ereignisse und Prozesse sowie zukünftige Entwicklungen des Systems zu beschreiben. Die Szenarienentwicklung baut auf der bestehenden Notfallplanung auf und wird durch Modellrechnungen auf Basis von realitätsnahen bis pessimistisch-realitätsbezogenen Annahmen durchgeführt. Das Modell soll in regelmäßigen Abständen aktualisiert werden. Die Ergebnisse der Modellrechnungen sollen den Schadstofftransport in den ELK, im Grubengebäude und in der Biosphäre quantifizieren und die zeitliche Entwicklung des Systems simulieren. Schlussendlich werden aus den Ergebnissen die potenziellen Auswirkungen in der Nachbetriebsphase als Strahlenexposition (in Form der effektiven Dosis) dargestellt. BGE will so die erreichbare Schadensvorsorge bei einem AÜL quantifizieren.

Kommentar AGO

Die BGE betont an vielen Stellen in der Planung ihre Fokussierung auf eine Sicherheit für Mensch und Umwelt. Diese Fokussierung erscheint aber vielfach thesenhaft und plakativ, weil die planerischen Konflikte, die in einen zweifellos hochkomplexen Abwägungsprozess zu lösen sind, nicht oder nur oberflächlich behandelt werden.

Im Rahmen der zwingend vorgeschriebenen atom- und strahlenschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren ist der Nachweis der erforderlichen Schadensvorsorge zu führen:

- bei (bestimmungsgemäßer) Rückholung,
- bei zu unterstellenden Störfällen und Ereignissen.

Dabei ist auch zu zeigen, dass die erforderlichen Sicherheitsfunktionen während und nach postulierten Störfällen gewährleistet sind und die erforderlichen Schutzmaßnahmen zur Reinhaltung des Wassers, der Luft und des Bodens am Standort der Anlage getroffen sind.

Die grundlegenden Ansätze des Betreibers durch Sicherheitsanalysen, Störfallanalysen, Analysen zur Sicherstellung der Unterkritikalität sowie Konsequenzenanalysen sind nachvollziehbar und grundsätzlich geeignet. Die einzuhaltenden Grenzwerte nach StrlSchG sind zutreffend. Soweit sie bei Ableitungen und störfallbedingten Freisetzungen Personen der Bevölkerung betreffen, sind sie Teil des Schutzes der Umwelt im Strahlenschutz (SSK 2016).

Die Darlegungen zur Einhaltung von Dosisgrenzwerten im Rahmen des bestimmungsgemäßen Betriebes, die Einhaltung von Ableitungswerten (die noch nicht beantragt sind), die technischen und administrativen Maßnahmen zum Strahlenschutz sowie der Emissions- und Immissionsüberwachung und zur messtechnischen Überwachung des Personals und der Arbeitsplätze sind ausschließlich deklaratorisch. Die tatsächliche Einhaltung dieser Anforderungen muss im Rahmen des Genehmigungsverfahrens erfolgen und eine sachverständige Prüfung einschließen. Die AGO verweist insbesondere darauf, dass die Erfassung der radioaktiven Emissionen und die Überwachung der Strahlenexposition an der Entstehungsstelle bei der Rückholung die größte Wirksamkeit und Aussagekraft über mögliche Emissionen haben und daher große Sorgfalt auf diese Maßnahmen gelegt werden sollte. Darüber hinaus verweist die AGO auf die bereits formulierten Anforderungen an die

Emissions- und Immissionsüberwachung der Schachanlage Asse II (AGO 2019b). Diese Anforderungen sind sinngemäß auch an die Anlagen zur Charakterisierung, Konditionierung und Puffer- bzw. Zwischenlagerung am Standort zu stellen. Alle Emittenten in Summe sind bei dieser Betrachtung zu berücksichtigen.

Die AGO ist der Ansicht, dass die Anwendung der Klassifikation von Störfällen auf Basis des Störfall-Leitfadens für Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (BfS 2012) auf die Schachanlage Asse II ungeeignet ist. Der Störfall-Leitfaden gibt die Einteilung von Ereignisabläufen in Störfallklassen (Störfallklasse 1 und 2) vor. Die Bedingungen der Schachanlage Asse II und die Rückholung der radioaktiven Abfälle lassen sich nicht anforderungsgerecht mit diesem Konzept beschreiben, da weder die Anlage noch die eingelagerten Abfallgebände so ausgelegt sind, dass radiologische Auswirkungen begrenzt bzw. vermieden werden. Auch wenn die Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle (BMU 2010) hier nicht zutreffen, ist das darin enthaltene Instrumentarium doch anwendbar. Da die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II nicht mit dem Betrieb eines Kernkraftwerkes oder dem Betrieb eines Endlagers vergleichbar ist, ist nach Auffassung der AGO eine andere Herangehensweise sinnvoll. Für die Stilllegung und den Rückbau von kerntechnischen Anlagen hat sich das Schutzzielkonzept und die Betrachtung störfallbedingter Ereignisabläufe gemäß Leitfaden zur Stilllegung (BMU 2016) als anforderungsgerecht etabliert. Dieses ist nach Auffassung der AGO auf die Schachanlage Asse II übertragbar.

Betrachtungen zur Sicherstellung und Gewährleistung der Unterkritikalität während der Rückholung sind sinnvoll, obwohl es auch gegenteilige Einschätzungen gibt (ISTEC 2009).

Die Ausführungen zu den Sicherungsmaßnahmen stellen den gegenwärtigen Status bei der Behandlung der Anlagensicherung kerntechnischer Anlagen dar. Der Verweis der BGE auf die geheim zu haltenden Sachverhalte ist gesetzeskonform, führt aber zu Verunsicherung und kann bestehende Zweifel in diesem Zusammenhang nicht beseitigen (vgl. Einsprüche gegen Betriebsgenehmigung Brunsbüttel (OVG 2013)).

Zum Thema Konsequenzenanalyse bei einem AÜL begrüßt die AGO, dass sich BGE diesem Thema stellen will. Der vorgeschlagene methodische Ansatz der FEP-Analyse ist ein durchaus geeignetes Verfahren, mit dem komplexe und mit unsicheren Parametern belegte Systeme beurteilt werden können. Die AGO weist aber darauf hin, dass bereits im Jahr 2010 im Rahmen der gutachtlichen Bewertung der Notfallplanung auf die Notwendigkeit der systematischen Modellierung des Gesamtsystems hingewiesen wurde (Asse-GmbH, 2010). Bereits zu diesem Zeitpunkt wurde ein Vorschlag für die mögliche Modellierung und Systemanalyse der Schachanlage eingebracht. Die AGO hat auch wiederholt darauf hingewiesen, dass das Notfallkonzept, insbesondere die erstellten Barrieren, bei der Rückholung hinfällig werden (AGO 2019c). Aus den Ausführungen im Rückholplan (BGE 2020a) ist jedoch ersichtlich, dass bis Ende 2019 keine Schritte zur Beseitigung dieses Defizits eingeleitet worden sind. Es ist nicht ersichtlich, wie die jetzt angekündigten umfangreichen Betrachtungen in den Zeitplan einzuordnen sind.

Die Darstellungen der BGE zu diesem Aspekt spiegeln nach Ansicht der AGO nicht die bestmöglich erreichbare Schadensvorsorge bei einem AÜL am Stand von Wissenschaft und Technik wider, sondern die realistisch erreichbare Vorsorge. Ob dies ausreicht wird im Rahmen des Genehmigungsverfahrens zu diskutieren sein.

6.3.2 Bergrechtliche Sicherheitsnachweise

Sachstand BGE

Bergrechtliche Sicherheitsnachweise sieht BGE als erforderlich an für

- die Auffahrung des Rückholbergwerks,
- die Vorbereitung der Rückholung
- die Durchführung der Rückholung.

Zur Gewährleistung der Befahrbarkeit von Grubenbauen ist die bergbauliche Sicherheit zu gewährleisten. BGE plant dazu die notwendigen Nachweise zur Integrität und Standsicherheit mittels gebirgsmechanischer Berechnungen zu führen. Im Hinblick auf das bergrechtliche Zulassungsverfahren werden Nachweise bezüglich ausreichender Wettermengen, Brand- und Explosionsschutz und Gebirgsbeherrschung geführt.

Ein besonderes Thema im Rahmen der Rückholungsplanung ist die Nachweisführung der erforderlichen Integrität des Gebirges bei Verletzung von Abstandskriterien nach § 224 ABVO (Sicherheitspfeiler). Sowohl für die Errichtung von Schacht Asse 5 am gewählten Schachtansatzpunkt als auch für das aufzufahrende Rückholbergwerk stellt sich dieses Thema der wahrscheinlichen Unterschreitung des Sicherheitspfeilers von 150 m gegen die Salzstockflanken. BGE plant durch Erkundungen nachzuweisen, dass das Nebengestein an den Salzflanken in einer Stärke von 150 m trocken ist, um den Sicherheitspfeiler gegen die Salzstockflanken oder die Salzstockbasis verringern zu können. Diese Maßnahmen sind im Bereich der Südwestflanke von Relevanz und auch im Bereich der Nordostflanke sowie im Bestandsbergwerk im Bereich der Sohlen zwischen ca. 240 m und 540 m Teufe um das lösungsführend angetroffene Anhydritmittel 4.

Erkundungsmaßnahmen werden auch bei Auffahrungen von Grubenbauen im unverritzten Gebirge zum Nachweis der Lösungs- und Gasfreiheit geplant.

Nachweise der Integrität und Standsicherheit werden auch bei der Auffahrung von Strecken und Grubenbauen für die kammernahe Infrastruktur erforderlich werden.

Für alle Maßnahmen werden sowohl ein Rahmenbetriebsplan und entsprechende Sonderbetriebspläne erarbeitet und zur Zulassung vorgelegt.

Kommentar AGO

Die Erlangung der bergrechtlichen Genehmigungen zum Rahmenterminplan und den zugehörigen Sonderbetriebsplänen sind notwendige Voraussetzung zur Umsetzung der Rückholung der radioaktiven Abfälle. Die AGO weist darauf hin, dass sie bezüglich der von BGE favorisierten Vorzugsvarianten für die 750-m-Sohle (vgl. Kap. 3.3) sicherheitstechnische Bedenken formuliert hat und erwartet daher, dass in den weiteren Planungsschritten die bergtechnische Sicherheit für alle Bauzustände während der Rückholung eingehend geprüft wird.

Die weiteren Aussagen zu den erforderlichen Sicherheitsnachweisen sind sehr allgemein gehalten. Allerdings stellt sich die Frage, warum erst jetzt das Thema des nach ABVO einzuhaltenen Sicherheitspfeilers andiskutiert wird, obwohl diese Problematik schon beim Bestandsbergwerk akut ist.

Die AGO empfiehlt dringend bezüglich der Problematik des Sicherheitsabstandes gemäß § 224 ABVO umgehend entsprechende Gespräche mit der zuständigen Behörde LBEG und den weiteren Verfahrensbeteiligten zu führen, um über die Randbedingungen und Nachweisführungen Einvernehmlichkeit und Verfahrenssicherheit zu erzielen. Der zeitliche Verzug durch verspätete Gespräche wirkt sich direkt auf die terminliche Rückholplanung aus und sollte daher vermieden werden.

7. Beschreibung der Anlage zum Zeitpunkt der Rückholung

Sachstand BGE

Im Kapitel 7 des Rückholplanes (BGE 2020a) beschreibt die BGE das Abfallinventar, die Geologie und Hydrogeologie der Asse sowie die gebirgsmechanische Situation der Schachanlage Asse II und das geplante Bestandsbergwerk zum Zeitpunkt der Rückholung.

Kommentar AGO

Alle die in diesem Kapitel zusammengestellten Sachverhalte sind als Grundlagen eines Planungsprozesses nötig und wichtig. Die AGO geht daher davon aus, dass die in diesem Kapitel dargestellten Inhalte trotz der „angehängten“ Position im Rückholplan bei der technischen Planung berücksichtigt wurden.

7.1 Abfallinventar

7.1.1 - 7.1.5 (Ausgangssituation, ASSEKAT, Verteilung Gebinde und Aktivität, Nuklide)

Sachstand BGE

Die BGE beschreibt kurz die Ausgangssituation und die früheren Vorgehensweisen bei der Einlagerung der Abfälle (Kap. 7.1.1), die aus den damals erfassten Daten zur Radioaktivität der Abfälle vom BfS nachträglich erstellte Datenbank ASSEKAT (Kap. 7.1.2) und die daraus ableitbaren Angaben zum radioaktiven Inventar der Einlagerungskammern wie die Verteilung der Gebinde und der Aktivität (Kap. 7.1.3 und 7.1.4) sowie die dosisrelevanten Radionuklide (Kap. 7.1.5).

Kommentar AGO

Der mit der „Lex Asse“ formulierte gesetzliche Auftrag fordert von der BGE, die radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II rückzuholen. Das bedeutet in der Konsequenz, dass ein erhebliches Inventar an Radioaktivität geborgen, behandelt und für unbestimmte Zeit sichergestellt werden muss. Kenntnisse zum Inventar der radioaktiven Abfälle sind nötig, um den Strahlenschutz fundiert planen zu können.

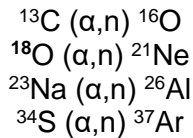
Die Beschreibung der BGE basiert auf veröffentlichten und damit allgemein zugänglichen Angaben zum Inventar (GERSTMANN et al. 2002) und späteren, daran vorgenommenen Korrekturen (z.B. Erhöhung des Plutonium-Inventars um den Faktor 3, Korrekturen bei natürlich vorkommenden Radionukliden in (BfS 2011), (TÜV 2011) und (STEAG 2013)). Der aktuelle Datensatz ASSEKAT wurde bisher nicht allgemein zugänglich gemacht. Ein Vergleich der Inventarangaben in Tabelle 9 aus BGE (2020a) mit den in STEAG (2013) aufgeführten Daten zeigt aber, dass dieser Datensatz mit den im Rückholplan (BGE 2020a) verwendeten Daten weitgehend übereinstimmt.

Die BGE geht allerdings nicht auf den Sachverhalt ein, dass das Inventar mit erheblichen Unsicherheiten abgeschätzt wurde.

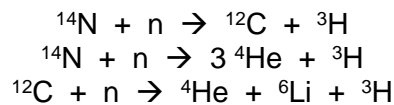
Da die als Gesamtaktivität in Becquerel (Bq) angegebenen Werte keine strahlenschutzseitige Bedeutung haben, sind sie zunächst nur formale Planungsdaten, die ggf. bei einer späteren Bilanzierung zum Abgleich mit den Planungsdaten herangezogen werden können. Für das Verständnis dieser Werte ist wichtig:

- Nicht die tatsächliche physikalische Aktivität ist angeben, sondern eine auf langlebige Radionuklide bezogene Aktivität. Bei Radionukliden mit (kurzlebigen) Tochternukliden (z.B. Tochternuklid Ba-137 bei Mutternuklid Cs-137) liegt die physikalische Aktivität um die Anzahl der Tochternuklide höher (s. z.B. (STEAG 2013)).
- Nach Einschätzung der ursprünglichen Bearbeiter der Datenbank ASSEKAT wird das Aktivitätsinventar eher über- als unterschätzt (GERSTMANN et al. 2002). Auch spätere Korrekturen des Aktivitätsinventars wurden bei fehlenden Kenntnissen eher „konservativ“ überschätzend vorgenommen.
- Es ist allerdings weiterhin unklar, wie realistisch das bei der Planung des Strahlenschutzes auch zu beachtende Inventar an Tritium (H-3) ist. Aus den Jahresberichten zur Überwachung der Ableitungen der Schachanlage Asse II kann für den Zeitraum von 1978 bis 2017 eine abgeleitete Aktivität von $4E+12$ Bq H-3 errechnet werden. Das ist mehr als das in TÜV (2013) und STEAG (2013) aufgeführte H-3-Inventar zum Zeitpunkt 01.01.1980 von $2,9E+12$ Bq. Da auch weiterhin, 40 Jahre, d.h. mehr als 3 Halbwertszeiten von H-3 nach dem Referenzzeitpunkt 01.01.1980 deutliche H-3-Ableitungen von jährlich ca. $1E+10$ Bq stattfinden, muss bei H-3 und eventuell auch C-14 mit höheren Inventaren gerechnet werden als bisher in den Datensätzen erfasst.

- Die AGO weist daraufhin, dass es innerhalb des Asse-Inventars durch (α ,n)-Reaktionen und anschließender Neutronenaktivierung oder Kernreaktion zur Bildung von Radionukliden kommen kann. Bestimmte Isotope häufiger Elemente wie Sauerstoff, Kohlenstoff, Natrium oder Schwefel, die bezüglich (α ,n)-Reaktionen Schwellenenergien < 5 MeV haben, können bei Beschuss mit entsprechend energiereichen Alpha-Teilchen Neutronen emittieren, z.B.:



Ob z. B. die Neubildung von Tritium aus Kernreaktionen von Stickstoff (salpetersaure Verdampfer-Konzentrate, Luftstickstoff) oder Kohlenstoff (organische Matrices) mit den freigesetzten Neutronen gemäß:



mengenmäßig relevant sein könnte, sollte auf Grundlage quantitativer, inventarbasierter Abschätzungen dieser Reaktionen nachgeholt werden (s. hierzu auch Anlage zu dieser Stellungnahme)

Für die Strahlenschutzplanung sind massenbezogene Werte (spezifische Aktivitäten in Bq/g) die wesentlicheren Größen. Aus den verfügbaren Angaben zum Inventar (STEAG 2013) und der Anzahl der in den Einlagerungskammern lagernden Gebinde kann man ableiten:

- Die zu Beginn der Rückholung aus Strahlenschutzgesichtspunkten wichtigsten Radionuklide sind Cs-137, Sr-90, Ra-226, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241 und Am-241.
- Für eine Reihe von langlebigen Radionukliden (z.B. Be-10, Cl-36, Tc-99, I-129 u.a.) liegen die mittleren spezifischen Aktivitäten vor allem in den LAW-Abfällen im Bereich der Freigabewerte der Anlage 4 StrlSchV und sind damit strahlenschutzseitig von geringer Bedeutung. Die Strahlenschutzplanung sollte aber trotzdem berücksichtigen, dass einzelne Gebinde deutlich vom Mittelwert abweichende Aktivitäten dieser Radionuklide aufweisen können. Eine Reduzierung der Liste der relevanten Radionuklide sollte deshalb vorrangig unter dem Gesichtspunkt des radioaktiven Zerfalls erfolgen.
- Zum Zeitpunkt des Rückholbeginns ist Cs-137 das Radionuklid, das hinsichtlich der Direktstrahlung an Gebinden im Mittel die größten Dosisleistungen verursacht.
- Obwohl die Aktivität einiger Radionuklide (z.B. Co-60, Eu-154) bis zum Beginn der Rückholung deutlich abgenommen haben wird, können diese Radionuklide in Einzelgebinden noch immer erhebliche Gammastrahlung aussenden.

Ein für die Planung der Weiterbehandlung der rückgeholtene Abfälle wesentlicher Aspekt betrifft die in der Schachanlage eingelagerten Kernbrennstoffe.

7.1.6 Kernbrennstoffe

Sachstand BGE

In der Schachanlage Asse II wurden erstmals ab dem Jahr 1968 uranhaltige und erstmalig ab dem Jahr 1972 plutoniumhaltige Abfälle eingelagert. Die Meldungen zu kernbrennstoffhaltigen Abfällen erfolgten ab 1972 durch separate Meldungen an die zuständige Aufsichtsbehörde. Bei den Meldungen wurde zwischen mittel- und schwachradioaktivem Abfall unterschieden. Dabei sind 9 % der in der gesamten Schachanlage Asse II lagernden Gebinde plutoniumhaltig (Tabelle 12), 8 % der Gebinde sind thoriumhaltig und 47 % der übrigen Gebinde sind uranhaltig, jedoch überwiegend als Natururan (Uran_{nat}) oder in abgereicherter Form (Uran_{ab}).

Kommentar AGO

Der Sachverhalt, dass in der Schachtanlage Asse II Kernbrennstoffe eingelagert wurden, ist genehmigungsrechtlich von großer Bedeutung und hat insbesondere Auswirkungen auf die Planung der Abfalldeklaration, Abfallbehandlung und Lagerung der rückgehenden Abfälle. Mit einer Masse von 81.069 kg (Anteil von 44 % am Inventar) wird im Rückholplan (BGE 2020a) Thorium als „Kernbrennstoff“ klassifiziert. Diese Zuordnung beruht offensichtlich auf früheren, historisch gewachsenen Zuordnungen und Termini, ist aber nach Ansicht der AGO nicht fachlich begründet und führt zu einer Überbetonung des Problems, insbesondere durch die begriffliche Vermischung von „Kernmaterial“ und „Kernbrennstoff“.

In Deutschland sind Kernbrennstoffe (als eine besondere Kategorie radioaktiver Stoffe) im § 2 Absatz 1 AtG und § 3 Absatz 1 StrlSchG definiert. Danach gilt:

„Kernbrennstoffe sind besondere spaltbare Stoffe in Form von:

1. *Plutonium 239 und Plutonium 241,*
2. *mit den Isotopen 235 oder 233 angereichertem Uran,*
3. *jedem Stoff, der einen oder mehrere der in den Nummern 1 und 2 genannten Stoffe enthält,*
4. *Stoffen, mit deren Hilfe in einer geeigneten Anlage eine sich selbst tragende Kettenreaktion aufrechterhalten werden kann und die in einer durch die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates erlassenen Rechtsverordnung bestimmt werden“.*

Eine Rechtsverordnung, mit der Thorium zum „Kernbrennstoff“ erklärt wurde, liegt bisher nicht vor. Daher ist die Zuordnung von Thorium zu den „Kernbrennstoffen“ nicht nachvollziehbar.

In internationalen Verträgen wird Thorium zwar als „nuclear material“ mit aufgeführt, allerdings explizit von den spaltbaren Materialien ausgenommen. So wird in Art. 197 EURATOM-Vertrag Absatz 3 Thorium als ein „Ausgangsstoff“ genannt, wenn es „in Form von Metall, Legierungen, chemischen Verbindungen oder Konzentraten“ vorliegt oder wenn „jeder andere Stoff, ... [Thorium] ... mit Konzentrierungen enthält, welche der Rat auf Vorschlag der Kommission mit qualifizierter Mehrheit bestimmt“. Diese Definitionen beziehen sich unmittelbar auf Article XX. der IAEA-Statuten, in denen Thorium im Absatz 3 als „source material“ bezeichnet wird.

Im Art. 197 Absatz 1 des EURATOM-Vertrags werden (analog zu den Definitionen der IAEA) als „besondere spaltbare Stoffe“ Plutonium-239, Uran-233 und mit Uran-235 oder -233 angereichertes Uran benannt. Sowohl in den Statuten der IAEA als auch im EURATOM-Vertrag wird dazu erklärt: „*doch zählen Ausgangsstoffe in keinem Fall zu den besonderen spaltbaren Stoffen*“.

Wenn man außerdem berücksichtigt, dass ein Großteil des Thoriums in den Abfällen der Schachtanlage Asse II (1.381 Gebinde mit deklarierten 3,6 mCi) aus der Entsorgung von Glühstrümpfen stammt (GERSTMANN et al. 2002), die nach aktuellem Strahlenschutzrecht noch nicht einmal als radioaktive Stoffe klassifiziert werden (vgl. Begründung zu Abschnitt 8 Unterabschnitt 1 des StrlSchG BR 2017), ist die von BGE getroffene Zuordnung zu Kernbrennstoffen fehlerhaft.

Uran, das U-233 enthält oder bei dem das Verhältnis U-235/U-238 gegenüber dem natürlichen Verhältnis angereichert ist, sowie das in der Schachtanlage Asse II eingelagerte Plutonium können generell als Kernbrennstoff bezeichnet werden. Nach den Daten in STEAG (2013) trifft das beim Uran aber nur für Teile des Inventars zu. Uran in natürlicher Isotopenzusammensetzung und Uran, bei dem das Verhältnis U-235/U-238 niedriger als in der Natur ist (abgereichertes Uran), sind keine Kernbrennstoffe. Die von BGE genannte Menge von ca. 103 Tonnen Uran ist daher für eine Benennung als Kernbrennstoff zu hoch.

Die allgemeine Benennung als Kernbrennstoff nach § 2 Absatz 1 AtG bzw. § 3 Absatz 1 StrlSchG ist für die gesetzlichen Anforderungen an die Handhabung und Lagerung von Stoffen aber von untergeordneter Bedeutung. Für die Anwendung von Genehmigungsvorschriften

besagen AtG und StrlSchG, dass „*Stoffe, in denen der Anteil der Isotope Uran 233, Uran 235, Plutonium 239 und Plutonium 241 insgesamt 15 Gramm oder die Konzentration der genannten Isotope 15 Gramm pro 100 Kilogramm nicht überschreitet, als sonstige radioaktive Stoffe*“ zu behandeln sind.

Durch die Verknüpfung der beiden Anforderungen mit dem Wort „*oder*“ genügt es, wenn eines der beiden in diesem Satz genannten Kriterien erfüllt ist, um die Forderungen einzuhalten. Selbst wenn man unterstellt, dass z.B. in einer Einlagerungskammer insgesamt mehr als 15 Gramm der genannten Radionuklide enthalten sind, unterliegen diese Stoffe nicht den gesetzlichen Anforderungen an Kernbrennstoffe sondern sind als „*sonstige radioaktive Stoffe*“ zu behandeln, solange nicht die Konzentration die Schwelle von 15 Gramm pro 100 Kilogramm überschreitet.

Bezüglich Uran und Plutonium ist es beim derzeitigen Stand der Kenntnisse möglich, dass einzelne Gebinde Mengen an isotopisch mit U-235 angereichertem Uran oder Plutonium enthalten, die als Kernbrennstoffe zu behandeln sind. Da beim Plutonium das Isotop Pu-240 nicht als Kernbrennstoff zählt, reduziert sich die Masse des Plutoniums in der Schachanlage, das theoretisch als Kernbrennstoff zu behandeln wäre, nach den Inventardaten in STEAG (2013) von ca. 29 kg auf ca. 22 kg. Damit könnten theoretisch maximal 1.500 Gebinde Plutoniummengen enthalten, die als Kernbrennstoffe sicher zu stellen sind. In der Praxis ist aber davon auszugehen, dass der weit überwiegende Teil der Gebinde deutlich kleinere Konzentrationen an Plutonium enthält und die Zahl der aufgrund des Plutoniums als Kernbrennstoff zu behandelnden Gebinde wesentlich kleiner ausfällt.

Auch wenn eine Kritikalität der Kernbrennstoffe in der Schachanlage Asse II praktisch auszuschließen sein sollte, sind entsprechende Nachweise nötig. Auch bei der Weiterbehandlung der Abfälle ist sicherzustellen, dass eine Kritikalität nicht eintreten kann. Die planerische Vorbereitung auf Kernbrennstoffe ist daher aufgrund der bestehenden Gesetzeslage grundsätzlich nötig. Es ist aber nicht sachgerecht, die Inventare an Radionukliden, die in entsprechenden Quantitäten Kernbrennstoff darstellen können, in der Planung als Kernbrennstoff zu deklarieren, weil es unrealistisch ist, dass verteilt in den eingelagerten Abfällen vorkommende Radionuklide die o.g. Kriterien für eine Deklaration als Kernbrennstoff erfüllen.

Abfälle mit geringen, aber messbaren Spuren der spaltbaren Radionuklide unterhalb der Freigrenzen sind durch diese Kontamination weder als radioaktive Stoffe noch als Kernbrennstoffe einzuordnen.

Als irreführend ist die vielfache Verwendung des Begriffs „*kernbrennstoffhaltig*“ im Rückholplan (BGE 2020a) zu bezeichnen, ohne dass der Begriff dort definiert wird. Bezogen auf die allgemeine Begriffsdefinition von AtG und StrlSchG kann dieser Begriff ggf. verwendet werden. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist der Term aber klar von dem früher in Anlage I der StrlSchV 1989 definierten Begriff der „*kernbrennstoffhaltigen Abfälle*“ abzugrenzen. Die „*kernbrennstoffhaltigen Abfälle*“ nach StrlSchV 1989 beinhalteten radioaktive Abfälle, die höchstens 3 g Kernbrennstoffe pro 100 Kilo Abfall enthalten und nicht nach § 2 Absatz 2 der damaligen Strahlenschutzverordnung als sonstige radioaktive Stoffe galten. Bereits nach der 8. AtG-Novelle aus dem Jahr 1998 hatte dieser Begriff keinen Anwendungsbereich mehr und wurde durch die aktuell geltende Abgrenzung zwischen Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen ersetzt (BÜDENBENDER et al. 1999). Nach Meinung der AGO sind einige deutlich überzogene Planungsansätze der BGE in Bezug auf die Abfallbehandlung und Zwischenlagerung auch auf ein durch diese unsachgemäße Terminologie bedingtes, zu weit gefasstes Verständnis der Kernbrennstoffproblematik in den radioaktiven Abfällen der Schachanlage Asse II, zurückzuführen (s. auch AGO-Kommentare zu Kap. 5).

Die beiden abschließenden Unterkapitel von Kap. 7.1 befassen sich mit dem stofflichen Inventar der Abfälle (7.1.7) und der Inventardatenbank (7.1.8).

7.1.7 Stoffliches Inventar und 7.1.8 Inventardatenbank

Sachstand BGE

Die Gesamtmasse der rückzuzuholenden Abfälle wird mit 89.000 Tonnen angegeben, von denen 2/3 auf Abfälle entfallen, die als Beton, Bauschutt oder Zementleim angeliefert wurden. Als wichtigste Abfallarten werden „*Metallschrott, Verdampferkonzentrate, Schlämme (ehemals flüssige verfestigte Abfälle) und Bauschutt*“ benannt. Weiterhin wurden „*Papier, Labor- und Mischabfälle, Filter, Filterhilfsmittel und -rückstände, Folien, Holz, Harze, Textilien, Zellstoffe, Asche, Kunststoffteile sowie Glas*“ eingelagert. Ein besonderer Teil des Inventars sind „*Moderator- bzw. Absorberkugeln aus Graphit aus dem Betrieb des AVR-Reaktors in Jülich*“. Die BGE verweist auch auf „*relevante Mengen an Uran und Thorium ("Glühstrümpfe") in den Abfällen*“.

In der Gesamtmasse sind ca. 65 Tonnen organisch-chemotoxische Stoffe (Chelat-, Komplexbildnern und Tenside) und ca. 1.300 Tonnen anorganisch-chemotoxische Stoffe (Schwermetalle und Arsen) enthalten. Die sichere Handhabung der Abfälle muss auch diese Bestandteile berücksichtigen.

Als Planungsgrundlage wird die derzeitige Datenbank ASSEKAT weiterentwickelt, um Anforderungen wie z. B. die Rückverfolgbarkeit der Gebinde von der Bergung bis zur Konditionierung zu ermöglichen. Diese neue Abfalldatenbank ist allerdings noch nicht implementiert, so dass weiterhin mit der ASSEKAT-Datenbank gearbeitet wird. Diese Datenbank wird „*im Hinblick auf relevante Fehler oder neue Erkenntnisse fortgeschrieben*“.

Kommentar AGO

Die Gesamtmasse der rückzuzuholenden Abfälle ist eine wichtige Planungsgröße, aus der z.B. der Bedarf an Zwischenlagerkapazität abzuleiten ist. Es ist aber allen Beteiligten klar, dass die im Rahmen der Rückholung tatsächlich zutage geförderte Masse größer sein wird, da mit beträchtlichen Anteilen an kontaminiertem Salz zu rechnen ist. Von daher wäre eine Schätzung der tatsächlich zu erwartenden Mengen an radioaktiv kontaminierten Stoffen eine notwendige Ergänzung.

Die Berücksichtigung chemotoxischer Stoffe im Rahmen von Arbeitssicherheitsplanungen ist grundsätzlich sachgerecht, allerdings ist auch hier aus den Inventarangaben keine wirklich belastbare Aussage zum Gefahrenpotential abzuleiten. So sind die Spurenelemente Kupfer, Chrom und Nickel als Bestandteile von Metallen in der Regel gefahrlos handhabbar.

Bezüglich der neuen Abfalldatenbank erwartet die AGO, dass deren Inventardaten auch für den Begleitprozess zur Verfügung gestellt werden. Außerdem sollten die Fortschreibungen hinsichtlich „*relevanter Fehler oder neuer Erkenntnisse*“ im Sinne des von BGE propagierten „*lernenden Systems*“ soweit kommuniziert werden, dass auch die am Begleitprozess beteiligten Gruppen darauf zugreifen können.

Im Zusammenhang mit der Befassung mit dem Inventar gibt die AGO noch Folgendes zu bedenken:

- Ein Teil des Inventars ist nach derzeitigen Maßstäben aufgrund der bis 2033 + x Jahre dauernden „Abklinglagerung“ rein rechtlich wahrscheinlich freigebbar. Eine diesbezügliche Planung ist derzeit aber nicht zielführend, da sich die strahlenschutzrechtlichen Maßstäbe und die abfallrechtlichen Randbedingungen der Freigabe bis zum Beginn der Rückholung noch ändern können. Der Sachverhalt als solcher sollte allerdings in den Planungen der Abfallcharakterisierung, Abfallbehandlung und Zwischenlagerplanung berücksichtigt werden. Abfälle, die unmittelbar oder in gestaffelten Zeiträumen nach der Rückholung als freigebbar bewertet werden, sollten so gelagert werden, dass eine spätere Entnahme und Entsorgung einfach möglich sind.
- Ebenfalls separat zu halten sind Gebinde, deren Abfälle ausschließlich natürlich vorkommende, radioaktive Materialien, deren ionisierende Strahlung nicht genutzt wurde, enthalten. Für diese nach derzeitiger Klassifikation als Materialien oder

Rückstände im Strahlenschutzrecht geregelten Stoffe sind im Entsorgungskonzept noch keine klaren Planungen enthalten. Eine Entlassung aus dem Strahlenschutz zur (nicht-nuklearen) Verwertung oder abfallrechtlichen Beseitigung ist nach derzeitigen Recht grundsätzlich möglich und auch für die Zukunft daher nicht auszuschließen.

- Die AGO geht in Kenntnis der Unterlagen zum Inventar davon aus, dass die Gesamtmenge an Abfällen mit Kernbrennstoffen in der Schachanlage Asse II eher gering sein wird. Die daraus resultierende relativ kleine Abfallmenge sollte nach Meinung der AGO an eine geeignete Bundeseinrichtung verbracht und nicht im Zwischenlager verwahrt werden. Damit können die sicherheitstechnischen Anforderungen an das Zwischenlager reduziert werden. Auch eine eventuelle spätere Nutzung des Zwischenlagers an der Schachanlage Asse II für die Lagerung von Kernbrennstoffen wird damit erschwert.
- Bezüglich des Inventars der rückgeholt Abfälle stellt die AGO weiterhin fest, dass es sich zu großen Teilen um Abfälle handelt, die nach internationalen Standards (IAEA 2009) als schwach radioaktiv (Low Level Waste, LLW) klassifiziert werden können. Derartige Abfälle können nach den Darlegungen der IAEA in oberflächennahen (deponieähnlichen) Anlagen (Near Surface Disposal) endgelagert werden. Das Verbringen der Abfälle aus der Schachanlage Asse II in ein Tiefenendlager ist nach Meinung der AGO aber anzustreben und aus Gründen der Langzeitsicherheit vorzuziehen.

7.2 Geologische Standortbeschreibung

Sachstand BGE

Im Kapitel 7.2 wird ein Überblick über die Regionale Geologie der Asse gegeben, der im Wesentlichen die großräumigen geologischen Verhältnisse auf dem Stand der jüngsten Bearbeitungen (ERCOSPLAN 2018) darstellt.

Kommentar AGO

Die regionale Geologie ist allgemein bekannt. Die AGO vermisst an dieser Stelle die thematische Verbindung zu dem Rückholungsauftrag, dem eigentlichen Gegenstand des vorliegenden Berichts. Es wird auch mit keinem Wort auf den internen Aufbau des Salinars eingegangen, der für die Rückholungsplanung sehr viel wichtiger ist als die Oberflächengeologie. Die neueren Ergebnisse aus der Bohrung Remlingen 15 und den untertägigen Erkundungsbohrungen und deren Relevanz für die Rückholungsplanung werden gar nicht erwähnt.

7.3 Hydrogeologische Standortbeschreibung

Sachstand BGE

Der Asse-Höhenzug gehört weitestgehend zum Abflusssystem der Weser, nur ein geringer Teil der Abflüsse gelangt zur Elbe. Neben triassischen Grundwasserleitern im Zentralteil der Asse, sind noch die Grundwasserleiter im Rhät-Sandstein des Oberen Keuper (ko) und die Sandsteinhorizonte des Unteren (ju) und Mittleren Jura (jm) zu nennen, die sich auf die Randbereiche des Höhenzugs und die angrenzenden Muldenstrukturen (Remlinger und Schöppenstedter Mulde) beschränken. Quartäre und tertiäre Lockergesteinsgrundwasserleiter sind im Asse-Höhenzug nicht vorhanden.

Es ist bekannt, dass das Grundwasser je nach Beschaffenheit des Grundwasserleiters auf Klüften, in Karsthohlräumen und ggf. im Porenraum der Festgesteinsgrundwasserleiter fließt.

In der Tabelle 14 von BGE (2020a) wird eine detaillierte Schichtfolge und hydrogeologische Charakterisierung des Muschelkalks und Buntsandsteins im Bereich des Asse-Höhenzuges aufgezeigt.

Das hydrogeologische Messnetz der Schachtanlage Asse II verfügt zurzeit über 24 aktive Grundwassermessstellen zuzüglich der abgesoffenen Schächte Asse 1 und Asse 3, welche ebenfalls mit dem Grundwasser in Kontakt stehen und daher als Grundwassermessstellen zu betrachten sind. Zur Erfassung der komplexen hydrogeologischen Verhältnisse ist derzeit eine Anpassung des Messnetzes in Vorbereitung.

Das Rückholbergwerk wird unter Berücksichtigung der geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen errichtet werden. Tabelle 15 (BGE 2020a) fasst die Faktoren zusammen, die sich günstig oder ungünstig bzgl. der hydrogeologischen Risiken auswirken. Zu den im Vergleich zur Schachtanlage Asse II günstigeren Verhältnissen zählen der tiefer liegende Salzspiegel, der fehlende Altbergbau und die bei der bisherigen Erkundung fehlenden oder nur spärlich ergiebigen Lösungsspeicher bzw. - transportpfade. Zu den ungünstigeren Faktoren zählen neben der geringen Datendichte die Verschmälerung der Salzstruktur Asse in Richtung Osten und der ungeklärte Verlauf der an der Oberfläche festgestellten Störungssysteme zur Tiefe hin. Außerdem zeigen die gewonnenen Erkenntnisse über die interne Salzstruktur, dass mehrfach Anhydritmittel bei der Anbindung des Rückholbergwerks an das Bestandsbergwerk durchörtert werden müssen. Anhydritmittel können lösungsführend sein.

Die größte Unsicherheit hinsichtlich hydrogeologischer Aussagen resultiert aus der geringen Verfügbarkeit von geologischen Daten, insbesondere über die Lage des Salzspiegels und über die Lage der Flanken, die Voraussetzung für die Einhaltung der Sicherheitsabstände zu grundwasserführenden Schichten im Deckgebirge sind. Das Risiko, dass die Sicherheitsabstände zum Deckgebirge zu gering angesetzt wurden, reduziert sich mit fortschreitender Erkundung des Standorts für das Rückholbergwerk.

Kommentar AGO

Die AGO weist darauf hin, dass auch der Keuper mitsamt dem Rhät-Sandstein zur Trias gehört. Quartäre und tertiäre Lockergesteinsgrundwasserleiter sind im Asse-Höhenzug in Gestalt des Einsturzgebirges und der Hutgesteine vorhanden.

Die Angaben zu den hydrogeologischen Formations-Eigenschaften in Tabelle 14 (BGE 2020a) spiegeln nicht den verfügbaren Kenntnisstand wider und könnten z.B. mit kf-Werten (Durchlässigkeitsbeiwert) oder Angaben zur Art der Leiter-Eigenschaften (Poren-, Kluft-, Karst-Leitung) bereichert werden. Es existieren ältere Berichte, die deutlich mehr Informationen enthalten, aber hier weder zitiert noch ausgewertet worden sind, wie z.B. COLENCO (2006a, 2006b und 2009).

Die (grundsätzlich begrüßte) Einrichtung weiterer Grundwassermessstellen wird das Verständnis der hydrogeologischen Verhältnisse nicht von allein entscheidend verbessern. Es scheint eher an einer intensiven wissenschaftlichen Befassung mit den ermittelten Daten und an neuen Ansätzen zur Aufklärung der Strömungsprozesse zu fehlen. Die strukturellen Besonderheiten der steil aufgerichteten Schichtpakete und das tektonische Inventar müssen dabei eine zentrale Rolle spielen.

Die weiteren Ausführungen betreffen im Wesentlichen eher das bergbauliche Engineering. Hier fehlen der AGO Hinweise im Rückholungsplan, mit welchen Ansätzen man den bekannten hydraulischen Problemen begegnen kann und will.

Im Übrigen verweist die AGO auf ihre gesonderte Kurzstellungnahme zu den hydrogeologischen Risiken bei Auffahrung und Betrieb des geplanten des Rückholbergwerks (AGO 2019d).

7.4 Standortbeschreibung der Schachtanlage Asse II

- Gebirgsmechanische Situation

Sachstand BGE

Das Leinesteinsalzbaufeld an der Südflanke wurde in unmittelbarer Nähe zum südlichen Deckgebirge aufgefahren. Auf den oberen Sohlen (bis inklusive der 595-m-Sohle) besitzt die

Steinsalzbarriere zum Deckgebirge nur minimale Mächtigkeiten von zum Teil unter 10 m. Das Baufeld an der Südflanke stellt mit ca. 3,0 Mio. m³ Hohlraumvolumen das mit Abstand größte Baufeld dar.

Es kam zu Rissbildungen, Abschalungen und Sohlenaufwölbungen in den Abbaukonturen sowie zu Schwebendurchbrüchen. Ein Großteil der Tragelemente hat das Tragfähigkeitsmaximum überschritten und befindet sich im Entfestigungszustand. Diese Entwicklung ging einher mit einem starken Anstieg der querschlägigen Pfeilerstauchungsraten auf bis zu 218 mm/a sowie zeitlich verzögert mit erhöhten übertägigen Senkungsraten von bis zu 25 mm/a.

Die deutlich sichtbaren Gebirgsdruckerscheinungen erforderten in den Jahren 1995 bis 2004 eine vollständige Verfüllung der meisten noch offenen Abbaue. Der Versatz führt zu einer Verdämmung der Pfeilerkonturen, die der Pfeilerquerdehnung entgegenwirkt. Die Stützwirkung ist mittels der degressiven Tendenz der Pfeilerstauchungsraten belegt. Trotz der zunehmenden Versatzwirkung, die gegenwärtig mittels Firstspaltverfüllung mit Sorelbeton unterstützt wird, werden sich mit den weiteren Deckgebirgsverschiebungen die Bruchprozesse fortsetzen. Die Versatzwirkung ist aber entscheidend für den Erhalt der Resttragfähigkeit der Pfeiler und führte seit Ende der 1990er Jahre zu einer Halbierung der Pfeilerstauchungsraten.

In Abb. 40 (BGE 2020a) ist die Hohlraumbilanz der Schachanlage Asse II zusammengefasst. Zum Stand 10/2018 verbleibt ein konvergenzaktiver luftgefüllter Hohlraum von ca. 1,61 Mio. m³.

Kommentar AGO

Die gebirgsmechanische Situation ist soweit nachvollziehbar beschrieben worden, doch beziehen sich die Ausführungen nur auf das Baufeld im Leine-Steinsalz der Südflanke. Zur vollständigen Bewertung sind aber auch die anderen Teile der Schachanlage Asse II (insbesondere Tiefenaufschluss, Carnallit-Abbaue, zentrale Abbaue, Tagesschächte, Relation zu Schachanlage Asse I) von Interesse.

Die Zusammenstellung „Hohlraumbilanz der Schachanlage Asse II mit Stand 10/2018“ ist hilfreich.

- Lösungszutrittssituation

Sachstand BGE

Seit spätestens 1988 führte der Integritätsverlust der Steinsalzbarriere zu einem Zutritt von Salzlösungen aus dem Deckgebirge, die sich mehrfach verlagert haben. Seit 1997 wird der überwiegende Teil der Lösungen an der Südflanke über das Fassungsssystem im Abbau 3 auf der 658-m-Sohle gefasst.

Die Lösungen sind an Halit, Anhydrit und Gips gesättigt. Damit haben die Lösungen, außer an den o. g. Mineralen, ein hohes Lösepotential gegenüber den in der Schachanlage Asse II aufgeschlossenen Kalisalzen wie z. B. Carnallit.

Seit Beginn der Lösungsfassung wurden bisher nur marginale Veränderungen bei der chemischen Zusammensetzung beobachtet. Diese zeigen eine leichte Zunahme der NaCl-Komponenten bei gleichzeitiger Abnahme der MgCl₂-Komponenten. Diese marginalen Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung verringerten sich konstant und haben inzwischen annähernd einen Gleichgewichtszustand erreicht. Die Lösungszusammensetzung kann daher insgesamt als stabil beschrieben werden. Die Stabilität der Lösungszusammensetzung drückt sich u. a. darin aus, dass auch bei deutlichen Änderungen der Zuflussrate (wie z. B. im September 2018, oder den jüngst festgestellten, kurzfristigen Änderungen im Januar und Juni 2019, s. u.) keine messbaren bzw. klar verifizierbaren Änderungen der Lösungszusammensetzung auftreten. Diese betreffen neben den chemischen Komponenten u. a. auch die Dichte und die Temperatur der Lösung.

Die Fassungsrates an der Südflanke, insbesondere der Hauptfassungsstelle L658008, hat sich seit 1988 immer wieder, teils sprunghaft, teils aber auch sukzessive, verändert und beträgt nach Angaben der BGE in 05/2019 an der Südflanke im Durchschnitt insgesamt ca. 13,2 m³/d. Die letzte nachhaltige Änderung der Fassungsrates ereignete sich im September 2018. Weitere sprunghafte Ratenenerhöhungen ereigneten sich im Januar und Juni 2019 und waren auf einige Stunden beschränkt. Ratenänderungen können im Einzelfall technisch bedingt sein (u. a. Aufbau Fassungssystem 1997, Folienbrüche 2014, Abb. 39).

Messungen der Standortüberwachung zeigen, dass es keine Korrelation zwischen den Werten der Fassungsrates und den geotechnischen Messdaten gibt. Belastbare Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Rate sind nicht möglich. Dieser Umstand sowie das o. g. Lösepotential der Lösung gegenüber carnallitischen Gesteinen und die daraus resultierende Möglichkeit eines AÜL sind im Rahmen der Betriebssicherheit von besonderer Bedeutung. Neben dieser grundsätzlichen Gefährdung hat eine Durchfeuchtung von Salzgestein auch mechanische Auswirkungen auf die Tragfähigkeit, da sich die Kriechfähigkeit von feuchtem Salz erhöht.

Kommentar AGO

Die Aussagen zur Entwicklung der Lösungszutritte können von der AGO nachvollzogen werden. Neben dem „Integritätsverlust der Steinsalzbarriere“ wäre zusätzlich eine Betrachtung und Diskussion der grundsätzlich in Frage kommenden Mechanismen, die zur Aufweitung von Wasserwegsamkeiten führen können, von Interesse.

Die Aussagen über den Sättigungszustand der Lösungen sind im Wesentlichen zutreffend, jedoch sind die als „marginal“ bezeichneten Änderungen der Zusammensetzung systematisch und weisen auf Abweichungen von Gleichgewichtszusammensetzungen, also auf Umlöseprozesse hin, die phasentheoretisch zu untersuchen und zu bewerten wären.

Bei den zeitlichen Veränderungen der Fassungsrates fällt auf, dass die Anstiege zumeist sprunghaft erfolgen, während die degressiven Phasen eher asymptotisch auf einen neuen Plateauwert verlaufen. Diese Charakteristik verlangt nach einer Erklärung.

Die Gefährdungen des Bergwerks durch die Lösungszutritte werden von der AGO ähnlich wie von BGE gesehen.

- Konsequenzen für den weiteren Offenhaltungsbetrieb

Sachstand BGE

Gebirgsmechanische Ereignisse und auch Veränderungen des Lösungszutritts sind Indikatoren für Bruchverformungen im Deck- und Salzgebirge. Die mögliche Notfallrelevanz gebirgsmechanischer Prozesse ergibt sich i. W. aus ihrem Potential, Veränderungen des Lösungszutritts oder neue Primärzutritte hervorzurufen. Aufgrund der unbekannt, komplexen Zusammenhänge müssen daher neben den benannten Kriterien eine Fülle von Informationen der Standortüberwachung und des Betriebs in die Bewertung der Gesamtsituation eingehen.

Kriterien wie Austrittsort, Austrittsrates, chemische Zusammensetzung und radioaktive Kontamination der Salzlösungen decken daher zunächst die Fälle ab, bei denen sich einzelne Parameter ohne auffällige Korrelation verändern. Mit den installierten Messsystemen und der Fülle an Messwerten ist eine zuverlässige Überwachung und Analyse möglich. In Kombination mit anderen auffälligen Beobachtungen (z. B. zusätzliche Austrittsstellen) können diese einen Hinweis auf möglicherweise notfallrelevante Veränderungen sein.

Basierend auf den erkannten betrieblichen Szenarien werden Anzeichen zur Erkennung dieser Systementwicklungen aktuell konkretisiert und quantifiziert. Aufgrund der zahlreichen möglichen Szenarien gestaltet sich eine Quantifizierung von Grenzwerten oder Interventionsschwellen schwierig. Forderungen, z. B. der ESK oder von Gutachtern der Genehmigungsbehörden, zur Festlegung solcher Grenz- und Interventionswerte zur Feststellung des AÜL konnten bisher nicht erfüllt werden.

Kommentar AGO

Die Zusammenhänge zwischen Lösungszutritten und der Gebirgsmechanik werden von der AGO grundsätzlich auch gesehen. Ob mit den installierten Messsystemen und der Fülle an Messwerten eine zuverlässige Überwachung und Analyse möglich ist, wird in Frage gestellt, insbesondere soweit die zuverlässige Analyse der Prozesse behauptet wird. Für ein verbessertes Prozessverständnis fehlt es leider an Untersuchungsmöglichkeiten an den Zutrittsstellen, die nicht zugleich die Risiken eines Lösungszutritts verstärken könnten.

Eine Festlegung von Grenz- und Interventionswerten zur Feststellung des auslegungsüberschreitenden Lösungszuflusses (AÜL) hält die AGO für fragwürdig. Ein Notfall kann in seiner Art, seinem Zeitpunkt, seinem Verlauf und seiner Intensität nicht vorhergesagt werden, sonst wäre es kein Notfall. Festlegungen könnten sogar kontraproduktiv sein, wenn formal ein Grenzwert überschritten ist, aber man noch über Handlungsoptionen zur Behebung oder Schadensbegrenzung verfügt. Umgekehrt könnte die Feststellung eines Notfalls verschleppt werden, weil ein Grenzwert formal noch nicht erreicht worden ist.

Um eine geeignete Entscheidungsgrundlage zu besitzen, sollten einige problemorientierte Kriterien für die Feststellung des Notfalls erarbeitet werden.

7.5 Bestandsbergwerk

Sachstand BGE

Zitat aus BGE (2020a, Kap. 7.5): „Im Bestandsbergwerk mit den Schächten Asse 2 und Asse 4 sollen zum Zeitpunkt der Durchführung der Rückholung die Vorsorgemaßnahmen gegenüber einem auslegungsüberschreitenden Lösungszutritt (AÜL) vollständig umgesetzt sein. Das bedeutet, dass die Hohlräume unterhalb der 700-m-Sohle, mit Ausnahme der Wendelstrecke bis zu 725-m-Sohle und der ELK 7/725, vollständig verfüllt sind. Die Lösungsfassungsstellen auf der 750-m-Sohle werden weiterhin über Bohrungen kontrolliert und bei Bedarf über höher liegende Sohlen abgepumpt. Das Füllort am Schacht 2 wird von der 750-m-Sohle auf die 700-m-Sohle verlegt und die Wendel zwischen der 490-m-Sohle und der 725-m-Sohle gewährleistet weiterhin den Zugang zur Hauptfassungsstelle auf der 658-m-Sohle.“

Die offenen Grubenbaue und Strecken im verbliebenen Grubengebäude des Bestandsbergwerks zwischen der 700-m-Sohle und der 490-m-Sohle werden auf ein Minimum reduziert. Das Lösungsmanagement wird von über und unter Tage betrieben. Werkstätten und sonstige Infrastruktureinrichtungen sind soweit möglich in das Rückholbergwerk verlagert worden. Der nach heutigem Planungsstand noch verbleibende offene Grubenraum des Bestandsbergwerkes ist in Abbildung 41 dargestellt. Gegebenenfalls können im Bereich des Bestandsbergwerkes notwendige Grubenräume für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 schon aufgefahren werden, sofern eine Verbringung der dabei anfallenden Ausbruchsmassen (vorwiegend Steinsalz) möglich ist. Diese aufzufahrenden Grubenräume dienen im Rahmen der Vorbereitung bzw. der Durchführung der Rückholung beispielsweise der Lagerung von Haufwerk und der Durchführung strahlenschutzrelevanter Tätigkeiten. Der verbleibende Grubenraum des Bestandsbergwerkes und ggf. schon frühzeitig herstellbare Grubenräume für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 sind in Abbildung 42 dargestellt.

Der Schacht Asse 2 im Bestandsbergwerk dient während der Rückholung primär der Seilfahrt sowie zum Materialtransport, sofern die fördertechnischen Eigenschaften der Schachtförderanlage dies hinsichtlich der Abmessungen und der Nutzlast (max. 10 t) erlauben. Des Weiteren stehen die Schächte Asse 2 und Asse 4 als Flucht- und Rettungsweg zur Verfügung.

Derzeit erfolgen die Planungsarbeiten zur Umrüstung der jetzigen Treibscheiben-Förderanlage auf eine Trommel-Förderanlage. Dadurch wird es möglich, die Förderanlage im Zuge des Rückzugs während der Umsetzung der Vorsorgemaßnahmen mit verringerten Aufwand einzukürzen. Schacht Asse 2 wird bis zum Durchschlag mit dem Rückholbergwerk

als einziehender und ausziehender Wetterschacht betrieben und besitzt dazu einen Wetterscheider. Dieser ist nach Inbetriebnahme des Rückholbergwerkes und Durchschlag der Verbindungsstrecken nicht mehr erforderlich und wird demontiert. Die Frischwettermenge kann dadurch deutlich erhöht werden.“

Kommentar AGO

Die Sachstandsbeschreibung zu Kap. 7.5 des Rückholplans ist hier ungekürzt im Originalwortlaut zitiert worden. Die dort enthaltene Aussage: „Das bedeutet, dass die Hohlräume unterhalb der 700-m- Sohle, mit Ausnahme der Wendelstrecke bis zu 725-m-Sohle und der ELK 7/725, vollständig verfüllt sind“ kann nur so verstanden werden, dass als Teil der Vorsorgemaßnahmen auch die Resthohlräume in den Einlagerungskammern auf der 750-m-Sohle verfüllt werden sollen. Die Abb. 41 und 42 (BGE 2020a) unterstreichen diesen Sachverhalt. Dies wäre ein Bruch mit bisherigen Aussagen der BGE zu diesem Thema und widerspricht auch den Darstellungen im Kapitel 6.1, wo es hieß „Eine Bewertung und Abwägung der Verfüllung der Einlagerungskammern kann erst nach Festlegung des Rückholverfahrens erfolgen“.

In Anbetracht der Bedeutung, die diesem Punkt im Zusammenhang mit der Rückholplanung zukommt, erwartet die AGO, dass die BGE diesen Punkt zeitnah erläutert und klarstellt.

Die Notwendigkeit, das Füllort von der 750-m-Sohle auf die 700-m-Sohle zu verlegen, konnte von der AGO nicht nachvollzogen werden, zumal der Schacht Asse 2 weiter als Wetterschacht und Fluchtweg (für die 750-m-Sohle) dienen soll und auch zur Erschließung der Einlagerungskammer noch nützlich sein kann.

8. Terminplanung und Kostenschätzung

Die Terminplanung und die zu erwartenden Kosten benötigen für eine sachgerechte Ausarbeitung den Bezug zu den technischen Planungen mit deren genehmigungsrechtlichen Anforderungen. Die BGE beschreibt dazu in Kapitel 8.1 nach „Handlungssträngen“ einen Terminplan (8.1) und erläutert die Unsicherheiten der Planungsdaten als „Leistungsansätze für eine Terminplanung“ in Kapitel 8.2.

8.1 Terminplan

Sachstand BGE

Die von BGE genannten Planungszeiten der einzelnen Handlungsstränge sind in der folgenden, von der AGO zusammengestellten Tabelle dargestellt:

Tab. 1: Planungszeiten der einzelnen Handlungsstränge.

Handlungsstrang	Zeit für Abschluss der Genehmigungsverfahren	Zeitplanung der technischen Umsetzung
Schacht Asse 5/Rückholbergwerk	2024 (1. Quartal)	Beginn Bauausführung 2022 (1. Quartal). Abschluss Bau 2027. Inbetriebnahme Schacht 2028
Abfallbehandlung/Zwischenlagerung	Offen	Erforderlich ab 2033
Faktenerhebung an ELK 12/750	(läuft)	Abschluss 2021
Notfallplanung	(planungsbegleitend)	Abschluss 2030
Rückholung von der 511-m-Sohle	2027/28	Beginn Bauausführung 2028. Beginn Rückholung 2033
Rückholung von der 725-m-Sohle	2028/29	Beginn Bauausführung 2029. Beginn Rückholung 2033
Rückholung von der 750-m-Sohle	2032	Bauausführung ab 2032. Beginn Rückholung offen (abhängig von Konzeptplanung)

Kommentar AGO

Die Zusammenfassung von Teilen des Gesamtprojektes zu „Handlungssträngen“ ist ein für die Terminplanung grundsätzlich geeigneter Ansatz. Die Zusammenstellung macht aber deutlich:

- Das Genehmigungsverfahren zum Schacht 5 hat erheblichen Einfluss auf die Terminplanung. In Anbetracht der noch offenen Fragen zur Genehmigungsfähigkeit von Planungsansätzen (s. Kap. 2.4) ist ein Beginn der Bauausführung zwei Jahre vor Abschluss des Genehmigungsverfahrens ein erhebliches Risiko. Eine Verschiebung des Baubeginns um zwei Jahre auf 2024 würde andererseits (bei ansonsten gleicher Zeitplanung) die Inbetriebnahme des Schachtes 5 auf das Jahr 2030 bedeuten und wahrscheinlich zu Konflikten mit den Baumaßnahmen zur Rückholung von der 511-m-Sohle und der 725-m-Sohle führen.
- Der Terminplan enthält noch keine Zeitangabe für den Beginn der Rückholung von der 750-m-Sohle. Geht man davon aus, dass die bauliche Vorbereitung ähnlich lange dauert wie bei den beiden anderen Rückholvorgängen, dann ist frühestens ab 2035 mit dem Beginn der Rückholung dieses, für das atomrechtliche Rückholziel Inventar, zu rechnen.
- Der sehr aufwändige fehlende Handlungsstrang für die genehmigungsreife Entwicklung von Bergungstechnik, der bis zum heutigen Tage nicht einmal angedacht ist, könnte den Zeitplan ebenfalls erheblich durcheinanderbringen.

In ihren Erläuterungen (in Kap. 8.2) weist die BGE darauf hin, dass für die Durchführung der Rückholung der Abfälle der 750-m-Sohle „weiterhin von einem Zeitraum von mehreren Dekaden ausgegangen“ wird. Damit ist die Schachanlage bis über das Jahr 2050 hinaus offen zu halten und zu betreiben. In ihrer schematischen Darstellung der Handlungsstränge und ihrer zeitlichen Abfolge in Abb. 43 (BGE 2020a) ist daher der Handlungsstrang Rückholung auch bis 2050 dargestellt. Das „graue Auslaufen“ dieses Handlungsstranges ins Ungewisse symbolisiert deutlich die derzeitige Planungssituation. Gründe für diese Situation werden im Kap. 8.2 (BGE 2020a) zusammengefasst.

8.2 Leistungsansätze für die Terminplanung

Sachstand BGE

Um die unterschiedliche, zum großen Teil geringe Detailliertheit der Planung zu verdeutlichen weist die BGE darauf hin, dass sie

- nur für Tätigkeiten, die innerhalb des jeweils nächsten Jahres beginnen, über eine ausführliche Angabe der erforderlichen Tätigkeiten verfügt,
- für den Zeithorizont von 1 – 3 Jahre nur die „wesentlichen Tätigkeiten“ benennen kann,
- für Zeiträume über 3 Jahre hinaus, nur die Vorgänge als solche berücksichtigen kann.

Der unterschiedliche Stand der Planungen zu einzelnen Handlungssträngen führt auch zu einer unterschiedlichen Zuverlässigkeit der Terminplanung. Auf die Komplexität der Planungen und die daraus resultierenden Herausforderungen weist die BGE hin.

Bezüglich des finalen Antrags auf Genehmigung der Rückholung geht die BGE davon aus, dass dieser Antrag gemäß § 57b Absatz 3 Satz 6 AtG innerhalb von sechs Monaten nach Eingang des Antrags und der vollständigen Antragsunterlagen entschieden wird.

Kommentar AGO

Grundsätzlich ist die mit der zeitlichen Distanz zunehmende Unsicherheit der Planung plausibel und in bestimmtem Umfang unvermeidlich. Da Unsicherheit aber nicht nur als Begründung von möglichen Verzögerungen anzusehen ist, sondern auch Beschleunigungspotentiale enthält, vermisst die AGO eine Auseinandersetzung mit letzteren. Da in der Lex Asse nicht nur die Rückholung, sondern auch eine „unverzögliche Stilllegung“ des Bergwerks gefordert wird, ist eine diesbezügliche Befassung im Rahmen eines „Gesamtplanes“ zwingend. Das erfolgt leider nicht.

Bezüglich der Dauer der Genehmigungsverfahren geht die AGO aufgrund bisheriger Erfahrungen davon aus, dass die Frist von 6 Monaten zwar rechtlich vorgegeben ist, die

Vollständigkeit der von BGE beizubringenden Unterlagen aber als entscheidend anzusehen ist. Um hier nicht, wie in der Vergangenheit jahrelange Verfahrensverzögerungen zu riskieren (s. AGO 2020b), sind dringend Verbesserungen in der Kommunikation zwischen den Behörden und BGE, aber auch eine konstruktive Ausgestaltung des Beteiligungsprozesses im Rahmen einer Genehmigungsstrategie nötig.

8.3 Kostenschätzung bis zum Beginn der Rückholung

Sachstand BGE

Die BGE benennt die wesentlichen Kostenpositionen und weist ihnen für den Planungszeitraum bis 2033 Kosten zu. Als Gesamtkosten werden 3,35 Mrd. € ±1,00 Mrd. € angegeben.

Kommentar AGO

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die BGE zwar Kosten für wesentliche Kostenpositionen angibt, allerdings keine Grundlagen ihrer Schätzungen beschreibt. Damit ist es nicht möglich, die Angaben genauer zu bewerten. Festzustellen ist, dass von durchschnittlich 250 Mio. € pro Jahr ausgegangen wird. Diese Jahreskosten werden z.Z. noch nicht ausgeschöpft, mit Beginn der Baumaßnahmen, also in der 2. Hälfte der 2020er Jahre wahrscheinlich deutlich überschritten.

Die BGE weist in ihrer Planung die von 2019 bis 2033 (noch) anfallenden Kosten aus. Damit werden die Gesamtkosten des Vorhabens aber unvollständig dargestellt.

Nach Angaben des Bundesrechnungshofes (BHO 2019) belaufen sich die bisherigen Kosten im Zeitraum von 2008 bis 2018 auf 995,3 Mio. €. Von der von BGE genannten Summe von 3,35 Mrd. € bis 2033 sind im Jahr 2019 ca. 100 Mio. € als verbraucht zu veranschlagen. Inzwischen musste aber die Angabe im Rückholplan um zusätzliche 350 Mio. € nach oben korrigiert werden (BZ 2020). Damit ergeben sich Gesamtkosten des Vorhabens bis 2033 von 4,595 Mrd. €.

Für die Jahre bis 2050 kann man aus den Kosten für den Offenhaltungsbetrieb in (BGE 2020a) von 900 Mio. € für den Zeitraum 2019-2033 einen Kostenansatz von ca. 70 Mio. € pro Jahr ableiten. Damit sind allein für den Offenhaltungsbetrieb von 2033 bis 2050 (bei Kostenbasis 2020) Kosten von 1,2 Mrd. € abschätzbar. Hinzu kommen die Kosten für die Rückholung selbst, die mindestens in der gleichen Größe liegen dürften.

Um die derzeitigen Kostenschätzungen einzuordnen, ist es nützlich, auch ältere Kostenschätzungen zu betrachten. In der folgenden Tabelle sind die Planungszahlen zusammengestellt, die in früheren Planungen enthalten sind.

Tab. 2: Planungszahlen früherer Rückholstudien zu Kosten der Rückholung.

Bearbeiter (Jahr)	FICHTNER (2006)	EWN / TÜV (2008)	DMT / TÜV (2009)
Rückholung von	MAW + LAW	MAW	LAW, Variante 3
Dauer Bergung	16 – 21 Jahre	300 Tage	5,9 Jahre
Projektdauer gesamt (ohne Endlagerung)	25 a		7,7 Jahre
Kosten Vorbereitung, Planung, Genehmigung	59		
Kosten, Bergung, Grubenbetrieb (Mio. €)	543 (a)	58 – 65	283
Kosten Konditionierung (Mio. €)	337	69	400 (d)
Kosten Endlagerung (Mio. €)	1419 (b)	40	1882
Kosten, Gesamt (Mio. €)	2358	167 – 174	2566
Endlagerung	Konrad	Konrad (c)	„fiktiv“ (Referenz Konrad)

(a) ohne Stabilisierung Grubengebäude; (b) Annahme 14 k€/m³; (c) Annahme: Inbetriebnahme Konrad 2014, Standsicherheit Asse II bis 12/2013; (d) Für Transportbereitstellungslager + Behälter

Da die derzeitigen Kostenschätzungen die in den früheren Schätzungen mit enthaltenen Kosten für eine Endlagerung nicht ausweisen, ist verglichen mit der Schätzung der Rückholkosten in der Machbarkeitsstudie (DMT/TÜV 2009) von 283 + 400 = 683 Mio. € (s. Tabelle 5.5-2) von einer Steigerung um das mindestens 7-fache auszugehen. Eine weitere Steigerung um bis zu 30 % (1 Mrd. €) ist zumindest in den Schätzungen der BGE bereits enthalten.

In keiner der bisherigen Kostenschätzungen ist der Bau eines eigenen Endlagers für die Abfälle und die Verbringung in ein solches Endlager betrachtet worden.

9. Ausblick

Sachstand BGE

In diesem Kapitel beabsichtigt die BGE, unter Bezug auf die gesetzliche Forderung nach Unverzögerlichkeit der Rückholung, Möglichkeiten zur Optimierung der Vorbereitung, Genehmigung und Durchführung der Rückholung zu beschreiben. Dazu wird auf drei Aspekte eingegangen:

1. Die parallele Durchführung der Rückholung an vielen Einlagerungskammern zur Verkürzung der Rückholdauer.
2. Eine Verringerung der Ableitung radioaktiver Edelgase.
3. Einen möglichst frühzeitigen Beginn der Rückholung.

Im Zusammenhang mit der parallelen Durchführung der Rückholung stellt die BGE fest, dass die zu genehmigenden jährlichen Ableitungen und die damit verbundene Einhaltung der gesetzlich zulässigen potenziellen Strahlenexpositionen für die Bevölkerung als limitierender Faktor wirken.

Eine Verringerung der Ableitung von radioaktiven Edelgasen durch das ferngesteuerte Arbeiten in dicht abgeschlossenen ELK wird als nicht umsetzbar verworfen, da es zu einer unkontrollierten Freisetzung radioaktiver Stoffe in das sonstige Grubengebäude verbunden mit einer Exposition des Personals führen könnte. Bereits im heutigen Offenhaltungsbetrieb führen die atmosphärischen Luftdruckschwankungen zu Gasmigration aus den Einlagerungskammern.

Als Weg zu einem möglichst frühzeitigen Beginn der Rückholung sieht die BGE die Zusammenlegung von Genehmigungsplanung und Ausführungsplanung an. Die BGE schätzt ein, dass damit die für die atom- und strahlenschutzrechtliche Genehmigung und bergrechtliche Zulassung erforderliche Detailtiefe der Planungen zügig erreicht werden kann und mögliche Genehmigungsauflagen noch im Rahmen der Ausführungsplanung berücksichtigt werden.

Kommentar AGO

Dieses Kapitel beinhaltet weniger einen „Ausblick“ auf die weiteren Planungen als vielmehr eine knappe Diskussion von Beschleunigungspotentialen. Das Kapitel erweckt insgesamt den Eindruck, dass es in Zeitnot und zum Erfüllen eines vordefinierten Rahmens verfasst wurde.

Die AGO teilt die Auffassung, dass das entscheidende Beschleunigungspotential in einer zwischen allen Beteiligten effizient ausgeführten Planung und Genehmigung / Zulassung liegt. Hier zeigten sich in der Vergangenheit erhebliche Probleme, auf die die AGO auch vielfach hingewiesen hat (AGO 2020a, 2020b).

Die Beschränkung des technischen Beschleunigungspotentials auf die parallele Durchführung der Rückholung wird von der AGO nicht geteilt. Neben dem frühzeitigen Beginn ist in jedem Fall die Dauer der vorbereitenden Baumaßnahmen und der technischen Maßnahmen zur Rückholung selbst entscheidend für das Gesamtziel. Dazu gibt es nach Auffassung der AGO diverse Möglichkeiten, die zu einer Vereinfachung und Beschleunigung der technischen Umsetzung beitragen können. Die AGO verweist in diesem Zusammenhang insbesondere auf ihre Kommentare in den Kap. 4.4, 5.1.1 und 8.2 dieser Stellungnahme.

Fazit der AGO

Der vorgelegte „Rückholplan“ ist ein informativer Zwischenbericht über den Stand der Planungen zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II. Er spiegelt den sehr unterschiedlichen Detaillierungsgrad der bisherigen Planungen wider, ist aber kein in die Zukunft blickender Rahmenplan (Masterplan), der in groben Zügen das Gesamtprojekt mit seinen Zielen und Inhalten vollständig skizziert, Teilprojekte definiert, Grenzen absteckt und die operative Umsetzung logisch und terminlich strukturiert. Die AGO sieht, dass sich aus der Komplexität des Vorhabens mit seinen Verflechtungen von Atomrecht und Bergrecht große Herausforderungen für die Planungen ergeben. Trotzdem entspricht der Rückholplan nicht den Erwartungen der AGO.

Aus der Befassung mit dem Rückholplan ergeben sich für die AGO zwei Themenbereiche, die zentral für das Vorhaben sind:

- 1. Die technische Planung zur Rückholung selbst.**
- 2. Der Umgang mit den rückgeholten Abfällen.**

Zu 1. (Technische Planung):

Die bisherigen technischen Planungen mussten aufgrund der Geschichte der Schachtanlage Asse II von einem lückenhaften und teilweise unzureichenden Kenntnisstand ausgehen. Vor diesem Hintergrund vermisst die AGO im Rückholplan aber zum einen die Einbeziehung zahlreicher älterer, aber grundlegender Berichte zur Geologie und Hydrogeologie und zum Inventar. Die Tendenz, in einigen Bereichen (z.B. Hydrogeologie, Lösungsmonitoring) ständig neue Daten zu erzeugen, ohne die bereits vorhandenen umfangreichen „Datenschätze“ einer vertieften Auswertung nach dem Stand der Wissenschaft zu unterziehen, wird kritisch gesehen. Zum anderen werden dringende Erkundungsschritte wie die Videoinspektion der Kammer 8a/511 durch mangelhaftes Genehmigungsmanagement verzögert.

Als ein wesentliches Defizit haben sich Unsicherheiten hinsichtlich Aufbaus und Struktur des Salzsattels erwiesen. Die AGO erwartet, dass die damit verknüpften Fragen der bergbaulichen und geotechnischen Sicherheit beim Auffahren von Schacht 5 und dem nötigen Rückholbauwerk durch Auswertung der bereits durchgeführten Messungen zur 3D-Seismik und weiterer geplanter Erkundungsbohrungen geklärt werden können.

Das Abteufen von Schacht 5 und die Errichtung des Rückholbauwerks sowie die Herstellung der Notfallbereitschaft sind die notwendigen Schritte, um die Rückholung im Rahmen der derzeitigen Zeitplanungen zu ermöglichen. Hier bedarf es nach Ansicht der AGO einer baldigen Klärung der genehmigungsrechtlichen Anforderungen, um die bisher nur beispielhaften Planungen zu konkretisieren.

Den Erläuterungen der BGE zur Aufgabe der Planungen für eine Nutzung des Schachts Asse 2 zur Rückholung wird von der AGO zugestimmt, hinsichtlich der Rückholung der Fässer aus der Kammer 8a/511 von einem der AGO-Gutachter allerdings nicht gutgeheißen.

Im Zusammenhang mit der technischen Planung hält die AGO die Wege zum Erreichen der Praxistauglichkeit von genehmigten Bergungstechniken inklusive Schulungs- und Wartungsprozessen für nicht ausreichend berücksichtigt. Diese Wege sollten parallel zur Rückholungsplanung einen eigenen Planungsstrang erhalten, damit für den Einsatzfall bereits vor der Kalterprobung entwickelte und erprobte Technik zur Verfügung steht. Weiter sieht die AGO bei der Bergungstechnik die Fokussierung auf die Konzepte „*Schildvortrieb mit Teilflächenabbau*“ und „*Teilflächenbau von oben — ohne Ausbauelemente*“ kritisch, da beide Konzepte erhebliche Probleme hinsichtlich der geotechnischen Standsicherheit in Folge von vorgeschädigten Schweben und Pfeilern erwarten lassen.

Die AGO fragt sich auch, warum ein gebirgsschonendes Rückbaukonzept, bei dem die früheren Kammeröffnungen genutzt und die Bergung im Sinne einer Umkehr der Einlagerungsvorgänge realisiert wird, nicht zumindest für einige Einlagerungskammern erwogen und verfolgt wird.

Überrascht war die AGO von Formulierungen, die nunmehr einen Paradigmenwechsel bezüglich der Verfüllung von Resthohlräumen in den Einlagerungskammern andeuten könnten. Dies würde früheren Zusagen und zahlreichen Planungen, die gerade eine Nichtverfüllung der Einlagerungskammern vorgesehen haben, widersprechen. Hierzu erhofft sich die AGO eine zeitnahe Klarstellung durch den Betreiber.

Zu 2. (Umgang mit den Abfällen):

Alle Planungen zum Umgang mit den rückgeholten Abfällen müssen auf einem nur unsicher bekannten Aktivitätsinventar der radioaktiven Abfälle aufbauen. Auch wenn es hier im Detail offene Fragen gibt, so lassen die vorliegenden Daten den Schluss zu, dass die von BGE angesetzten Mengen an Kernbrennstoff eine Fehldeklaration sind. Durch das StrlSchG bzw. AtG sind Kernbrennstoffe klar definiert und weder Uran in seiner natürlichen Isotopenzusammensetzung, noch abgereichertes Uran und erst recht nicht Thorium sind als Kernbrennstoffe erfasst. Aufgrund dieser Fehldeklaration überbetont BGE das Thema Kernbrennstoffe und leitet Schlussfolgerungen ab, die die AGO nicht teilt. Insbesondere sieht die AGO in Kenntnis der bisherigen Inventardaten, dass die Zahl der Gebinde, die tatsächlich Kernbrennstoff enthalten als überschaubar an und schlägt daher vor, diese Gebinde in bereits bestehenden auf die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen ausgelegten Lagern zwischenzulagern.

Die Rückholung und die daran anschließenden Prozessschritte erfordern den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen. Daraus ergeben sich höhere Anforderungen an den Strahlenschutz der Beschäftigten, es muss aber auch mit einer Zunahme der Ableitungen in die Umwelt gerechnet werden. Die zu erwartenden Dosiswerte für Personen der Bevölkerung aus allen mit der Rückholung und den gleichzeitigen Prozessschritten über Tage resultierenden Freisetzungen sollten nach Meinung der AGO möglichst bald abgeschätzt werden, damit strahlenschutzseitig Randbedingungen für die Planung der Prozessschritte vorliegen.

Die erforderlichen Störfallbetrachtungen der atom- und strahlenschutzrechtlichen Sicherheitsnachweise sollten nach Meinung der AGO nicht auf Basis der Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke, sondern angelehnt an das Schutzzielkonzept und die Betrachtung störfallbedingter Ereignisabläufe gemäß Leitfaden zur Stilllegung (BMU 2016) ausgeführt werden.

Die Planung der Charakterisierung und Konditionierung der rückgeholten Abfälle wird durch das Fehlen von Festsetzungen der Konditionierungsziele erschwert. Grundsätzlich sollte die Charakterisierung und Konditionierung kompatibel zu den Annahmebedingungen eines späteren Endlagers sein, um unnötigen Umgang mit radioaktiven Stoffen infolge erforderlicher Umkonditionierungen zu vermeiden. Da es trotz des bundesweiten Endlagersuchprozesses noch Jahrzehnte dauern wird, bis ein Endlagerstandort gefunden ist und die zugehörigen Endlagerbedingungen für die Abfälle der Schachanlage Asse II festgelegt werden können, sollte die Konditionierung vorerst nur soweit geplant und ausgeführt werden, wie es für eine sichere Lagerung notwendig ist (Teilkonditionierung). Nach Kenntnis des Wirtsgesteins des Endlagers und seiner Annahmebedingungen müssen die Abfälle dann endkonditioniert werden.

Nach Auswertung der verfügbaren Inventardaten ist nur mit einer begrenzten Zahl von Gebinden zu rechnen, die tatsächlich Kernbrennstoffe enthalten. Für diese Gebinde empfiehlt die AGO eine Lagerung in bereits bestehenden, für die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen ausgelegten Lagern.

Weiterhin hält es die AGO für nicht sachgerecht, den rückgeholten Abfällen einen besonderen rechtlichen Status zuzumessen. Um das zwischenzulagernde Abfallvolumen möglichst gering zu halten, könnte für Gebinde, in denen die Radioaktivität hinreichend abgeklungen ist, eine Freigabeoption vorgesehen werden. Konkrete Planungen zur Freigabe sind wegen der nicht bekannten strahlenschutzrechtlichen und abfallrechtlichen Anforderungen, die ab 2032 an die Freigaben zu stellen sein werden, derzeit nicht sinnvoll.

Zur Minimierung des Abfallvolumens sollte kontaminierter Salzgrus nur in dem Umfang konditioniert und gelagert werden, wie es zwingend nötig ist. Die AGO empfiehlt der BGE technische Möglichkeiten zur Trennung der Radioaktivität von den Salzen zu prüfen.

Zur Standortauswahl des Zwischenlagers hat sich die AGO separat und ausführlich geäußert (AGO 2020c). In Kenntnis der vorgelegten Unterlagen und Begründungen der BGE hält die AGO das Ergebnis des Auswahlverfahrens noch nicht für ausreichend, um eine finale Standortentscheidung zu treffen.

Aus der von BGE vorgelegten Zeit- und Kostenplanung des Gesamtvorhabens ergibt sich nach Meinung der AGO, dass:

- Die zügige Durchführung von Genehmigungsverfahren ein Schlüsselement aller Terminplanungen ist und Verbesserungen in der Kommunikation zwischen den Behörden und BGE, aber auch eine konstruktive Ausgestaltung des Beteiligungsprozesses im Rahmen einer Genehmigungsstrategie nötig sind.
- Die bisher von BGE vorgelegte Kostenplanung ist weder transparent noch vollständig. Auch dadurch kann die öffentliche Akzeptanz des Vorhabens gefährdet werden.

Literatur

- A2B (2014): Protokoll der A2B-Sitzung v. 11.07.2014, 2. Änderung des Protokolls v. 14.07.2014, S. 4 „Dissens“ zwischen A2B und BfS (Forderung nach zwei Asse-fernen Zwischenlagerstandorten mit mindestens 4 Km Abstand zur nächsten Wohnbebauung.- Asse-2-Begleitgruppe, Geschäftszeichen II/64/700/Fö.
- AGO (2010): Stellungnahme zum Themenkomplex „Notfallplanung für das Endlager Asse“, abgestimmte Endfassung vom 16.09.2010.
- AGO (2011): Kurz-Stellungnahme zur Unterlage DMT GmbH&Co.KG/TÜV NORD SysTec GmbH&Co.KG K-UTEC AG Salt Technologies Thyssen Schachtbau GmbH „Konzept- und Genehmigungsplanung für einen weiteren Schacht - Ist-Analyse - Schachtansatzpunkt -“ Arbeitsgruppe Optionenvergleich, abgestimmte Endfassung, Stand: 10.10.2011.
- AGO (2012): Kurzstellungnahme zum Themenkomplex „Notfallplanung“, abgestimmte Endfassung vom 18.12.2012.
- AGO (2013): AGO-Hinweise zu Notfallvorsorgemaßnahmen und zum Drainagekonzept des BfS. Abgestimmte Endfassung vom 28.11.2013.
- AGO (2015): Stellungnahme zur Unterlage „Abschlussbericht - Konkretisierung der Machbarkeitsstudie zum optimalen Vorgehen bei der Rückholung der LAW-Gebinde“, BfS (Stand: 26.11.2014), abgestimmte Endfassung vom 06.10.2015.
- AGO (2017): Kurz-Stellungnahme zum BfS-Bericht „Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15: Geowissenschaftliche Auswertung der Erkundungsergebnisse zur Bohrung Remlingen 15. ARGE Schacht 5, Sondershausen (Stand: 12.04.2017).“ Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO), abgestimmte Endfassung, Stand: 25.09.2017
- AGO (2018): Stellungnahme zum BGE-Bericht „Stand der Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 - Hier: Grobkonzepte (Stand: 28.07.2017)“. Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO), abgestimmte Endfassung, Stand: 27.07.2018
- AGO (2019a): Aspekte zu Umgang, Konditionierung und Lagerung der rückgeholten Asse-Abfälle. AGO-Diskussionspapier, 24.01.2019.
- AGO (2019b): Anforderungen an die Umgebungsüberwachung der Schachanlage Asse II. AGO-Diskussionspapier, 28.10.2019.
- AGO (2019c): AGO-Schreiben an A2B mit Kommentierung der BGE-Antworten vom 26.08.2019 zur Anfrage von Frau Jagau vom 14.01.2019 bezüglich der Notfallbereitschaft der Schachanlage Asse II, 30.10.2019.
- AGO (2019d): AGO-Kurzstellungnahme zur BGE-Unterlage „Hydrogeologische Risiken bei Auffahrung und Betrieb des geplanten Rückholbergwerks östlich der Schachanlage Asse II (Stand 29.10.2018)“. Abgestimmte Endfassung vom 16.12.2019
- AGO (2020a): Stellungnahme zum Bericht „Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II – Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle – 2. TB: Grobkonzept und Variantenvergleich“ (BGE, Stand: 30.05.2018). Arbeitsgruppe Optionen – Rückholung (AGO), abgestimmte Endfassung, Stand: 29.04.2020.
- AGO (2020b): AGO-Schreiben an A2B bezüglich der geplanten Video-Erkundung der Einlagerungskammer 8a/511 in der Schachanlage Asse II, 06.05.2020.
- AGO (2020c): Stellungnahme zum Bericht „Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II (Stand 31.05.2019). Abgestimmte Endfassung vom 22.07.2020.

- AtEV (2018): Verordnung über Anforderungen und Verfahren zur Entsorgung radioaktiver Abfälle (Atomrechtliche Entsorgungsverordnung – AtEV). BGBI. I, 2018, Nr. 41, S 2034, 29.November 2018.
- ASSE (2010): Notfallplanung zur Konsequenzenminimierung. Asse-GmbH (23.02.2010).
- BfS (2010): Optionenvergleich Asse. Fachliche Bewertung der Stilllegungsoptionen für die Schachtanlage Asse II. BfS-19/10, Salzgitter, Januar 2010, urn:nbn:de:0221-201004141430.
- BfS (2011): Erkenntnisse des BfS zum Abfallinventar der Schachtanlage Asse II, Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung, Bundesamt für Strahlenschutz (Stand: Juli 2011).
- BfS (2012): Störfall-Leitfaden für Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Rev. 1). Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter, Juni 2012 (entnommen GRS-507, ISBN 978-3-9466607-92-2, April 2019).
- BfS (2014): Kriterienbericht Zwischenlager – Kriterien zur Bewertung potentieller Standorte für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II, KZL 9A/23420000/GHB/RB/0026/00; 42 S., Salzgitter 2014.
- BfS (2015): Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: 12/2014) - Endlager Konrad. BfS-Bericht SE-IB-29/08-REV-2. Salzgitter, Februar 2015 (P. Brennecke/Herausgeber)
- BfS (2017): Schachtanlage Asse II: Konzeptplanung für einen weiteren Schacht. Ergebnisbericht Remlingen 15: Geowissenschaftliche Auswertung der Erkundungsergebnisse zur Bohrung Remlingen 15. ARGE Schacht 5, Sondershausen, Stand: 12.04.2017.
- BGE (2017): Stand der Konzeptplanung zur vorgezogenen Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der ELK 7/725 - Hier: Grobkonzepte.- Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) Stand: 28.07.2017
- BGE (2018a): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle - 2.Teilbericht: Grobkonzept und Variantenvergleich (Stand: 30.05.2018).
- BGE (2018b): Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für die Rückholung der radioaktiven Abfälle von der 511-m-Sohle 3. Teilbericht: Rückholungskonzept Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) Stand: 21.12.2018.
- BGE (2018c): Schachtanlage Asse II - Konzeptplanung für einen weiteren Schacht: Zusammenfassende Bewertung der Erkundungsergebnisse Remlingen 15 im Hinblick auf die Anforderungskriterien für den neuen Schacht (Stand: 05.04.2018), DMT, Thyssen, K-UTEC - Arge S5.
- BGE (2019): Standortauswahl für ein übertägiges Zwischenlager für die rückgeholten radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II.- Stand 31.05.2019.
- BGE (2020a): Plan zur Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) Stand: 19.02.2020.
- BGE (2020b): BGE stellt Präsentation der Rückholplan für die Asse vor.- 17.04.2010.- <https://www.youtube.com/watch?v=BlkT02rxmnl&feature=youtu.be>.
- BGZ (2020): Offizielle Mitteilung der BGZ Gesellschaft für Zwischenlagerung am 06.03.2020 auf Internet-Webseite ,<http://www.bgz.de>‘.
- BHO (2019): Bericht an den Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages nach § 88, Abs. 2 BHO zum Projekt Asse II. Gz.: II 1 -2019-0847. Potsdam, 12. August 2019. https://www.bundesrechnungshof.de/de/veroeffentlichungen/produkte/beratungsbericht_e/langfassungen/langfassungen-2019/2019-bericht-projekt-asse-ii-pdf.

- BMU (2008): Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Reststoffe und radioaktiver Abfälle (Abfallkontrollrichtlinie). BAnz. 2008, Nr. 197, S. 4777, Bonn, 19.11.2008.
- BMU (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (Stand: 30.September 2010).
- BMU (2012): Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke (vom 20. November 2012).
- BMU (2013): Bekanntmachung zu der Richtlinie zur Sicherung von Zwischenlagern gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD). GMBI. 2013, Nr. 17, S. 379, 4. Februar 2013.
- BMU (2016): Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 AtG (vom 23. Juni 2016).
- BÜDENBENDER, U.; HEINTSCHEL VON HEINEGG, W.; ROSIN, P. (1999): Recht der Energieanlagen. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 1999.
- BZ (2020): „Enkel unserer Enkelkinder zahlen noch“. Artikel in der Braunschweiger Zeitung vom 09.06.2020.
- COLENCO (2006a): Hydrogeologische Modellvorstellungen Bericht 4956/07 Revision 3, Colenco Power Engineering AG Baden, Schweiz, mit GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Forschungsbergwerk Asse.
- COLENCO (2006b): Deckgebirgsmodellierung Phase IV, Grundwasserbewegung im Deckgebirge des Standortes Asse, Schlussbericht. Colenco Bericht 3331/71, Colenco Power Engineering AG, Baden, Schweiz, mit GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Forschungsbergwerk Asse, Verfasser: A. Poller, Dr. G. Resele, Dr. J. Poppei, September 2006.
- COLENCO (2009): Schachtanlage Asse II – Abschätzung der Trinkwasserdosis bei einem unterstellten Absaufen des Grubengebäudes, Memo 1299/04 (VI), 08.05.2009.
- DMT/TÜV (2009): Beurteilung der Möglichkeit einer Rückholung der LAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse. DMT GmbH & Co. KG und TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, 25.09.2009.
- ERCOSPLAN (2018): Bericht zur Revisionskartierung (M 1:5.000) der Salzstruktur Asse im Bereich zwischen Gross Denkte und Klein Vahlberg. Ercosplan Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH, 21.02.2018.
- ESK (2010): Entsorgungskommission, *Anlage zum Schreiben an das BMU vom 05.01.2010*: Optionen zur Stilllegung der Schachtanlage Asse II - Beratungsergebnisse der ESK/SSK-Ad-hoc-Arbeitsgruppe ASSE.
- ESK (2013): Notfallplanung für die Schachtanlage Asse II. Gemeinsame Stellungnahme der Entsorgungskommission (ESK) und der Strahlenschutzkommission (SSK), verabschiedet am 11.07.2013.
- EWN/TÜV (2008): Möglichkeit einer Rückholung der MAW-Abfälle aus der Schachtanlage Asse. EWN GmbH/TÜV NORD SysTec GmbH & Co. KG, 28. November 2008.
- FICHTNER (2006): Gutachtliche Stellungnahme zu einer Rückholung der in der Schachtanlage Asse II eingelagerten radioaktiven Abfälle. Fichtner Consulting & IT, September 2006.
- GERSTMANN, U., MEYER, H. & THOLEN, M. (2002): Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse. - GSF-Abschlussbericht, Auftrags-Nr. 31/179 294/99, FE Nr. 76277 – GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, August 2002 [PU-IV.10 c].
- IAEA (2009): Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG1, International Atomic Energy Agency, Vienna (2009).

- ISTEC (2009): Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH. Maric, D., Gründler, D. Schauer mann, V.: Sicherheitsüberprüfung der Störfallvorsorge der Schachtanlage Asse II (Rev.00), April 2009.
- KIT (2015): 4. Zwischenbericht – Machbarkeitsstudie für die Methode „Schildvortrieb mit Teilflächenabbau“. Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachtanlage Asse II Eignungsfähigkeit.- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (KIT-TMB), Professur für Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen (TMRK), Karlsruhe, Stand: 13.05.2015.
- OVG (2013): Oberverwaltungsgericht für das Land Schleswig-Holstein: Anfechtung der Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standortzwischenlager Brunsbüttel, Urteil 4 KS 3/08.
- SSK (2016): Schutz der Umwelt im Strahlenschutz. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet am 01. Dezember 2016. BAnz AT 02.05.2017 B4.
- STEAG (2013): Zwischenlager für radioaktive Abfälle aus dem Endlager Asse, Standortvoruntersuchung, KZL9A/23420000/GHB/RA/0010/00, 39 S., Salzgitter, Stand 27. Juni 2013.
- StrlSchV (2001): Strahlenschutzverordnung - Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierenden Strahlen. Vom 20. Juli 2001.
- TÜV (2011): Schachtanlage Asse II: Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars – Überprüfung der Kernbrennstoffdaten – Teil A und Teil B, ETS4-55/2010, Stand: 2011.
- TÜV (2013): Bericht zur Überprüfung des Abfallinventars. 3. Einzelbeauftragung: Überprüfung der sonstigen Abfalldaten. Bericht ETS4-43/2011, Rev. 1, November 2013.
- TÜV (2018): Machbarkeitsprüfung eines Gebindetransports rückgeholter radioaktiver Abfälle über Schacht Asse 2. KZL:9A/23410000/JD/RB/0001/00. TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Köln (Stand: 14. Dezember 2018).
- ZGV (2019): Positionspapier zu Umgang, Konditionierung und Lagerung der rückgeholten ASSE-Abfälle.- Zivilgesellschaftliche Vertretung (Stand 19.08.2019).

Anlage

Krupp (2016): Angaben zu Verdampferkonzentraten als mögliche Neutronen- und Tritium-Quellen in der Schachtanlage Asse II, 22.01.2016. (Anlage zum Protokoll der AGO-Sitzung 01/2016).

Dr.habil. Ralf E. Krupp
Flachsfeld 5
31303 Burgdorf

Telefon: 05136 / 7846 — e-mail: ralf.krupp@cretaceous.de

AGO

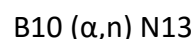
22.01.2016

Angaben zu Verdampferkonzentrationen als mögliche Neutronen- und Tritium-Quellen in der Schachanlage Asse II

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen

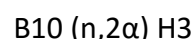
Im Nachgang zu dem gestrigen Fachgespräch mit Frau Dr. Rittmeyer über Verdampferkonzentrationen (VDK) schicke ich Ihnen nachfolgend einige von mir recherchierte Ergebnisse und kommentierte Unterlagen zur Kenntnisnahme. Bitte beachten Sie auch die beigefügten Anlagen und Anhänge zu diesem Schreiben. Ich bitte darum, mein Schreiben und die zugehörigen Unterlagen dem Protokoll der gestrigen AGO-Sitzung beizufügen.

Bei meinen eigenen Recherchen hatte ich den Fokus zunächst auf borsäurehaltige VDK gerichtet, die überwiegend aus Druckwasser-Reaktoren stammen. Tatsächlich (Vgl. OECD NEA 2012) ist eine Kernreaktion mit Bor-10 bekannt, die schnelle Neutronen liefert:



Alpha-Strahler mit ausreichenden Zerfallsenergien, insbesondere Actiniden, sind in der Asse mit ca. 10^{14} Bq vorhanden. Für die Intensität der Neutronenstrahlung stellt sich daher die Frage nach den Actiniden-Aktivitäten in den borathaltigen VDK. Bei den borathaltigen VDK wären insbesondere solche aus Druckwasser-Reaktoren mit schadhaften Brennelementen zu beachten.

Durch eine weitere Kernreaktion (Vgl. Snead 2006; Kontec 1997; Jacobs 1968), die aus der Kerntechnik gut bekannt ist, entsteht dann aus Bor und (thermischen) Neutronen Tritium:



VDK aus Siedewasser-Reaktoren bestehen hauptsächlich aus Sulfaten. Nach den Ausführungen von Frau Dr. Rittmeyer handelt es sich bei den vom Kernforschungszentrum Karlsruhe stammenden VDK überwiegend um salpetersaure Salze, die durch Neutralisation mit Natronlauge zustande kamen.

Meine nachträgliche Recherche hat ergeben, dass auch einige (α,n)-Reaktionen mit häufigen Elementen wie Sauerstoff, Kohlenstoff, Natrium oder Schwefel, mit Schwellenenergien < 5 MeV, bekannt sind, bei welchen schnelle Neutronen emittiert werden, z.B.:

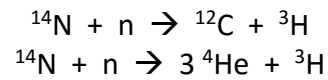
C13 (α,n) O16
 O18 (α,n) Ne21
 Na23 (α,n) Al26
 S34 (α,n) Ar37

Nachfolgende, von mir zusammengestellte Tabelle enthält Angaben zu Radionukliden mit Zerfallsenergien um 5 MeV, also mit ausreichender kinetischer Energie um (α,n)-Reaktionen mit relevanten Nukliden zu triggern. Es handelt sich überwiegend (ausgenommen Radium) um Actiniden. Die angegebenen Halbwertszeiten dienen als Maß für die spezifische Aktivität, die umgekehrt proportional zur Halbwertszeit ist.

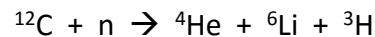
Energien und Halbwertszeiten, Alpha-Zerfälle			
Mutter	Tochter	E [MeV]	t $\frac{1}{2}$
232 Th	228 Ra	4,083	1,405 · 10 ¹⁰ a
228 Th	224 Ra	5,520	1,9131 a
234 U	230 Th	4,774	2,455 · 10 ⁵ a
235 U	231 Th	4,398	7,038 · 10 ⁸ a
238 U	234 Th	4,270	4,468 · 10 ⁹ a
238 Pu	234 U	5,593	87,7 a
239 Pu	235 U	5,245	24,11 a
240 Pu	236 U	5,256	6564 a
241 Pu	237 U	5,14	14,35 a
242 Pu	238 U	4,984	375.000 a
241 Am	237 Np	5,486	432,2 a
226 Ra	222 Rn	4,871	1602 a
222 Rn	218 Po	5,590	3,824 d
218 Po	214 Pb	6,115	3,05 min
244 Cm	240 Pu	5,902	18,1 a

Somit darf es als Tatsache angesehen werden, dass in der Asse Neutronen-emittierende (α,n)-Reaktionen stattfinden. Bei einer in der Asse eingelagerten Aktivität von 3,91E14 Becquerel an Alpha-Strahlern muss man wohl von einer nicht vernachlässigbaren Rate von Neutronen-Emissionen ausgehen.

Neben dem bereits genannten Nuklid B-10 gibt es weitere Target-Elemente, die unter Neutronenbestrahlung Tritium abspalten können. Neben den „Klassikern“ Lithium und Beryllium, interessieren besonders die Elemente, die in der Asse in größeren Mengen vorliegen, z.B. Stickstoff (Nitrate, Luft), der mit schnellen (> 4 MeV) Neutronen Tritium bilden kann:



Oder Kohlenstoff:



Als Quintessenz scheint es somit nicht mehr um die Frage zu gehen, **ob** Tritium-bildende Kernreaktionen in der Asse stattfinden, sondern nur noch um die Frage **wieviel** Tritium auf diesem Wege gebildet wird?

Auch wenn Tritium für die Rückholung der Abfälle aus Sicht des Strahlenschutzes möglicherweise nicht an erster Stelle stehen mag, wäre zumindest eine grobe Abschätzung der Bildungsraten wünschenswert, um „Überraschungen“ zu vermeiden.

Mit freundlichen Grüßen,

Ralf Krupp

Anlagen:

Jacobs D (1968) Sources of tritium and its behavior upon release to the environment.

OECD NEA (2012) JANIS Book of alpha-induced cross-sections. Comparison of evaluated and experimental data from JENDL/AN-2005, TENDL-2011 and EXFOR.

N. Soppera, E. Dupont, M. Bossant

Plank W, Eickelpasch N, Wüchner M (1997) Tritium in Kernbauteilen, Untersuchungen und Erfahrungen bei der Konditionierung.

Snead (2006) Background Tritium in Environmental Water Samples.

Anhang

Verdampferkonzentrate machen 16 % der Gesamtabfallmenge aus (bezogen auf Anzahl Abfallgebinde) (Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 14, Abbildung 4-4). Somit sollten ca. 20.160 der rund 126.000 Gebinde Verdampferkonzentrate enthalten.

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 14):

Verdampferkonzentrate fielen beim Betrieb von Siedewasserreaktoren (VDK SWR - sulfathaltig) und beim Betrieb von Druckwasserreaktoren (VDK DWR - borsäurehaltig) an. Die Borsäurekonzentrate wurden zum großen Teil durch Zusatz von NaOH behandelt, wobei Borsäure in Metaborate umgesetzt und nach Trocknung ein kristallartiger Feststoff entsteht. Zementierung (Zementstein/Zementmörtel) zur Anwendung. Bei den Konzentraten der Herkunft GFK/KFK handelt es sich zum größten Teil um LAW/MAW-Konzentrate aus der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (Salze und Chelate/Komplexbildner). Bei

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 24):

Die chemische Zusammensetzung der VDK aus den Forschungszentren Karlsruhe und Jülich war aus der Fachliteratur und internen Berichten der Forschungszentren sowie aus umfangreichen Versuchen an simulierten und realen VDK zur Verfestigung bzw. Einbindung in Zement und Bitumen bekannt. Besondere Aufmerksamkeit verlangte der Anteil an

Nach den Erläuterungen von Frau Dr. Rittmeyer auf der gestrigen AGO-Sitzung fielen im Zuge der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen in Karlsruhe im Wesentlichen Nitratsalze als Verdampferkonzentrate an.

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 24/25):

VDK aus DWR zeichnen sich durch einen hohen Anteil an Borsäure/Boraten, einen mittleren Anteil an löslichen Nitraten und Sulfaten und einen geringen Anteil an oberflächenaktiven Stoffen (Tenside), Lösemitteln und thermisch/katalytisch abbaubaren Chelaten und Komplexbildnern aus. VDK aus SWR enthalten im Gegensatz zu den VDK aus DWR nur geringe Borsäure/Boratanteile, während alle anderen gelösten Salze, Chelate/Komplexbildner und suspendierten Feststoffe dem VDK DWR sehr ähnlich sind.

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 26 f.):

Tabelle 6-2: Massenanteile der Stoffgruppen (SG) im Abfall

ASSE-INVENTAR SG im Abfall Stoller	ASSE-INVENTAR SG im Abfall Buchheim	MASSE Stoller [Mg]	MASSE Buchheim [Mg]	Differenz [Mg]
VDK1 (SWR)	VDK1 (SWR)	21,9	20,2	1,6
VDK2 (DWR)	VDK2 (DWR)	405,1	405,1	-

Aus der Tabelle 6-2 ergibt sich, dass die Masse der Verdampferkonzentrate von Druckwasserreaktoren (borsäurehaltig) **405,1 t** beträgt.

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 28 f.):

Tabelle 6-3: Massenanteile der Stoffuntergruppen (SUG) im Abfall

ASSE-INVENTAR SUG im Abfall Stoller	ASSE-INVENTAR SUG im Abfall Buchheim	MASSE Stoller [Mg]	MASSE Buchheim [Mg]	Differenz [Mg]
Borsäure/Borate	Borate KKS TS	210,5	31,6	-
	Borsäure/Borate TS		178,9	

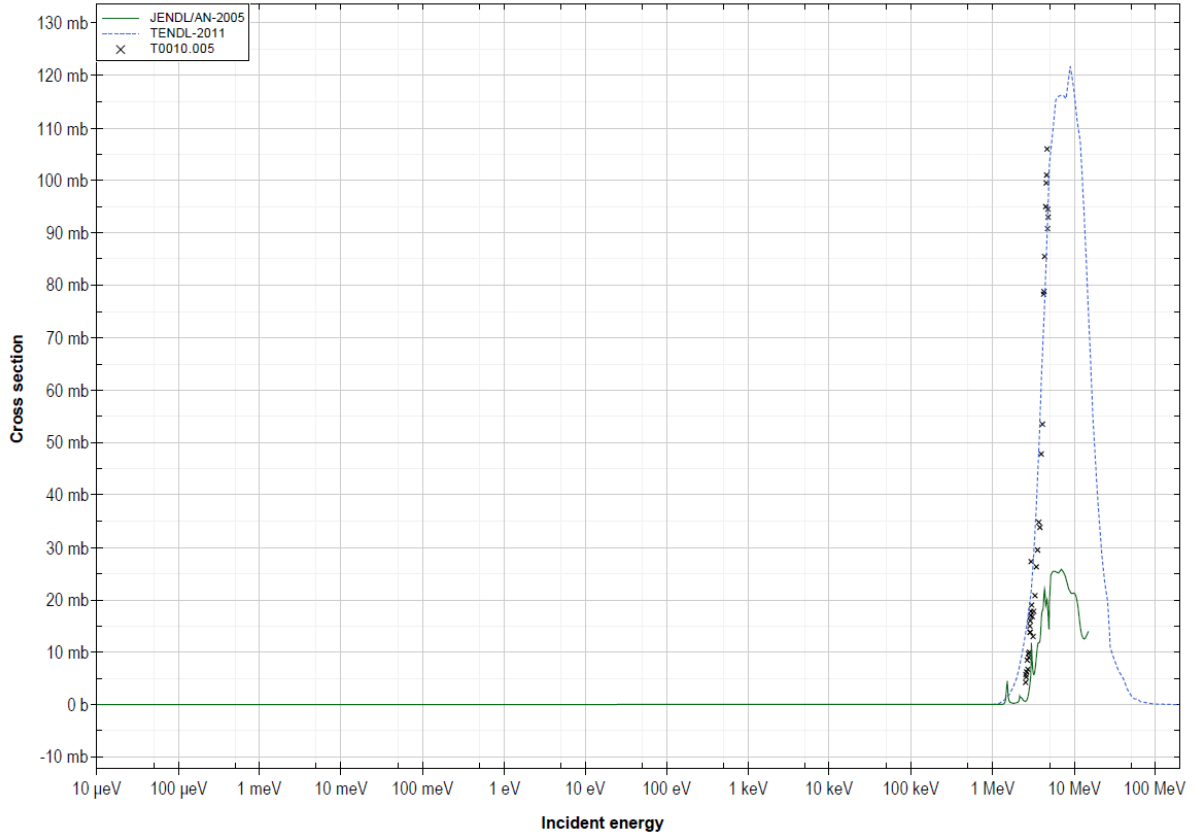
Aus der Tabelle 6-3 ergibt sich, dass die Masse der Borsäure und der Borate in den Verdampferkonzentraten **210,5 t** beträgt.

Aus Tabelle 7-7 (S. 41) ist zu entnehmen, dass in den Borverbindungen ca. 49,984 t des Elements Bor enthalten sind.

(Buchheim, Meyer, Tholen, 2004, S. 46):

hauptsächlich als Bariumsulfat in zementhaltigen Materialien vor. Die eingelagerten VDK aus DWR mit hohen Anteilen an Borsäure/Borate liefern den Hauptanteil des Bor (ca. 50 Mg). Ca. 38 Mg Titan wurden als Abfallbestandteil selbst, als Nebenbestandteil (TiO₂)

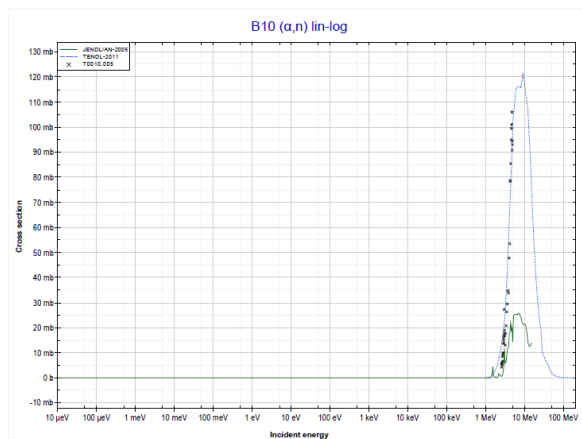
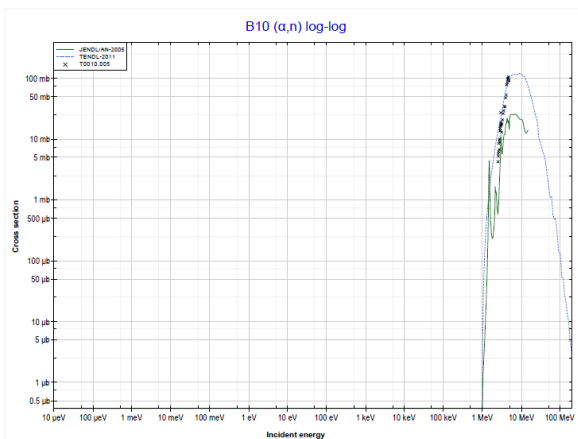
OECD NEA (2012) JANIS Book of alpha-induced cross-sections. Comparison of evaluated and experimental data from JENDL/AN-2005, TENDL-2011 and EXFOR.
N. Soppera, E. Dupont, M. Bossant



OECD NEA Data Bank

JANIS Book

<< 4-Be-9	5-B-10	6-C-12 >>
<< MT22 (α,n+α)	MT4 (α,n) or MT5 (N13 production)	MT103 (α,p) >>



Reaction	Q-Value
B10(α,n)N13	1058.82 keV

Jacobs D (1968) Sources of tritium and its behavior upon release to the environment:

Tritium can be produced in reactors by neutron bombardment of a number of elements and by fission of the reactor fuel.¹ Fast neutrons produce tritium from the ^{10}B of control rods or from the ^{14}N in residual air. These sources, however, are small reactors.^{5,6} However, significant quantities of tritium may be formed by fast-neutron reactions with soluble boron, which is frequently used in pressurized-water reactor coolants as a chemical shim. Early studies indicated that only a very small fraction of

Plank W, Eickelpasch N, Wüchner M (1997) Tritium in Kernbauteilen, Untersuchungen und Erfahrungen bei der Konditionierung:

Beim eingesetzten Bor (20 % ^{10}B , 80 % ^{11}B) besitzt das Nuklid ^{10}B einen hohen Einfangsquerschnitt (3840 barn für thermische Neutronen). Es wandelt sich beim Neutroneneinfang in das radiologisch relevante Nuklid Tritium ($T = 3\text{H}$, $t_{1/2} = 12,3 \text{ a}$) um:

$^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$ (thermische Neutronen) und daraus
 $^{11}\text{B} (n, 2\alpha) ^3\text{H}$ und $^{11}\text{B} (n, ^9\text{Be}) ^3\text{H}$ hohe Schwellenenergie, kleiner Wirkungsquerschnitt
 $^7\text{Li} (n, n + \alpha) ^3\text{H}$ (schnelle Neutronen).

Dieser Bildungsweg ist jedoch für die Tritiumbildung untergeordnet. Der Hauptanteil der Tritiumbildung erfolgt über

$^{10}\text{B} (n, 2\alpha) ^3\text{H}$ (schnelle Neutronen).

Eine zusätzliche Tritiumbildung erfolgt durch die in den Komponenten enthaltenen Lithiumverunreinigungen (7,5 % ^6Li , 92,5 % ^7Li). Der Hauptanteil der Tritiumbildung erfolgt über

$^6\text{Li} (n, \alpha) ^3\text{H}$.

Tritium Production via Boron

- Boron is 19.9% Boron-10 which has a high thermal neutron cross-section.
- Boron is used in PWRs for chemical shim and reactivity control and in control rods in PWRs and BWRs
- Principal reactions:
 - ▶ $^{10}\text{B}(n,2\alpha) \rightarrow ^3\text{H}$
 - ▶ $^{10}\text{B}(n,\alpha) \rightarrow ^7\text{Li}(n,n\alpha) \rightarrow ^3\text{H}$

Wikipedia:

Typ	kinetische Energie	Wellenlänge	Geschwindigkeit (km/s)
<i>ultrakalte</i> Neutronen	< 0,2 meV	> 2 nm	< 0,197
<i>kalte</i> Neutronen	< 2 meV	2000... 640 pm	< 0,622
<i>thermische</i> Neutronen	< 100 meV	640... 90 pm	< 4,4
<i>epithermische</i> Neutronen	< 1 eV	90... 28 pm	< 13,9
<i>mittelschnelle</i> Neutronen	0,5 eV... 10 keV		9,8 ... 44
<i>schnelle</i> Neutronen	10 keV... 20 MeV		44 ... 62.000
<i>relativistische</i> Neutronen	> 20 MeV		> 62.000
Beispiele:			
Neutronen bei 273,15 K (0 °C)	0,0353 eV		2,611
Neutronen aus der Kernspaltung (Mittelwert)	2 MeV		1.960
Neutronen aus der DT-Kernfusion	14,1 MeV		52.000

Tabelle 34: Mit der Datenbank ASSEKAT/PAI 9.2 zum Stichtag 1.1.2012 bestimmtes nuklidspezifisches Aktivitätsinventar der Asse in Bq.

KaNr	1/750m	2/750m	2/750mNA2	4/750m	5/750m	6/750m	7/725m
H-3	1,21E+10	1,31E+09	1,78E+10	1,07E+09	6,81E+09	1,14E+11	7,30E+09
Be-10	3,43E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,28E+01	4,62E+02	1,16E+01
C-14	3,75E+10	6,31E+10	3,86E+11	1,48E+09	2,41E+11	3,55E+11	4,08E+10
Cl-36	1,21E+08	1,61E+08	6,10E+08	2,38E+06	7,72E+08	1,02E+09	6,36E+07
Ca-41	5,47E+04	9,28E+04	1,82E+05	1,17E+03	3,89E+05	5,42E+05	1,92E+04
Mn-54	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Fe-55	9,00E+07	1,71E+08	1,16E+09	1,50E+06	1,89E+09	1,13E+10	1,07E+08
Co-60	2,53E+10	6,97E+10	1,17E+11	2,35E+08	1,64E+11	2,03E+12	1,90E+10
Ni-59	3,47E+08	1,03E+08	5,47E+07	0,00E+00	1,43E+09	2,32E+10	2,09E+08
Ni-63	1,00E+12	1,88E+12	3,87E+12	2,60E+10	9,49E+12	1,52E+13	4,27E+11
Se-79	2,50E+07	2,03E+07	2,52E+07	1,02E+05	1,07E+08	8,42E+08	1,60E+07
Kr-85	1,13E+03	2,86E+02	5,38E+02	0,00E+00	1,03E+04	3,23E+04	4,97E+03
Rb-87	1,42E+03	1,00E+03	9,11E+02	2,84E+00	4,83E+03	3,92E+04	7,05E+02
Sr-90	2,35E+12	7,24E+11	4,50E+11	3,30E+08	2,95E+12	5,12E+13	9,80E+11
Zr-93	1,28E+08	4,50E+07	1,50E+07	0,00E+00	4,51E+08	7,54E+09	6,52E+07
Nb-94	1,27E+09	1,96E+09	3,80E+09	2,88E+07	8,55E+09	1,30E+10	4,46E+08
Mo-93	1,40E+06	4,16E+05	2,22E+05	0,00E+00	5,79E+06	9,36E+07	8,47E+05
Tc-99	1,53E+09	3,07E+08	4,00E+09	0,00E+00	1,29E+09	2,57E+10	9,33E+08
Pd-107	6,29E+06	1,90E+06	7,78E+05	0,00E+00	8,90E+06	2,09E+08	3,12E+06
Ag-108m	2,84E+08	5,65E+08	1,15E+09	6,81E+06	2,67E+09	3,55E+09	1,12E+08
Cd-113m	3,93E+08	4,22E+08	1,06E+09	6,09E+06	2,96E+09	1,15E+10	2,86E+08
Sn-126	4,37E+07	2,87E+07	3,95E+07	2,44E+05	1,25E+08	1,15E+09	2,08E+07
Sb-125	1,61E+07	1,48E+07	7,10E+07	7,64E+04	1,99E+08	4,32E+09	2,03E+07
I-129	2,41E+06	1,82E+06	2,05E+06	9,37E+03	8,36E+06	6,60E+07	1,14E+06
Cs-134	2,57E+06	2,68E+06	1,23E+07	4,77E+03	2,72E+07	3,22E+08	5,64E+06
Cs-135	2,32E+07	8,75E+06	3,80E+06	0,00E+00	3,82E+07	9,69E+08	1,21E+07
Cs-137	3,74E+12	5,66E+12	3,54E+12	1,16E+10	1,24E+13	8,93E+13	2,13E+12
Ba-133	0,00E+00	0,00E+00	2,75E+06	0,00E+00	8,87E+07	0,00E+00	0,00E+00
Pm-147	1,88E+08	1,21E+08	8,49E+09	0,00E+00	4,76E+08	2,73E+10	1,63E+08
Sm-151	2,81E+10	1,23E+10	3,02E+09	0,00E+00	3,36E+10	1,21E+12	9,14E+09
Eu-152	5,70E+07	2,17E+07	1,55E+07	2,52E+04	9,84E+07	3,39E+09	2,55E+07
Eu-154	1,18E+10	4,07E+09	3,32E+09	3,59E+06	3,20E+10	3,35E+11	1,29E+10
Eu-155	5,64E+08	2,57E+08	1,42E+08	0,00E+00	1,52E+09	4,01E+10	5,75E+08
Ho-166m	5,55E+03	1,32E+03	1,14E+03	0,00E+00	1,73E+04	1,15E+05	7,73E+03
Tl-204	0,00E+00	0,00E+00	1,46E+08	0,00E+00	1,21E+06	0,00E+00	0,00E+00
Pb-210	3,96E+10	4,33E+09	6,36E+10	1,19E+09	2,19E+09	7,87E+09	2,39E+09
Ra-226	5,56E+10	6,18E+09	9,65E+10	1,65E+09	3,04E+09	1,22E+10	3,08E+09
Ra-228	1,13E+10	2,05E+10	1,82E+10	1,42E+10	1,49E+09	4,79E+09	1,29E+10
Ac-227	5,60E+06	4,85E+04	2,01E+09	3,83E+06	8,41E+04	5,41E+04	3,15E+06
Th-228	1,14E+10	2,04E+10	1,82E+10	1,42E+10	1,58E+09	4,76E+09	1,32E+10
Th-229	6,24E+03	5,83E+02	1,21E+06	0,00E+00	2,86E+04	3,04E+02	1,22E+06
Th-230	5,57E+09	1,03E+10	6,92E+09	7,17E+09	5,33E+08	1,23E+05	6,50E+09

Tabelle 34: Fortsetzung: Mit der Datenbank ASSEKAT/PAI 9.2 zum Stichtag 1.1.2012 bestimmtes nuklidspezifisches Aktivitätsinventar der Asse in Bq.

KaNr	1/750m	2/750m	2/750mNA2	4/750m	5/750m	6/750m	7/725m
Th-232	1,12E+10	2,07E+10	1,83E+10	1,43E+10	1,51E+09	4,88E+09	1,30E+10
Pa-231	1,26E+07	1,13E+05	7,14E+08	8,42E+06	2,00E+05	1,24E+05	6,11E+06
U-232	7,84E+07	6,54E+06	5,21E+07	3,86E+03	9,84E+07	9,01E+06	3,78E+08
U-233	1,68E+06	1,62E+05	3,63E+08	1,88E+01	7,80E+06	1,22E+05	3,59E+08
U-234	3,26E+11	5,03E+09	2,59E+11	2,20E+11	1,08E+10	3,92E+09	1,24E+11
U-235	1,42E+10	1,36E+08	6,26E+09	9,28E+09	2,52E+08	1,50E+08	4,86E+09
U-236	4,85E+09	5,88E+08	1,03E+09	0,00E+00	2,11E+09	5,23E+08	7,05E+09
U-238	2,96E+11	3,89E+09	2,68E+11	2,06E+11	4,18E+09	4,80E+09	1,01E+11
Np-237	2,90E+08	3,09E+08	4,12E+07	8,38E+04	1,76E+08	3,96E+08	1,90E+08
Pu-238	6,25E+12	5,94E+12	1,29E+12	1,81E+06	6,19E+12	2,07E+12	1,01E+13
Pu-239	6,36E+12	8,65E+12	7,54E+11	5,83E+05	2,72E+12	3,69E+12	3,28E+12
Pu-240	5,90E+12	8,82E+12	8,33E+11	1,29E+06	3,26E+12	5,00E+12	4,24E+12
Pu-241	1,74E+14	2,00E+14	2,83E+13	3,51E+07	1,10E+14	1,19E+14	1,57E+14
Pu-242	8,34E+09	9,42E+09	1,72E+09	9,33E+03	7,74E+09	6,62E+09	1,24E+10
Pu-244	6,07E+02	5,15E+02	1,04E+02	0,00E+00	1,07E+03	1,05E+02	1,93E+03
Am-241	3,21E+13	3,58E+13	3,96E+12	8,91E+06	1,70E+13	1,66E+13	2,37E+13
Am-242m	1,38E+08	3,36E+07	3,64E+07	4,16E+04	3,11E+08	5,76E+09	9,89E+07
Am-243	2,04E+08	4,96E+07	5,47E+07	0,00E+00	7,71E+08	5,39E+09	3,50E+08
Cm-242	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-243	5,19E+07	1,21E+07	2,12E+07	0,00E+00	2,66E+08	1,18E+09	1,19E+08
Cm-244	1,67E+09	4,70E+08	8,42E+08	2,80E+05	1,35E+10	3,90E+10	6,48E+09
Cm-245	3,79E+05	1,16E+05	2,69E+05	3,06E+02	3,97E+06	5,02E+06	1,92E+06
Cm-246	2,03E+05	6,30E+04	2,47E+05	5,41E+01	4,31E+06	1,55E+06	2,18E+06
Cm-247	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-248	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-250	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cf-249	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,86E+01	0,00E+00	1,37E+01
Cf-251	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cf-252	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Alpha	5,13E+13	5,92E+13	7,49E+12	4,51E+11	2,92E+13	2,74E+13	4,16E+13
Beta/Gamma	1,81E+14	2,08E+14	3,67E+13	5,63E+10	1,35E+14	2,78E+14	1,60E+14

Tabelle 34: Fortsetzung: Mit der Datenbank ASSEKAT/PAI 9.2 zum Stichtag 1.1.2012 bestimmtes nuklidspezifisches Aktivitätsinventar der Asse in Bq.

KaNr	7/750m	8/750m	10/750m	11/750m	12/750m	8a/511m	LAW	Gesamt
H-3	1,11E+11	2,09E+10	4,70E+09	4,30E+10	1,22E+10	1,27E+11	3,52E+11	4,78E+11
Be-10	7,98E+02	0,00E+00	4,71E+00	2,09E+02	2,74E+01	1,11E+03	1,54E+03	2,65E+03
C-14	1,54E+11	2,04E+11	3,85E+10	7,50E+11	1,47E+11	2,22E+11	2,42E+12	2,64E+12
Cl-36	4,59E+08	1,41E+08	5,45E+07	3,37E+09	4,20E+08	3,73E+07	7,19E+09	7,23E+09
Ca-41	2,42E+05	6,04E+04	2,80E+04	1,12E+06	2,02E+05	5,05E+05	2,93E+06	3,44E+06
Mn-54	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Fe-55	4,76E+09	1,85E+08	1,00E+08	6,91E+09	4,74E+08	2,14E+11	2,71E+10	2,41E+11
Co-60	2,39E+11	2,42E+10	1,60E+10	9,09E+11	6,71E+10	1,07E+13	3,68E+12	1,44E+13
Ni-59	1,28E+10	6,87E+07	1,31E+08	1,24E+10	9,86E+08	1,71E+12	5,17E+10	1,76E+12
Ni-63	4,19E+12	9,45E+11	5,57E+11	2,80E+13	3,30E+12	1,92E+14	6,89E+13	2,61E+14
Se-79	6,90E+08	9,84E+06	9,96E+06	4,43E+08	7,52E+07	1,10E+09	2,26E+09	3,36E+09
Kr-85	2,23E+05	8,42E+02	2,82E+02	7,69E+04	1,02E+12	3,29E+05	1,02E+12	1,02E+12
Rb-87	3,99E+04	3,37E+02	5,96E+02	2,30E+04	4,94E+03	5,41E+04	1,17E+05	1,71E+05
Sr-90	5,32E+13	4,12E+11	8,20E+11	1,91E+13	5,77E+12	7,01E+13	1,38E+14	2,08E+14
Zr-93	4,07E+09	2,48E+07	5,48E+07	4,20E+09	4,19E+08	5,28E+11	1,70E+10	5,45E+11
Nb-94	5,50E+09	1,37E+09	6,21E+08	2,60E+10	4,45E+09	1,10E+11	6,71E+10	1,77E+11
Mo-93	5,19E+07	2,78E+05	5,29E+05	5,03E+07	3,98E+06	6,92E+09	2,09E+08	7,13E+09
Tc-99	2,48E+10	1,67E+08	2,10E+09	8,52E+09	3,00E+09	3,36E+10	7,23E+10	1,06E+11
Pd-107	1,86E+08	1,08E+06	2,71E+06	5,88E+07	2,08E+07	2,42E+08	4,99E+08	7,41E+08
Ag-108m	1,21E+09	3,00E+08	1,60E+08	7,25E+09	1,01E+09	3,28E+09	1,83E+10	2,15E+10
Cd-113m	9,63E+09	2,72E+08	2,01E+08	9,97E+09	1,29E+09	1,05E+10	3,80E+10	4,85E+10
Sn-126	1,02E+09	1,84E+07	1,99E+07	5,46E+08	1,51E+08	1,39E+09	3,17E+09	4,56E+09
Sb-125	2,00E+09	1,61E+07	1,25E+07	1,36E+09	7,97E+07	1,30E+11	8,10E+09	1,38E+11
I-129	6,09E+07	7,93E+05	1,01E+06	3,66E+07	7,71E+06	7,81E+07	1,89E+08	2,67E+08
Cs-134	7,47E+08	2,25E+06	1,40E+06	2,48E+08	8,12E+06	3,58E+08	1,38E+09	1,74E+09
Cs-135	7,82E+08	6,03E+06	1,17E+07	2,71E+08	8,96E+07	9,70E+08	2,21E+09	3,19E+09
Cs-137	8,58E+13	1,35E+12	1,61E+12	5,30E+13	1,01E+13	1,04E+14	2,69E+14	3,72E+14
Ba-133	0,00E+00	1,45E+10	3,63E+08	4,54E+05	3,40E+09	0,00E+00	1,84E+10	1,84E+10
Pm-147	2,03E+10	8,81E+07	1,89E+08	4,93E+09	1,26E+09	1,18E+10	6,35E+10	7,54E+10
Sm-151	7,36E+11	7,59E+09	2,13E+10	2,79E+11	1,68E+11	8,73E+11	2,50E+12	3,38E+12
Eu-152	2,15E+09	1,24E+07	2,58E+07	5,78E+08	1,99E+08	2,04E+09	6,58E+09	8,61E+09
Eu-154	7,67E+11	3,08E+09	2,99E+09	2,49E+11	1,97E+10	8,86E+11	1,44E+12	2,33E+12
Eu-155	4,93E+10	1,81E+08	3,46E+08	1,42E+10	2,58E+09	4,24E+10	1,10E+11	1,52E+11
Ho-166m	3,98E+05	1,52E+03	1,32E+03	1,33E+05	8,14E+03	5,26E+05	6,90E+05	1,22E+06
Tl-204	0,00E+00	1,68E+08	0,00E+00	1,08E+06	0,00E+00	0,00E+00	3,16E+08	3,16E+08
Pb-210	5,26E+09	1,08E+09	3,00E+09	2,22E+09	3,67E+09	2,76E+04	1,36E+11	1,36E+11
Ra-226	8,02E+09	1,90E+09	4,49E+09	3,38E+09	5,40E+09	9,09E+04	2,01E+11	2,01E+11
Ra-228	6,23E+01	1,49E+11	1,25E+10	3,88E+10	4,16E+10	1,16E+07	3,26E+11	3,26E+11
Ac-227	6,57E+04	5,12E+07	4,91E+08	2,69E+05	5,53E+07	1,21E+05	2,62E+09	2,62E+09
Th-228	7,58E+07	1,49E+11	1,25E+10	3,88E+10	4,14E+10	7,63E+07	3,25E+11	3,25E+11
Th-229	1,93E+03	3,89E+03	9,21E+02	3,42E+03	5,03E+06	7,79E+06	7,51E+06	1,53E+07
Th-230	9,28E+04	6,86E+10	6,32E+09	1,96E+10	2,10E+10	4,68E+06	1,53E+11	1,53E+11

Tabelle 34: Fortsetzung: Mit der Datenbank ASSEKAT/PAI 9.2 zum Stichtag 1.1.2012 bestimmtes nuklidspezifisches Aktivitätsinventar der Asse in Bq.

KaNr	7/750m	8/750m	10/750m	11/750m	12/750m	8a/511m	LAW	Gesamt
Th-232	6,23E+01	1,51E+11	1,27E+10	3,93E+10	4,20E+10	1,18E+07	3,29E+11	3,29E+11
Pa-231	1,37E+05	1,22E+07	1,24E+08	6,27E+05	5,48E+05	2,53E+05	8,79E+08	8,79E+08
U-232	7,37E+07	8,10E+06	4,87E+07	1,46E+08	2,40E+06	6,29E+07	9,02E+08	9,65E+08
U-233	5,77E+05	1,13E+06	2,77E+05	1,02E+06	1,40E+09	2,36E+09	2,13E+09	4,49E+09
U-234	6,72E+09	3,56E+11	1,59E+10	2,53E+10	1,63E+10	7,80E+09	1,37E+12	1,38E+12
U-235	1,36E+08	1,55E+10	7,48E+08	7,64E+08	6,79E+08	2,54E+08	5,30E+10	5,32E+10
U-236	1,48E+09	2,00E+08	9,00E+08	3,20E+09	2,70E+08	1,32E+09	2,22E+10	2,35E+10
U-238	3,21E+09	3,48E+11	1,30E+10	1,42E+10	1,59E+10	3,45E+09	1,28E+12	1,28E+12
Np-237	7,25E+08	5,86E+07	7,00E+06	3,85E+08	1,73E+08	7,97E+08	2,75E+09	3,55E+09
Pu-238	1,68E+13	2,59E+12	6,19E+10	6,58E+12	9,88E+11	6,54E+12	5,88E+13	6,54E+13
Pu-239	5,76E+12	1,38E+12	4,30E+10	4,49E+12	3,71E+12	3,24E+12	4,08E+13	4,41E+13
Pu-240	7,87E+12	1,31E+12	3,77E+10	4,58E+12	3,87E+12	3,70E+12	4,57E+13	4,94E+13
Pu-241	2,90E+14	4,36E+13	1,18E+12	1,34E+14	6,90E+13	1,20E+14	1,32E+15	1,44E+15
Pu-242	2,01E+10	3,26E+09	8,12E+07	8,51E+09	2,89E+09	8,46E+09	8,11E+10	8,96E+10
Pu-244	2,99E+03	4,75E+02	1,09E+01	1,05E+03	4,89E+01	1,11E+03	8,91E+03	1,00E+04
Am-241	3,96E+13	6,72E+12	1,91E+11	2,05E+13	1,16E+13	2,00E+13	2,08E+14	2,28E+14
Am-242m	5,76E+09	3,11E+07	3,38E+07	1,79E+09	2,39E+08	7,23E+09	1,42E+10	2,15E+10
Am-243	1,67E+10	6,66E+07	4,30E+07	5,58E+09	2,30E+08	2,36E+10	2,94E+10	5,30E+10
Cm-242	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-243	6,25E+09	2,18E+07	8,37E+06	2,10E+09	2,82E+07	8,00E+09	1,01E+10	1,81E+10
Cm-244	2,76E+11	1,14E+09	3,97E+08	9,69E+10	1,02E+09	4,28E+11	4,38E+11	8,65E+11
Cm-245	9,97E+07	3,41E+05	9,92E+04	3,39E+07	1,54E+05	1,26E+08	1,46E+08	2,72E+08
Cm-246	1,32E+08	3,68E+05	9,48E+04	4,32E+07	3,07E+04	1,42E+08	1,85E+08	3,27E+08
Cm-247	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-248	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cm-250	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cf-249	1,61E+03	0,00E+00	0,00E+00	4,58E+02	0,00E+00	1,13E+03	2,10E+03	3,23E+03
Cf-251	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Cf-252	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Alpha	7,03E+13	1,29E+13	3,82E+11	3,64E+13	2,03E+13	3,39E+13	3,57E+14	3,91E+14
Beta/Gamma	4,35E+14	4,67E+13	4,27E+12	2,36E+14	8,86E+13	5,02E+14	1,81E+15	2,31E+15