



STELLUNGNAHME zum Entwurf des BMU

„Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“

INHALT

1	Anlass der Beratungen/Hintergrund der Stellungnahme.....	2
2	Beratungsauftrag	2
3	Beratungshergang.....	2
4	Bewertungsgrundlagen.....	3
5	Übergeordnete Fragestellungen	3
6	Bewertung der einzelnen Kapitel des BMU-Entwurfs.....	6
6.1	Zielsetzung	7
6.2	Geltungsbereich	7
6.3	Begriffsdefinitionen und -erläuterungen	8
6.4	Zweckbestimmung und allgemeine Schutzziele	9
6.5	Sicherheitsprinzipien.....	10
6.6	Schrittweise Optimierung.....	13
6.7	Schutzkriterien	15
6.8	Sicherheitsnachweise	20
6.9	Endlagerauslegung.....	28
7	Beantwortung der Fragen des BMU	31
8	Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	34

1 Anlass der Beratungen/Hintergrund der Stellungnahme

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) beabsichtigt, Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle festzulegen. Ein Entwurf der Sicherheitsanforderungen (nachfolgend: „BMU-Entwurf“) [1] wurde im BMU erarbeitet und mit Stand vom 29.07.2008 veröffentlicht. Mit diesen Sicherheitsanforderungen sollen für derartige Abfälle die Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk [2], die 1983 vom Bundesministerium des Inneren (BMI) nach Beratung durch die Reaktor-Sicherheitskommission (RSK), die Strahlenschutzkommission (SSK) und den Länderausschuss Atomkernenergie veröffentlicht worden sind, abgelöst werden.

Im Jahre 2002 hatte die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS) einen Vorschlag zur Weiterentwicklung und Harmonisierung der deutschen Sicherheitskriterien vorgelegt, zu dem die RSK und die SSK beraten und im Jahre 2002 eine gemeinsame Stellungnahme [3] verabschiedet haben. Im Januar 2007 hatte die GRS einen weiteren Vorschlag, den GRS-Bericht „Anforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ [4] vorgelegt. Auch hierzu wurde eine gemeinsame Stellungnahme von RSK und SSK [5] erarbeitet.

2 Beratungsauftrag

Mit Schreiben RS III 2 – 17005/0 vom 29.09.2008 [6] hat das BMU die Entsorgungskommission (ESK) bzw. den ESK-Ausschuss ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE beauftragt, eine Stellungnahme zu folgenden Fragestellungen zu erarbeiten:

1. Ist der vom BMU veröffentlichte Entwurf insoweit vollständig, dass bei seiner Zugrundelegung im atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren davon auszugehen ist, dass nach Stand von Wissenschaft und Technik sämtliche für die Sicherheit des Endlagers wesentlichen Anforderungen erfasst werden? Die Empfehlungen der ICRP (ICRP 81 [7] und ICRP 103 [8]) und der IAEO (SF-1 [9], WS-R-4 [10] und DS 334 (Draft) [11]) sind hierbei besonders zu beachten.
2. Sind nach Stand von Wissenschaft und Technik weitergehende oder andere Anforderungen, z. B. an die Eigenschaften von Barrieren oder an die schrittweise Optimierung, zu stellen?
3. Sind, wie vorgesehen, Leitlinien zur Berechnung der effektiven Dosis und von Risikowerten (Punkt 8.3.2) sowie zur Festlegung von Referenzszenarien zum menschlichen Eindringen (Punkt 8.7) ausreichend oder wird eine weitere Detaillierung durch Leitlinien empfohlen?

3 Beratungshergang

Die ESK und der ESK-Ausschuss ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE haben sich im Rahmen

einer zweitägigen Klausurtagung am 06./07.10.2008 eingehend mit dem BMU-Entwurf [1] befasst und erste Kommentare und Änderungsvorschläge zusammengestellt. Auf der Grundlage dieser Beratungen wurde in der 2. und 3. Sitzung des ESK-Ausschusses ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE am 05.11.2008 bzw. am 14.01.2009 ein Stellungnahme-Entwurf erarbeitet. Mitglieder der ESK und des Ausschusses ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE haben außerdem an dem Endlagersymposium 2008 des BMU (30.10.2008 - 01.11.2008 in Berlin) teilgenommen, in dem der Entwurf seitens des BMU der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Die ESK verabschiedete die vorliegende Fassung in ihrer 5. Sitzung am 29.01.2009.

4 Bewertunggrundlagen

Im internationalen Bereich finden seit einigen Jahren Diskussionen über Bewertungsmaßstäbe für Endlager statt. Der Stand dieser Diskussion wurde 2006 in den IAEA Safety Requirements WS-R-4 „Geological Disposal of Radioactive Waste“ [10] niedergelegt. Diese Safety Requirements stellen den Rahmen für den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik dar. Auch eine Reihe von Dokumenten anderer internationaler Organisationen enthält Beiträge zum heutigen Stand von Wissenschaft und Technik, z. B. NEA-3679 „Post-Closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and Purpose“ [12] und ICRP-81: „Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste“ [7].

Diese internationalen Empfehlungen sind allgemeiner gehalten, als es für die nationale Anwendung notwendig ist. Auf nationaler Ebene fehlen derzeit explizite Dokumente, die den Stand von Wissenschaft und Technik für ein Endlager festschreiben. Bei der Bewertung des BMU-Entwurfs [1] hat die ESK daher neben dem internationalen Stand den aktuellen Stand der Fachdiskussion in Deutschland berücksichtigt.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass diese internationalen Empfehlungen zum Teil einen weiteren Themenkreis behandeln (z. B. juristischer Rahmen, Standortsuche, Umgang mit der Öffentlichkeit, Safeguards) als der BMU-Entwurf [1]. Hier ist aus Sicht der ESK zu differenzieren nach Themen, die sinnvollerweise in den geplanten Sicherheitsanforderungen zu behandeln sind und nach Themen, die für die Sicherheitsanforderungen nicht einschlägig sind.

Im folgenden Kapitel 5 „Übergeordnete Fragestellungen“ werden grundlegende Aussagen der ESK zum BMU-Entwurf [1] zusammengefasst und der Bewertung der einzelnen Kapitel des BMU-Entwurfs [1] in Kapitel 6 vorangestellt. In Kapitel 7 wird explizit auf die Fragen des Beratungsauftrags eingegangen.

5 Übergeordnete Fragestellungen

- Die ESK sieht die Notwendigkeit einer Revision der Sicherheitskriterien von 1983 [2] entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik und begrüßt den Entwurf der Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle.

- Die ESK verweist auf den Entwicklungsprozess der Diskussion und insbesondere auf die RSK/SSK-Stellungnahme von 2008 [5], deren Aussagen sie mit trägt. U. a. weist die ESK darauf hin, dass der im BMU-Entwurf vorgesehene Risikogrenzwert bei Anwendung der ICRP-Empfehlungen zu einem Dosisgrenzwert führt, der um einen Faktor 4 unter dem von RSK und SSK empfohlenen Wert von 0,1 mSv im Jahr [5] liegt. Die ESK empfiehlt die Beibehaltung des RSK/SSK-Wertes von 2008.
- Die ESK hält eine Ergänzung des BMU-Entwurfs um wesentliche Elemente für notwendig:
 - Das Sicherheitsmanagement hat eine zentrale Bedeutung für die Einhaltung aller Bedingungen, unter denen die Sicherheit des Endlagers erst hergestellt werden kann. Eine entsprechend breite Behandlung aller Fragen des Sicherheitsmanagements in den Sicherheitsanforderungen ist erforderlich. Deshalb sollte für dieses Thema ein separates Kapitel vorgesehen werden.
 - Das Thema Robustheit wird zwar an mehreren Stellen im BMU-Entwurf gestreift. Es ist für die Sicherheitsaussagen aber von zentraler Bedeutung und sollte deshalb in einem eigenen Abschnitt geschlossen abgehandelt werden. Dabei ist auch darauf zu achten, dass zwischen der Robustheit des Endlagersystems und seiner Komponenten einerseits und der Robustheit der Nachweise andererseits differenziert wird.
 - An verschiedenen Stellen des BMU-Entwurfs [1] werden Einzelaspekte zum Thema menschliches Eindringen behandelt. Das Thema zeichnet sich dadurch aus, dass die Nachweisführung und deren Bewertung anders gehandhabt werden müssen als bei sonstigen Szenarien. Deshalb ist ein getrennter Abschnitt erforderlich, der alle für dieses Thema relevanten Aspekte geschlossen darstellt.
 - Die ESK begrüßt ausdrücklich die Verfolgung des Konzeptes des Einschlusses im einschlusswirksamen Gebirgsbereich in den Sicherheitsanforderungen. Sie empfiehlt jedoch, die Grundanforderung an das Sicherheitskonzept in der Nachbetriebsphase, und damit einhergehend die Rolle des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, klarer in einem eigenen Abschnitt herauszuarbeiten und damit eine Vorgabe hinsichtlich des Funktionierens des Endlagersystems im Sinne dieser Sicherheitsanforderungen herzuleiten. Auf zu detaillierte Vorgaben zu Einzelaspekten kann dabei verzichtet werden, diese sind Gegenstand von Leitlinien. Der Vorschlag für eine Formulierung wäre: „Das Sicherheitskonzept muss grundsätzlich folgende Elemente aufweisen:“ (dann entsprechende Aufzählung).
 - Entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik umfasst ein Langzeitsicherheitsnachweis über die im BMU-Entwurf [1] geforderten Komponenten hinaus weitere Elemente. Der Nachweis gründet sich auf die Zusammenführung der Informationen, Argumente und Analysen zur Sicherheit des Endlagersystems. Die Sicherheitsanforderungen sollten eine integrierte und qualitätsgesicherte Darstellung dieser Informationen, Argumente und Analysen fordern und die hierzu notwendigen Elemente benennen.

- Die ESK begrüßt die Einführung der schrittweisen Optimierung im BMU-Entwurf. Sie empfiehlt eine Darstellung des schrittweisen Vorgehens im Endlager-Entwicklungsprozess in einem eigenen Kapitel.
- Anforderungen bezüglich des Sicherheitskonzepts sowie der Endlagerausführung sollten innerhalb der jeweiligen Kapitel sichtbar getrennt von Anforderungen an die Nachweisführung platziert werden.
- Die Elemente der Anhänge, die Anforderungscharakter tragen, müssen in den Haupttext übernommen werden. Alle anderen Bestandteile der Anhänge sollen in die Erarbeitung von Leitlinien eingehen.
- Einige Abschnitte des BMU-Entwurfs tragen den Charakter und den Detaillierungsgrad von Vorgaben, wie sie sonst im Allgemeinen in Leitlinien erfolgen. Andererseits gilt dies nicht für den gesamten BMU-Entwurf, sondern nur für einzelne Aspekte. Das führt zu einer stark variierenden Tiefe und Detaillierung des BMU-Entwurfs. Die Kommission empfiehlt den Verzicht auf diese detaillierten Vorgaben in den Sicherheitsanforderungen und ihre Berücksichtigung bei der Erstellung umfassender und konsistenter Leitlinien. Die Grundprinzipien müssen aber in den Sicherheitsanforderungen selbst verbleiben.
- Die ESK geht davon aus, dass die kursiv gedruckten Texte als Erläuterungen zu verstehen sind. Es ist aber festzustellen, dass einige dieser Texte den Charakter von Vorgaben tragen und in diesen Fällen auch nicht immer mit den Vorgaben der eigentlichen Sicherheitsanforderungen konsistent sind. Es wird empfohlen, die kursiv gedruckten Teile auf ein unerlässliches Maß an Erläuterungen und Begründungen zu beschränken oder besser ganz entfallen zu lassen. Allerdings müssen bisher im kursiven Text enthaltene wichtige Anforderungen beibehalten werden und deshalb in den normal gedruckten Text verlegt werden (die konkreten Fälle werden unter Kapitel 6 dieser Stellungnahme in der Kommentierung der einzelnen Kapitel des BMU-Entwurfs ausgeführt).
- Die ESK ist der Auffassung, dass ein schrittweises Vorgehen mit definierten Haltepunkten bei der Endlagerentwicklung dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht und für Deutschland anzustreben ist. Ein Urteil darüber, ob und ggf. in welcher Form juristische Aspekte der Umsetzung dieses Vorgehens in Sicherheitsanforderungen fixiert werden können und inwieweit eine solche Fixierung die Änderung geltenden Rechts erfordern würde, liegt außerhalb des Mandats und der Expertise der Kommission. Die Kommission sieht jedoch die Notwendigkeit einer raschen diesbezüglichen Klärung. Das Ergebnis dieser Klärung hat innerhalb der Sicherheitsanforderungen Auswirkungen auf die genauere Ausgestaltung der Sicherheitsanforderungen hinsichtlich des schrittweisen Vorgehens.
- Die ESK ist ebenso wie die RSK und die SSK der Auffassung, dass eine Option zur Rückholung nicht vorgesehen werden sollte [5, Abs. 4.1] und [3]. Die ESK bekräftigt die Position des BMU [1], dass eine generelle Rückholung nicht vorzusehen ist.

Sollte jedoch eine Option zur Rückholung festgelegt werden, so wäre dies nach Meinung der

Kommission eine politische Entscheidung, die dann mit konkreten Vorgaben zum Zeitrahmen der Rückholbarkeit und zu den gewünschten Randbedingungen für die Erhaltung der Rückholbarkeit einhergehen müsste. Diese Aspekte müssten dann auch Gegenstand der Sicherheitsanforderungen sein.

- Die ESK geht entsprechend der Aussagen im Kapitel „Zielsetzung“ davon aus, dass die Sicherheitsanforderungen für ein Endlager an einem vorher festzulegenden Standort gelten sollen. Sie empfiehlt deshalb und auch um Missverständnissen vorzubeugen, alle Textstellen, die sich auf das Auswahlverfahren beziehen, zu streichen. Gleichfalls gestrichen werden sollten alle Textstellen, die sich auf (geologische oder andere) Eigenschaften des Standortes beziehen, sofern sie nicht – z. B. im Hinblick auf das Prinzip des Einschlusses im einschlusswirksamen Gebirgsbereich – in unmittelbarem Zusammenhang mit konkreten Anforderungen an das Sicherheitskonzept, die Endlagerauslegung oder die Nachweisführung stehen. Allerdings sollte in den Sicherheitsanforderungen dargelegt werden, dass zu den Antragsunterlagen auch die Begründung der Standortauswahl gehört.
- An mehreren Stellen wird auf Aufgaben hingewiesen, die die „Nachsorge“ oder „Beaufsichtigung“ des Endlagers nach der Stilllegung betreffen. Es ist nicht klar erkennbar, inwiefern diese Aussagen mit der Forderung kompatibel sind, dass das Endlager nach der Stilllegung einen wartungsfreien Zustand erreichen muss. Es sollte übergeordnet klar gestellt werden, dass geologische Endlager grundsätzlich wartungsfrei auszulegen sind und unter sicherheitlichen Aspekten kein Kredit von Kontroll- und Wartungsmaßnahmen genommen werden darf.
- Hinsichtlich der Behandlung anderer Rechtsgebiete (z. B. Wasser-, Boden-, Bergrecht) sieht die ESK es als systematischer an, diese nicht in den Sicherheitsanforderungen zu behandeln, sondern in getrennten Dokumenten. Sollte sich jedoch die Auffassung durchsetzen, dass Aspekte anderer Rechtsgebiete in den Sicherheitsanforderungen behandelt werden müssen, wäre es erforderlich, diese Aspekte vollständig und systematisch zu behandeln. Dabei sollten alle relevanten Schutzziele genannt werden, d. h. Schutzziele, die aus dem Wasser-, Boden- und Bergrecht (Schutz vor Bergschäden) resultieren, und nicht nur eine Auswahl von Schutzziele. Diese Ziele sind durch die entsprechenden Verordnungen rechtlich geregelt und ihre Einhaltung liegt in der Verantwortung der entsprechenden Behörden.

6 Bewertung der einzelnen Kapitel des BMU-Entwurfs

Die Stellungnahme orientiert sich in ihrer Gliederung an der Struktur des BMU-Entwurfs [1]. Im Folgenden sind die Beratungsergebnisse der ESK zu den einzelnen Kapiteln des BMU-Entwurfs wiedergegeben.

6.1 Zielsetzung

Sachverhalt

In Kapitel 1 „Zielsetzung“ führt das BMU aus, was in den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle festgelegt werden soll, welches ihr Geltungsbereich ist und welche wesentlichen Punkte sie beinhalten. Der BMU-Entwurf [1] bezieht sich auf die atomrechtlichen Anforderungen an ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle. Auf die Abgrenzung zu anderen Rechtsgebieten wird eingegangen. Anforderungen an eine Beteiligung der Öffentlichkeit an der Errichtung eines Endlagers werden hier explizit nicht behandelt.

Bewertung

In Kapitel 1 sollte die Zielsetzung der Sicherheitsanforderungen präzise beschrieben und – falls nötig – erläutert werden. Es sollte klar gestellt werden, dass das Sicherheitsniveau nicht allein durch die Schutzziele, sondern durch die Umsetzung der Gesamtheit der Sicherheitsanforderungen festgelegt wird.

Die Sicherheitsanforderungen gelten nach Ansicht der ESK nicht für den Standort allein, sondern es handelt sich um Anforderungen an den gewählten Standort, das Endlagersystem und an die mit der Realisierung eines Endlagersystems befassten Organisationen. Dies sollte in die Formulierung aufgenommen werden.

Die ESK hält eine kurze erläuternde Beschreibung der bislang lediglich als „Anpunkte“ enthaltenen fünf Punkte (Sicherheitsprinzipien, Optimierung, Schutzkriterien, Sicherheitsnachweise, Endlagerauslegung) für hilfreich.

Nach Auffassung der ESK sollen die Sicherheitsanforderungen die Sicherheitskriterien des BMI aus dem Jahr 1983 [2] unter Berücksichtigung des aktuellen Stands von Wissenschaft und Technik und der jüngst erfolgten Entwicklung internationaler Regelwerke und Empfehlungen ersetzen. Darauf sollte in Kapitel 1 der Sicherheitsanforderungen klar hingewiesen werden.

Die ESK hält die kursiven Anmerkungen zu Kapitel 1 für verzichtbar.

6.2 Geltungsbereich

Sachverhalt

In Kapitel 2 wird der Geltungsbereich der Sicherheitsanforderungen beschrieben. Sie gelten für den Antragsteller und den Betreiber eines Endlagers für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle sowie für die zuständige Planfeststellungsbehörde. Es wird ausgeführt, dass die Sicherheitsanforderungen für die Planung, die Erkundung, die Errichtung, den Einlagerungsbetrieb, die Endlagerstilllegung und die Beaufsichtigung

eines Endlagers nach Stilllegung gelten.

Bewertung

Der Geltungsbereich der Sicherheitsanforderungen wird im BMU-Entwurf auf die Endlagerung für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle beschränkt. Die ESK empfiehlt zusätzlich eine Klarstellung bezüglich der Endlagerung von Abfällen, die nicht wärmeentwickelnd sind, jedoch auf Grund von Restriktionen im Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad dort nicht eingelagert werden können. Derartige spezielle radioaktive Abfälle müssen gegebenenfalls in einem Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle endgelagert werden.

Die ESK empfiehlt weiterhin, in den Sicherheitsanforderungen keine Ämter oder Organisationen namentlich zu benennen, sondern generell nur die Funktion der Ämter oder Organisationen zu benennen, wie z. B. Antragsteller, Betreiber, Planfeststellungsbehörde und Aufsichtsbehörde.

In Kapitel 2 des BMU-Entwurfs wird auf Aufgaben hingewiesen, die die „Beaufsichtigung“ des Endlagers nach der Stilllegung betreffen. Es ist nicht klar erkennbar, inwiefern diese Aussage mit der Forderung kompatibel ist, dass das Endlager nach der Stilllegung einen wartungsfreien Zustand erreichen muss. Es sollte übergreifend klar gestellt werden, dass die geologische Endlagerung wartungsfrei zu gestalten ist und unter sicherheitlichen Aspekten keinen Kredit von Kontroll- und Wartungsmaßnahmen nehmen darf (vgl. Kapitel 5 dieser Stellungnahme). An dieser Stelle sollte formuliert werden „... und betreffen auch die beweissichernden Messungen nach der Stilllegung“. Damit wäre der Text konsistent mit dem in Kapitel 5.4 des BMU-Entwurfs genannten Sicherheitsprinzip.

Die Kommission empfiehlt, den kursiv gedruckten Text zu Kapitel 2 ersatzlos zu streichen.

6.3 Begriffsdefinitionen und -erläuterungen

Sachverhalt

In Kapitel 3 werden Begriffsdefinitionen und -erläuterungen zusammengestellt. Einleitend wird erläutert, dass kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht. Für weitere Definitionen und Erläuterungen wird auf das Atomgesetz mit Verordnungen und auf die Endlagerungsbedingungen Konrad des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) verwiesen.

Bewertung

Die ESK ist der Auffassung, dass die Definition und Erläuterung wichtiger Begriffe (z. B. einschlusswirksamer Gebirgsbereich, Optimierung) für die Sicherheitsanforderungen von zentraler

Bedeutung sind, insbesondere da einige Begriffe in anderer Weise als in anderen nationalen und internationalen Dokumenten verwendet werden. Sie empfiehlt jedoch, solche abweichenden Verwendungen auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Die Kommission empfiehlt außerdem eine strenge Abgrenzung von Begriffsdefinitionen und deren Erläuterungen.

6.4 Zweckbestimmung und allgemeine Schutzziele

Sachverhalt

In Kapitel 4 geht das BMU auf die Zweckbestimmung der Sicherheitsanforderungen ein und stellt folgende zwei allgemeine Schutzziele vor, die mit der Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle verfolgt werden:

- Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle (Abschnitt 4.1) und
- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen (Abschnitt 4.2).

Bewertung

Die im BMU-Entwurf [1] aufgeführten Schutzziele fokussieren auf atomrechtliche Aspekte.

Problematisch ist die Verschränkung mit Schutzziele aus anderen Rechtsgebieten („... und sonstiger schädlicher Wirkungen dieser Abfälle“; „Dabei wird der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt vor den sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle als gegeben angesehen, wenn für die aus dem Endlager abgeleiteten sonstigen Stoffmengen die aus dem Wasser- und Bodenrecht resultierenden Anforderungen erfüllt werden.“). Dies widerspricht der Festlegung in Kapitel 1 des BMU-Entwurfs „Anforderungen aus anderen Rechtsgebieten werden durch diese Anforderungen nicht festgelegt.“. Aus Sicht der ESK sollten diese Formulierungen gestrichen werden, zumal ein dem Atomgesetz untergeordnetes Regelwerk wie die geplanten Sicherheitsanforderungen nicht explizit in den Regelungsbereich anderer Gesetze eingreifen kann.

Inwiefern sich Kapitel 4 von Kapitel 1 unterscheidet, wird im vorliegenden BMU-Entwurf nicht klar. Es erschließt sich aus dem jetzigen Text nicht, was Ziel und was Zweck der Sicherheitsanforderungen sein soll. Deshalb sollte geprüft werden, ob sich diese beiden Kapitel entweder zusammenfassen oder klarer gegeneinander abgrenzen lassen.

Die ESK empfiehlt, an dieser oder geeigneter anderer Stelle klar auszudrücken, dass aus einem verschlossenen Endlager in der sogenannten „Nachbetriebsphase“ keine „Ableitung“ von „Stoffmengen“ erfolgt. Die Verwendung des Begriffs „Ableitung“ im Sinne des Wasserrechts für eine etwaig erfolgende Freisetzung von Inventarbestandteilen bei Eintreten von Szenarien der künftigen

Entwicklung bedarf der Erläuterung.

Es sollte übergreifend klar gestellt werden, dass die „geologische Endlagerung“ wartungsfrei zu gestalten ist und unter sicherheitlichen Aspekten keinen Kredit von Kontroll- und Wartungsmaßnahmen nehmen darf (vgl. Kapitel 5 dieser Stellungnahme). Der Schlusssatz von Kapitel 4 sollte deshalb so formuliert werden: „Unzumutbare Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen werden dadurch vermieden, dass die geologische Endlagerung so ausgelegt und ausgeführt wird, dass keine technischen Nachsorgemaßnahmen erforderlich werden. Davon unberührt ist, dass für eine umfangreiche Beweissicherung ein längerfristiges Messprogramm nach dem erfolgten Verschließen des Endlagers zweckmäßig ist.“

6.5 Sicherheitsprinzipien

Sachverhalt

In Kapitel 5 des BMU-Entwurfs [1] werden auf der Basis von Kapitel 4 „Zweckbestimmung und allgemeine Schutzziele“ die Sicherheitsprinzipien dargelegt, die in die Formulierung von Anforderungen an die Endlagerung in den nachfolgenden Kapiteln münden. Im Einzelnen sind dies die Prinzipien

- einer Begrenzung der Schadstofffreisetzung aus dem Endlager auf Mengen, die eine im Vergleich zu natürlich bedingten Risiken nur unwesentliche Erhöhung bewirken (Abschnitt 5.1),
- einer Begrenzung dieser durch Schadstoffexpositionen bewirkten Risiken in der Zukunft auf das heute akzeptierte Maß (Abschnitt 5.1),
- des Schutzes der Artenvielfalt (Abschnitt 5.2),
- des Schutzes natürlicher Ressourcen (Abschnitt 5.2),
- der Begrenzung der Auswirkungen des Endlagers in Gebieten außerhalb Deutschlands auf in Deutschland akzeptierte Auswirkungen (Abschnitt 5.3),
- der Festlegung, dass die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht auf aktiven Maßnahmen der Überwachung und Wartung beruhen soll (unbenommen einer 500-Jahres-Frist, für die „sichergestellt werden kann, dass keine den dauerhaften Einschluss der Abfälle gefährdenden menschlichen Aktivitäten im Bereich des Endlagers durchgeführt werden“) (Abschnitt 5.4).

Bewertung

Die ESK ist der Auffassung, dass die im BMU-Entwurf formulierten Prinzipien den in den einschlägigen Anforderungen und Empfehlungen der IAEA genannten Prinzipien und insbesondere denen des

gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle [14] und der IAEA-Sicherheitsanforderungen WS-R-4 [10] entsprechen. Dies gilt allerdings nicht für die Festlegung einer 500-Jahres-Frist, für die die Kenntnis über die Existenz des Endlagers gewährleistet werden soll (zur Begründung vgl. die Ausführungen am Ende dieses Abschnitts).

Die Kommission empfiehlt, entsprechend den IAEA-Sicherheitsanforderungen WS-R-4 [10] über die vorhandenen Festlegungen hinaus auch das Prinzip des Konzentrierens und des Einschlusses der Abfälle in Kapitel 5 zu verankern.

Zu Abschnitt 5.1:

Die ESK begrüßt die Festlegung des Prinzips „... sicher[zu]stellen, dass Freisetzungen von Schadstoffen aus dem Endlager die für den Menschen auf Grund der Strahlenexposition und auf Grund sonstiger Auswirkungen resultierenden Risiken nur unwesentlich gegenüber natürlich bedingten Risiken erhöhen ...“. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die Passage „und auf Grund sonstiger Auswirkungen“ über den Geltungsbereich der Sicherheitsanforderungen hinausweist (siehe dazu auch die Ausführungen in Kapitel 5 dieser Stellungnahme).

Der Ausdruck „unwesentlich gegenüber natürlich bedingten Risiken erhöhen“ sollte genauer definiert werden. Die Kommission verweist darauf hin, dass diese Formulierung im Widerspruch zu den weiter hinten im BMU-Entwurf formulierten radiologischen Bewertungskriterien steht.

Darüber hinaus wird eine strukturelle Trennung der beiden in Abschnitt 5.1 verankerten Prinzipien (nur unwesentliche Erhöhung naturbedingter Risiken einerseits und Schutz künftiger Generationen andererseits) vorgeschlagen, da es sich um jeweils unterschiedliche Gesichtspunkte handelt.

Des Weiteren sollte auf den kursiv gedruckten Erklärungstext zu Abschnitt 5.1 verzichtet werden.

Zu Abschnitt 5.2:

Die ESK schlägt eine strukturelle Trennung der beiden in Abschnitt 5.2 genannten Prinzipien (Artenschutz einerseits und Ressourcenschutz andererseits) vor, da es sich um jeweils unterschiedliche Gesichtspunkte handelt.

Die ESK teilt die der im BMU-Entwurf kursiv gedruckten Erläuterung zu Abschnitt 5.2 zu Grunde liegende Annahme, dass nach dem heutigen Wissensstand der Schutz terrestrischer Ökosysteme und nichthumaner Spezies vor ionisierender Strahlung als gegeben angesehen werden kann, wenn der Mensch als Individuum geschützt wird. Dieser Standpunkt entspricht auch der Auffassung von RSK und SSK [5]. Diese Annahme sollte aber explizit in den Anforderungstext (in Zusammenhang mit der Formulierung von Schutzkriterien in Kapitel 7 des BMU-Entwurfs) übernommen werden.

Die ESK hält eine Verknüpfung des Konzepts des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit dem Schutz natürlicher Ressourcen nicht für sinnvoll. Nach Auffassung der Kommission bedeutet die Endlagerung an sich die durchaus gewollte Nutzung einer Ressource. Die Wahl eines möglichst kleinen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs schränkt diese Nutzung ein, kann aber gegebenenfalls in Konflikt mit anderen, z. B. sicherheitsbezogenen Anforderungen geraten. Die ESK empfiehlt einen diesbezüglichen Verweis auf den Optimierungsprozess. Einen Schutz von Ressourcen im Hinblick auf deren Nutzung durch künftige Generationen hält die Kommission für nicht umsetzbar, da nicht prognostizierbar ist, was für künftige Generationen als Ressource gelten wird. Die Implementierung eines Abwägungsprozesses zwischen Sicherheit und Ressourcenschutz wird seitens der Kommission nicht empfohlen. Stattdessen sollte explizit dargestellt werden, dass Endlagerung – ebenso wie Rohstoffgewinnung – die Nutzung geologischer Ressourcen bedeutet.

Mit Ausnahme des oben ausgeführten in den Haupttext zu übernehmenden Gedankens sollte der kursive Teil von Abschnitt 5.2 gestrichen werden.

Zu Abschnitt 5.3:

Der kursive Teil von Abschnitt 5.3 sollte gestrichen werden. Wenn nicht, empfiehlt die ESK, auf den Ausdruck „Verseuchung“ zu verzichten und stattdessen den Ausdruck „Belastung“ zu verwenden.

Zu Abschnitt 5.4:

Die ESK verweist auf das Grundprinzip der passiven Sicherheit, wie es im ersten Satz von Abschnitt 5.4 formuliert ist, das uneingeschränkt gültig sein muss – auch schon in den ersten Jahren nach Verschließen des Endlagers. Formulierungen, die als Einschränkung dieses Prinzips verstanden werden könnten, sollten unbedingt vermieden werden.

Deshalb sollte ab dem zweiten Satz wie folgt formuliert werden:

„Davon unberührt ist, dass für eine umfangreiche Beweissicherung ein längerfristiges Messprogramm nach dem erfolgten Verschließen des Endlagers zweckmäßig ist. Außerdem ist dafür zu sorgen, dass für einen Zeithorizont von 500 Jahren die Information über das Endlager möglichst erhalten bleibt.“

Die Kommission ist der Auffassung, dass die Gewährleistung einer 500-Jahres-Frist, für die „sichergestellt werden kann, dass keine den dauerhaften Einschluss der Abfälle gefährdenden menschlichen Aktivitäten im Bereich des Endlagers durchgeführt werden“ (Abschnitt 5.4), angesichts der relativen Kurzlebigkeit von Organisationen, Institutionen und Staaten nicht nachweisbar ist. Die ESK empfiehlt daher, den Erhalt von Informationen über das Endlager sowie Maßnahmen zur späteren Nutzung dieser Informationen unter Verwendung von diversitären Techniken und Methoden nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu fordern.

Das Thema des menschlichen Eindringens sollte aus Sicht der ESK nicht explizit an dieser Stelle der Sicherheitsanforderungen behandelt werden, sondern in einem getrennten Abschnitt (siehe Kapitel 5). Dort sollte auch darauf verwiesen werden, dass bei der Ableitung von Szenarien für das menschliche Eindringen häufig davon ausgegangen wird, dass dieses Eindringen nicht früher als einige hundert Jahre nach Verschluss des Endlagers erfolgt. Diese Vorgehensweise wird mit Erfahrungen zur Nutzung von Aufzeichnungen, wie z. B. denen zum Altbergbau begründet, jedoch nicht mit einer Gewährleistungs- oder Nachweispflicht.

Der kursive Teil von Abschnitt 5.4 sollte entfallen.

6.6 Schrittweise Optimierung

Sachverhalt

In Kapitel 6 des BMU-Entwurfs [1] wird die schrittweise Optimierung behandelt. Unter Abschnitt 6.1 wird gefordert, dass die mit der Endlagerung verbundenen Risiken so gering wie vernünftigerweise möglich sind. Hierbei soll das Hauptaugenmerk auf die Einhaltung radiologischer Schutzkriterien gelegt werden. In Abschnitt 6.2 wird festgelegt, vor welchen einzelnen Entscheidungsschritten bei der Realisierung des Endlagers Sicherheitsnachweise durchzuführen und in bestimmten Fällen der Genehmigungsbehörde vorzulegen sind. In den Sicherheitsnachweisen ist auch die Optimierung hinsichtlich des Schutzes von Mensch und Umwelt darzulegen. Abschnitt 6.3 behandelt die inhaltlichen Darlegungspflichten des Antragstellers im Rahmen der Standortfestlegung und fordert auch eine Behandlung des Themas unbeabsichtigtes menschliches Eindringen. In Abschnitt 6.4 wird die Forderung nach einer im zehnjährigen Abstand zu realisierenden Überprüfung der Sicherheit und sicherheitsrelevanter Änderungen durch den Betreiber aufgestellt.

Bewertung

Die Kommission hält es für grundsätzlich sinnvoll, in den Sicherheitsanforderungen die schrittweise Optimierung zu fordern. Die Kommission bedauert aber, dass die in der Stellungnahme von RSK und SSK von 2008 [5] geforderte Trennung der unterschiedlichen Aspekte

- Optimierung hinsichtlich der Sicherheitskultur beim Antragsteller bzw. Betreiber,
- Optimierung hinsichtlich des Strahlenschutzes während des Endlagerbetriebs und
- Optimierung des Endlagers hinsichtlich der Langzeitsicherheit

im BMU-Entwurf [1] nicht erfolgt ist.

Die Trennung von Fragen der Optimierung hinsichtlich des Strahlenschutzes während des Endlagerbetriebs von denen zur Optimierung des Endlagers hinsichtlich der Langzeitsicherheit findet sich im Übrigen auch in den IAEA Safety Requirements WS-R-4 [10]. Dort werden diese Aspekte in getrennten Kapiteln und mit

einer unterschiedlich beschriebenen Herangehensweise bei der Optimierung behandelt.

Die Kommission empfiehlt, dass in den Sicherheitsanforderungen diese klare Trennung zwischen den drei Aspekten aufgenommen wird.

Die Stellungnahme der RSK und SSK [5] enthält klare Anforderungen, was bei der Gestaltung der Optimierung hinsichtlich der Langzeitsicherheit berücksichtigt werden muss:

„Aus Sicht von RSK und SSK muss die Optimierung hinsichtlich der Langzeitsicherheit Faktoren berücksichtigen wie errechnete Strahlenexposition des Menschen, Robustheit der Annahmen, geologische Prognostizierbarkeit, Schwierigkeitsgrad bei der Realisierung bestimmter Einrichtungen und der Einfluss bestimmter Sachverhalte auf die Sicherheit. Dies bedeutet, dass die Optimierung als Abwägung zwischen den verschiedenen Faktoren zu verstehen ist. In dem aufzustellenden Regelwerk sollten das Vorgehen bei der Optimierung und die bei der Abwägung zu berücksichtigenden Faktoren festgelegt werden. Außerdem sind die anzuwendenden Abwägungsprinzipien zu benennen. Eine Optimierung hinsichtlich der Langzeitsicherheit kann nicht aus der Minimierung der berechneten Individualdosis auch unterhalb festgelegter Richt- oder Grenzwerte bestehen. Die berechnete Individualdosis stellt einen Einzelwert dar, der auf einer Vielzahl von einzelnen Modellannahmen beruht. Eine Abbildung anderer relevanter Faktoren, die für die Sicherheit eine Rolle spielen, ist in der Individualdosis nur sehr begrenzt enthalten. Vergleichbares gilt auch für andere Indikatoren zur Bewertung der Sicherheit des Endlagers.“

Die ESK teilt diese Sichtweise vollinhaltlich und empfiehlt darüber hinaus, die Ziele der Optimierung explizit in den Sicherheitsanforderungen zu benennen.

In der internationalen Diskussion – z. B. in neueren Papieren der OECD-NEA – wird dementsprechend inzwischen unterschieden, ob eine Optimierung nur im Sinne des Strahlenschutzes erfolgt oder ob eine Optimierung hinsichtlich der Langzeitsicherheit erfolgt. Die Ausführungen in ICRP-81 [7] und WS-R-4 [10] enthalten eine wenig klare Beschreibung der dort geforderten Optimierung. Es lässt sich aber aus der Darstellung ablesen, dass die Optimierung im Sinne des Strahlenschutzes erst greifen soll, wenn garantiert ist, dass die geologische Situation gut erfasst ist, alle Einrichtungen auf zuverlässiger ingenieurmäßiger Basis ausgeführt sind und eine Qualitätssicherung besteht.

Weder die Empfehlungen der RSK und der SSK noch die Überlegungen aus der internationalen Diskussion sind in das Kapitel 6 „Schrittweise Optimierung“ des BMU-Entwurfs eingeflossen. Vielmehr wird in Abschnitt 6.1 eine enge Koppelung der Optimierung an reine Rechenwerte, nämlich die in Kapitel 7 definierten Schutzkriterien, gefordert. Die Kommission teilt die Sichtweise der RSK und der SSK von 2008 [5] vollständig und hält es für erforderlich, das Kapitel 6 entsprechend den dort formulierten Empfehlungen zu überarbeiten. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass beim in Abschnitt 6.1 vorgeschlagenen Verfahren die Sicherheit des Endlagers aus dem Fokus der Betrachtung rückt und vermeintliche „Optimierungen“ vorgenommen werden, die tatsächlich die Sicherheit des Endlagers negativ beeinträchtigen.

Im Übrigen können „unzulässige Strahlenexpositionen oder Kontaminationen“ (kursiver Teil des

Abschnittes 6.1) nicht über Optimierungsschritte behandelt werden, sondern sie müssen grundsätzlich ausgeschlossen werden können. Dies ist im Sicherheitsnachweis zu zeigen.

In Kapitel 6 werden an verschiedenen Stellen, insbesondere im Abschnitt 6.3, im Wesentlichen andere Anforderungen an die Standortfestlegung oder an die Auslegung gegen unbeabsichtigtes menschliches Eindringen behandelt und die Thematik „Optimierung“ wird nur gestreift. Diese Stellen passen nicht unter eine Kapitelüberschrift „Schrittweise Optimierung“. Die Ausführungen zum menschlichen Eindringen sollten in einen getrennten Abschnitt der Sicherheitsanforderungen verschoben und dort umfassend behandelt werden (siehe Kapitel 5 dieser Stellungnahme).

Für Abschnitt 6.3 stellt sich die Frage, ob das Thema „Standortfestlegung“ in den Sicherheitsanforderungen, die „für einen Standort, bei dem sich der für die Einrichtung von Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle zuständige Bund für die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens entschieden hat“ und folglich nach erfolgter Standortfestlegung gelten sollen, überhaupt enthalten sein sollte (siehe Kapitel 5 dieser Stellungnahme).

Ein weiteres Darstellungsproblem in Kapitel 6 ist, dass hier sowohl das schrittweise Vorgehen als auch die Optimierung geregelt werden sollen. Zugunsten der Klarheit der Darstellung sollten diese beiden Aspekte getrennt behandelt werden.

Durch die gemeinsame Behandlung in einem Kapitel ergeben sich Widersprüche, z. B. hinsichtlich der Abfolge bestimmter Erkundungsmaßnahmen und Planfeststellungsschritte. Es stellt sich beispielsweise die Frage, wie das unterirdische Erkunden oder das Abteufen der Schächte im zeitlichen und juristischen Verhältnis zu den in Kapitel 6 aufgeführten Schritten zu verstehen ist. Hier sollte unmissverständlich formuliert werden, wann das Planfeststellungsverfahren eröffnet wird und welche Schritte des Projektes Gegenstand eines atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens sind.

Weiterhin bleibt unklar, ob die Begriffe „Phase“, „Optimierungsschritt“ und „Entscheidungsschritt“ synonym verwendet werden. Deshalb sollte entweder nur einer der Begriffe verwendet oder die Unterschiede klargestellt werden.

Insgesamt sollten aus Sicht der ESK zwar die kursiven Texte in Kapitel 6 gestrichen werden. Es müssen allerdings alle im kursiven Text enthaltenen Passagen mit Anforderungscharakter in den Normaltext übernommen werden. Dies betrifft beispielsweise die von der ESK als sehr wichtig eingeschätzte Forderung nach dem rechtzeitig vor Betriebsbeginn vorzulegenden Stilllegungskonzept.

6.7 Schutzkriterien

Sachverhalt

In Kapitel 7 „Schutzkriterien“ des BMU-Entwurfs [1] werden der rechtliche Rahmen für den Schutz vor

endlagerbedingten Schäden (Abschnitt 7.1) sowie die Schutzkriterien, durch deren Einhaltung der Schutz des Menschen gewährleistet werden soll (Abschnitte 7.2 bis 7.4), dargestellt. In Abschnitt 7.5 wird festgestellt, dass für die Beurteilung wasserrechtlich oder bodenrechtlich bedeutsamer Konsequenzen eines Endlagers die Vorschriften des Wasser- bzw. Bodenrechts heranzuziehen sind. Den Schutzkriterien für den Menschen entsprechende Anforderungen an den Schutz von Grundwasser und Boden finden sich in Abschnitt 8.3.4. Die belebte Umwelt wird in Kapitel 7 nicht explizit als Schutzgut erwähnt. Allerdings ist nach der Erläuterung in Abschnitt 5.2 die belebte Umwelt als geschützt anzusehen, wenn der Mensch geschützt ist.

Die wesentlichen Festlegungen in Kapitel 7 betreffen das für den Menschen einzuhaltende Schutzniveau gegen Schäden durch ionisierende Strahlung. Es ist als von einem Endlager ausgehendes zusätzliches Risiko eines Menschen definiert, im Laufe seines Lebens einen schwerwiegenden Gesundheitsschaden durch aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich freigesetzte Radionuklide zu erleiden (Abschnitt 7.2). Als Maß für das zusätzliche Risiko wird die bedingte Wahrscheinlichkeit verwendet, im Verlauf des Lebens durch aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich freigesetzte Radionuklide einen schwerwiegenden Gesundheitsschaden zu erleiden. Dabei wird von einer Exposition während des gesamten Lebens (angenommen: 70 Jahre) ausgegangen.

Die Höhe des zulässigen zusätzlichen Risikos hängt davon ab, ob die bei der Bestimmung des Risikos zu Grunde gelegte Entwicklung des Endlagers als wahrscheinlich oder außergewöhnlich eingeschätzt wird. Für wahrscheinliche Entwicklungen ist sie unter Berufung auf den Trinkwasser-Richtwert der World Health Organization (WHO) auf $< 10^{-4}$ festgelegt worden (Abschnitt 7.2). Für außergewöhnliche Entwicklungen ist sie $\leq 10^{-3}$ (Abschnitt 7.3).

Als wahrscheinlich gelten hier Endlagerentwicklungen, deren Eintrittswahrscheinlichkeit innerhalb des festgelegten Nachweiszeitraums größer als 10^{-1} ist (Abschnitt 7.2), als außergewöhnlich solche mit einer „Eintrittswahrscheinlichkeit kleiner 10^{-1} und nicht deutlich unterhalb von 10^{-2} “ (Abschnitt 7.3). Als „unwahrscheinlich“ nicht weiter zu betrachten sind Entwicklungen, denen eine Eintrittswahrscheinlichkeit innerhalb des festgelegten Nachweiszeitraums von $< 10^{-2}$ zugeschrieben wird und/oder deren unmittelbare Auswirkungen die Auswirkungen eines Endlagers bei weitem übersteigt (Abschnitt 7.4).

Bewertung

Die ESK bedauert, dass sich die vom AkEnd initiierten [15] und im Entwurf der Sicherheitsanforderungen der GRS aus dem Jahr 2007 [4] sowie in der darauf bezogenen gemeinsamen Stellungnahme von RSK und SSK von Juli 2008 [5] weitergeführten konzeptionellen Überlegungen zur Funktion des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs im BMU-Entwurf [1] nur in Ansätzen niederschlagen. Der Grundgedanke des Einschlusses der Schadstoffe im einschlusswirksamen Gebirgsbereich als einem Teil der Anlage „Endlager“ verliert dadurch an Stringenz. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass sich die Schutzkriterien auf die aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich freigesetzten Radionuklide bzw. sonstigen Schadstoffe beziehen. Die ESK empfiehlt daher, in die Sicherheitsanforderungen zusätzlich zu den in Kapitel 7 enthaltenen Schutzkriterien auch Kriterien für den Einschluss der Radionuklide bzw. Schadstoffe im

einschlusswirksamen Gebirgsbereich zu fordern und im Rahmen der Leitlinienentwicklung zu definieren (vgl. Abschnitt 6.8 dieser Stellungnahme).

Unklar sind die verfahrensbezogene Funktion und Bedeutung der Schutzkriterien bzw. das Verhältnis zwischen den Schutzkriterien und den andernorts in den Sicherheitsanforderungen, insbesondere in Kapitel 8, beschriebenen Prüfwerten bzw. Anforderungen. Auch ist die Herleitung und Begründung der in Kapitel 7 genannten Maßstäbe zur Bewertung der Auswirkungen von aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich freigesetzten Radionukliden nicht überzeugend. Das gilt sowohl für die Verwendung des Risikos als Maßstab für die Bewertung der von einem Endlager ausgehenden Auswirkungen als auch für die Höhe des zulässigen Risikos.

Hinsichtlich der Verwendung risikobasierter Beurteilungsmaßstäbe verweist die ESK ausdrücklich auf die Ausführungen in den gemeinsamen Stellungnahmen von RSK und SSK von 2002 und 2008 [3, 5] zu den mit der risikobasierten Bewertung verbundenen Problemen bzw. den Vorteilen der Anwendung von Dosiskriterien.

Der in der Erklärung zu Abschnitt 7.2 im BMU-Entwurf hergestellte quantitative Bezug zur Definition des Trinkwasser-Richtwerts der WHO überzeugt angesichts der Unterschiede zwischen dem Berechnungsansatz der WHO [16] und der radioökologischen Praxis bei Langzeitsicherheitsanalysen nicht: Während im WHO-Modell für die Expositionsrechnung lediglich der Trinkwasserpfad betrachtet wird, sind bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle alle relevanten Expositionspfade zu berücksichtigen.

Die WHO hat in ihren Empfehlungen zur Trinkwasserqualität [16] einen Richtwert für die höchstzulässige effektive Dosis von 0,1 mSv pro Jahr vorgegeben und daraus in der Begründung für diesen Wert unter Berufung auf den 1991 von der International Commission on Radiological Protection (ICRP) in [17] angegebenen Risikoeffizienten ($7,3 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$) das in den BMU-Entwurf [1] übernommene zusätzliche Lebenszeitrisko für einen schwerwiegenden Gesundheitsschaden von $< 10^{-4}$ errechnet. Die ICRP gibt derzeit (2007) [8] einen Risikoeffizienten von $5,7 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ an. Zur generellen Problematik der Umrechnung von Dosis- in Risikowerte verweist die ESK ausdrücklich auf die entsprechenden Ausführungen in der gemeinsamen Stellungnahme von RSK und SSK von 2008 [5]. Danach muss vor der Festlegung eines verbindlichen maximalen Risikowerts festgelegt werden, auf welcher Basis die Dosis-Wirkungsbeziehung ermittelt wird, welche Effekte einbezogen werden und wie diese gegebenenfalls zu wichten sind. Diesbezügliche Empfehlungen der ICRP wurden, was die quantitative Höhe des Risikoeffizienten betrifft, von der SSK bereits mehrfach als nicht sachgerecht bewertet. Es gibt daher derzeit keine entsprechenden Empfehlungen der ICRP oder anderer Gremien, deren Übernahme vorbehaltlos empfohlen werden kann.

Die ESK macht in diesem Zusammenhang auch darauf aufmerksam, dass der im BMU-Entwurf festgelegte Grenzwert für die wahrscheinlichen Entwicklungen von 10^{-4} für das Lebenszeitrisko bei Annahme einer Lebenszeit von 70 Jahren und Anwendung des im kursiven Text nach Abschnitt 8.3.2 des BMU-Entwurfs benannten „in der ICRP-Publikation Nr. 103 veröffentlichten Wert für das detrimentangepasste nominale Risiko einer Krebserkrankung oder Erbgutschädigung von in Summe 0,057 pro Sievert“ zu einer Begrenzung der jährlichen Dosis von ca. 0,025 mSv führt. Dieser Wert unterschreitet den von RSK und SSK

empfohlenen Wert von 0,1 mSv im Jahr [5] um einen Faktor 4. Die ESK empfiehlt die Beibehaltung des RSK/SSK-Wertes von 2008.

Die ESK empfiehlt, die Anwendung der Schutzkriterien in einer Leitlinie zu regeln.

Die ESK befürwortet den Ansatz, die durch verschiedene Endlagerentwicklungen verursachten möglichen radiologischen Auswirkungen eines Endlagers in Abhängigkeit von der Eintrittswahrscheinlichkeit der jeweiligen Entwicklung innerhalb des festgelegten Nachweiszeitraums differenziert zu bewerten. Er steht prinzipiell in Einklang mit dem international üblichen Vorgehen. Die im BMU-Entwurf in den Abschnitten 7.2 bis 7.4 beschriebene Zuordnung möglicher Endlagerentwicklungen zu drei quantitativ definierten Wahrscheinlichkeitsklassen ist jedoch mit gravierenden methodischen Problemen verbunden:

Die Einteilung der möglichen Entwicklungen des Endlagers in wahrscheinliche Entwicklungen, außergewöhnliche Entwicklungen und unwahrscheinliche Entwicklungen soll nach dem BMU-Entwurf anhand kardinaler (quantitativer) Eintrittswahrscheinlichkeiten durchgeführt werden. Diese Eintrittswahrscheinlichkeiten spiegeln Unsicherheiten wider, deren Einschätzung eine signifikante subjektive Komponente aufweist. Lediglich einige Aspekte (z. B. die Häufigkeit von Erdbeben einer bestimmten vorgegebenen Intensität) sind statistisch erfassbar, andere können nur durch subjektive Aussagen beschrieben werden. Es ist möglich, solche Aussagen mittels formaler Protokolle zur Erhebung von Expertenurteilen in Form von Wahrscheinlichkeiten zu quantifizieren. Das Ergebnis hängt dann sowohl von der Meinung der befragten Experten als auch vom gewählten Protokoll ab. In einige Protokolle fließen, insbesondere bei divergierenden Expertenaussagen, zusätzlich Einschätzungen und Handlungen desjenigen ein, der die Erhebung durchführt (etwa Einschätzungen zur Zuverlässigkeit der einzelnen beteiligten Experten oder Handlungen im Rahmen einer Moderationstätigkeit). Keines dieser Protokolle ist universell akzeptiert, die Unterschiede in der Vorgehensweise und daher auch im Ergebnis sind erheblich. Die Kommission ist daher der Auffassung, dass derartige Ansätze zwar durchaus in Sicherheitsanalysen zum Einsatz kommen können, dass aber die Festlegung numerischer Kriterien für die Einordnung von Szenarien in Wahrscheinlichkeitsklassen eine Genauigkeit und Objektivität vortäuscht, die nicht gegeben ist. Es handelt sich um subjektive Abschätzungen und damit um ordinal skalierte Wahrscheinlichkeiten, für die nur Angaben wie „eher wahrscheinlich“ oder „weniger wahrscheinlich“ sinnvoll sind. Deshalb sollte die Angabe von quantitativen Wahrscheinlichkeiten für mögliche Endlagerentwicklungen unterbleiben. Dadurch würde zugleich eine Inkonsistenz zwischen den Abschnitten 7.3 und 7.4 (Eintrittswahrscheinlichkeit „nicht deutlich unterhalb von 10^{-26} “ bei außergewöhnlichen bzw. „kleiner als 10^{-26} “ bei unwahrscheinlichen Entwicklungen) beseitigt.

Die Bedenken gegen quantitativ definierte Wahrscheinlichkeitsklassen gelten verstärkt für diejenigen Entwicklungen, die nicht weiter zu betrachten sind (Abschnitt 7.4); denn der Ausschluss einer unwahrscheinlichen Entwicklung von der weiteren Betrachtung bedeutet eine folgenreiche Entscheidung, nämlich die Nichtbefassung mit den Auswirkungen dieser Entwicklung. Der Ausschluss einer Entwicklung von der weiteren Betrachtung muss daher umfassend und argumentativ überzeugend begründet werden. Gelingt dies nicht zweifelsfrei, darf die entsprechende Entwicklung nicht in die Kategorie „unwahrscheinlich“ eingestuft werden.

Insgesamt sieht die ESK es zwar für sinnvoll an, das Konzept mit den drei Wahrscheinlichkeitsklassen weiterzuverfolgen. Es sollten die drei Klassen aber beispielsweise nach folgenden qualitativen Kriterien unterschieden werden:

- „Wahrscheinliche Entwicklungen“ sind solche, die sich ergeben, wenn sich die Situation am Standort gemäß den bekannten „normalen“ geologischen Entwicklungstendenzen für solche Standorte und basierend auf den Prognosen für die technischen und geotechnischen Komponenten entwickelt (Entwicklung nach „Lehrbuch“).
- „Weniger wahrscheinliche Entwicklungen“ sind solche, die sich ergeben, wenn sich die Situation am Standort anders entwickelt als durch die wahrscheinlichen Entwicklungen zu erwarten. Solche Entwicklungen sind durch alle Prozesse möglich, die am Standort zwar nicht zu erwarten sind, aber nach Stand von Wissenschaft und Technik auch nicht sicher auszuschließen sind. – Der Begriff „außergewöhnliche Entwicklung“ sollte zugunsten der „weniger wahrscheinlichen Entwicklung“ fallen gelassen werden, da solche Entwicklungen nicht durch außergewöhnliche Umstände zustande kommen.
- Als „unwahrscheinliche Entwicklungen“ können nur solche Entwicklungen am Standort eingeordnet werden, deren Eintreten am Standort nach heutigem Stand der Wissenschaft sicher ausgeschlossen werden kann.

Die Einordnung möglicher bzw. denkbarer Entwicklungen in die drei Wahrscheinlichkeitsklassen und ihre darauf beruhende differenzierte Bewertung kann also nicht aufgrund von Zahlenwerten erfolgen, sondern lediglich auf Grundlage von qualitativen Abschätzungen/Bewertungen. Dies muss aber soweit als möglich nach objektiven Kriterien geschehen und entsprechend dokumentiert werden. Schon aus diesem Grund bedarf das Vorgehen bei der Einordnung der Entwicklungen in Wahrscheinlichkeitsklassen der Regelung in einer Leitlinie. Hinzu kommen folgende Gründe:

- die große Bedeutung der Einordnung einer Entwicklung in eine Wahrscheinlichkeitsklasse für das Ergebnis der Bewertung einer Entwicklung für die Einhaltung des Schutzkriteriums,
- die Notwendigkeit, den Einfluss einzelner subjektiver Äußerungen/Festlegungen zu Eintrittswahrscheinlichkeiten auf das Ergebnis zu begrenzen.

Die Leitlinie muss sicherstellen, dass die Einordnung der Entwicklungen in die Wahrscheinlichkeitsklassen mit Hilfe aussagekräftiger Zuordnungskriterien verbal-argumentativ und entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik auf breiter wissenschaftlicher Basis erfolgt.

Der Abschnitt 7.5 sollte gestrichen werden. Wie in Kapitel 5 dieser Stellungnahme ausgeführt, gehört dies nicht zum durch die Sicherheitsanforderungen regelbaren Bereich.

Bezüglich des Inhalts des kursiven Textes zum Abschnitt 7.2 des BMU-Entwurfs ist auf die Anmerkungen in

Kapitel 5 dieser Stellungnahme zu verweisen. Die kursiven Texte zu den Abschnitten 7.3 und 7.4 des BMU-Entwurfs sollten entfallen.

6.8 Sicherheitsnachweise

Sachverhalt

In Kapitel 8 des BMU-Entwurfs [1] wird dargelegt, welche Sicherheitsnachweise für die verschiedenen Phasen der Endlagerentwicklung vorzulegen sind, und es werden Anforderungen an diese Nachweise formuliert. Im Einzelnen werden folgende Nachweise gefordert:

- „anlagenspezifische Sicherheitsanalysen“ für die Phasen Einlagerungsbetrieb und Stilllegung (Abschnitt 8.1),
- der Nachweis, „dass ein nicht beherrschbarer Wassereintrich ausgeschlossen werden kann“ für die Phasen Einlagerungsbetrieb und Stilllegung (Abschnitt 8.2),
- ein „umfassender standortspezifischer Langzeitsicherheitsnachweis“ für die Phase nach der Stilllegung des Endlagers (Abschnitt 8.3) und
- der Ausschluss von Kritikalität (Abschnitt 8.4).

Des Weiteren enthält das Kapitel Aussagen

- zum Nachweiszeitraum (Abschnitt 8.5),
- zur Durchführung von Rechnungen insbesondere angesichts von Unsicherheiten bzgl. der verwendeten Parameter, Modelle und Szenarien (Abschnitt 8.6),
- zur Behandlung des unbeabsichtigten menschlichen Eindringens (Abschnitt 8.7),
- zur „Überprüfung der Sicherheitsnachweise“ mittels eines Messprogramms (Abschnitt 8.8),
- zur Ableitung von Einlagerungsbedingungen und zur Produktkontrolle (Abschnitt 8.9),
- zur Datenerhebung (Abschnitt 8.10) und
- zur getrennten Behandlung von Freisetzungen von „Radionukliden aus natürlich vorkommenden Materialien (Versatz und Gebirge)“ einerseits und „aus den endgelagerten Materialien“ andererseits im Langzeitsicherheitsnachweis (Abschnitt 8.11).

Bewertung

Die ESK ist der Auffassung, dass die Abschnitte 8.1 - 8.4 im BMU-Entwurf [1] die zur Führung eines Sicherheitsnachweises notwendigen Elemente benennen und insofern generell angemessen und vom Grundsatz her abdeckend sind. Nach ihrer Einschätzung sollten die Ausführungen in Kapitel 8 des BMU-Entwurfs aber wie folgt präzisiert bzw. ergänzt werden:

- Es ist klarzustellen, dass sich Abschnitt 8.1 ausschließlich auf Fragen der Sicherheit in den Phasen des Endlagerbetriebs und der Stilllegung bezieht. In der gegenwärtigen Formulierung enthält der Abschnitt auch Passagen, die auf Langzeitsicherheitsaspekte verweisen oder zumindest so interpretiert werden können (Optimierung, Robustheit). Der Bezug zu den Anforderungen an die Sicherheit kerntechnischer Anlagen und insbesondere zur Strahlenschutzverordnung ist ebenso herzustellen wie die zu den einschlägigen Bestimmungen des Bergrechts. Wie bereits von RSK und SSK [5] festgestellt, ist der Betrieb des Endlagers an analogen Anforderungen zu messen wie der Betrieb anderer kerntechnischer Anlagen. Damit ergibt sich u. a., dass die in Abschnitt 8.1 dargelegten Aussagen zu einer auf Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen basierenden Sicherheitsanalyse entfallen sollten. Denn in Deutschland steht die deterministische Betrachtung bei der Beurteilung der Sicherheit von kerntechnischen Anlagen im Vordergrund.

Insgesamt fehlt die klare Festlegung, dass das gesamte Spektrum aller während der Betriebsphase möglichen Störungen, Störfälle und Unfälle zu identifizieren und zu betrachten ist und dass für alle identifizierten Fälle deren Beherrschung bzw. deren Ausschluss darzulegen ist. Eine Alleinstellung des nicht beherrschbaren Wassereintruchs in Abschnitt 8.2 (siehe unten) wäre so zu verstehen, dass andere schwere Fälle nicht betrachtet werden müssen.

Der kursive Text in Abschnitt 8.1 sollte entfallen.

- Einzelheiten zur Betriebssicherheit des Endlagers sind in einer Leitlinie zu regeln. Die Kommission verweist zu Fragen der betrieblichen Sicherheit außerdem auf Kapitel 5.1 der RSK/SSK-Stellungnahme von 2008 [5], deren Aussagen zur Erstellung einer Leitlinie, zur Nutzung der Vorgehensweise im Planfeststellungsverfahren Konrad als Referenz und zum Reduzierungsgebot nach § 6 StrlSchV. Die ESK teilt die in [5] dargelegten Auffassungen von RSK und SSK.
- Die Detailaussagen zum nicht beherrschbaren Wassereintruch in Abschnitt 8.2 sollten in die o. g. Leitlinie zur betrieblichen Sicherheit verlagert werden. Die diesbezüglichen Ausführungen in der Leitlinie sollten neben anderen Störungen, Störfällen und Unfällen (siehe oben) die Problematik von Wassereintrüchen generell behandeln und sich nicht nur auf nicht beherrschbare Wassereintrüche beschränken. Der Abschnitt 8.2 sollte deswegen entfallen. Die genannten generellen Anforderungen sollten in Abschnitt 8.1 integriert werden.
- Entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik umfasst ein Langzeitsicherheitsnachweis über die im Abschnitt 8.3 geforderten Komponenten hinaus weitere Elemente. Der Nachweis gründet sich

auf die Zusammenführung der Informationen, Argumente und Analysen mit Bedeutung für die Sicherheit des Endlagersystems. Die Sicherheitsanforderungen sollten eine integrierte und qualitätsgesicherte Darstellung dieser Informationen, Argumente und Analysen fordern. Neben den im BMU-Entwurf bereits aufgeführten Komponenten gehören nach Auffassung der ESK insbesondere dazu

- die qualitätsgesicherte Erhebung von Daten und Informationen aus Standorterkundung und Forschung und Entwicklung,
 - die Darstellung der Umsetzbarkeit der Anforderungen an technische und geotechnische Barrieren,
 - die Identifizierung, Charakterisierung und Modellierung sicherheitsrelevanter Prozesse sowie die diesbezügliche Vertrauensbildung und Qualifizierung der Modelle,
 - die umfassende Identifizierung sicherheitsrelevanter Szenarien (auf der Basis der o. g. Komponenten sowie der in Abschnitt 8.3.1 des BMU-Entwurfs genannten geologischen Langzeitprognose) und davon ausgehend
 - die Analyse von Szenarien, die dann zu Aussagen hinsichtlich der in den Abschnitten 8.3.2 – 8.3.7 formulierten Anforderungen und zur Einhaltung der Kriterien (Kapitel 7) führen,
 - die Darstellung und Umsetzung einer systematischen Strategie zur Identifizierung der im Nachweis zu berücksichtigenden Unsicherheiten und Ungewissheiten und zum Umgang mit ihnen. Dies muss auch Bestandteil des Sicherheitsmanagements bei Planung, Errichtung und Betrieb des Endlagers sein und
 - die umfassende Darlegung, dass der Antragsteller über ein Sicherheitsmanagement verfügt, das über den gesamten Endlagerentwicklungsprozess bis zum Zeitpunkt des Abschlusses der Stilllegung funktionsfähig war und bleibt.
- Der kursive Text des Abschnitts 8.3 sollte entfallen.
 - Für den Nachweis der Langzeitsicherheit werden im BMU-Entwurf [1] u. a. die Durchführung einer „geologischen Langzeitprognose“ (Abschnitt 8.3.1), einer „radiologischen Langzeitprognose“ (Abschnitt 8.3.2) und einer „Langzeitprognose des Einschlusses“ (Abschnitt 8.3.3, optional an Stelle der radiologischen Langzeitprognose) gefordert. Die geologische Langzeitprognose soll dem Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (unter Berücksichtigung der Störungen durch Endlager und Abfälle) dienen, während die radiologische Langzeitprognose und die Langzeitprognose des Einschlusses auf Freisetzungsmodellen basieren sollen. Zunächst ist hierzu anzumerken, dass der Gebrauch der Begriffe „radiologische Langzeitprognose“ (Abschnitt 8.3.2) und „Langzeitprognose des Einschlusses“ (Abschnitt 8.3.3) irreführend ist, da diese Elemente keine

Prognosen sind und einen grundsätzlich anderen Charakter haben als die „geologische Langzeitprognose“ (Abschnitt 8.3.1).

- Die ESK hält die Aussagen in Abschnitt 8.3.1 „Geologische Langzeitprognose“ für inkonsistent mit den anderenorts eingeführten Vorstellungen zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Kapitel 3 und 5 des BMU-Entwurfs [1]). Dies gilt insbesondere für die in den Spiegelpunkten aufgenommenen Kriterien, an Hand derer der einschlusswirksame Gebirgsbereich festgelegt werden soll. Da der Einschluss durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich und die Verschlussbauwerke erreicht werden soll, bedarf es einer klaren und eindeutigen Prozedur zur Festlegung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Weiterhin muss festgelegt werden, welche Funktionen der einschlusswirksame Gebirgsbereich erfüllen muss, um Rückschlüsse auf geforderte Eigenschaften des Geosystems ziehen zu können. Während eine eindeutige Definition des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sowie der an ihn zu stellenden Anforderungen Bestandteil der Sicherheitsanforderungen sein müssen, können die Anforderungen an die detaillierte Ausgestaltung des Endlagers innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Leitlinie Langzeitsicherheit zusammengestellt werden.
- Hinsichtlich der Spiegelpunkte zu Abschnitt 8.3.1 ergeben sich folgende Verbesserungsnotwendigkeiten:
 - Im ersten Spiegelpunkt sollte der in Klammern stehende Ausdruck entfallen, da die Spezifizierung von Nachweisverfahren viel zu detailliert für Sicherheitsanforderungen ist und die konkrete Formulierung nicht zu optimalen und umfassenden Nachweisverfahren führt. Außerdem ist der Gebrauch des Begriffs „hydrogeologischer Kreislauf“ nicht sachgerecht. Die Ausführungen beziehen sich offenbar auf den hydrologischen Kreislauf.
 - Im zweiten Spiegelpunkt kann es nicht um Transportprozesse innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs generell gehen, sondern nur um solche Transportprozesse, die die Schadstoffe von innen zur Grenze des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs befördern können, denn nur diese könnten zu einer Freisetzung aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich führen. Eine entsprechende Umformulierung ist erforderlich. Damit können auch der erste Absatz nach den Spiegelstrichen („Solange die Abfälle...“) und der kursive Absatz („Nach der Stilllegung ...“) entfallen, die in der jetzigen Formulierung zu Unklarheiten bezüglich des Umfangs des zu führenden Nachweises führen.
 - Der dritte Spiegelpunkt sollte genereller und klarer formuliert werden: Die Ausbildung von Wegsamkeiten, die zur Verletzung bzw. zur Verminderung der Einschlusswirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs führen, muss ausgeschlossen werden.
 - Der kursive Text muss entfallen, eine zeitweise Verletzung von Anforderungen ist nicht möglich. Vielmehr müssen dann die Anforderungen anders formuliert werden.
- Die den Abschnitten 8.3.2 und 8.3.3 des BMU-Entwurfs „Radiologische Langzeitprognose“ bzw.

„Langzeitprognose des Einschlusses“ zu Grunde liegenden Anforderungen hinsichtlich der Durchführung und Bewertung von Freisetzungsberechnungen lassen dem Antragsteller die Wahl zwischen einer „klassischen“ Modellierung unter Berücksichtigung des Deckgebirges und der Biosphäre (Abschnitt 8.3.2, Beschränkung auf Wasserpfad und Referenzbiosphärenmodelle) und einer Bewertung der errechneten Freisetzung aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufgrund eines Dosiskriteriums (Abschnitt 8.3.3).

Die in Abschnitt 8.3.3, erster Absatz, skizzierte Vorgehensweise zielt auf den Nachweis des Einschlusses der Radionuklide im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ab, lässt aber anstatt dessen auch eine Nachweisführung zu, bei der die Einschlusseigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereich keine relevante Rolle spielen (Wahrscheinlichkeit zwischen Abschnitt 8.3.2 und Abschnitt 8.3.3). Letzteres ist aus Sicht der ESK nicht zielführend und gibt den mit der Einführung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs erzielten Gewinn an Sicherheit und Robustheit des Endlagers ohne Not auf. Die ESK sieht die Notwendigkeit, den Einschluss in das Zentrum der Nachweise zu stellen und geeignete Verfahren und Kriterien zur Nachweisführung zu entwickeln. Auch hier schließt sich die Kommission den Empfehlungen aus der Stellungnahme von RSK und SSK [5] zur Rolle des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und zur Nachweisführung an (siehe Kapitel 5 dieser Stellungnahme). Dies gilt insbesondere für die Anmerkungen zum Indikatorensystem in Kapitel 5.2.2 der Stellungnahme von RSK und SSK [5] und dem hierzu noch notwendigen Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Nach Auffassung der ESK wird mit der Beschränkung auf Dosisindikatoren im BMU-Entwurf die Möglichkeit zur Entwicklung eines Indikatorensystems zum Einschluss im einschlusswirksamen Gebirgsbereich vergeben. Die ESK hält jedoch, ebenso wie die RSK und die SSK, eine solche Entwicklung für notwendig und vielversprechend und empfiehlt, diese im Rahmen der Erarbeitung einer Leitlinie zum Langzeitsicherheitsnachweis durchzuführen.

Die Anforderungen zu den in Abschnitt 8.3.2 geforderten Rechnungen sollten in einer Leitlinie dargelegt werden. Eine solche Leitlinie sollte u. a. die Vorgehensweise bei der Anwendung radiologischer Modelle („AVV Langzeitprognose Endlager“) regeln. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Beschränkung der Modellierung auf den Wasserpfad nicht nachvollziehbar ist und entfallen sollte. Die kursiv gedruckten Ausführungen in Abschnitt 8.3.2 enthalten Elemente einer solchen Leitlinie, sind aber unvollständig und sollten daher für die Leitlinie noch ergänzt werden. In den Sicherheitsanforderungen sollten sie jedoch gestrichen werden. Dies gilt auch für die entsprechenden Ausführungen zur Modellierung in Abschnitt 8.3.3 im normal wie im kursiv gedruckten Text. Die Ausführungen ab dem zweiten Absatz des normalen Textes einschließlich des kursiven Textes sollten in Leitlinien aufgenommen werden.

- Der Abschnitt 8.3.4 ist zu streichen, gemäß der in Kapitel 5 gegebenen Empfehlung.
- Die Forderung nach einer funktionellen Gleichwertigkeit der geotechnischen Barrieren mit der geologischen Barriere in Abschnitt 8.3.6 ist weder sachgerecht noch erfüllbar. Beide Barrieren haben im Zusammenwirken den Einschluss der Abfälle im einschlusswirksamen Gebirgsbereich zu gewährleisten und müssen demzufolge klaren Mindestanforderungen genügen, aber sie müssen nicht

notwendigerweise funktionell gleichwertig sein. Anderenfalls würde es bedeuten, dass eine geotechnische Barriere umso höheren Anforderungen genügen müsste, je besser die vorgefundene geologische Barriere am Standort ist. Deswegen ist in der Formulierung auf die Festlegung von Mindestanforderungen an die geotechnischen Barrieren abzustellen. Der kursive Text ist zu streichen.

- Die Forderung in Abschnitt 8.3.7 nach einer Stabilität und Korrosionsbeständigkeit der Abfallbehälter für einen Zeitraum von 500 Jahren ist nach Auffassung der ESK aus einer Reihe von Gründen nicht sachgerecht:

- Die Anforderung wird u. a. damit begründet, dass künftigen Generationen eine eventuelle Rückholung der Abfälle nicht unnötig erschwert werden soll. Die ESK ist ebenso wie RSK und SSK der Auffassung, dass eine Option zur Rückholung nicht vorzusehen ist [5].

Anforderungen könnten sich deshalb nur aus der im BMU-Entwurf [1] allgemein formulierten Zielstellung nach „nicht unnötiger Erschwerung“ ergeben. Bei der Formulierung von Anforderungen wären aber zunächst detaillierte und konkrete Ziele (z. B. Detektierbarkeit, Handhabbarkeit) zu definieren; diese sind im BMU-Entwurf aber nicht erkennbar. Die ESK kann deshalb auch nicht Stellung dazu nehmen, ob die Ziele sinnvoll sind. Abgeleitet von den Zielen müsste dann in den Sicherheitsanforderungen klar definiert werden, was dafür nachgewiesen werden muss. Insbesondere ergeben sich Fragen hinsichtlich der Eigenschaften, die die Behälter nach 500 Jahren noch aufweisen müssen. So ist beispielsweise unklar, ob Einschluss hier Gasdichtheit oder dichten Einschluss der Feststoffe oder bloßes Festhalten des Gros der Abfallinhaltsstoffe innerhalb des Behälters bedeutet und ob sich Korrosionsbeständigkeit auf Flächenkorrosion oder auch auf Lochfraß bezieht. Es müssen einerseits die zu erfüllenden Anforderungen und andererseits die zu führenden Nachweise klar definiert werden.

- Die IAEA-Sicherheitsanforderungen WS-R-4 [10] gehen in den Abschnitten 3.30 und 3.31 von einem Einschluss durch Abfallmatrix und Verpackung über mehrere hundert bis tausend Jahre aus, um so der physikalisch und chemisch instabilen Phase nach Einlagerung gerecht zu werden. Auch im Entwurf zur Schweizer Richtlinie G03/d [19] wird eine Auslegung der HLW-Behälter auf einen Einschluss des Inhalts über 1.000 Jahre hin gefordert. Die Kommission ist jedoch ebenso wie RSK und SSK [5] der Auffassung, dass der gewünschte Einschluss in diesem Zeitraum insbesondere bei einer Endlagerung im Steinsalz nicht notwendigerweise durch die Behälter sicherzustellen ist. Sie hält die betreffende Anforderung für eine unangemessene Einschränkung konzeptioneller Optimierungsmöglichkeiten (z. B. die Betrachtung der Einlagerung von Brennelement- und HAW-Kokillen in Bohrlöchern). Eine solche Optimierung hat eine Reihe sicherheitsrelevanter Aspekte zu betrachten, die im vorliegenden BMU-Entwurf [1] nicht berücksichtigt wurden. Ein sicherheitsrelevanter Aspekt ist die Größe und Art der aufzufahrenden Hohlräume (z. B. hinsichtlich der Hohlraumminimierung und der Ansprüche an technische und geotechnische Barrieren), ein weiterer das Einbringen von großen Mengen metallischen Materials, das zur Gasentwicklung führen kann. Außerdem beeinflusst das

über die Behälter eingebrachte Material das chemische Milieu. Das kann wiederum Auswirkungen auf die Sicherheitsfunktionen und das Transportverhalten von Radionukliden haben.

Die Kommission ist angesichts dessen der Auffassung, dass die Forderung in Abschnitt 8.3.7 nach Einschluss der Abfälle am Einlagerungsort für 1.000 Jahre ausreichend ist, um Problemen der „frühen transienten Phase“ (β/γ -Strahler, starke Wärmeentwicklung, chemisches, hydraulisches und mechanisches Ungleichgewicht) den internationalen Empfehlungen [10, 11] entsprechend angemessen zu begegnen. Die ESK ist allerdings auch der Auffassung, dass eine diesbezügliche Forderung insbesondere hinsichtlich der Definition des Begriffs „Einlagerungsort“ präzise zu fassen ist, da sonst die Anforderungen an die Nachweisführung nicht klar sind.

- Hinsichtlich der Anforderungen an die Behälter selbst ist allerdings eine pauschale Festlegung auf 500 Jahre nicht sachgerecht. Für eine gewisse Zeit hat der Behälter zusätzliche Anforderungen als Barriere zu erfüllen. Der Zeitraum hängt von Standort und Endlagerkonzeption ab. Deshalb wiederholt die ESK die Empfehlung für die Festlegung der diesbezüglichen Anforderungen an die Behälter aus der Stellungnahme der RSK und SSK [5]: „Im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse ist die Einhaltung der Schutzziele zu jedem Zeitpunkt nachzuweisen. Dieser Nachweis soll durch die Betrachtung des Gesamtkonzepts, bestehend aus technischen, geologischen und geotechnischen Barrieren, geführt werden. Dabei ist in der so genannten Transitionsphase, in der einerseits noch das Gros der Spaltprodukte und eine relativ hohe Wärmebelastung vorhanden sind, andererseits aber die geotechnische Barriere – wirtsgesteinsabhängig – noch nicht ihren Endzustand erreicht hat, der Einschluss sicherzustellen. Es ist standort- und konzeptspezifisch zu analysieren und festzulegen, welche zusätzlichen Anforderungen an die Behälter sich in der Transitionsphase ergeben.“
- Die kursiven Absätze in Abschnitt 8.3.7 sollten entfallen.
- Der kursive Text zu Abschnitt 8.4 sollte entfallen.
- Der Festlegung des Nachweiszeitraumes auf eine Million Jahre in Abschnitt 8.5 stimmt die Kommission zu. Dagegen sind aber aus Sicht der ESK die Ausführungen zu einem weiteren Nachweiszeitraum von bis zu zehn Millionen Jahren nicht zielführend. Die Kommission ist der Ansicht, dass in Deutschland für ausgewählte Standorte eine wissenschaftlich begründete Prognose über die Entwicklung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und seiner Eigenschaften über einen Zeitraum von einer Million Jahren möglich ist. Weiterhin muss für den Standort gezeigt werden, dass – nach Einschätzung von Experten – jenseits dieser Zeitmarke eine abrupte Änderung der Entwicklung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit drastisch veränderten Auswirkungen nicht erwartet wird. Nach Auffassung der ESK sollte diese Anforderung bereits in der Standortauswahl berücksichtigt und entsprechende Aussagen in der Standortbegründung des Antragstellers enthalten sein. In Sicherheitsnachweisen, die zu späteren Zeitpunkten vorgelegt werden, ist nach Auffassung der ESK zu

begründen, dass diese Aussagen auch vor dem Hintergrund des jeweils aktuellen Wissensstandes Gültigkeit besitzen. Die diesbezüglichen Anforderungen sollten deshalb entsprechende Randbedingungen für die Nachweisführung des Antragstellers definieren.

Der kursive Text in Abschnitt 8.5 sollte entfallen.

- Die in Abschnitt 8.6 formulierten Anforderungen zu über die deterministischen Analysen hinaus durchzuführenden „zusätzlichen“ Rechnungen sind schwer verständlich. Der Stellenwert von deterministischen im Vergleich zu offenbar gemeinten probabilistischen Analysen bleibt unklar. Hier sollten die übergeordneten Anforderungen an die Rechnungen vollständig dargestellt werden. Die detaillierten Festlegungen zur Durchführung der Rechnungen sollten dagegen in eine Leitlinie verlegt werden. Die im BMU-Entwurf vorgesehene Orientierung der Nachweisführung an der 95. Perzentile (19 von 20 Fälle) bei probabilistischen Rechnungen ist nach Auffassung der ESK sachgerecht.
- In Abschnitt 8.7 ist die Sonderstellung von Szenarien des menschlichen Eindringens in Bezug auf die Nachweisführung klar darzustellen (siehe auch Kapitel 5 dieser Stellungnahme), insbesondere, dass sie nicht an den gleichen Kriterien gemessen werden wie die Szenarien für die wahrscheinlichen und weniger wahrscheinlichen Entwicklungen. Die Ausführungen im kursiven Text sind nicht geeignet, um klare Vorstellungen über die Anforderung an die Nachweisführung hinsichtlich der Szenarien menschlichen Eindringens zu erzeugen. Die Kommission hält die Festlegung radiologischer Grenzwerte für Szenarien des menschlichen Eindringens für problematisch und empfiehlt, darauf ganz zu verzichten. Sie verweist im Zusammenhang mit dieser Frage auf ein Positionspapier [18], das von einem durch BfS, BGR, DBE Technology, FZK-INE, GRS und TU Clausthal besetzten Arbeitskreis erstellt worden ist. Die Kommission teilt die Forderung des BMU nach einer Leitlinie zu Szenarien des menschlichen Eindringens.
- In Abschnitt 8.8 sollte nach Auffassung der ESK klar dargestellt werden, dass sich die Ausführungen lediglich auf ein Monitoring- und Beweissicherungsprogramm beziehen. Es muss der Eindruck vermieden werden, dass dieses Programm für die Gewährleistung der Sicherheit des Endlagers erforderlich ist.

Außerdem fehlt in Abschnitt 8.8 die Festlegung, wer für das Messprogramm verantwortlich ist. Implizit ist die Formulierung so gewählt, dass dies der ehemalige Endlagerbetreiber ist. Dies bedingt aber, dass diese Organisation auch nach dem Verschluss des Endlagers für ausreichend lange Zeit weiterexistieren muss.

Die ESK hält ein solches Messprogramm für sinnvoll; nicht erforderlich ist aber, dass dafür jetzt eine Organisation festgelegt wird. Es sollte deshalb so formuliert werden, dass rechtzeitig vor Verschluss des Endlagers das Monitoring- und Beweissicherungsprogramm festzulegen ist. Das Gleiche gilt für die dann für die Durchführung und Instandhaltung der erforderlichen Einrichtungen zuständige Organisation. Außerdem ist dann festzulegen, welche Behörde(n) bei Befunden aus dem Monitoring- und Beweissicherungsprogramm reagieren muss (müssen).

- Nach Auffassung der ESK sollten die Inhalte von Abschnitt 8.9 klarer gefasst werden, insbesondere sollte der Gedanke der Anforderung an die Abfallgebinde vom Aspekt der Kontrolle getrennt werden. Ausgangspunkt für Anforderungen an die Abfallgebinde muss sein, dass die in einem Endlager für wärmeentwickelnde Abfälle zu lagernden Abfälle existieren und in jedem Fall endgelagert werden müssen. Ein Ausschluss eines Teils dieser Abfälle über Endlagerungsbedingungen ist nicht mit dem Ziel der Endlagerung aller radioaktiven Abfälle kompatibel. Vielmehr sind für alle existierenden Abfälle, die in dem Endlager für hochradioaktive Abfälle endgelagert werden müssen, geeignete Abfallgebinde zu entwickeln, die positive Ergebnisse der Sicherheitsanalysen ermöglichen.

Hinsichtlich der Gewährleistung der Eigenschaften der Abfallgebinde sind die Grundsätze in den Sicherheitsanforderungen selbst festzuhalten, nämlich,

- dass der Abfallverursacher verantwortlich dafür ist, dass die Abfallgebinde den geforderten Eigenschaften entsprechen und er dies nachweisen muss,
- dass zusätzlich eine unabhängige Produktkontrolle erfolgen muss und
- dass im Endlager Eingangskontrollen durchzuführen sind.

Diese Anforderungen können nicht im kursiven Text verbleiben, sondern gehören in den Haupttext.

Außerdem ist für all diese Vorgänge ein entsprechendes Sicherheitsmanagement einzurichten.

Details zu den Regelungen können in einer Leitlinie festgehalten werden.

6.9 Endlagerauslegung

Sachverhalt

In Kapitel 9 des BMU-Entwurfs [1] wird dargelegt, welche Anforderungen an die Endlagerauslegung zu stellen sind. Eine Trennung zwischen Anforderungen an den Endlagerbetrieb und an die Auslegung von technischen und geotechnischen Barrieren zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erfolgt nicht. Im Einzelnen werden Anforderungen formuliert hinsichtlich

- der Sicherheit in der Betriebsphase durch ein in vier Ebenen gestaffeltes Sicherheitskonzept,
- der Zuverlässigkeit und Robustheit von Sicherheitsfunktionen, vergleichbar dem kerntechnischen Regelwerk,
- der Erprobung von technischen und geotechnischen Komponenten,
- der Ausführung von Erkundungsbohrungen und Erkundungsschächte,
- der Festlegung der Grenzen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs im Geosystem,

- der Trennung von Einlagerungsbetrieb und Auffahrtbetrieb,
- der Einlagerungsfelder und Einlagerungsbereiche, ihrer Beladung, Verfüllung und ihrem Verschluss,
- der Gewährleistung der Sicherheit des Endlagers durch ein passives und wartungsfreies Barrierensystem,
- der Funktionstüchtigkeit des Barrierensystems,
- der Vorhaltung eines Stilllegungskonzeptes sowie der Gewährleistung, dass im Falle des Erfordernisses das Konzept umgesetzt werden kann,
- der Organisationsstruktur des Betreibers,
- des Managementsystems der Verfahrensbeteiligten und
- der Dokumentation der sicherheitsrelevanten Daten über das Endlagersystem.

Bewertung

Im Hinblick auf die Fragestellung des Beratungsauftrages bezüglich der Vollständigkeit der Anforderungen im BMU-Entwurf [1] ist die Kommission der Auffassung, dass das Kapitel 9 „Endlagerauslegung“ hinsichtlich der Regelungstiefe inhomogen ausgestaltet ist. Darüber hinaus sind in den Abschnitten 9.9 - 9.12 Anforderungen formuliert, die inhaltlich nicht der Endlagerauslegung zuzuordnen sind und in anderen Kapiteln bzw. in Leitlinien geregelt werden sollten.

Insbesondere ist die ESK der Ansicht, dass im Rahmen einer Neustrukturierung des Kapitels zumindest nach betrieblichen Anforderungen und Auslegungsanforderungen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit unterschieden werden muss. Ergänzend sollten im Hinblick auf die Vollständigkeit der Anforderungen an die Endlagerauslegung die folgenden Aspekte berücksichtigt werden:

- Grundanforderungen an die Endlagerauslegung auf der Grundlage des Sicherheitskonzeptes,
- Anforderungen im Hinblick auf die Festlegung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs,
- Anforderungen an die Abfälle und die Behälter,
- Anforderungen an die Errichtung des Endlagerbergwerks,
- Anforderungen an den Endlagerbetrieb und
- Anforderungen an die Stilllegung und den Verschluss des Endlagers.

Die in Kapitel 9 enthaltenen Anforderungen werden im Einzelnen wie folgt bewertet:

- In Abschnitt 9.1 ist für die 4. Sicherheitsebene (auslegungsüberschreitende Störfälle/Ereignisse) „Maßnahmen begrenzen Umgebungsauswirkungen“ durch „Maßnahmen vermindern Umgebungsauswirkungen“ zu ersetzen.
- Abschnitt 9.2 bedarf der grundlegenden Überarbeitung und Klarstellung. Es muss klar unterschieden werden, welche der Anforderungen sich an den Endlagerbetrieb richten und welche an die Auslegung von technischen und geotechnischen Systemen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit gerichtet sind.

Im Weiteren darf die Forderung nach Erprobung für die Sicherheit wesentlicher Komponenten nicht derart mit den Begriffen Robustheit und Sicherheitsreserven verknüpft werden. Die Forderung nach Erprobung ergibt sich aus der Sicherheitsrelevanz der Komponenten. Die Begriffe Robustheit und Sicherheitsreserven bedürfen einer eindeutigen Definition. Die wesentlichen Elemente der Robustheit müssen erläutert werden. Ebenso muss erläutert werden, was in einer Sicherheitsbewertung unter Sicherheitsreserve zu verstehen ist und was ihr zuzurechnen ist. Ebenfalls muss dargelegt werden, was im Sinne der Anforderung unter Erprobung zu verstehen ist bzw. welche Anforderungen an eine alternative Nachweisführung gestellt werden.

Die Anforderung an die Erprobung von Komponenten vor dem Hintergrund der an sie gestellten Erwartungen auf langzeitige Funktionstüchtigkeit muss klarer strukturiert und inhaltlich präzisiert werden.

- Die in Abschnitt 9.3 formulierte Anforderung „Erkundungsbohrungen und Erkundungsschächte sind so gebirgsschonend wie möglich auszuführen und so zu verschließen, dass die Barriere-Eigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs unter Einbeziehung der erforderlichen Sicherheitsfesten erhalten bleiben“, ist nicht in direktem Zusammenhang mit der Endlagerauslegung zu sehen. Vielmehr ist sie dem Verfahrensschritt Endlagererkundung zuzuordnen. Die Anforderung einer schonenden Ausführung ist auch an die Phase der Errichtung zu stellen. Der Einschub „unter Einbeziehung der erforderlichen Sicherheitsfesten“ muss entfallen, da die Sicherheitsfesten aus bergtechnischen Erwägungen abgeleitet werden und nicht mit Erwägungen zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich in Beziehung stehen.
- Im Abschnitt 9.4 werden Anforderungen an die Grenzen des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches abgeleitet, ohne dass dieser in den Sicherheitsanforderungen eindeutig definiert bzw. erläutert ist. Die Forderung nach entsprechender Tiefenlage ergibt sich nur aus dem kursiven Text. Die ESK ist der Ansicht, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich als ein zentrales Element des Endlagersystems klar und präzise erläutert werden muss (siehe Kapitel 5).
- Die in Abschnitt 9.7 formulierte zentrale Anforderung „Die Sicherheit des Endlagers nach seiner Stilllegung ist durch ein gestaffeltes Barrierensystem sicherzustellen, das seine Funktionen passiv und wartungsfrei erfüllt.“ stellt nach Ansicht der Kommission ein Sicherheitsprinzip dar und sollte auch dort (in Kapitel 5 der Sicherheitsanforderungen) platziert werden.
- Die Ausführungen über ein robustes Barrierensystem und die Anforderung an das Einschlussvermögen dieses Barrierensystems in Abschnitt 9.8 bedürfen nach Ansicht der ESK einer Überarbeitung und einer Klarstellung, was unter Barrierensystem, einzelne Barrieren, Funktionstüchtigkeit und Wirkung zu verstehen ist und wie der Wirkungszusammenhang interpretiert werden muss, sodass eine eindeutige Anforderung abgeleitet werden kann. Insbesondere verweist die Kommission diesbezüglich auf die Ausführungen in Kap. 4 der Stellungnahme von RSK und SSK [5].

- Die Abschnitte 9.9 - 9.12 sind inhaltlich teilweise dem Sicherheitsmanagement zuzuordnen. Insgesamt sind sie aber nicht ausreichend. Die ESK hält ein eigenes Kapitel mit systematischen Anforderungen an das Sicherheitsmanagement in den Sicherheitsanforderungen für absolut notwendig (siehe Kapitel 5). Dort sind auch die Anforderungen hinsichtlich des Sicherheitsmanagements aus den Abschnitten 9.9 - 9.12 zu integrieren.
- Hinsichtlich des in Abschnitt 9.9 geforderten Stilllegungskonzeptes müssen Auslegungsanforderungen formuliert werden.
- Hinsichtlich der in Abschnitt 9.12 geforderten Dokumentation müssen zusätzlich die Auslegungsanforderungen an das System der Dokumentation formuliert werden. Außerdem greift die im letzten Satz formulierte Anforderung an die Aufbewahrung zu kurz. Aus Sicht der ESK ist es erforderlich, dass die zentrale Auslegungsanforderung eine in der Zukunft möglichst gut zur Verfügung stehende Information ist. Für das Dokumentationssystem muss ein entsprechender Nachweis geführt werden. Dieser kann sich nicht allein auf Aufbewahrungsorte beziehen, sondern er muss beispielsweise auch die Zugänglichkeit behandeln.

7 Beantwortung der Fragen des BMU

Die erste Frage im Beratungsauftrag des BMU [6] lautet folgendermaßen:

Ist der vom BMU veröffentlichte Entwurf insoweit vollständig, dass bei seiner Zugrundelegung im atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren davon auszugehen ist, dass nach Stand von Wissenschaft und Technik sämtliche für die Sicherheit des Endlagers wesentlichen Anforderungen erfasst werden? Die Empfehlungen der ICRP (ICRP 81 [7] und ICRP 103 [8]) und der IAEO (SF-1 [9], WS-R-4 [10] und DS 334 (Draft) [11]) sind hierbei besonders zu beachten.

Zusammenfassend stellt die ESK fest, dass der BMU-Entwurf viele wesentliche Anforderungen an die Sicherheit eines Endlagers für radioaktive Abfälle enthält. In den Kapiteln 5 und 6 dieser Stellungnahme wird auf eine Reihe von Defiziten eingegangen. Wenn diese Defizite in der von der ESK vorgeschlagenen Weise behoben werden, ist aus Sicht der ESK die Vollständigkeit der Sicherheitsanforderungen im Sinne der Frage des BMU erreicht.

Die ESK hat in einer Ausarbeitung durch die GRS [20] durch eine synoptische Gegenüberstellung überprüfen lassen, wie weit die in der Frage genannten Empfehlungen im BMU-Entwurf berücksichtigt wurden. Bei der Bewertung des Ergebnisses aus [20] muss berücksichtigt werden, dass diese internationalen Empfehlungen zum Teil einen weiteren Themenkreis behandeln (z. B. juristischer und organisationaler Rahmen, Standortsuche, Umgang mit der Öffentlichkeit, Safeguards) als der BMU-Entwurf für die Sicherheitsanforderungen [1].

Bei den Themen, die sinnvollerweise in den Sicherheitsanforderungen behandelt werden sollten, ergeben

sich aus Sicht der ESK bedeutende Defizite im Vergleich zu internationalen Empfehlungen. Folgendes ist im BMU-Entwurf nicht oder nur partiell enthalten:

- Eine explizite Anforderung zur Beschreibung des Sicherheitskonzepts,
- Anforderungen an den Betreiber, wie in WS-R-4 [10, Abschnitte 3.11 bis 3.13] (nur partiell),
- Anforderungen an die Dokumentation, wie sie in WS-R-4 [10, Abschnitt 3.14] enthalten sind,
- allgemeine und übergeordneten Anforderungen an die Sicherheit und das Verständnis zur Erlangung der Sicherheit, wie sie in WS-R-4 enthalten sind,
- eine klare Forderung nach einem Sicherheitsnachweis für den Betrieb, wie in den internationalen Empfehlungen enthalten,
- der explizite Umgang mit Unsicherheiten oder Anforderungen bezüglich des Unsicherheitsmanagements,
- Anforderungen an den Sicherheitsnachweis und seine Dokumentation (nicht im erforderlichen Umfang); insbesondere sind – verglichen mit WS-R-4 [10] – die Ausführungen, wie das Vertrauen in die Sicherheitsnachweise dokumentiert werden soll, zu wenig konkret,
- Anforderungen an das Sicherheitsmanagement in einer zum IAEA-Dokument WS-R-4 [10, Abschnitte 3.82 ff] vergleichbaren Tiefe.

Diese Punkte überschneiden sich in der Regel mit Punkten, die in den Kapiteln 5 und 6 dieser Stellungnahme behandelt werden.

Die zweite Frage im Beratungsauftrag des BMU [6] lautet folgendermaßen:

Sind nach Stand von Wissenschaft und Technik weitergehende oder andere Anforderungen, z. B. an die Eigenschaften von Barrieren oder an die schrittweise Optimierung, zu stellen?

Aus Sicht der ESK sind eine Reihe von weitergehenden oder anderen Anforderungen zu stellen, als dies im BMU-Entwurf geschehen ist. Sie sind im Einzelnen in den Kapiteln 5 und 6 dieser Stellungnahme behandelt. Es handelt sich dabei vor allem um folgende Themen:

- Sicherheitsmanagement,
- Robustheit,
- Menschliches Eindringen,
- Ressourcenschutz,

- Schrittweiser Prozess,
- Schrittweise Optimierung,
- Einteilung in Wahrscheinlichkeitsklassen,
- Nachweis und Nachweisführung der Langzeitsicherheit (Safety Case),
- Eigenschaften von Barrieren,
- Einschlusswirksamer Gebirgsbereich,
- Nachweis der Betriebssicherheit und
- Dokumentation.

Die dritte Frage im Beratungsauftrag des BMU [6] lautet folgendermaßen:

Sind, wie vorgesehen, Leitlinien zur Berechnung der effektiven Dosis und von Risikowerten (Punkt 8.3.2) sowie zur Festlegung von Referenzszenarien zum menschlichen Eindringen (Punkt 8.7) ausreichend oder wird eine weitere Detaillierung durch Leitlinien empfohlen?

Die ESK befürwortet den Ansatz, die Vorgehensweise bei der Anwendung radiologischer Modelle für die Berechnung der theoretischen Langzeitentwicklungen eines Endlagers in einer Leitlinie zu regeln. Die kursiv gedruckten Ausführungen in Abschnitt 8.3.2 sollten in eine solche Leitlinie verlagert, detailliert und vervollständigt werden.

Ebenso teilt die ESK die Forderung des BMU nach einer Leitlinie, in der die Vorgehensweise zur Festlegung von Referenzszenarien zum menschlichen Eindringen (Abschnitt 8.7) geregelt wird.

Die ESK empfiehlt darüber hinaus, eine Reihe von weiteren Leitlinien zu erstellen. Abgeleitet und begründet wird dies in den einschlägigen Abschnitten des Kapitels 6 dieser Stellungnahme. Es handelt sich um Leitlinien zu folgenden Themen:

- Gewährleistung der Eigenschaften der Abfallgebinde und Produktkontrolle (vgl. Kapitel 6.8 dieser Stellungnahme),
- Sicherer Betrieb des Endlagers einschließlich Störfallvermeidung und Störfallbeherrschung (vgl. Kapitel 6.8 dieser Stellungnahme),
- Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers einschließlich des dabei zu verwendenden Indikatorensystems (vgl. Kapitel 6.8 dieser Stellungnahme),
- Einordnung möglicher bzw. denkbarer Entwicklungen in drei Wahrscheinlichkeitsklassen (vgl. Kapitel 6.7 dieser Stellungnahme),
- detaillierte Festlegungen zur Durchführung von Nachweisrechnungen (vgl. Kapitel 6.8 dieser Stellungnahme).

Dabei ist zu prüfen, inwieweit es zweckmäßig ist, einzelne der genannten Themen in einer Leitlinie zusammen zu behandeln.

Nach Erstellung des von der ESK für die Sicherheitsanforderungen geforderten Kapitels zum Sicherheitsmanagement muss gegebenenfalls entschieden werden, ob hierzu ebenfalls eine untersetzende Leitlinie erforderlich ist.

8 Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver
Abfälle – Entwurf
Bonn, 29. Juli 2008

- [2] Bundesministerium des Innern (BMI)
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk
Rdschr. d. BMI v. 20.04.1983 – RS - AGK 3 - 515 790/2

- [3] Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK betreffend BMU-Fragen zur
Fortschreibung der Endlager-Sicherheitskriterien
Anlage 2 zum Ergebnisprotokoll der 357. Sitzung der Reaktor-Sicherheitskommission
am 05.12.2002 (einschließlich der Beratungsergebnisse der 182. Sitzung der
Strahlenschutzkommission am 04. – 06.12.2002)

- [4] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS)
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen
geologischen Formationen
GRS-A-3358, Januar 2007

- [5] Gemeinsame Stellungnahme der RSK und der SSK zum GRS-Bericht
„Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen
geologischen Formationen“ vom 03.07.2008

- [6] Schreiben RS III 2 – 17005/0 des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit (BMU) vom 29.09.2008
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver
Abfälle
Beratungsauftrag

- [7] ICRP-81: Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-
lived Solid Radioactive Waste, Sep. 1999

- [8] ICRP-103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection Annex A, ICRP publication 103 - Annals of the ICRP, 37, 2-4 (2007)

- [9] IAEA: Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals No. SF-1 – IAEA, Vienna, 2006

- [10] IAEA: Geological Disposal of Radioactive Waste, Safety Requirements No. WS-R-4 – IAEA, 2006

- [11] IAEA: Geological Disposal of Radioactive Waste, Draft Safety Guide DS 334, 2008-04-30

- [12] OECD/NEA: Post-Closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and Purpose. – NEA-3679, 2004

- [13] ICRP-101: The Optimisation of Radiological Protection – Broadening the Process. Jan. 2007

- [14] Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle – Übereinkommen über nukleare Entsorgung (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, INFCIRC/546) vom 05.09.1997, in Kraft seit 18.06.2001; Gesetz hierzu vom 13.08.1998 (BGBl. II 1998, Nr. 31, S. 1752), in Kraft für Deutschland seit 18.06.2001 (BGBl. II 2001, Nr. 36. S. 1283)

- [15] Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte.

- [16] WHO – World Health Organization (2006) Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1, Recommendations: addendum.- 3rd edition

- [17] ICRP (1991): 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60 – Annals of the ICRP, 21, 1-3
- [18] Position des Arbeitskreises „Szenarientwicklung“:
Behandlung des menschlichen Eindringens in ein Endlager für radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen
Atw 53. Jg (2008), Heft 8/9 – August/September
- [19] Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Entwurf: 18. März 2008
Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen, G03/d
- [20] Synoptische Gegenüberstellung der Aussagen in:
IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. WS-R-4
GEOLOGICAL DISPOSAL OF RADIOACTIVE WASTE SAFETY
REQUIREMENTS
und
Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Entwurf: 29. Juli 2008
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Arbeitsbericht
A. Kindt, B. Baltes, Dezember 2008