

# Kriterien zur Bewertung von Stillegungsoptionen für das Endlager für radioaktive Abfälle Asse

Diskussionspapier

**Vorbemerkung: Dieser Bericht stellt lediglich einen ersten nicht abgestimmten Diskussionsentwurf dar und keine endgültige Fassung. Er bildet eine erste Grundlage für den Diskussions- und Beteiligungsprozess und wird im Zuge der intern und extern zu führenden Diskussionen revidiert und fortgeschrieben.**

# Kriterien zur Bewertung von Stillegungsoptionen für das Endlager für radioaktive Abfälle Asse

Diskussionspapier

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG UND VERANLASSUNG.....</b>	<b>4</b>
<b>2 STILLLEGUNG DER SCHACHTANLAGE ASSE .....</b>	<b>6</b>
2.1 GEOLOGISCHE UND GEBIRGSMCHANISCHE AUSGANGSLAGE .....	6
2.2 GRUNDSÄTZLICHE STILLLEGUNGSOPTIONEN UND BEWERTUNG DURCH DIE ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH .....	8
2.3 EMPFEHLUNGEN DER ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH .....	10
2.4 ZIELE DES OPTIONENVERGLEICHS .....	12
<b>3 METHODISCHER ANSATZ .....</b>	<b>12</b>
3.1 BESONDERE ASPEKTE BEI DER BEWERTUNG DER STILLLEGUNGSOPTIONEN FÜR DAS ENDLAGER ASSE .....	12
3.2 GRUNDLAGEN.....	14
<b>4 BEURTEILUNGSFELDER UND KRITERIEN.....</b>	<b>17</b>
4.1 BEURTEILUNGSFELD - SICHERHEIT IN DER BETRIEBSPHASE .....	18
4.2 BEURTEILUNGSFELD - KURZFRISTIGE UMWELTAUSWIRKUNGEN BEI UNKONTROLLIERBAREM LÖSUNGSZUTRITT .....	18
4.3 BEURTEILUNGSFELD - LANGZEITSICHERHEIT .....	19
4.4 BEURTEILUNGSFELD - MACHBARKEIT .....	21
4.5 BEURTEILUNGSFELD - ZEITBEDARF.....	22
<b>5 VORGEHENSWEISE ZUR AUSWAHL EINES STILLLEGUNGSKONZEPTE.....</b>	<b>24</b>
5.1 SCHRITT 1: CHARAKTERISIERUNG DER VARIANTEN AN HAND DER BEURTEILUNGSFELDER UND KRITERIEN .....	24
5.2 SCHRITT 2: PAARVERGLEICH DER VARIANTEN .....	24
5.3 SCHRITT 3: RANGFOLGEN FÜR BEURTEILUNGSFELDER .....	24
5.4 SCHRITT 4: BILDUNG EINER GESAMTRANGFOLGE .....	25
5.5 SCHRITT 5: SENSITIVITÄTSANALYSE.....	26
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>27</b>
<b>LITERATUR .....</b>	<b>28</b>

Gesamtseitenzahl: 28

# 1 EINLEITUNG UND VERANLASSUNG

Im Rahmen von Forschungsvorhaben wurden im Zeitraum von 1967 – 1978 schwach- und mittelaktive radioaktive Abfälle in die Schachanlage Asse II eingelagert. Aufgrund des 1976 novellierten Atomgesetzes entfiel die Rechtsgrundlage für die Einlagerung im Salzbergwerk Asse und die Einlagerung wurde 1978 eingestellt. Insgesamt wurden im Rahmen von Versuchs- und Demonstrationsprogrammen rund 125.000 Fässer mit schwachradioaktiven Abfällen, deren Aktivität in der Summe  $1,9 \times E15$  Becquerel (01.01.2002) beträgt, in 725 m und 750 Teufe eingelagert. Etwa 1300 Fässer mit mittelaktiven Abfällen, deren Gesamtaktivität sich auf  $1,2 \times E15$  Becquerel (01.01.2002) summiert, sind auf der 511-m-Sohle gelagert. In Zeitraum von 1978 bis 1992 erfolgten verschiedene Forschungsarbeiten ohne die Einlagerung radioaktiver Abfälle. In diesem Zusammenhang wurde auch der sog. Tiefenaufschluss aufgefahren. Das im Rahmen dieser Arbeiten anfallende Haufwerk wurde für die Verfüllung der Abbaue der tieferen Sohlen der Südflanke verwendet.

Die Altanlage Asse erfüllt nicht die Anforderungen an ein Endlager für radioaktive Abfälle (BMI (1983a), AKEND (2002), BMU (2009)<sup>1</sup>). Als Forschungsbergwerk wurde ein ehemaliges Kali- und Steinsalzbergwerk, das ungünstige geologische und bergbaulich-geomechanische Randbedingungen aufweist, genutzt.

Da seit Ende 1992 keine weitere Verwendung mehr für das Forschungsbergwerk Asse bestand, wurde in den folgenden Jahren die Schließung vorbereitet. In diesem Zusammenhang erfolgte im Zeitraum 1995 bis 2004 die Verfüllung nahezu aller Grubenbaue im Baufeld der Südflanke mit insgesamt ca. 2,2 Mio. Tonnen Salzgrus.

Die Stilllegung der Schachanlage Asse II sollte nach Bergrecht und nicht nach Atomrecht erfolgen. Das dafür entwickelte Stilllegungskonzept wurde von HMGU im Rahmen eines Abschlussbetriebsplan-Verfahrens bei der zuständigen Bergbehörde vorgelegt.

Im November 2007 haben sich das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie das Niedersächsische Ministerium für Umwelt und Klimaschutz (NMU) auf ein gemeinsames Vorgehen im Zusammenhang mit der Schachanlage Asse II verständigt (BMU, BMBF & NMU 2007). Übergeordnetes Ziel ist demnach „...weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheitssituation der Asse...“ zu prüfen und bei Bedarf durchzuführen. Dabei steht die Prüfung ergänzender bzw. alternativer Stilllegungsmaßnahmen zum vorliegenden Stilllegungskonzept des HMGU im Mittelpunkt.

Zur Realisierung der o. g. Zielstellung wurde unter anderem die „Arbeitsgruppe Optionenvergleich“ (AGO) gegründet, in der neben dem Bundesamt für Strahlenschutz und dem vom BMBF beauftragten Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe -Wassertechnologie und Entsorgung (PTKA-WTE) das NMU sowie drei von der zwischenzeitlich konstituierten „Begleitgruppe Asse-II“ des Landkreises Wolfenbüttel ausgewählte Experten vertreten sind. Im Februar 2009 hat die AGO einen Abschlussbericht zur Phase I vorgelegt (AGO 2009). Darin wird vor einer abschließenden Bewertung von Stilllegungsoptionen die Durchführung weiterer Machbarkeitsstudien zu Stilllegungsoptionen und die Erstellung einer Vergleichsmethodik vorgeschlagen.

Am 4. September 2008 einigten sich die Ministerien BMU, BMBF und NMU darauf, dass die Schachanlage Asse II zukünftig verfahrensrechtlich wie ein Endlager zu behandeln ist (BMU, BMBF & NMU 2008). Das Bundeskabinett fasste am 5. November 2008 den Beschluss für einen Wechsel der Betreiberverantwortung vom HMGU zum BfS. Seit dem 01.01.2009 ist das BfS berg- und atomrechtlich verantwortlicher Betreiber der Schachanlage Asse II. Das BfS als Betreiber der Anlage ist verantwortlich für den Betrieb und die Entwicklung eines Stilllegungskonzeptes nach

<sup>1</sup> Diese Sicherheitsanforderungen wurden für die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle aufgestellt und gelten damit nicht für die Asse bzw. ihre Stilllegung

Stand von Wissenschaft und Technik. Am 25.03.2009 trat der § 57b AtG, der das weitere Vorgehen bei der Schachanlage Asse II regelt in Kraft. Der § 57b legt fest, dass die Schachanlage Asse II nach Atomrecht stillzulegen ist. Damit ist für Ihre Stilllegung ein Planfeststellungsverfahren nach § 9b AtG durchzuführen und es gelten neben anderen Rechtsgebieten (BBergG, WHG) die Genehmigungsvoraussetzungen des AtG.

Die Schachanlage Asse II weist spezifische Probleme auf, die erhebliche Auswirkungen auf die Festlegung des Stilllegungskonzeptes haben. Aufgrund ungenügender Schutzschichtmächtigkeiten existiert ein Lösungszutritt aus dem Deckgebirge. Wegen fortschreitender Entfestigung von Tragelementen des Grubengebäudes sind Auswirkungen auf das Deckgebirge vorhanden und somit kurzfristig auch stark steigende Zutrittsraten nicht auszuschließen. Die Stilllegung der Schachanlage Asse II stellt unter diesen Randbedingungen eine besondere Herausforderung dar, da ein Stilllegungskonzept einerseits eine hohe Sicherheit für die Zukunft bieten soll (Langzeitsicherheit) andererseits, die die möglichen Maßnahmen und die zur Verfügung stehende Zeit aufgrund der Zuflussgefahr und des Tragfähigkeitsverlustes begrenzt ist.

Ziel des BfS ist es, trotz der Stabilitätsprobleme und des Lösungszutritts in die Schachanlage die sicherste Möglichkeit für eine Stilllegung der Asse zu finden. Wesentliches Ziel des BfS ist es, den Bewertungsprozess objektiv, transparent und nachvollziehbar zu gestalten. Daher sollen vorab die Kriterien, nach denen die Bewertung vollzogen wird, und das Verfahren der Bewertung veröffentlicht werden.

Dieser Bericht stellt einen ersten auch fachlich nicht endgültigen Entwurf dar. Er dient der Definition der Aufgabenstellung, der ersten Entwicklung von methodischen und inhaltlichen Überlegungen (Kriterien). Mit diesem Bericht soll auch zu diesem frühen Zeitpunkt der Methoden- und Kriterienentwicklung der Prozess transparent und nachvollziehbar gestaltet werden.

Diskussion

## 2 STILLLEGUNG DER SCHACHTANLAGE ASSE

### 2.1 GEOLOGISCHE UND GEBIRGSMECHANISCHE AUSGANGSLAGE

Die Bewertung von Stilllegungsoptionen für das Endlager Asse kann nur vor dem Hintergrund der geologischen und gebirgsmechanischen Verhältnisse erfolgen. Hierzu hat die AGO (2009) die wesentlichen Fakten zusammengefasst.

Die sich aus den geologisch / hydrogeologischen Standortbedingungen ergebenden Randbedingungen für die Planung von Stilllegungskonzepten und -maßnahmen stellen sich nach AGO (2008a) auf der Basis der vorliegenden Unterlagen wie folgt dar:

- Das Bergwerk weist einen hohen Durchbauungsgrad und ein hinsichtlich dauerhafter Isolation der Abfälle sehr ungünstiges Design auf.
- Große Teile der Grubenbaue sind bereits verfüllt. Das Verfüllmaterial weist zum Teil erhebliche Anteile an Porenraum auf (pneumatisch eingebrachter Salzgrus).
- Das Leinsteinsalz in der Nordflanke bildet eine derzeit offensichtlich wirksame geologische Barriere (über die Barriereeigenschaften der Hangendschutzschicht zwischen oberster Sohle und Salzspiegel kann aufgrund der fehlenden Referenzen zu Lagerstättenkartierung oder eines belastbaren geologischen Lagerstättenmodells sowie wegen des unklaren Verlaufs der Anhydritmittel des Anhydritmittelsalzes derzeit keine Aussage getroffen werden).
- Neben Steinsalz ist Carnallit großflächig aufgeschlossen, und im Strukturscheitel sind große Carnallitmengen für potentielle Lösungsprozesse verfügbar.
- Es sind Carnallitaufschlüsse auch in einzelnen Einlagerungskammern zu vermuten.
- Sowohl im Bereich des Salzstrukturscheitels (Salzspiegel) als auch an den Flanken der Salzstruktur sind mobile Grundwässer mit möglichem Anschluss an leistungsfähige Aquifere verfügbar.
- Im Bereich der Südflanke besteht aufgrund der geringmächtigen Salzbarriere und der geomechanisch bedingten Schädigungsprozesse ein Integritätsverlust.
- Der Integritätsverlust hat zu einem Zutritt von Grundwässern aus dem Nebengebirge geführt.
- Der Zutrittsbereich ist wegen des Salzgrusversatzes an der Südflanke nicht mehr direkt erreichbar.
- Die Einlagerungskammern des LAW sind mit benachbarten Grubenhohlräumen über eine Vielzahl von Wegsamkeiten (Grubenbaue, Auflockerungszonen, Bohrungen) hydraulisch verbunden.
- Das Tragsystem des Baufeldes in der Südflanke befindet sich im Grenzzustand der dilatanten Entfestigung mit Auswirkungen auf das angrenzende Deckgebirge.
- Die Schädigungsprozesse in der desintegrierten Steinsalzbarriere und die Auswirkungen der Verformungen auf das Deckgebirge dauern aufgrund der gewählten nachgiebigen Hohlraumverfüllung mit pneumatisch eingebrachtem Salzgrus in der Südflanke weiter an.
- Der verbleibende Zeitraum für die Durchführung von Stilllegungsmaßnahmen ist beim derzeitigen Zustand des Tragsystems begrenzt, da ohne zusätzliche stabilisierende Maßnahmen beschleunigte Verformungen und in deren Folge auch stark zunehmende Lösungszuflüsse nicht ausgeschlossen werden können.
- Für den Fall beschleunigter Verformungen und in ihrer Folge stark zunehmender Lösungszuflüsse bestehen nur eingeschränkte Möglichkeiten der Gefahrenabwehr.

- Das Baufeld der Südflanke ist von einer durchgehenden Auflockerungszone im Salzgestein und im Nebengebirge flankiert, die erhöhte Durchlässigkeiten aufweist.
- Die zutretenden Lösungen sind über Grubenbaue und die Auflockerungszone z. T. bereits bis zur 750 m-Sohle vorgedrungen.
- Transportpfade im Deckgebirge, mögliche Zutrittsmengen und der Lösungsschemismus der zutretenden Lösungen und damit der sich einstellende Zustand im Grubengebäude sind derzeit nicht sicher zu prognostizieren.

Die zutretenden Lösungen werden zwar derzeit weitestgehend auf der 658-m-Sohle gefasst, sind aber über Grubenbaue und die Auflockerungszone z. T. bereits bis zur 725-m-Sohle und 750-m-Sohle vorgedrungen. Die Zuflussrate liegt derzeit konstant bei ca. 12 m<sup>3</sup>/d wobei die auf der 658-m-Sohle aufgefangene Zutrittsmenge ab- und die auf der 725-m-Sohle aufgefangene Zutrittsmenge zunimmt. Es ist nicht auszuschließen, dass bereits Zutrittslösungen die radioaktiven Abfälle in den Einlagerungskammern erreichen.

Das Tragsystem des Baufeldes in der Südflanke befindet sich im Grenzzustand der dilatanten Entfestigung mit Auswirkungen auf das angrenzende Deckgebirge. Das stark beanspruchte Tragsystem der Südflanke (Pfeiler-Schweben-System) befindet sich zu großen Teilen bereits im Nachbruchbereich. Die fortschreitenden Verformungen in der Südflanke führen zu erhöhten Pfeilerstauchungen und damit verbundenem Pfeilerversagen, so dass fortlaufend weitere Pfeiler in den Nachbruchbereich übergehen, insbesondere in der Baufeldmitte. Damit verbunden sind Spannungsumlagerungen auf die derzeit noch vergleichsweise intakten und somit tragfähigeren Pfeiler der Randbereiche, den stärker dimensionierten, Zentralpfeiler sowie auf das angrenzende Nebengebirge. Dies wird durch Spannungs- und Verformungsmessungen sowie durch Mikroseismik belegt. Der hoch belastete Zentralpfeiler ist an seiner Tragfähigkeitsgrenze angelangt und reagiert zunehmend mit Entfestigung.

Die Resttragfähigkeit der Pfeiler im Nachbruchbereich ist abhängig vom einwirkenden Manteldruck und der Konturstabilisierung durch die verbliebenen Schweben bzw. Schwebenringe und den eingebrachten Versatz. Die gemessenen Spannungen und Deformationen im Tragsystem der Asse-Südflanke belegen eine geringe stabilisierende Wirkung des Versatzes auf die Pfeiler (Pfeilerbettung).

Der gebirgsmechanische Zustand des Endlagers für radioaktive Abfälle Asse wurde durch das IfG (Institut für Gebirgsmechanik, Leipzig) Anfang 2009 neu analysiert und bewertet. Ein wesentliches Resultat der gebirgsmechanischen Rechnungen mit dem vertikalen 3DModell besteht darin, dass für einen berechneten Prognosezeitraum bis 2020 eine Resttragfähigkeit ausgewiesen werden kann, ohne dass es zu einem deutlichen Anstieg der Deckgebirgsverschiebungsraten kommt, wie in einer früheren Untersuchung berechnet. Die Ursache liege in den im Modell vorgegebenen erhöhten Versatzdrücken, die erst seit 2005/2006 gemessen werden und die einer Beschleunigung der Bruchprozesse entgegen wirken.

Die gebirgsmechanischen Prognosen des IfG (2009) stehen unter dem Vorbehalt, dass sich die System- und Randbedingungen nicht ändern. Die größten Besorgnisse beziehen sich laut IfG (2009) dabei auf die nicht auszuschließende Zunahme der Deckgebirgslösungszutritte bei Anschluss von hydraulisch leitfähigeren Gebirgsschichten als bisher, der Ausbildung von weiteren Zutrittsorten und der Abnahme der bisherigen Sättigung an Steinsalz. Bei einer solchen Entwicklung gilt die vorgelegte Prognose der Resttragfähigkeit nicht mehr (IfG 2009). Die Kopplung der gebirgsmechanischen und hydraulischen Prozesse ist nicht bekannt. Auch die AGO stellt übereinstimmend mit CDM fest: „Eine eindeutige Korrelation zwischen Verformungszustand des Gebirges und dem Laugenzutritt kann ... aufgrund der komplexen Gebirgsverhältnisse und des nicht eindeutig definierbaren Laugenzutritts in das Salzgebirge nicht angegeben werden“ und das: „...dass das Risiko eines weiter steigenden Lösungszutritts trotz der von CDM vorgeschlagenen Maßnahmen (Anm. BfS: der Firstspaltverfüllung und Versatzinjektion) bestehen bleibt (AGO 2008c).

Aufgrund der fortschreitenden mechanischen Veränderungen und der fortschreitenden Durchfeuchtung des Tragsystems der Südflanke ist damit die von IfG angenommene Konstanz der System- und Randbedingungen der Tragfähigkeitsanalyse nicht wahrscheinlich.

## **2.2 GRUNDSÄTZLICHE STILLLEGUNGSOPTIONEN UND BEWERTUNG DURCH DIE ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH**

Die AGO hat sich im Rahmen ihrer Arbeiten in Phase I damit auseinandergesetzt, welche Stilllegungsvarianten und –untervarianten grundsätzlich vor dem Hintergrund der geologischen und gebirgsmechanischen Randbedingungen für das Endlager Asse denkbar wären (AGO 2009):

### **I Schließung und Verbleib der radioaktiven Abfälle am derzeitigen Ort**

- Ia) Trockenverwahrung
- Ib) Natürliches Volllaufen
  - Ib1) Volllaufen ohne weitere Maßnahmen
  - Ib2) Volllaufen nach Durchführung von Maßnahmen
- Ic) Gezielte Flutung mit einem „Schutzfluid“
  - Ic1) HMGU-Schutzfluidkonzept
  - Ic2) Alternatives Konzept mit gezielter Flutung

### **II Rückholung der radioaktiven Abfälle**

- IIa) Rückholung der MAW
- IIb) Rückholung der LAW
- IIc) Rückholung aller Abfälle
- IId) Rückholung von Teilen der Abfälle

### **III Interne Umlagerung der radioaktiven Abfälle in der Asse**

- IIIa) Interne Umlagerung der MAW
- IIIb) Interne Umlagerung der LAW
- IIIc) Interne Umlagerung aller Abfälle
- IIId) Interne Umlagerung von Teilen der Abfälle

Die Bewertung der Optionen bzw. Varianten erfolgte durch AGO (AGO 2009) im ersten Bewertungsschritt zunächst qualitativ, da mit Ausnahme der Varianten Ic) „Flutung mit Schutzfluid“ und IIa) „Rückholung MAW“ keine belastbaren quantitativen Informationen vorlagen.

Die qualitative Bewertung orientierte sich an folgenden drei "Beurteilungsfeldern":

- Wirksamkeit der Maßnahme im Hinblick auf die Langzeitsicherheit.

Die Gewährleistung der Langzeitsicherheit stand dabei im Vordergrund der Bewertung durch die AGO. Um die langfristigen radiologischen Risiken zu minimieren, müsste entweder das

Bergwerk in einen Zustand versetzt werden können, der eine langzeitsichere Verwahrung der radioaktiven Abfälle an ihrem jetzigen Lagerplatz ermöglicht, oder die Abfälle müssten aus dem Bergwerk aus-, zwischen- und endgelagert werden, oder durch Umlagerung an einen sicheren Ort verbracht werden, an dem ein Wasserzutritt in das Endlager Asse unschädlich ist.

- Berücksichtigung der speziellen geologischen, geochemischen, bergbaulichen und gebirgsmechanischen Voraussetzungen und Randbedingungen.

Dabei war die Gefahr eines nicht mehr beherrschbaren Wassereintruchs zu berücksichtigen, obwohl der Zeitpunkt dieses möglichen Wassereintruchs nicht prognostizierbar ist. Es wurde aber davon ausgegangen, dass diese Gefahr mit fortschreitender Verformung des Nebengebirges im Zeitverlauf anwächst.

- Grundsätzliche technische Machbarkeit der Maßnahme.

Dabei musste die organisatorische Umsetzbarkeit der Optionen bzw. Varianten im Hinblick auf Folgewirkungen, Genehmigungssituation, Logistik u. ä. berücksichtigt werden.

Das Ergebnis dieser Bewertung durch AGO führte zu zwei Kategorien:

**Kategorie A** umfasste diejenigen Optionen, die nach gegenwärtigem Kenntnisstand aus Sicht der AGO weiter betrachtet werden sollen und die im zweiten Bewertungsschritt vergleichend bewertet werden sollen.

**Kategorie B** enthält die Optionen, die aus derzeitiger Sicht der AGO nicht zielführend sind und daher zurückgestellt werden.

Die Bewertung durch AGO (AGO 2009) stellt somit bereits einen ersten Schritt der Bewertung von Stilllegungsoptionen dar. D. h., dass bei dem noch zu führenden Optionenvergleich bereits diejenigen Optionen (Kategorie B) ausgeschlossen worden sind, die aus derzeitiger Sicht nicht zielführend sind. In den nächsten Bewertungsschritt sollen daher nur die in Kategorie A eingestuften Optionen in die vergleichende Bewertung einbezogen werden. Gleichwohl ist ein Rücksprung zu den zurückgestellten Optionen möglich, wenn sich neue Erkenntnisse ergeben oder die vergleichende Bewertung zu keinem eindeutigen Ergebnis führt.

Diskussionspapier

<b>Gruppe</b>	<b>Option</b>	<b>Kategorie</b>
<b>I</b>	<b>Schließung und Verbleib der radioaktiven Abfälle am derzeitigen Ort</b> Ia )Trockenverwahrung (in situ) Ib) Natürliches Volllaufen -Ib1) Volllaufen ohne weitere Maßnahmen -Ib2) Volllaufen nach Durchführung von Maßnahmen Ic) gezielte Flutung -Ic1) HMGU-Schutzfluid-Konzept -Ic2) Alternatives Konzept mit gezielter Flutung	<b>B</b> <b>B</b> <b>A</b> <b>A *)</b> <b>- **)</b>
<b>II</b>	<b>Rückholung der radioaktiven Abfälle</b> IIa) Rückholung der MAW IIb) Rückholung der LAW IIc) Rückholung aller Abfälle IId) Rückholung von Teilen der Abfälle	<b>B</b> <b>A</b> <b>A</b> <b>A</b>
<b>III</b>	<b>Interne Umlagerung der radioaktiven Abfälle in der Asse</b> IIIa) Interne Umlagerung der MAW IIIb) Interne Umlagerung der LAW IIIc) Interne Umlagerung aller Abfälle IIId) Interne Umlagerung von Teilen der Abfälle	<b>B</b> <b>A</b> <b>A</b> <b>A</b>

Tabelle 1: Qualitative Einstufung der Optionen bzw. Varianten in die Kategorien A oder B durch die AGO (aus AGO 2009)

\*) Zu dieser Einstufung existieren Sondervoten einzelner Mitglieder

\*\*) Die AGO konnte hierzu keine Kategorisierung vornehmen

## 2.3 EMPFEHLUNGEN DER ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH

Die AGO (AGO 2009) legte Wert auf die Feststellung, dass für eine vergleichende Bewertung der verbleibenden Optionen bzw. Varianten noch verschiedene Kenntnisse fehlen, die durch vertiefende Untersuchungen zu einzelnen Varianten ergänzt werden sollen.

### 1. Aufgabe: Informationsbeschaffung über weiter zu betrachtende Optionen bzw. Varianten

Bei den Varianten, bei denen ein zu geringer Kenntnisstand vorliegt um sie in die vergleichende Bewertung aufzunehmen, handelt es sich um:

- Untervariante Ib2) Volllaufen nach Durchführung von Maßnahmen
- Variante IIb) Rückholung der LAW
- Variante IIc) Rückholung aller Abfälle
- Variante IId) Rückholung von Teilen der Abfälle
- Variante IIIb) Interne Umlagerung der LAW
- Variante IIIc) Interne Umlagerung aller Abfälle
- Variante IIId) Interne Umlagerung von Teilen der Abfälle

Zu diesen Varianten sollen Machbarkeits- und Auswirkungsstudien angefertigt werden. Dabei ist es ausreichend, wenn man die einzelnen Varianten nach inhaltlicher Zugehörigkeit bündelt. Demnach verbleiben nach AGO (2009) drei wesentliche Aufgaben zum Optionenvergleich:

- Prüfung der Machbarkeit/Auswirkung der Variante Ib2)
- Prüfung der Machbarkeit/Auswirkung der Rückholung der LAW (Variante IIb), unter Berücksichtigung der Varianten IIc) und IIId))
- Prüfung der Machbarkeit/Auswirkung der internen Umlagerung aller Abfälle (Variante IIIc), unter Berücksichtigung der Varianten IIIb) und IIIId))

Die jeweiligen Studien sind derzeit in Bearbeitung und deren Ergebnisse sollen voraussichtlich im August 2009 für den Optionenvergleich vorliegen.

## **2. Aufgabe: Methodenentwicklung für die vergleichende Bewertung der Optionen**

Die vergleichende Bewertung der Optionen muss nach AGO (2009) drei grundlegende Voraussetzungen erfüllen, um Akzeptanz des Entscheidungsprozesses und des Ergebnisses zu erreichen:

- Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen (verständliche Darstellung und Begründung der einzelnen und aufeinander folgenden Bewertungsschritte),
- Transparenz (vollständige und zeitnahe Veröffentlichung aller Bewertungsschritte)
- Plausibilität (Erfordernis der sachlichen Richtigkeit und Glaubwürdigkeit).

Zur vergleichenden Bewertung der Optionen liefert nach AGO (2009) die Entscheidungstheorie das methodische Rüstzeug. Daraus ließe sich ein auf die vorliegende Aufgabe zugeschnittenes Bewertungsverfahren zusammenstellen, das die grundlegenden Anforderungen an die vergleichende Bewertung erfüllt.

Folgende Anforderungen an die vergleichende Bewertung sind nach AGO (2009) zu beachten, da nur so ein rationaler und nachvollziehbarer Bewertungsprozess möglich ist:

- Verdeutlichen der den Entscheidungsprozess beeinflussenden normativen Elemente (subjektive Bewertungen) und Regelung des Umgangs mit subjektiven Bewertungen/ Entscheidungen.
- Eindeutige Formulierung des Zielsystems (wonach wird bei der Entscheidung gesucht?)
- Festlegung des methodischen Rahmens des Bewertungssystems (z. B. Anwendung formalisierter Methoden)
- Festlegung von Kriterien, ihrer Gewichtung und Aggregation
- Feststellung des Mindest-Informationsbedarfs
- Umgang mit Kenntnislücken und Unsicherheiten, Irrtumsvorbehalt
- Adaption von Bewertungsmaßstab und Bewertungsgröße; Beachtung der jeweiligen Skalentypen
- Begründung der Abwägungsentscheidungen bei der Aggregation der einzelnen Bewertungsergebnisse
- Klare Gliederung des Entscheidungsprozesses (Nachvollziehbarkeit und Transparenz)
- Darstellung von Art und Ausmaß von Unsicherheiten bei der Bewertung

Mit dem vorliegenden Bericht wird auf die von der AGO formulierten Anforderungen eingegangen und es soll ein transparentes, objektives und nachvollziehbares Konzept für einen Bewertungsprozess vorgelegt gestellt werden.

## 2.4 ZIELE DES OPTIONENVERGLEICHS

Die Endlager für radioaktive Abfälle Asse würde nach den heutigen internationalen (IAEA 2006) und nationalen Maßstäben nicht als Endlagerstandort genehmigungsfähig sein. Als ehemaliges Gewinnungsbergwerk mit hohem Durchbauungsgrad und akuter Gefahr von unbeherrschbarer Lösungszutritten aus dem Deckgebirge kann der Standort nicht alle dort gesetzten Standards (z.B. Robustheit des Endlagersystems, Gestaffeltes Barrierensystem) erfüllen. Bei der Ausweisung eines neuen Endlagerstandortes ist vor der ersten Einlagerung ein Stilllegungskonzept mit dem Nachweis der Langzeitsicherheit vorzulegen. Bei der Schachanlage Asse sind die Abfälle eingelagert worden, ohne dass ein entsprechendes Stilllegungskonzept vorhanden und genehmigt worden war. Die gebirgsmechanischen Zustände an der Südflanke der Asse lassen keine Prognose der Lösungszutritte sowie ihrer zeitlichen Entwicklung zu. Daher besteht für das Endlager das nicht quantifizierbare Risiko eines unkontrollierbaren Lösungszutritts mit der Folge des Absaufens. Das Risiko könnte nur durch geomechanisch wirkende Stabilisierungs- bzw. Verfüllmaßnahmen verringert, aber nach derzeitigem Kenntnisstand nicht vollständig ausgeschlossen werden. Mit ersten Stabilisierungsmaßnahmen (Firstspaltverfüllung) soll noch in der 2. Jahreshälfte 2009 begonnen werden.

Das Ziel des Optionenvergleichs kann vor diesem Hintergrund nur die Ermittlung der optimalen Stilllegungsoption für das Endlager Asse sein. Diese optimale Stilllegungsoption müsste unter Berücksichtigung der am Standort gegebenen ungünstigen geologisch-bergbaulichen Umstände technisch umsetzbar sein und durch sie müsste kurz- und langfristig die Freisetzung von radioaktiven und chemotoxischen Stoffen vermieden oder bestmöglich minimiert werden. In die Bewertung muss auch die Frage der Genehmigungsfähigkeit vor dem Hintergrund der zeitlichen Rahmenbedingungen einbezogen werden.

## 3 METHODISCHER ANSATZ

### 3.1 BESONDERE ASPEKTE BEI DER BEWERTUNG DER STILLLEGGUNGSOPTIONEN FÜR DAS ENDLAGER ASSE

Bei der Beurteilung der Stilllegungsoptionen für das Endlager Asse müssen im Vorfeld zwei wesentliche Aspekte betrachtet werden.

- 1) Die für die Beurteilung zur Verfügung stehenden Stilllegungsoptionen können, mit Ausnahme des ehemaligen von HMGU erarbeiteten Stilllegungskonzepts, nur auf der Grundlage von Machbarkeitsstudien oder worst-case Betrachtungen bewertet werden. Umfangreiche Sicherheitsanalysen, in denen neben den möglichen radiologischen Expositionen auch die möglichen chemotoxischen Auswirkungen für die jeweilige Option bewertet werden, liegen nicht vor. Das betrifft in ähnlicher Weise auch die Fragen hinsichtlich möglicher Störfälle während des Stilllegungs- oder Rückholungsbetriebs.

D. h., dass der Optionenvergleich im Wesentlichen nur verbal-argumentativ geführt wird und die Gefahr besteht, dass unterschiedliche Betrachter möglicherweise unterschiedliche Bewertungen vornehmen werden. Dies widerspricht im Grundsatz dem eigentlichen Ziel des Optionenvergleichs, nämlich eine objektive und demzufolge mit hoher Akzeptanz versehene Entscheidungsgrundlage für ein Stilllegungskonzept zu schaffen. D. h., unabhängig von der jeweilig getroffenen Entscheidung kann oder wird die verbal-argumentative Bewertung bei anderen Betrachtern zu Diskussionen führen.

In letzter Konsequenz muss aber die Entscheidungshoheit bei dem verantwortlichen Betreiber des Endlagers liegen, da er für den sicheren Betrieb und der sicheren Durchführung der Stilllegungs- oder Rückholungsmaßnahmen gesetzlich verpflichtet und verantwortlich ist. Dieser

vom Gesetzgeber übertragenen Verantwortung kann sich der Betreiber nicht entledigen, auch nicht durch einen Optionenvergleich.

- 2) Der zweite Aspekt, der insbesondere die radiologischen Auswirkungen betrifft, ist die Frage, wie potenzielle oder reale Strahlenexpositionen miteinander verglichen und bewertet werden können. Bei den Sicherheitsanalysen werden in der Regel potenzielle Strahlenexpositionen auf Grundlage von konservativen Annahmen und möglichen zukünftigen Entwicklungen des Endlagers (Szenarien- und Konsequenzenanalyse) berechnet. Im Ergebnis erhält man eine Dosisrate (mSv/a), die eine der Fallbetrachtung zugrunde gelegte Person aufnehmen könnte (die berechnete Dosis umfasst die in der StrlSchV zugrunde gelegten Lebensgewohnheiten). Eine objektive Bewertung der radiologischen Konsequenzen für die jeweilige Stilllegungsoption kann dabei durch den Vergleich der jeweiligen für die Nachbetriebsphase berechneten Dosisrate erfolgen.

Bei der Rückholung von Teilen oder den gesamten radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse wird das Nuklid- als auch das chemotoxische Inventar geringer bzw. vollständig aus dem Endlager entfernt. Es ist aber zu bedenken, dass auch die rückgeholt Abfälle endgelagert werden müssen (z. B. im Endlager Konrad) und dass natürlich auch für den neuen Endlagerstandort im Rahmen eines Sicherheitsnachweises potenzielle Strahlenexpositionen berechnet werden. Diese müssen, um einen objektiven Vergleich zu gewährleisten, auch bei der Stilllegungsoption der Rückholung mit einbezogen werden, auch wenn diese potenzielle Strahlenexpositionen nicht mehr am Standort des Endlagers Asse auftreten werden.

Im Weiteren muss auch die Frage beantwortet werden, wie eine potenzielle Strahlenexposition in der Nachbetriebsphase gegenüber einer realen Strahlenexposition, wie sie sich bei der Rückholung, Verpackung, Zwischenlagerung und Transport der radioaktiven Abfälle ergeben wird, verglichen werden kann oder gegeneinander abzuwägen ist.

Bei der Bewertung von Störfällen kann z. B. der Störfallplanungswert zugrunde gelegt werden, der aber von einem einmaligen Ereignis ausgeht und dass danach die Störfallursache beseitigt ist. Demzufolge sieht die StrlSchV als Störfallplanungswert eine „Lebenszeitdosis“ vor, die eine Person infolge des (einmaligen) Ereignisses aufnehmen darf. Dieser effektiven Dosis einer Referenzperson liegt ein durchschnittliches Lebensalter der Person von 70 Jahren zugrunde.

Der aber im Hinblick auf das Endlager Asse realistische Störfall „des unkontrollierbaren Lösungszutritts - Absaufen des Endlagers“ stellt sich in seinen Auswirkungen aber wesentlich anders dar. Ein solcher Störfall wird unmittelbar nach dem Ereignis keine Auswirkungen auf die Biosphäre bzw. Bevölkerung haben, denn hierzu bedarf es zunächst einmal der Mobilisierung der Radionuklide und der chemotoxischen Stoffe sowie deren Transport in die Biosphäre. Dies sind Prozesse, die einer gewissen Zeitdauer unterliegen und erste Auswirkungen des Störfalls „Absaufen des Endlagers Asse“ nach einigen Jahrzehnten bis vermutlich mehr als 100 Jahren erwarten lassen. Des Weiteren zeigen erste worst-case Abschätzungen für den Trinkwasserpfad, dass durch einen solchen Störfall Dosisraten zwischen etwa 5 und 15 mSv/a zu erwarten sind. Würde man diese Expositionen auf ein Lebensalter von 70 Jahren hochrechnen, wird der Störfallplanungswert bereits durch den Trinkwasserpfad deutlich überschritten. Andererseits werden mit Sicherheit nach einem solchen Störfall Vorsorgemaßnahmen (z. B. Umgebungsüberwachung und Überwachung des Trinkwassers) ergriffen, die gerade mögliche Auswirkungen frühzeitig erkennen lassen und betroffenen Anwohner vor unzulässigen Expositionen schützen sollen. Problematisch wäre nur der Fall, dass ein solcher Störfall unbemerkt geschieht und demzufolge keine Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden können. Dies ist aber für das Endlager Asse ausgeschlossen.

D. h. bevor der Optionenvergleich durchgeführt werden kann, muss bei einigen Bewertungskriterien noch eine wissenschaftliche Bewertung hinsichtlich der Wichtung erlangt werden. Dies betrifft insbesondere die radiologischen Auswirkungen verschiedener Störfälle,

z. B. bei der Rückholung oder beim Absaufen des Endlagers oder die Frage nach einem Bewertungsmaßstab für reale oder potenzielle Strahlenexpositionen.

## 3.2 GRUNDLAGEN

Nach AGO (2009) liefert die Entscheidungstheorie das theoretische Rüstzeug für die Auswahl einer optimalen Stilllegungsoption. Die Entscheidungstheorie (Laux 2005) ist ein Zweig der angewandten Wahrscheinlichkeitstheorie, der Konsequenzen von Entscheidungen evaluiert. Sie wird vielfach als betriebswirtschaftliches Instrument benutzt. Hierbei wird unterschieden zwischen normativen Entscheidungstheorien, in denen Entscheidungsprobleme strukturiert und in einem formalen Entscheidungsmodell abgebildet werden, um nach logischen Kriterien Entscheidungen abzuleiten, und deskriptiven Entscheidungstheorien, die das reale Entscheidungsverhalten von Individuen, Gruppen und Organisationen analysiert.

Bei den normativen Entscheidungstheorien sind einige Methoden hervorzuheben. Die bekannte Nutzwertanalyse (NWA) ist nach Zangemeister (1976) eine Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung der Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen. Eine NWA ist geeignet, wenn „weiche“ – also in Geldwert oder Zahlen nicht darstellbare – Kriterien vorliegen, anhand derer zwischen verschiedenen Alternativen eine Entscheidung gefällt werden muss.

Der von dem Mathematiker Thomas Saaty (Saaty 1980) entwickelte Analytic Hierarchy Process (AHP) ist ein hierarchisches Entscheidungsverfahren, da Kriterien, die zur Lösung eines Problems herangezogen werden, stets in eine hierarchische Struktur gebracht werden. Die Bezeichnungen für diese Kriterien lauten je nach Bedarf Merkmale, Attribute, Alternativen oder ähnlich. Elemente einer Hierarchie können in Gruppen eingeteilt werden, wobei jede Gruppe nur jeweils eine andere („höhere“) Gruppe von Hierarchieelementen beeinflusst und nur von einer anderen („niedrigeren“) beeinflusst wird.

Der AHP ist eine Variante der multikriteriellen Entscheidungstheorien (Strassert 1995), die insbesondere bei Entscheidungen bei Unsicherheit angewandt werden. Eine Ungewissheitssituation ist dadurch gekennzeichnet, dass Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten einzelner relevanter Zustände nicht bekannt sind. Hierzu gibt es eine Vielzahl von mathematischen Rechenmodellen, wie z.B. die Maxmin-, Maximax-, Hurwicz-, Laplace- und Bayes-Regeln.

Gemeinsam ist allen zuvor genannten Methoden der normativen Entscheidungstheorien, dass Kriterien gewichtet und nach mathematischen Regeln einen Entscheidungsvorschlag erarbeiten. Dies setzt voraus, dass die Kriterien gleichgewichtig und unabhängig voneinander sind, und keine Aggregationseffekte auftreten können.

Die in der Betriebswirtschaftslehre entwickelten Methoden der Entscheidungstheorie werden vor diesem Hintergrund zunehmend als ungeeignet für die vergleichende Bewertung von Entsorgungsoptionen angesehen. Ein zentrales Problem einer solchen Bewertung besteht darin, dass verschiedene Sachverhalte, die zumindest teilweise keinen inneren Zusammenhang miteinander aufweisen, vergleichend bewertet werden müssen. Im Falle der Entsorgungsoptionen und hier insbesondere der Stilllegungsoptionen zur Asse II handelt es sich dabei beispielsweise um Langzeitsicherheit, kurzfristige Umweltrisiken, gesellschaftliche bzw. ethische Aspekte, sowie Akzeptanz.

Nach Appel et al. (2001) hat ein Verfahren zur vergleichenden Bewertung von Handlungsoptionen folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Trennung von Sach- und Wertebene

Die zu bewertenden Sachverhalte (Befunde) müssen klar von dem eigentlichen Bewertungsschritt getrennt sein. Eine Vermischung von Sachdarstellung und Bewertung ist nicht zulässig. Im Übrigen müssen alle bewertungsrelevanten Sachverhalte in die Bewertung einfließen.

- Verfahrenstransparenz

Das Verfahren, insbesondere die Bewertung, muss nachvollziehbar sein. Versteckte Wertungen oder nicht erkennbare oder quasi vorausgesetzte Bewertungen (faktisch Vorwegnahme der Bewertung) müssen vermieden werden. Das Verfahren muss in seinen einzelnen Schritten nachvollziehbar sein, und die Bewertungen (und die Bewertungsmaßstäbe) müssen als solche erkennbar sein.

- Keine Quantifizierung nicht quantifizierbarer Sachverhalte

Oftmals liegen über zu bewertende Sachverhalte zu wenige Daten vor, oder sie sind per se nicht quantifizierbar. Darauf muss Rücksicht genommen werden, indem solche Sachverhalte nicht in ein quantitatives „Bewertungskorsett“ eingezwängt werden, sondern rein qualitativ bewertet werden. Eine Quantifizierung dieser Sachverhalte führt zu unsinnigen Bewertungsergebnissen.

- Keine unzulässige Aggregation von Sachverhalten

Inhaltlich in keinem Zusammenhang stehende Sachverhalte sollen nicht in eine integrierende Gesamtbewertung einfließen, weil dadurch erhebliche Informationsverluste entstehen und die Nachvollziehbarkeit der Bewertung leidet. Besser ist es, diese Sachverhalte jeweils getrennt zu bewerten und abschließend eine für Außenstehende Abwägung der Einzelbewertungen zu treffen. Weiterhin ist die Aggregation von Bewertungsgrößen mit verschiedenen Skalentypen unzulässig. Dies gilt insbesondere mit Blick auf mathematische Operationen mit Größen, die verschiedenen Skalentypen angehören. Um trotz Verzicht auf eine weitgehende Aggregation eine zusammenfassende Bewertung geben zu können, werden die der Bewertung zugrunde liegenden Prioritäten vorab deutlich gemacht (s. Kap. 4.2 und 4.4).

Appel et al. (2001) kommen zu dem Ergebnis, dass verbal-argumentative Verfahren für die vergleichende Bewertungen von Entsorgungsoptionen u. ä. am besten geeignet sind, um die o. g. Anforderungen zu erfüllen. Bei den verbal-argumentativen Verfahren wird nicht der Versuch einer Gewichtung von Kriterien gemacht. Vielmehr werden die einzelnen Kriterien zunächst einzeln für die verschiedenen Optionen geprüft und verbal-argumentativ abgewogen. Durch den kriterienbezogenen Vergleich der Optionen wird im Paarvergleich dargelegt, warum Optionen besser, gleich oder schlechter als die Vergleichsoptionen sind. Für Kriterien oder Kriteriengruppe wird eine Rangfolge aufgestellt, die letztlich zu einer Gesamtrangfolge der Optionen führt.

Die verbal-argumentative Methode bietet den Vorteil, dass die Argumentationsketten, die zu einer Wertung führen, nachvollziehbar werden lässt. Mathematische Methoden haben den Nachteil, dass durch Wichtungsfaktoren oder Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen Wertungen einfließen, ohne dass dies nachvollziehbar ist. Auch das Problem der Aggregation von nicht-unabhängigen Kriterien wird bei der verbal-argumentativen Methode vermieden.

Für die vergleichende Bewertung von Stilllegungsoptionen wird vor dem o. a. Hintergrund die Anwendung eines verbal-argumentativen Verfahrens gewählt. Bei der Stilllegung der Schachanlage sind eine Vielzahl von unterschiedlichen Kriterien zu berücksichtigen, die einzeln gegeneinander abgewogen werden müssen. Dabei muss deutlich bleiben, welche Abwägungen

und in welcher Form einfließen. Durch die verbal-argumentative Rangfolgenbildung kann der Bewertungsprozess nachvollzogen werden. Andere Gewichtungen einzelner Kriterien können von Externen im Hinblick auf ihren Einfluss auf das Gesamtergebnis geprüft werden. Sollten sich hieraus andere Ergebnisse aufzeigen, bietet dies die Grundlage einer gesellschaftlichen Diskussion.

Diskussionspapier

## 4 BEURTEILUNGSFELDER UND KRITERIEN

Beurteilungsfeld	Kriterium	Unterkriterium
Sicherheit in der Betriebsphase	Radiologische Auswirkungen des bestimmungsgemäßen Betriebes	Grundwasser / Trinkwasser
	Anfälligkeit bei Störfällen	Anwohner
	Auswirkungen möglicher Eingriffe von außen	Personal
Kurzfristige Umweltauswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt	Radiologische Auswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt	Grundwasser / Trinkwasser
	Chemotoxische Auswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt	Mensch
	Einhaltung bergbaulicher Schutzziele	Boden Senkung Tagesbruch
Langzeitsicherheit	Radiologische Konsequenzen	Grundwasser / Trinkwasser
	Chemotoxische Konsequenzen	Mensch
	Konsequenzen menschlichen Eindringens in das Endlager	Boden
	Passives oder aktives Sicherheitssystem	
	Sicherheitsreserven bei unvorhergesehenem Systemverhalten	
	Robustheit des Sicherheitssystems	
	Nachweis der Langzeitsicherheit	Prognostizierbarkeit der sicherheitstragenden Systeme Prognoseverfahren und Informationsbedarf
Machbarkeit	Technische Umsetzbarkeit	
	Genehmigungsfähigkeit	
	Umweltverträglichkeit	
	Akzeptanz	
Zeitbedarf	im Rahmen einer Gefahrenabwehrmaßnahme	
	bei vorausgehendem Planfeststellungsverfahren	

**Tab. 2:** Beurteilungsfelder und Bewertungskriterien

## 4.1 BEURTEILUNGSFELD - SICHERHEIT IN DER BETRIEBSPHASE<sup>2</sup>

Im Beurteilungsfeld „Sicherheit in der Betriebsphase“ werden mögliche Auswirkungen der Stilllegungsoptionen auf Mensch und Umwelt beim Offenhaltungs- und Stilllegungsbetrieb sowie bei Störfällen betrachtet und bewertet.

### **Kriterium: Radiologische Auswirkungen des bestimmungsgemäßen Betriebes**

Beim bestimmungsgemäßen Betrieb ist auch bei der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen eine Strahlenexposition von Personal und Umgebung nicht auszuschließen. Das Ausmaß der Exposition hängt dabei von der Freisetzung, vom Pfad und von der Zeitdauer ab. Hierbei ist die Minimierung der Strahlenexposition das primäre Ziel (Minimierungsgebot nach §6 Abs. 2 StrlSchV).

Die Strahlenexposition des Betriebspersonals resultiert in der Betriebsphase aus der äußeren und inneren Einwirkung ionisierender Strahlen bei der Durchführung von Maßnahmen.

Bei der Freisetzung von Radionukliden über die Grubenwetter in die Atmosphäre kann es zur Strahlenexposition bei der Bevölkerung kommen. Ein Eintrag von Radionukliden ins Grundwasser ist ggf. im Einzelfall bei einer geplanten Maßnahme zu betrachten.

### **Kriterium: Auswirkungen bei Störfällen**

Eine vergleichende Bewertung von Stilllegungsoptionen hinsichtlich möglicher Auswirkungen von betrieblichen Störfällen ist dabei nur qualitativ möglich, da die Störfälle einen optionspezifischen Charakter tragen. Als ein Bewertungskriterium wird hierbei die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Störfällen und des möglichen Ausmaßes von Schäden betrachtet (Risiko). Man geht dabei davon aus, dass mit zunehmender Komplexität der geplanten Maßnahmen (Anzahl der Arbeitsschritte) und der Dauer der Betriebsphase auch die Wahrscheinlichkeit von Störfällen zunimmt.

### **Kriterium: Auswirkungen möglicher Eingriffe von außen**

Ein beabsichtigter (gezielter) oder unbeabsichtigter (Unfall) Eingriff in das Endlager in der Betriebsphase, so z. B. ein Terroranschlag oder Flugzeugabsturz, hätte möglicherweise eine Freisetzung von Radionukliden und anderen Schadstoffen auf dem Luft- und Wasserpfad und somit eine Exposition von Mensch und Umwelt zur Folge.

Die Auswirkungen eines solchen Ereignisses sind vom Ort und von der Stärke des Eingriffs in das natürlichen oder technischen Barrierensystem abhängig.

## 4.2 BEURTEILUNGSFELD - KURZFRISTIGE UMWELTAUSWIRKUNGEN BEI UNKONTROLLIERBAREM LÖSUNGZUTRITT

Im Beurteilungsfeld „Kurzfristige Umweltauswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt“ werden die Stilllegungsoptionen hinsichtlich deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt im Falle eines unkontrollierbaren Volllaufens des Grubengebäudes bzw. der Einlagerungsbereiche bewertet. Die Folgen eines unkontrollierbaren Lösungszutritts wären dabei in relativ kurzer Zeit zu erwarten.

---

<sup>2</sup> Als Betriebsphase wird nachfolgend die Offenhaltung und Stilllegung bezeichnet.

### **Kriterium: Radiologische Auswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt**

Bei einem Lösungszutritt, der durch technische Maßnahmen nicht mehr beherrschbar bleibt, besteht die Gefahr des Kontakts von zutretenden Lösungen mit den eingelagerten radioaktiven Abfällen. Bei unzureichendem Einschluss der Abfälle und/oder unzureichender Abdichtung der Einlagerungsbereiche hätte dies eine Mobilisierung von Radionukliden sowie eine anschließende Ausbreitung von radioaktiven Substanzen mit steigendem Lösungspegel im gesamten Grubengebäude zur Folge. Beim Vorliegen von hydraulischen Wegsamkeiten zwischen dem Grubengebäude und dem Deckgebirge ist von einem Radionuklidtransport ins Deckgebirge/Nebengestein sowie in die Biosphäre auszugehen. Sollten die Tagesschächte zum Zeitpunkt des Vollaufens des Grubengebäudes nicht ausreichend verschlossen werden können, kann ein direkter Transport von kontaminierter Lösung entlang der Schächte an die Oberfläche nicht ausgeschlossen werden. In Abhängigkeit des betrachteten Szenarios wird das Ausmaß der ermittelten Strahlenexposition herangezogen.

### **Kriterium: Chemotoxische Auswirkungen bei unkontrollierbarem Lösungszutritt**

Das eingelagerte Abfallinventar enthält neben den radioaktiven Substanzen auch eine Vielzahl von organischen und anorganischen Schadstoffen. Sie sind Bestandteile des Abfallbehälters, des Fixierungsmittels und des radioaktiven Abfalls selbst und liegen in unterschiedlichster Zusammensetzung vor.

Bei einem unkontrollierbaren Lösungszutritt und einer ungenügenden Abdichtung der Einlagerungsbereiche ist von einem Kontakt der zutretenden Lösungen mit den Abfallstoffen auszugehen. Die anschließenden Prozesse der Schadstoffmobilisierung würden die Ausbreitung von Schadstoffen im Grubengebäude bewirken sowie deren Weitertransport ins Deckgebirge bzw. in die Biosphäre zur Folge haben.

Eine Bewertung dieser Einträge hinsichtlich ihrer Schädlichkeit (chemotoxischer Auswirkungen) wird üblicherweise an Hand der im oberflächennahen Aquifer eingetragenen Schadstoffkonzentrationen im Vergleich zu den wasserrechtlicher Bestimmungen (z. B. Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung, Geringfügigkeitsschwellen etc.) vorgenommen.

### **Kriterium: Einhaltung bergbaulicher Schutzziele**

Bei unkontrollierbarem Lösungszutritt werden im Grubengebäude Auf- und Umlösungsprozesse einsetzen, da die zutretende NaCl-gesättigte oder sogar untersättigte Deckgebirgslösung mit den im Grubengebäude aufgeschlossenem Steinsalz oder Carnallit nicht im chemischen Lösungsgleichgewicht stehen wird. Als Folge der Auf- und Umlösung werden neue Wegsamkeiten und Hohlräume entstehen. Dies wird die Tragfähigkeit des Grubengebäudes negativ beeinflussen und kann letztendlich zu einer Senkung der Tagesoberfläche oder gar zu einem Tagesbruch führen.

Als Bewertungskriterium wären die Senkungen an der Tagesoberfläche sowie die Gefahr eines Tagesbruchs heranzuziehen.

## **4.3 BEURTEILUNGSFELD - LANGZEITSICHERHEIT**

Im Beurteilungsfeld „Langzeitsicherheit“ werden die Stilllegungsoptionen hinsichtlich deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt in der Nachbetriebsphase, d. h. nach dem die Stilllegung durchgeführt worden ist, bewertet.

### **Kriterium: Radiologische Konsequenzen**

In der Langzeitsicherheit werden die radiologischen Konsequenzen üblicherweise durch Modellrechnungen ermittelt, bei denen das System "Endlager - Geosphäre - Hydrosphäre -

Biosphäre" über einen zugrunde gelegten Nachweiszeitraum abgebildet wird. Im Vorfeld wird hierzu eine Szenarien- und Konsequenzenanalyse durchgeführt, bei denen alle möglichen Ausbreitungs- bzw. Kontaminationspfade identifiziert werden. Im Ergebnis der deterministischen Sicherheitsanalyse wird die Strahlenexposition (Dosis) ermittelt, die ein Individuum durch Inhalation und Ingestion möglicherweise jährlich aufnehmen kann. Ein Vergleich verschiedener Stilllegungskonzepte bzw. der sich aus dem jeweiligen Konzept ergebenden radiologischen Konsequenzen ist anhand der jeweils quantitativ bestimmten Dosisraten möglich. Dies setzt aber voraus, dass für jede Stilllegungsoption eine Abschätzung vorhanden ist, die sich für einen Vergleich bzw. eine Bewertung eignet.

### **Kriterium: Chemotoxische Konsequenzen**

Sowohl bei der Konditionierung und Verpackung der radioaktiven Abfälle als auch durch die abfalltypischen Verunreinigungen selbst, werden Schadstoffe in unterschiedlichen Gehalten in das Endlager eingebracht. Infolge möglicher Mobilisierungen werden diese Schadstoffe über den Wasser- oder Gaspfad in die Biosphäre transportiert und können so in den oberflächennahen Aquifer gelangen. Eine Bewertung dieser Einträge hinsichtlich ihrer Schadhaftigkeit (chemotoxischer Konsequenzen) wird üblicherweise an Hand der im oberflächennahen Aquifer eingetragenen Schadstoffkonzentrationen im Vergleich zu den wasserrechtlicher Bestimmungen (z. B. Wasserhaushaltsgesetz, Trinkwasserverordnung, Geringfügigkeitsschwellen etc.) vorgenommen.

### **Kriterium: Konsequenzen menschlichen Eindringens in das Endlager**

Grundsätzlich wird bei den Sicherheitsanalysen auch das „unbeabsichtigte menschliche Eindringen - human intrusion“ in das Endlager unterstellt. Dies könne z. B. dann der Fall sein, wenn das Wissen über das stillgelegte Endlager Asse über mehrere Generationen verloren gegangen ist und der Salzstock bei zukünftigen nicht auszuschließenden Explorations- oder Erkundungsarbeiten angebohrt wird. Hierbei können in ungünstigen Fällen sogar die Abfallgebände getroffen und Radionuklide freigesetzt werden. Als Maßstab zur Bewertung möglicher Folgen durch das unbeabsichtigte menschliche Eindringen wäre z. B. die sich bei einem solchen Eingriff berechnete potenzielle Strahlenexposition heranzuziehen. Des Weiteren kann auch die räumliche Ausdehnung der Einlagerungsbereiche bzw. Anzahl der mit Abfallgebänden bestückten Einlagerungskammern herangezogen werden.

### **Kriterium: Passives oder aktives Sicherheitssystem**

Im Gegensatz zu aktiven Sicherheitssystemen erfüllen passive Systeme ihre Funktion meist ohne die Hilfe von beweglichen Teilen, Mess- und Regeleinrichtungen und immer ohne Fremdenergieversorgung. Sie nutzen vom Prinzip her einfache physikalische Gesetzmäßigkeiten wie hydrostatischer Druck in Folge der Schwerkraft oder die Barrierewirkung in Folge einer begrenzten hydraulischen Leitfähigkeit. D. h., ein solches System ist demzufolge auch nachsorgefrei. Die Funktionsfähigkeit von aktiven Sicherheitssystemen ist dagegen immer abhängig von der Funktion weiterer Komponenten.

Im Hinblick auf die vorgesehene "nachsorgefreie" Stilllegung von kerntechnischen Anlagen sind daher Stilllegungskonzepte, die im Wesentlichen über passive Sicherheitssysteme verfügen, als günstiger zu beurteilen.

### **Kriterium: Sicherheitsreserven bei unvorhergesehenem Systemverhalten**

Hinter diesem Kriterium verbirgt sich im Wesentlichen die Frage, wie reagiert mein Stilllegungskonzept auf deutlich andere Randbedingungen (z. B. Konvergenzrate außerhalb der zu erwartenden Bandbreite) und welche Auswirkungen hat dies auf mein Gesamtsystem und insbesondere auf die potenziellen radiologischen und chemotoxischen Gefährdungen. Stilllegungskonzepte, die z. B. die zugrunde gelegten Schutzziele mit großer Sicherheit einhalten

(geringer Ausnutungsgrad), verfügen daher auch über hohe Sicherheitsreserven gegenüber unvorhergesehenen Systemänderungen.

### **Kriterium: Robustheit des Sicherheitssystems**

Robust ist ein System, wenn keine oder nur wenige Szenarien denkbar sind, durch die es langfristig zu einer Funktionsbeeinträchtigung kommen kann. Grundsätzlich ist festzuhalten, je einfacher ein System ist, desto robuster erscheint es. Natürliche Systeme sind prinzipiell robuster als technische Systeme.

Dies bedeutet z. B., dass ein Stilllegungskonzept, das „zum Funktionieren“ eine Vielzahl von technischen Komponenten benötigt, als weniger robust zu bewerten ist. Allerdings darf hierbei nicht der Fehler gemacht werden, dass z. B. ein Verschlussbauwerk, welches die Konstruktionsprinzipien der Redundanz und Diversität beinhaltet, als weniger robust bewertet wird. Dies wäre in einem solchen Fall genau entgegengesetzt.

### **Kriterium: Nachweis der Langzeitsicherheit**

Hinsichtlich der Bewertung des Nachweises der Langzeitsicherheit gibt es grundsätzlich nur die Bewertungsalternativen - ja, Nachweis ist geführt - und - nein, Nachweis ist nicht geführt. Um diese Antworten geben zu können, müsste daher für jede Stilllegungsoption ein entsprechender Langzeitsicherheitsnachweis durchgeführt worden sein bzw. vorliegen. Dies wird aus den schon mehrfach genannten Gründen für die Bewertung der Stilllegungsoptionen für das Endlager Asse nicht gegeben sein. Daher muss dieses Kriterium weiter gefasst werden und hinsichtlich der Fragestellung erweitert werden, ob es berechnete Hinweise / Annahmen gibt (z. B. durch worst-case Abschätzungen der radiologischen Konsequenzen), dass der Nachweis der Langzeitsicherheit mit hoher Wahrscheinlichkeit geführt werden kann.

## **4.4 BEURTEILUNGSFELD - MACHBARKEIT**

Im Beurteilungsfeld Machbarkeit werden die zu vergleichenden Stilllegungsoptionen sowohl im Hinblick auf ihre technische und rechtliche Umsetzbarkeit, ihre Umweltverträglichkeit als auch hinsichtlich gesellschaftlicher Akzeptanz und Kosten betrachtet und vergleichend bewertet.

### **Kriterium: Technische Umsetzbarkeit**

Das Kriterium technische Umsetzbarkeit umfasst die Bewertung der generellen technischen Realisierbarkeit der Stilllegungsoptionen nach Stand von Wissenschaft und Technik. Als Grundlage der Bewertung sind die bei der jeweiligen Stilllegungsoption konkret durchzuführenden Maßnahmen heranzuziehen. Maßnahmen, die einen hohen technischen Aufwand benötigen, die zum Erreichen der Wirksamkeit von weiteren Maßnahmen abhängen oder die bei keiner Baumaßnahme bisher erprobt worden sind, sind in der Regel weniger geeignet. Allerdings darf hier nicht der Fehler gemacht werden, dass Maßnahmen, die an sich einfach realisierbar sind und infolge einer redundanten Auslegung eher kompliziert wirken, als schlecht zu bewerten. Solche Systeme gewährleisten ein wesentlich höheres Sicherheitsniveau und sind gegenüber nicht redundant ausgelegten und daher robuster wirkenden Systemen zu bevorzugen.

Bei der Bewertung der technischen Umsetzbarkeit sind allerdings auch die für das Endlager Asse geltenden spezifischen geologischen und hydrogeologischen Standortbedingungen zu berücksichtigen und die Stilllegungstechniken bzw. -verfahren hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit und der technologischen Risiken diesen gegenüber zu stellen.

### **Kriterium: Genehmigungsfähigkeit**

Die Stilllegung der Schachanlage Asse setzt gemäß § 9b AtG ein Planfeststellungsverfahren voraus. Insofern ist im Hinblick auf die rechtliche Umsetzbarkeit zu bewerten, ob und in welchem

Ausmaß die zu betrachtende Stilllegungsoption den gesetzlichen Genehmigungsvoraussetzungen genügen wird bzw. gibt es berechtigte Zweifel an deren Genehmigungsfähigkeit.

### **Kriterium: Umweltverträglichkeit**

Im Rahmen der Bewertung der Umweltverträglichkeit erfolgt eine Gegenüberstellung der mittelbar und unmittelbar durch die Stilllegungsmaßnahmen entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt bzw. die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft, Klima, Mensch, Tier und Pflanzen sowie Landschaftsbild und Kulturgüter.

Bewertet wird die Umweltrelevanz der Vorhaben insbesondere im Hinblick auf die zu erwartenden Immissionen, den Emissionen (z. B Strahlenexposition, Staub, Lärm, Verkehr, Erschütterungen etc.) sowie hinsichtlich Flächeninanspruchnahme bzw. -versiegelung.

### **Kriterium: Akzeptanz**

Bei der Bewertung der Stilllegungsoptionen muss die gesellschaftliche Akzeptanz als Kriterium berücksichtigt werden. Dies bedingt, dass die Öffentlichkeit von Beginn an in die Entscheidungsfindung einbezogen wird.

Beeinflusst wird die gesellschaftliche Akzeptanz von individuellen oder gruppenbezogenen Werthaltungen, der Art und dem erwarteten Ausmaß der Betroffenheit sowie dem Ergebnis individueller Vorteil-/Nachteil-Betrachtungen.

## **4.5 BEURTEILUNGSFELD - ZEITBEDARF**

Im Hinblick auf die besonderen Randbedingungen des Endlagers Asse, insbesondere der gebirgsmechanischen Situation an der Südflanke und der sich aufgrund der hohen Verformungsraten latenten Gefahr eines unkontrollierbaren Lösungszutritts, sind Maßnahmen, die bei deren Genehmigung sowie deren Ausführung einen geringen Zeitbedarf besitzen, grundsätzlich positiver zu bewerten.

### **Kriterium: Gefahrenabwehrmaßnahme**

Bei akutem Handlungsgebot kann die Aufsichtsbehörde gemäß AtG § 19 Abs. 3 Maßnahmen anordnen, wenn sich insbesondere durch die Wirkung ionisierender Strahlung Gefahr für Leben, Gesundheit oder Sachgüter ergeben können (Gefahrenabwehrmaßnahme). Die angeordneten Maßnahmen müssen unverzüglich d. h. sofort ausgeführt oder umgesetzt werden. Hierdurch entfällt der sonst für die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens notwendige Zeitraum.

Eine Öffentlichkeitsbeteiligung bei einer Gefahrenabwehrmaßnahme ist nicht vorgesehen bzw. nicht möglich, da gerade die Anordnung der Gefahrenabwehrmaßnahme dem Zweck dient, Gefahr für Leben, Gesundheit oder Sachgüter abzuwehren und damit insbesondere die Belange / Interessen der Öffentlichkeit vertritt.

Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass nach einer durchgeführten Gefahrenabwehrmaßnahme, d. h. nach dem die Maßnahme bereits ausgeführt und abgeschlossen ist, eine „Verrechtlichung“ der durchgeführten Gefahrenabwehrmaßnahme in einem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren notwendig ist. Hierbei wird wie in jedem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren die Öffentlichkeit beteiligt.

### **Kriterium: Planfeststellungsverfahren**

Sämtliche Maßnahmen, die außerhalb einer Gefahrenabwehrmaßnahme in einem Endlager aus- bzw. durchgeführt werden, bedürfen einer Genehmigung. Insbesondere schreibt der § 9b AtG bei wesentlichen Veränderungen der Anlagen oder ihres Betriebs einen Planfeststellungsbeschluss

vor, bei dem die Öffentlichkeit zu beteiligen ist. Bei einem solchen Verfahren ist das BfS, das auch Betreiber des Endlagers Asse ist, Antragsteller und hat die für die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens notwendigen Verfahrensunterlagen (Planungen, Nachweise, UVP / UVS, Plan etc.) der Genehmigungsbehörde vorzulegen. Die Durchführung eines solchen Verfahrens beansprucht daher einen längeren Zeitraum. Die Länge hängt im Wesentlichen von der Komplexität der beantragten Maßnahme und der nach Stand von Wissenschaft und Technik vorzulegenden Planungen und Nachweise ab (z. B. dauerte das Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad mehr als 20 Jahre).

Diskussionspapier

## 5 VORGEHENSWEISE ZUR AUSWAHL EINES STILLLEGUNGSKONZEPTE

### 5.1 SCHRITT 1: CHARAKTERISIERUNG DER VARIANTEN AN HAND DER BEURTEILUNGSFELDER UND KRITERIEN

Die Varianten des Optionenvergleichs werden zunächst einzeln auf die Erfüllung der Kriterien geprüft. Dabei ist darzulegen, welche Unsicherheiten bei der Festlegung des Erfüllungsgrades jedes einzelnen Kriteriums bestehen und welche Auswirkungen diese haben. Die Ergebnisse werden in Tabellenform dargestellt, die einen späteren Vergleich erleichtert.

### 5.2 SCHRITT 2: PAARVERGLEICH DER VARIANTEN

Auf Basis der Einzelprüfungen werden jeweils zwei Varianten miteinander verglichen. Verbalargumentativ wird dargelegt, welche Variante besser bewertet wird oder ob diese gleich zu bewerten sind. Die Begründungen für die Bewertung sind plausibel und nachvollziehbar vorzunehmen. Das Maß der Unsicherheit der Bewertung ist darzulegen.

	Variante A	Variante B
Kriterium 1	Besser	Schlechter
Kriterium 2	Gleich	Gleich
Kriterium 3	Besser	Schlechter
Kriterium 4	Schlechter	Besser
Kriterium 5	Gleich	Gleich

### 5.3 SCHRITT 3: RANGFOLGEN FÜR BEURTEILUNGSFELDER

Für die jeweiligen Beurteilungsfelder werden auf den Ergebnissen des Paarvergleichs jeweils Rangfolgen erstellt, in dem die Summe der besseren Bewertungen gebildet wird. Jede bessere Bewertung wird mit +1 gezählt, jede schlechtere mit -1 bewertet. Gleiche Bewertung gehen neutral in die Rangfolge ein.

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Feld 1	+2	-2	0	0
Feld 2	+1	-1	+2	-2
Feld 3	-1	+3	-1	-3
Feld 4	+2	+1	-2	-1

## 5.4 SCHRITT 4: BILDUNG EINER GESAMTRANGFOLGE

Im letzten Bewertungsschritt werden die jeweiligen Beurteilungsfelder verbal-argumentativ gewichtet. Es ist nicht zu erwarten, dass sich eine Stilllegungsoption in allen Beurteilungsfeldern als eindeutig optimale Lösung herausstellen wird. Vielmehr ist darzulegen, welches Beurteilungsfeld im Rahmen der Abwägung gegenüber den anderen als gewichtiger bewertet wird. Hier kann z.B. eine Prioritätensetzung zwischen kurzfristigen Umweltauswirkungen und Aspekten der Langzeitsicherheit vorgenommen werden.

Wie stark die Gewichtung einzelner Beurteilungsfelder in das Gesamtergebnis eingreifen kann, verdeutlicht das folgende Beispiel:

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Feld 1	+2	-2	0	0
Feld 2	+1	-1	+2	-2
<b>Feld 3</b>	<b>-1</b>	<b>+3</b>	<b>-1</b>	<b>-3</b>
<b>Feld 4</b>	<b>+2</b>	<b>+1</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>
<b>Rangfolge</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Bei einer höheren Gewichtung der Beurteilungsfelder 3 und 4 schneidet die Variante B als beste Variante ab, gefolgt von den Varianten A, C und D. Werden die Felder 1 und 2 höher gewichtet, ergibt sich ein völlig anderes Ergebnis:

	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
<b>Feld 1</b>	<b>+2</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Feld 2</b>	<b>+1</b>	<b>-1</b>	<b>+2</b>	<b>-2</b>
Feld 3	-1	+3	-1	-3
Feld 4	+2	+1	-2	-1
<b>Rangfolge</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Nunmehr ist Variante A die beste Lösung, gefolgt von den Varianten C, D und erst am Ende B. An diesem Beispiel wird deutlich, warum mathematische Berechnungsmodelle mit numerischen Wichtungsfaktoren die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsfindung unmöglich machen. Nur durch die verbale Darlegung und Begründung der vorgenommenen Wichtungen wird eine Entscheidungsfindung nachvollziehbar und überprüfbar. Die Wichtungen der einzelnen Beurteilungsfelder werden sicher Gegenstand der Diskussionen werden, die dann aber sachgerecht, objektiv und transparent geführt werden müssen.

## 5.5 SCHRITT 5: SENSITIVITÄTSANALYSE

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wird überprüft, welchen Einfluss einzelne abweichende Bewertungen von Kriterien auf das Gesamtergebnis haben können. Dabei kommt zur Geltung, wie robust das Bewertungssystem ist und welche Auswirkungen sich durch „Ungenauigkeiten bei der Bewertung“ auf die Rangfolge ergeben können. Dies kann zur Folge haben, dass möglicherweise Varianten nur deshalb schlechter abschneiden, weil weniger Kenntnisse vorhanden sind oder Ungenauigkeiten unterstellt werden, die bei einer näheren Betrachtung deutlich kleiner ausgefallen wären. Die Sensitivitätsanalyse muss aufzeigen, ob sich hieraus eine Relevanz für das Gesamtergebnis ergibt. Wäre dies der Fall, müsste sichergestellt sein, dass insbesondere für solche „sensiblen Kriterien“ die Wichtung ausführlich und nachvollziehbar begründet ist.

Wird im Rahmen der Sensitivitätsanalyse festgestellt, dass die Entscheidungsgrundlagen für eine Stilllegungsoption im Wesentlichen durch die Ungenauigkeiten bei der Bewertung bestimmt werden, so wäre der Entscheidungsprozess nicht plausibel belegbar. D. h., in solchen Fällen müssten weitere bzw. vertiefende Betrachtungen (z. B. Nachweise, Störfallanalysen etc.) erfolgen und die Datenbasis erweitert werden, die die Ungenauigkeiten bei der Beurteilung deutlich einschränken und eine objektive, sachgerechte und transparente Entscheidung ermöglichen.

Diskussionspapier

## 6 ZUSAMMENFASSUNG

(Erfolgt nach Abschluss des Diskussionsprozesses)

Diskussionspapier

# LITERATUR

- AKEND (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte - Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. – Abschlussbericht, Langfassung, Dezember 2002, 260 S.
- Appel, D., Kreusch, J. & Neumann, W. (2001): Vergleichende Bewertung von Endlageroptionen für radioaktive Abfälle.- Forschungsvorhaben im Auftrag des Forschungszentrums Karlsruhe, Projektträger des BMBF und BMWi für Wassertechnologie und Entsorgung. Förderkennzeichen 02 E9350.
- ARBEITSGRUPPE OPTIONENVERGLEICH (2009): BEWERTUNG VON OPTIONEN ZUR VERBESSERUNG DER SICHERHEITSSITUATION IM RAHMEN DER STILLLEGUNG DER SCHACHTANLAGE ASSE II.- ABSCHLUßBERICHT DER AGO-PHASE I (2008).- 12.02.2009.- 38 S., 2 ANL.
- BERTRAM, R. & KRUPP, R. (2009): Konzeptskizze für einen tiefen Endlagerbereich in der Schachanlage Asse II - Stand 09.01.2009 mit red. Überarbeitung vom 07.02.2009, Burgdorf, in AGO (2009) als Anlage 2.
- BFS (2005): Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle - Wirtsgesteine im Vergleich. – Synthesebericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, BfS-17/05, Wirtschaftsverlag NW; Salzgitter, November 2005.
- BFS (2007a): Prüfung von Unterlagen zur Schließung der Schachanlage Asse II im Hinblick auf die Anforderungen eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens. – unveröff. Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, BfS-SE-IB 23/07; Salzgitter, 26. September 2007.
- BFS (2007b): Stilllegung des Forschungsbergwerks Asse - Dokumentation und Ergebnisse des Fachgesprächs am 24. Oktober 2007. – unveröff. Bericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, BfS-SE-IB 24/07; Salzgitter, 29. Oktober 2007.
- BMI (1983a): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk. Bundesanzeiger 35 (1983) Nr. 2 S. 45/46
- BMU (2009): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle.- Entwurf: Revision 1; Stand 18. März 2009.
- BMU, BMBF & NMU (2007): Gemeinsame Pressemitteilung von BMU, BMBF, NMU.- 21.11.2007
- BMU, BMBF & NMU (2008): Minister verständigen sich auf Betreiberwechsel.- Gemeinsame Pressemitteilung von BMU, BMBF, NMU.- 04.09.2008
- IAEA (2006): Geological Disposal of Radioactive Waste – Safety Requirements.- Safety Standard Series No. WS-R-4.- IAEA, Wien 26.7.2006, 49 S..
- IFG (2009): Gebirgsmechanische Zustandsanalyse und Prognose auf Basis von Standortdaten und 3D-Modellrechnungen.- Untersuchung im Auftrag des BfS; 11.3.2009; 41 S., 56 Anl.
- Laux, Helmut (2005): Entscheidungstheorie. 7. Aufl. Springer-Verlag, ISBN 3978-3-540-71161-2.
- Saaty, Thomas L. (1990): Multicriteria decision making - the analytic hierarchy process. Planning, priority setting, resource allocation.- 2. Auflage. RWS Publishing, Pittsburgh 1990, ISBN 0-9620317-2-0
- STRASSERT, G. (1995): Das Abwägungsproblem bei multikriteriellen Entscheidungen – Grundlagen und Lösungsansatz unter besonderer Berücksichtigung der Regionalplanung.- Europ. Verlag d. Wissenschaften, Frankfurt/M u.a..
- Zangemeister, Christof (1976): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik – Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. Diss. Techn. Univ. Berlin 1970, 4. Aufl., München: Wittemann, ISBN 3-923264-00-3