

Positionspapier

Anforderungen an eine künftige Endlager- Sicherheitsverordnung

Darmstadt, 17. Oktober 2007

Öko-Institut e.V.
Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Telefon +49 (0) 6151 - 8191 - 0
Fax +49 (0) 6151 - 8191 - 33

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 50 02 40
D-79028 Freiburg
Hausadresse
Merzhauser Straße 173
D-79100 Freiburg
Telefon +49 (0) 7 61 - 4 52 95-0
Fax +49 (0) 7 61 - 452 95-88

Büro Berlin
Novalisstraße 10
D-10115 Berlin
Telefon +49 (0) 30 - 28 04 86-80
Fax +49 (0) 30 - 28 04 86-88

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 2 | Schutzziele | 3 |
| 2.1 | Voranstellen des Ordnungsziels | 3 |
| 2.1.1 | Systematisierung und Vereinheitlichung der Begriffe | 4 |
| 2.1.2 | Vorschläge für Begriffsdefinitionen | 5 |
| 2.2 | Unterscheidung der Betriebsphase und Nachbetriebsphase | 6 |
| 2.3 | Erfassung radiologischer und chemotoxischer Gefahren | 6 |
| 2.3.1 | Integrierter Ansatz – basierend auf mehreren Verordnungsermächtigungen | 7 |
| 2.3.2 | Atomrechtlicher Ansatz – basierend auf einer atomgesetzlichen Verordnungsermächtigung | 8 |
| 3 | Stufung des Verfahrens und Verfahrensablauf | 8 |
| 3.1 | Kurzbeschreibung des Verfahrensablaufs | 9 |
| 3.2 | Gestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen für ein stufenweises Verfahren | 12 |
| 4 | Optimierungsprozess | 13 |
| 5 | Langzeitsicherheitsnachweis | 14 |
| 5.1 | Isolationsprinzip | 15 |
| 5.2 | Wahrscheinliche, weniger wahrscheinliche und auszuschließende Entwicklungen | 15 |
| 5.3 | Grenzwerte für die Individualdosis | 16 |
| 5.4 | FEP-Katalog als Grundlage | 16 |
| 5.5 | Anforderungen an die technischen und geotechnischen Barrieren | 17 |
| 5.6 | Referenzkollektiv | 18 |
| 5.7 | Kodifizierung im Atomrecht | 18 |
| | Anhang | 22 |

Die Bundesregierung beabsichtigt die Erarbeitung einer Endlager-Sicherheitsverordnung, um den Regelungsrahmen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle zu schaffen. In diesem Zusammenhang wurde im Januar 2007 von der GRS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) ein Entwurf für „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ vorgelegt, der die Sicherheitskriterien aus dem Jahr 1983 unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik aktualisieren soll.

Eine erste fachöffentliche Diskussion über diesen Entwurf zu den Sicherheitsanforderungen hat im Rahmen eines vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) organisierten Workshops stattgefunden, bei dem auch Wissenschaftler des Öko-Instituts vertreten waren. Zudem sind Wissenschaftler des Öko-Instituts an weiteren nichtöffentlichen Diskussionen beteiligt, z.B. in der gemeinsamen Ad-hoc-Arbeitsgruppe der RSK und SSK zu den Endlagersicherheitsanforderungen.

Das Öko-Institut nimmt die Planungen des Bundesumweltministeriums sowie den GRS-Entwurf der Sicherheitsanforderungen zum Anlass, zu ausgewählten Themenbereichen der Endlagerung mit dem vorliegenden Positionspapier Stellung zu nehmen. Das Positionspapier unterbreitet einerseits zu ausgewählten Themenbereichen inhaltliche Vorschläge für die geplante Endlager-Sicherheitsverordnung und nimmt andererseits zu bestimmten Aspekten des Entwurfs der Sicherheitsanforderungen der GRS in einem gesonderten Anhang Stellung.

1 Einleitung

Die Realisierung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen ist ein komplexer Prozess, der sich an verschiedenen naturwissenschaftlichen, technischen und sozialwissenschaftlichen Anforderungen orientieren muss. Der Stand der nationalen und internationalen Erfahrungen, der sich in Empfehlungen und Veröffentlichungen widerspiegelt, stellt eine wichtige Grundlage zur Festlegung dieser Anforderungen dar.

Das vorliegende Positionspapier ist auf diejenigen Themenbereiche fokussiert, die in der aktuellen Diskussion in Deutschland von besonderer Relevanz und aus Sicht des Öko-Instituts richtungbestimmend für die Konzeption einer Endlager-Sicherheitsverordnung sind. Die Schwerpunkte sind wie folgt:

- **Schutzziele (Kapitel 2):** Sie bilden einen wesentlichen Maßstab für die Sicherheitsanforderungen; an ihnen richtet sich das gesamte System der Endlagerung aus.
- **Verfahrensablauf (Kapitel 3):** Nach internationalen Erkenntnissen ist ein klar definiertes gestuftes Verfahren für die Standortauswahl und -bewertung sowie die anschließende Zulassung von Errichtung und Betrieb wesentliche Grundlage für die Endlagerbereitstellung.

- Optimierungsprozess (Kapitel 4): Gemäß internationalen Empfehlungen ist bei der Realisierung des Endlagers eine Optimierung erforderlich, mit dem Ziel einen unter Abwägung der Verhältnismäßigkeit höchst möglichen Schutz zu gewährleisten. Dies erfordert die Festlegung entsprechender Rahmenbedingungen im Verfahrensablauf.
- Sicherheitsnachweis (Kapitel 5): Der Sicherheitsnachweis, als ein wesentliches Element des Safety Case, begleitet alle Phasen eines Endlagers von der Planung bis zur Stilllegung und ist damit ein zentrales Instrument des Verfahrens. Gleichzeitig stellt der lange Nachweiszeitraum für die geologische Endlagerung besondere Anforderungen an die Konzeption des Langzeitsicherheitsnachweises.

2 Schutzziele

Die Schutzziele bilden den entscheidenden Maßstab für die Sicherheitsanforderungen, deshalb wird dieser Problematik im Positionspapier eine besondere Stellung eingeräumt.

Die Schutzziele bei der Endlagerung sind Gegenstand internationaler Empfehlungen (siehe /OECD/NEA 2004a/; /IAEA 2006/). Die Schutzprinzipien der IAEA (Fundamental Safety Principles) fordern den Schutz von Mensch und Umwelt vor radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung. Die internationalen Empfehlungen sind in Bezug auf die Schutzziele wesentlich differenzierter als das gegenwärtige nationale Regelwerk. Deshalb muss die Chance einer zukünftigen Endlager-Sicherheitsverordnung genutzt werden, die wesentlichen Schutzziele für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle entsprechend dem internationalen Standard in das nationale Recht zu integrieren. Insbesondere sind folgende Ansätze zu berücksichtigen:

- ein übergeordnetes Verordnungsziel sollte vorangestellt werden (bei gleichzeitiger Systematisierung und Vereinheitlichung der gesetzlichen Begriffe zu Schutzzielen und Schutzgütern);
- es sollte zwischen Betriebsphase und Nachbetriebsphase unterschieden werden;
- neben den radiologischen sollten auch die chemotoxischen Auswirkungen in der Verordnung berücksichtigt werden.

2.1 Voranstellen des Verordnungsziels

Eine moderne Umweltgesetzgebung sollte übergeordnete und damit regelungsleitende Ziele an den Anfang jeder Regelung stellen. Damit werden gleichzeitig den zuständigen Behörden wichtige Anhaltspunkte bei der Ausübung des Ermessens und der Ausfüllung von Beurteilungsspielräumen im Genehmigungsverfahren sowie bei der Abwägung entscheidungserheblicher Belange im Planfeststellungsverfahren gegeben.

2.1.1 Systematisierung und Vereinheitlichung der Begriffe

In der Verordnung sollte einleitend zwischen den Begriffen „*Allgemeines Schutzziel bei der Endlagerung*“, „*Konkretes Schutzziel bei der Endlagerung*“ und „*Schutzgut*“ unterschieden werden. Diese systematische Abgrenzung ist notwendig, um die Begriffe juristisch handhabbar zu machen und eine einheitliche Verwendung zu gewährleisten.

Die „allgemeinen Schutzziele“ dienen der Festlegung und Konkretisierung der übergeordneten Leitlinien einer Endlagerung. Sie sind erforderlich um die übergeordneten ethischen Prinzipien zu verankern. Bei den allgemeinen Schutzzielen sollten die wesentlichen drei Schutzkriterien *Isolation vom menschlichen Lebensraum, Langzeiteinschluss und radioaktiver Zerfall innerhalb des Endlagersystems* sowie *Verminderung von Freisetzung in die Biosphäre* enthalten sein (siehe /OECD/NEA 2004b/). Diese Kriterien unterscheiden bereits in Betriebs- und Nachbetriebsphase. Der Langzeiteinschluss gilt nur für die Phase nach Einschluss, während die Isolation vom menschlichen Lebensraum sowie die Verminderung der Freisetzung von Radionukliden in die Biosphäre auch bereits für die Betriebsphase Geltung beanspruchen. Bestandteil der allgemeinen Schutzziele sollte des Weiteren die Vermeidung der Belastung künftiger Generationen sowie die Vermeidung nachteiliger sozioökonomischer Entwicklungen sein.

Die „konkreten Schutzziele“ dienen der Konkretisierung und vor allem Vollziehbarkeit der allgemeinen Schutzziele. Sie müssen formuliert werden, damit eine Überprüfung ihrer Einhaltung möglich ist. Die konkreten Ziele müssen die Einhaltung von Grenzwerten, ausgerichtet an den unterschiedlich wahrscheinlichen Entwicklungen beinhalten (siehe Kapitel 5). Derzeit gibt es keine Vorgaben zur Ermittlung der Strahlenexposition, insbesondere die Entwicklung einer Berechnungsvorschrift steht hier noch aus. Die bestehende allgemeine Verwaltungsvorschrift (AVV) zu § 47 StrlSchV /AVV 1990/ wurde nicht zum Zweck der Beurteilung von Langzeitsicherheitsfragen der Endlagerung entwickelt; sie kann bei der Endlagerung lediglich auf die Betriebsphase der Anlage angewendet werden. Deshalb sollte in die künftige Endlager-Sicherheitsverordnung eine Ermächtigung für eine Verwaltungsvorschrift nach dem Vorbild des § 47 Abs. 2 StrlSchV /STR 2001/ aufgenommen werden, in der alle für die Ermittlung der Strahlenexposition bei der Langzeitsicherheitsbetrachtung der Endlagerung relevanten Annahmen enthalten sein sollen.

Für den Fall einer integrierten Betrachtung der radiologischen und chemotoxischen Auswirkungen (siehe Kapitel 2.3.1) sind neben den Grenzwerten für die (radiologische) Individualdosis auch chemotoxische Grenz- bzw. Bemessungs- oder Prüfwerte in die Endlager-Sicherheitsverordnung aufzunehmen. Bei den chemotoxischen Werten empfiehlt es sich, diese mit den für chemotoxische Stoffe bereits vorhandenen Regelungen zu harmonisieren oder sich direkt auf diese Vorschriften zu beziehen.

In den konkreten Schutzzielen ist auf die Unterscheidung des Zeitraums vor und nach Verschluss des Endlagers hinzuweisen, da hier auch eine Unterscheidung von Grenzwerten vorgenommen werden muss. Die Grenzwerte für die Individualdosis gemäß

§ 47 Abs. 1 StrlSchV gelten für die Betriebsphase der Anlage. Für die Phase nach Verschluss des Endlagers müssen jedoch in der Endlager-Sicherheitsverordnung noch spezifische Grenzwerte für die Individualdosis festgelegt werden, und zwar in Abhängigkeit von den unterschiedlich wahrscheinlichen Entwicklungen (vgl. Kapitel 5).

„Schutzgüter“ sind diejenigen Güter, die vor Schäden durch radiologische und – im Fall der Erweiterung des Anwendungsbereichs der Verordnung (vgl. Kapitel. 2.3.1) – durch chemotoxische Auswirkungen geschützt werden sollen. Sie sind Bezugspunkte der Schutzziele. Die Schutzgüter sollten differenzierter als bisher benannt sein und damit dem internationalen Standard folgen /IAEA 2006/. Bisher regelt das Atomgesetz (AtG) /ATG 1985/ den Schutz von *Leben, Gesundheit und Sachgütern*; die Strahlenschutzverordnung wiederum den Schutz von *Mensch und Umwelt*.

Eine Verordnung für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sollte den heutigen Stand der Diskussion zu Schutzgütern als Basis heranziehen. Als schützenswert genannt werden müssen dabei Rechtsgüter des Menschen und der Umwelt in gleichem Maße. Anhaltspunkte für eine Differenzierung diesbezüglich sind auch im Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVPG) /UVPG 2005/ zu finden. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass neben der gesundheitlichen auch die soziale Dimension der Endlagerung in Zukunft durch Hinweis auf die Lebensqualität und die sozioökonomische Stabilität stärker hervorgehoben werden sollte. Zwar beinhalten auch Fragen der menschlichen Gesundheit oder der Erhaltung der biologischen Vielfalt Aspekte von Lebensqualität, davon nicht erfasst sind jedoch beispielsweise die Arbeits- und Lebensbedingungen innerhalb einer von der Endlagerung betroffenen Region.

2.1.2 Vorschläge für Begriffsdefinitionen

Zur angemessenen Berücksichtigung in einem Verordnungstext werden im Folgenden Anregungen für die Formulierung der einzelnen Begriffe unterbreitet.

„Allgemeine Schutzziele der Endlagerung“:

- der umfassende Schutz gesetzlich festgelegter Güter (Schutzgüter) vor radiologischen Auswirkungen, indem (angelehnt an /IAEA 2006/)
 - die Abfälle sicher eingeschlossen werden, bis der größte Teil der Aktivität abgeklungen ist,
 - die Abfälle von der Biosphäre isoliert werden und damit die Wahrscheinlichkeit menschlichen Eindringens minimiert wird,
 - eine nennenswerte Migration von Radionukliden in die Biosphäre verzögert wird, bis ein großer Teil der Aktivität abgeklungen ist,
 - sichergestellt wird, dass mögliche radiologische Auswirkungen von eventuell in der Zukunft freigesetzten Nukliden gering sind;
- der umfassende Schutz vor chemotoxischen Belastungen;
- die Vermeidung von Belastungen zukünftiger Generationen, die von den Abfall verursachenden Technologien nicht profitiert haben;

- die Vermeidung nachteiliger sozioökonomischer Entwicklungen an dem gewählten Standort (z .B. Einschränkung der Lebensqualität und der sozioökonomischen Stabilität).

„Konkrete Schutzziele der Endlagerung“:

Konkrete Schutzziele für die Phase nach Verschluss betreffen die Einhaltung von Grenzwerten differenziert nach wahrscheinlichen, weniger wahrscheinlichen und auszuschließenden Entwicklungen, um sicherzustellen, dass die festgelegten allgemeinen Schutzziele erreicht werden. Hier sind die radiologischen und chemotoxischen Auswirkungen zu beachten und der Zeitraum vor Verschluss sowie nach Verschluss von vornherein zu unterscheiden. Bei der Planung von Anlagen ist die Strahlenexposition für eine Referenzperson zu ermitteln. Die Bundesregierung erlässt allgemeine Verwaltungsvorschriften über die bei der Berechnung zu Grunde zu legenden Annahmen.

„Schutzgüter“ sind:

1. Mensch: Leben und Gesundheit; Lebensqualität, sozioökonomische Stabilität;
2. Umwelt (artenbezogen): Flora und Fauna, biologische Vielfalt;
3. Umwelt (medienbezogen): Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft;
4. Kulturgüter und sonstige Sachgüter.

2.2 Unterscheidung der Betriebsphase und Nachbetriebsphase

Wichtig ist, dass bei den Schutzzielen zwischen dem Zeitraum vor und nach Verschluss zu unterscheiden ist, denn der Verschluss stellt eine Zäsur bei der Endlagerung dar. Ein wesentlicher Unterschied der beiden Phasen besteht darin, dass während der Betriebsphase aktiv in dem Endlager gearbeitet wird, während in der Phase nach Verschluss keine aktiven, bewusst geplanten menschlichen Eingriffe in das Endlagersystem mehr vorgesehen sind.

Dabei sind während der Betriebsphase für die Beschäftigten im Endlager andere Schutzziele und Grenzwerte anzusetzen als für die allgemeine Bevölkerung. Für beide Personengruppen gelten hier die gleichen Anforderungen wie bei anderen kerntechnischen Anlagen. Für die Nachbetriebsphase ist ein besonderes Augenmerk auf den sehr langen Zeitraum, für den die Schutzziele nach Verschluss eingehalten werden müssen, zu richten.

2.3 Erfassung radiologischer und chemotoxischer Gefahren

Bei der Endlagerung ist entscheidend, dass die Schutzziele sowohl die radiologischen als auch die chemotoxischen Auswirkungen erfassen. Eine lediglich auf die Verordnungsermächtigung des Atomgesetzes (§ 12 Abs. 1 Nr. 9 AtG) gestützte Endlager-Sicherheitsverordnung würde als untergesetzliches Regelwerk zum Atomgesetz zunächst nur die radiologischen Gefahren erfassen. Denn diese Ermächtigungsregelung

betrifft ausdrücklich nur die radioaktiven Reststoffe und radioaktiven Anlagenteile. Außerdem verweist das Atomgesetz in seiner Legaldefinition für radioaktive Stoffe in § 2 Abs. 1 S. 1 AtG nur auf den Radionuklidgehalt und die Aktivität bzw. spezifische Aktivität dieser Stoffe in Bezug auf die Kernenergie oder den Strahlenschutz. Chemotoxische Gefahren dagegen werden von der Begriffsbestimmung in § 2 Abs. 1 AtG nicht adressiert.

Für die Konzeption einer Endlager-Sicherheitsverordnung bestehen folglich zwei Möglichkeiten:

- Entweder stützt man die Verordnung auf mehrere, auch nicht-atomgesetzliche Ermächtigungsgrundlagen (hier: integrierter Ansatz)
- oder man erfasst mit der Verordnung lediglich die radiologischen Auswirkungen und regelt die chemotoxischen Gefahren in den dafür in Betracht kommenden Fachgesetzen und –verordnungen (hier: atomrechtlicher Ansatz).

2.3.1 Integrierter Ansatz – basierend auf mehreren Verordnungsermächtigungen

Bei der Konzeption der Endlager-Sicherheitsverordnung sollte eine integrierte Vorgehensweise gewählt und von einer erweiterten Ermächtigungsgrundlage Gebrauch gemacht werden, die es dem Gesetzgeber ermöglicht, auch die chemotoxischen Auswirkungen zu regeln. Die zukünftige Endlager-Sicherheitsverordnung sollte folglich auch auf diejenigen Verordnungsermächtigungen außerhalb des AtG gestützt werden, deren Anwendungsbereich die chemotoxischen Auswirkungen erfassen würde. Eine eindeutige Regelung in der Verordnung würde den Umgang erheblich erleichtern.

Solchen Festlegungen stehen keine verfassungsrechtlichen Bedenken entgegen. Aus den Vorgaben des Art. 80 Abs. 1 GG /GRU 1949/ lässt sich keine Beschränkung auf eine einzige Ermächtigungsgrundlage entnehmen, allerdings wird eine explizite Angabe der Rechtsgrundlage(n) in der Verordnung gefordert (Art. 80 Abs. 1 S. 3 GG, Zitiergebot). Eine Rechtsverordnung kann somit auf verschiedenen Ermächtigungsgrundlagen beruhen /BVerfGE 12, 341, 352/, /Bauer 1998/, /Burghart 2000/. Die Gesamtheit der Ermächtigungen muss aber ausreichen, um auch die Gesamtheit des Inhalts der Rechtsverordnung zu erfassen /Bryde 2003/, /Maunz 1978/, /BVerfGE 12, 341, 352/.

Wir schlagen deshalb vor, die Endlager-Sicherheitsverordnung neben der atomrechtlichen auch auf eine abfallrechtliche Ermächtigungsgrundlage zu stützen. Die Verordnungsermächtigung in § 12 Abs. 1 Nr. 1 und 2 KrW-/AbfG /KRW 1994/ beinhaltet die Möglichkeit, Anforderungen an die Abfallbeseitigung per Verordnung festzulegen. Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe im Sinne des AtG sind gemäß § 2 Abs. 2 Nr. 2 KrW-/AbfG vom Anwendungsbereich des KrW-/AbfG ausgeschlossen.

Der integrierte Ansatz hätte den Vorteil, dass – ausgehend von einer atom- und einer abfallgesetzlichen Ermächtigung – beim sachlichen Anwendungsbereich der Ver-

ordnung keine Unterscheidung in radioaktive und nicht-radioaktive Stoffe vorgenommen werden muss.

Allerdings muss hinsichtlich des sachlichen Anwendungsbereiches sowohl für die radiologischen als auch für die chemotoxischen Auswirkungen eindeutig geklärt werden, auf welches Inventar die Endlager-Sicherheitsverordnung angesichts dreier abgestufter Möglichkeiten Anwendung finden soll. Diese drei Möglichkeiten lassen sich wie folgt differenzieren:

- Stufe 1: alleinige Betrachtung der radioaktiven Abfälle oder
- Stufe 2: zusätzliche Betrachtung der Behälter und Schutzvorrichtungen, in denen die radioaktiven Stoffe gelagert werden, und
- Stufe 3: zusätzliche Betrachtung auch des Versatz- und Verschlussmaterials.

Der Betrachtungsumfang sollte in der Verordnung genau angegeben werden.

2.3.2 Atomrechtlicher Ansatz – basierend auf einer atomgesetzlichen Verordnungsermächtigung

Für den Fall, dass entgegen des hier unterbreiteten Vorschlags eine Verordnungskonzeption gewählt wird, die nur auf einer atomgesetzlichen Verordnungsermächtigung beruht, ist auf die Einhaltung der Festlegungen zur Abwehr chemotoxischer Gefahren explizit zu verweisen. Dieser Verweis ist in die Endlager-Sicherheitsverordnung aufzunehmen.

Ein bloßer Verweis auf die Einhaltung der übrigen öffentlich-rechtlichen Vorschriften genügt dabei allerdings nicht. Vielmehr bedarf es der Regelung inhaltlicher Anforderungen in den Fachgesetzen, die die Regelungen der Endlager-Sicherheitsverordnung ausreichend flankieren. Die Schaffung dieser Regelungen bezüglich chemotoxischer Auswirkungen bei der Endlagerung muss folglich ebenso gewährleistet werden wie die Regelung radiologischer Gefahren in der Endlager-Sicherheitsverordnung selbst. Dabei ist vor allem der jeweilige sachliche Anwendungsbereich der in Betracht kommenden Fachgesetze zu klären, um die Anwendbarkeit in Bezug auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle zu gewährleisten.

Auch bei diesem Ansatz muss die oben dargelegte Definition des zu betrachtenden Inventars erfolgen.

3 Stufung des Verfahrens und Verfahrensablauf

Das Verfahren zur Realisierung eines Endlagers ist sehr komplex und muss deshalb viele Wechselwirkungen berücksichtigen. Erfahrungen in einer Reihe von Ländern zeigen, dass in einem intransparenten Prozess Verfahrensschritte am Widerstand der Öffentlichkeit scheitern. Die Gewährleistung eines transparenten Verfahrens ist deswegen sehr wichtig. Auch in internationalen Empfehlungen wird die Einführung eines stufenweisen Verfahrens empfohlen. So wird u. a. von /IAEA 2006/ und /ICRP 1998/ gefordert, dass die Schaffung eines angemessenen gesetzlichen und organisa-

torischen Rahmens erfolgen soll, der vor allem die Festlegung von Schritten bestimmt, nach denen die Entwicklung und Genehmigung eines Endlagers realisiert werden soll.

Der folgenden Darstellung einiger gegenüber der aktuellen Rechtslage weiter gehenden Verfahrensgrundsätze liegt die Überlegung zu Grunde, dass das bisher angewendete Verfahren nicht ausreicht, die komplexen Wechselwirkungen zu erfassen.

3.1 Kurzbeschreibung des Verfahrensablaufs

Im Vorfeld und damit außerhalb des Gesamtverfahrens sollten bereits unter Beteiligung von Stakeholdern und der Öffentlichkeit der Verfahrensablauf und die Kriterien, die in dem Verfahren angewendet werden (Standortauswahlkriterien, Eignungskriterien für ein Endlager) festgelegt werden. Diese Festlegungen sollten möglichst durch einen formell abgesicherten Beschluss eines dazu legitimierten Organs bestätigt werden.

Das anschließende Gesamtverfahren sollte aus mehreren Stufen bestehen, die sich inhaltlich wie folgt einteilen ließen (Grobeinteilung):

- Standortauswahl;
- Standortbewertung, Standortcharakterisierung, Eignungsfeststellung;
- Planfeststellungsverfahren (abschließende rechtsgestaltende Regelungen).

Folgende drei Bestandteile sollte dabei jede der durchzuführenden Verfahrensstufen enthalten:

- eine ausreichende Öffentlichkeitsbeteiligung;
- Haltepunkte (dabei sollte ein Haltepunkt möglichst weit am Anfang, etwa bei der Festlegung des potentiellen Standorts und ein weiterer möglichst weit am Ende, etwa kurz vor dem Verschluss liegen, um die Bandbreite des Gesamtverfahrens zu erfassen);
- die Erstellung eines Safety Case für jede Stufe.

Auf jeder einzelnen Stufe muss die Möglichkeit für eine Beteiligung der Öffentlichkeit geschaffen werden. Nur auf diese Weise ist ein Höchstmaß an Transparenz und Akzeptanz zu erreichen. Die Maßnahmen zur Öffentlichkeitsbeteiligung müssen an die jeweilige Verfahrensstufe angepasst sein. Es ist wesentlich, dass die jeweiligen relevanten Stakeholder sowie die Öffentlichkeit eingebunden werden und geeignete Beteiligungsinstrumente für die jeweiligen Stufen entwickelt werden.

Zentraler Bestandteil der einzelnen Stufen sind charakteristische Haltepunkte. Die Haltepunkte sollen jene Zeitpunkte des Verfahrens darstellen, an denen seitens des Bundestages oder der zuständigen Genehmigungsbehörde formal festgestellt wird, dass es nach dem zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erkenntnisstand keine Einwände gibt, in dem Verfahren fortzufahren.

Geht man vom einzigen derzeit feststehenden Verfahrensabschnitt, dem Planfeststellungsverfahren als Fixpunkt des gestuften Verfahrens aus, so ließen sich geeignete Haltepunkte vor, während und nach dem Planfeststellungsverfahren festlegen. Vor dem Planfeststellungsverfahren bieten sich als Haltepunkte die Standortfestlegung einerseits und der Abschluss der Eignungsuntersuchungen andererseits an. Weitere Haltepunkte können für das Planfeststellungsverfahren (vor Betriebsbeginn und vor Verschluss des Endlagers) definiert werden. Nach Betriebsbeginn sollte eine periodische Sicherheitsbewertung (alle zehn Jahre) stattfinden.

Die Haltepunkte dienen vor allem dazu, den Verfahrensbeteiligten hinreichende Sicherheit über den jeweiligen Stand des Verfahrens zu verschaffen. Sie stellen beispielsweise für den Betreiber eine Planungssicherheit dar, da diese Haltepunkte eine formale Grundlage bilden, auf die der Betreiber sich im Zweifelsfall berufen kann. Dies wiederum minimiert die Wahrscheinlichkeit, dass das Verfahren am Ende scheitert. Lediglich dann, wenn neue Erkenntnisse dazu vorliegen, dass der Standort den Anforderungen nicht mehr gerecht wird, muss es eine Rücksprungmöglichkeit im Verfahren auf den vorherigen formal bestätigten Haltepunkt geben. Außerdem ergäbe sich aus den Haltepunkten auch ein verfahrensökonomischer Vorteil: die erreichten Fortschritte wären gegenüber den vorausgehenden Stufen erkenn- und beschreibbar.

Dritter Bestandteil einer jeden einzelnen Verfahrensstufe muss die Erstellung eines Safety Case sein. Er ist an die Verfahrensentwicklung angepasst und wird mit zunehmender inhaltlicher Konkretisierung in jeder einzelnen Verfahrensstufe immer detaillierter. Im Vorfeld muss klar geregelt werden, welchen Anforderungen der Safety Case in der jeweiligen Stufe zu genügen hat – also welche Themen in welcher Stufe mit welchem Detaillierungsgrad behandelt werden müssen. Der Safety Case wird von dem Verfahrensbetreiber erarbeitet und ist von der zuständigen Behörde in den jeweiligen Stufen zu bestätigen. Damit die Behörde den Safety Case bestätigen kann, müssen Kriterien für die jeweiligen Stufen festgelegt werden. Mit einer positiven Entscheidung zum vorliegenden Safety Case wird durch die Behörde bestätigt, dass der vorgelegte Safety Case den Anforderungen entspricht.

Nach Definition der /OECD/NEA 1999/ beinhaltet der Safety Case „eine Zusammenstellung von Argumenten innerhalb eines bestimmten Entwicklungsstadiums des Endlagers, welche die Langzeitsicherheit des Endlagers belegen“. Er stellt nach /IAEA 2006/ „die wesentliche Grundlage für alle das Endlager betreffenden Entscheidungen dar“ und soll darüber hinaus zur Schaffung von Vertrauen in die Sicherheit bei Stakeholdern und der Öffentlichkeit beitragen, indem er alle Argumente zusammenträgt und auch für die Öffentlichkeit verständlich begründet, dass die Errichtung, der Betrieb und Nachbetrieb des Endlagers ohne Gefährdung verläuft.

Der Safety Case enthält:

- eine Beschreibung des Zwecks und Gegenstands des Safety Case;
- eine Begründung der Notwendigkeit des Endlagers;

- Informationen über das Endlagerkonzept sowie eine Begründung für die Wahl dieses Konzepts aus geowissenschaftlicher, technischer, politischer Sicht etc.;
- weitere wichtige Informationen wie z. B. die Abfallcharakterisierung;
- eine Erläuterung der Sicherheitsstrategie;
- eine Darlegung des Vorgehens zur Standortauswahl und eine Begründung für die Wahl des Standortes;
- eine Standortbeschreibung inklusive einer Prognose über die Standortentwicklung für den erforderlichen Nachweiszeitraum;
- eine Beschreibung der Auslegung des Endlagers;
- eine Abwägung ökologischer und raumplanerischer Aspekte bei Planung, Bau, Betrieb und Verschluss des Endlagers und Nachweis, dass die in Regelwerken, Verordnungen und Gesetzen festgelegten Begrenzungen nicht überschritten werden;
- eine Analyse der sozioökonomischen Auswirkungen während des Betriebs und nach Verschluss;
- die Sicherheitsanalyse für die Betriebsphase;
- die Langzeitsicherheitsanalyse für die Phase nach Verschluss des Endlagers (siehe Kapitel 5);
- eine Beurteilung der Zuverlässigkeit und Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse der Sicherheits- und Langzeitsicherheitsanalyse und der Nennung der ihnen zugrunde liegenden Annahmen;
- eine Diskussion und den Nachweis der Robustheit des Endlagers;
- eine Diskussion der Qualität des Endlagers und der einzelnen Barrieren;
- weitere unterstützende Anhaltspunkte und Nachweise, die die Sicherheit und Langzeitsicherheit des Endlagers belegen (z. B. Erkenntnisse aus historischen oder natürlichen Analoga);
- die Darlegung des Abwägungsprozesses und der Ergebnisse des Optimierungsprozesses;
- eine Darlegung der verwendeten Methoden und Datengrundlagen;
- eine Zusammenstellung ungelöster Fragestellungen und Empfehlungen zur Lösung dieser Fragen in den zukünftigen Entwicklungsstadien sowie Informationen zu verbleibenden Unsicherheiten und den Umgang mit diesen;
- Aussagen zur Qualitätssicherung;
- Aussagen über die organisatorischen und finanziellen Aspekte sowie
- eine Zusammenfassung (Kurzfassung) aller relevanten Argumente, die die Schlussfolgerung begründen, dass das gewählte Endlager sicher sein wird und nach dem bisherigen Wissenstand keine Kenntnisse vorliegen, die gegen eine Weiterführung des Verfahrens mit dem gewählten Konzept an dem gewählten Standort sprechen.

Bei den Ausführungen zum Safety Case ist es wichtig, nicht nur die wissenschaftlichen und technischen Aspekte zu behandeln, sondern auch gesellschaftliche und soziale Aspekte zu adressieren, soweit sie einen Einfluss auf die Sicherheit des Endlagers bzw. auf die Auswirkungen des Endlagers haben. Die Aussagen müssen generell klar begründet werden und nachvollziehbar sein. Bei der Erstellung des Safety Case und seiner Fortschreibung ist generell auf eine transparente und offene Arbeitsweise zu achten. Eine Begutachtung eines Safety Case durch unabhängige Experten sollte angestrebt werden, da solche Peer Reviews dazu beitragen, das Vertrauen der Stakeholder und der Öffentlichkeit in den Safety Case zu fördern.

3.2 Gestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen für ein stufenweises Verfahren

Die Durchführung des Gesamtverfahrens muss sich an die Vorgaben der Rechtsordnung halten. Für die Festlegungen im Vorfeld und für die ersten Stufen des Gesamtverfahrens (außerhalb des Planfeststellungsverfahrens) bestehen derzeit keine rechtlichen Vorgaben. Es bestehen jedoch ebenso wenige Restriktionen des Gesetzgebers, solche Festlegungen für ein Verfahren zu treffen. Deshalb kann einerseits der entstehende Gestaltungsspielraum genutzt werden; andererseits besteht dann auch die Notwendigkeit, wesentliche Verfahrensbestandteile und Haltepunkte mit der erforderlichen Verbindlichkeit festzulegen. In die Endlager-Sicherheitsverordnung sollten deshalb Regelungen aufgenommen werden, die ein schrittweises Vorgehen nach internationalen Maßgaben zulassen.

Hinsichtlich der Verbindlichkeit der Haltepunkte sollte dabei differenziert werden. Die Haltepunkte vor dem Planfeststellungsverfahren (Standortfestlegung, Abschluss der Eignungsuntersuchungen) müssen eine hinreichende Sicherheit für den Anlagenbetreiber über den bis dahin bestehenden Verfahrensstand bieten. Die Verbindlichkeit muss jedoch so weit eingeschränkt werden, dass Rechtsschutzmöglichkeiten zu diesem Zeitpunkt ausgeschlossen sind.

In Bezug auf das Planfeststellungsverfahren werden keine Veränderungen als notwendig erachtet. Das Gesamtverfahren wird mit der Stufe des Planfeststellungsverfahrens abgeschlossen. Diese abschließende Stufe unterliegt als einzige der vorgeschlagenen Verfahrensstufen derzeit klaren Vorgaben über die Durchführung, geregelt im AtG und Verwaltungsverfahrensgesetz (/VwVfG 2003/; die AtVfV /AtVfV 1995/ ist nur für Anlagengenehmigungen nach § 7 AtG, formal nicht jedoch für Planfeststellungsverfahren für Endlager, § 9b AtG, anzuwenden). Da eine AtG-Änderung nicht unterstellt wird, stellt das Planfeststellungsverfahren auch zukünftig den Rahmen des formalen Verfahrens dar. Zur Gewährleistung des stufenweisen Vorgehens sind aber die weiteren Stufen außerhalb des Planfeststellungsverfahrens zu definieren.

Die vorgeschlagene, im Abstand von zehn Jahren durchzuführende periodische Sicherheitsüberprüfung sollte in der Endlager-Sicherheitsverordnung explizit geregelt

werden, um eine behördliche Anordnung möglich zu machen. Dabei müssen die behördlichen Zuständigkeiten geklärt werden.

4 Optimierungsprozess

Bei der Realisierung eines Endlagers besteht neben dem Nachweis, dass die Schutzziele eingehalten sind, das Erfordernis nach einer Optimierung. Die Notwendigkeit zur Durchführung einer Optimierung muss in der Endlager-Sicherheitsverordnung verbindlich geregelt werden. Die Optimierung umfasst dabei mehrerer Bereiche:

Ein Ziel des Optimierungsprozesses ist die Etablierung einer angemessenen Sicherheitskultur und eines angemessenen Sicherheitsmanagements durch eine kontinuierliche Verbesserung derselben. Die Optimierung ist hier als permanenter Prozess während der Planung und des Betriebs des Endlagers zu verstehen. Die Anforderungen an die Optimierung entsprechen dabei denen von anderen nuklearen Anlagen.

Ein weiteres Ziel der Optimierung während der Phase der Errichtung und des Betriebs des Endlagers besteht hinsichtlich des Strahlenschutzes. Hier ist gemäß den Anforderungen der Strahlenschutzverordnung und den internationalen Empfehlungen (vgl. z.B. /IAEA 2006/ und /ICRP 1998/) eine Reduzierung der Dosis „as low as reasonably achievable“ zu gewährleisten. Spezifische Anforderungen sind nicht zu formulieren, da sich die Anforderungen an die Optimierung aus der Strahlenschutzverordnung und den zugehörigen Richtlinien ergeben und außerdem eine langjährige Praxis bei anderen kerntechnischen Anlagen vorliegt.

Für die Phase nach Verschluss muss es einen Prozess geben, in dem abgewogen werden muss, auf welche Weise ein höchst möglicher Schutz vor den möglichen Gefahren und potentiellen negativen Auswirkungen des Endlagers gewährleistet werden kann. Die Betrachtung der Individualdosis und deren Reduzierung sind für die Optimierung in dieser Phase nicht ausreichend, da der Wert der Individualdosis unter zahlreichen Annahmen ermittelt wurde. Zusätzlich zum Strahlenschutz sind in dem Optimierungsprozess deswegen weitere Aspekte wie der Schutz vor chemotoxischen Auswirkungen, die Robustheit der getroffenen Annahmen, die Prognostizierbarkeit der geologischen Verhältnisse, der technische und wirtschaftliche Schwierigkeitsgrad bei der Ausführung sowie andere Aspekte, die einen Einfluss auf die Sicherheit haben können, zu berücksichtigen. Die Anforderungen an einen solchen Optimierungsprozess sind in der Endlager-Sicherheitsverordnung zu nennen. Die genannten Aspekte müssen während des Optimierungsprozesses hinsichtlich der Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden, um zu entscheiden ob und, wenn ja, welche geeigneten Maßnahmen im Sinne eines höchst möglichen Schutzes umgesetzt werden müssen. Dies bedeutet, dass die Optimierung als Abwägung zwischen den verschiedenen Faktoren zu verstehen ist. In dem aufzustellenden Regelwerk sollte dieses Vorgehen bei der Optimierung und die in die Abwägung einzustellenden Faktoren explizit geregelt werden.

Die Optimierung erfolgt im Zuge der Fortschreibung des Safety Case in den einzelnen Stufen des Endlagerverfahrens. Das heißt, dass in jedem Safety Case die durchgeführten Optimierungsmaßnahmen darzulegen sind. Der Prozess sollte generell nachvollziehbar und transparent sein.

5 Langzeitsicherheitsnachweis

Die wichtigste Anforderung an ein Endlager in tiefen geologischen Formationen ist die Gewährleistung der sicheren Lagerung der hochradioaktiven Abfälle in allen Phasen der Realisierung des Endlagers und im Hinblick auf die Langzeitsicherheit besonders in der Phase nach Verschluss des Endlagers. Um zu zeigen, dass eine sichere Endlagerung in dem erforderlichen Einlagerungszeitraum gewährleistet ist, wird das Instrument des Langzeitsicherheitsnachweises verwendet.

Der Langzeitsicherheitsnachweis wird im Rahmen der Erstellung des Safety Case erarbeitet. Er ist ein wichtiges Element des Safety Case und wird wie dieser dem jeweiligen Wissensstand angepasst. Er wird also mit fortlaufendem Verfahren detaillierter. In der Stufe der Standorterkundung, in der noch keine oder sehr wenige untertägige Erkundungen erfolgt sind, kann der Langzeitsicherheitsnachweis auf generischen Annahmen beruhen, die im Laufe des Verfahrens durch standortspezifischen Daten ergänzt werden. Auf der jeweiligen Stufe sind die getroffenen Annahmen zu benennen und in den folgenden Stufen durch spezifischere Nachweise zu ergänzen.

Der Langzeitsicherheitsnachweis muss transparent und nachvollziehbar mit wissenschaftlichen Methoden geführt werden. Die aufgeführten Argumente und Analysen müssen begründet werden, und verbleibende Unsicherheiten müssen dargestellt und in ihren Auswirkungen auf das Ergebnis diskutiert werden.

Ziel des Langzeitsicherheitsnachweises ist der Nachweis, dass die festgelegten Schutzziele eingehalten werden (vgl. Kapitel 2). Dazu gehört auch der Nachweis, dass die festgelegten Grenzwerte eingehalten sind. Der Langzeitsicherheitsnachweis muss zudem die Wirksamkeit der einzelnen Barrieren des Endlagers und die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems aufzeigen.

Von Effekten, die im Deck- und Nebengebirge zur Einhaltung der Schutzziele beitragen (wie z.B. die hydrologische Situation, die Sorption im Deckgebirge sowie Effekte der Biosphäre, die sich u. a. durch Oberflächenaquifere, Ernährungsgewohnheiten ergeben, etc.), kann in den Betrachtungen des Gesamtsystems Kredit genommen werden, sofern ihre Bandbreite bestimmbar ist und sofern sie für den ganzen Betrachtungszeitraum vorhanden sind. Ziel muss es dabei sein, ein möglichst umfassendes Verständnis über das Gesamtsystem, das zur Rückhaltung der Schadstoffe beiträgt, zu erlangen.

5.1 Isolationsprinzip

Eine wichtige Rolle im Langzeitsicherheitsnachweis muss der Nachweis der Isolation spielen. Dieser neue Ansatz wird vom Öko-Institut ausdrücklich begrüßt. Er führt unter anderem dazu, dass

- die Sicherheitsbetrachtungen hinreichend auf die möglichst gute Herstellung der Isolation durch die geologische und die geotechnischen Barrieren fokussiert werden,
- die zu erwartende Normalentwicklung der geologischen Situation hinreichend robust nachgewiesen werden muss und
- bei den geotechnischen Barrieren eine klare Vorgabe für die Überprüfung ihrer Funktionsfähigkeit geschaffen wird.

Im Safety Case muss insbesondere nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich die Isolation der Schadstoffe in dem Nachweiszeitraum gewährleistet bzw. nur einen geringfügigen Transport der Schadstoffe zulässt (vgl. /GRS 2007/). Für die Nachweisführung ist der Rand des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als maßgebend anzusehen. Eine eindeutige Definition des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist deswegen notwendig. Die Nachweisführung der Isolation muss festgelegt werden.

5.2 Wahrscheinliche, weniger wahrscheinliche und auszuschließende Entwicklungen

In der Nachweisführung werden wahrscheinliche und ggf. mehrere weniger wahrscheinliche Entwicklungen sowie auszuschließende Entwicklungen unterschieden. Mit diesem Vorgehen wird der Fokus auf die wahrscheinliche Entwicklung gelegt. Es entspricht darüber hinaus den Empfehlungen der ICRP, nach denen Nachweise für eine wahrscheinliche Entwicklung und einer Anzahl von weniger wahrscheinlichen Entwicklungen erfolgen soll /ICRP 1998/.

Unter der wahrscheinlichen Entwicklung wird die Kombination der Ereignisse, Eigenschaften und Prozesse verstanden, deren Eintreten in dem Nachweiszeitraum von einer Million Jahre zu erwarten ist.

Das Eintreten einer weniger wahrscheinlichen Entwicklung ist in einem Zeitraum von einer Million Jahre nicht zu erwarten, kann jedoch mit wissenschaftlichen Methoden für den Standort oder für Standorte mit vergleichbaren geologischen Bedingungen nicht ausgeschlossen werden.

Unter den auszuschließenden Entwicklungen werden solche Eigenschaften, Ereignisse und Prozesse verstanden, deren Eintreten für den Prognosezeitraum anhand von wissenschaftlichen Nachweisen sicher ausgeschlossen werden kann oder bei denen sich standortbezogen und in Regionen, die eine vergleichbare geologische Entwicklung und Struktur aufweisen, keine Hinweise finden lassen, die auf ein mögliches Eintreten im

Prognosezeitraum schließen lassen. Dabei muss auch eine Kombination von ungünstigen Effekten berücksichtigt werden.

In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob die Auswirkungen der identifizierten weniger wahrscheinlichen Entwicklungen durch andere Entwicklungen abgedeckt sind. Ist dies der Fall, dann muss nur eine der Entwicklungen, und zwar die mit den größeren Auswirkungen, weiter untersucht werden. Für die auszuschließenden Entwicklungen muss ein Nachweis geführt werden, in dem gezeigt wird, dass deren Eintreten im Zeitraum von einer Million Jahre nicht zu erwarten ist. Lediglich für solche auszuschließenden Entwicklungen, deren Auswirkungen auf die Sicherheit des Endlagers durch die Betrachtung der wahrscheinlichen oder weniger wahrscheinlichen Entwicklungen abdeckend berücksichtigt sind, muss kein expliziter Nachweis des Ausschlusses durchgeführt werden. In diesem Fall muss aber klar begründet werden, dass die Betrachtungen abdeckend sind.

Es muss umfassend definiert werden, nach welchen Kriterien und mit welchen Konservativitäten die Einteilung erfolgt. Die Konservativitäten dürfen nicht willkürlich sein, sondern müssen begründet, für Fachleute nachvollziehbar und für Nicht-Fachleute transparent erklärbar sein. Die Festlegung von auszuschließenden Entwicklungen muss anhand von wissenschaftlichen Methoden erfolgen. Sie muss begründet werden und nachvollziehbar, transparent und juristisch eindeutig sein. Entsprechende Anforderungen müssen in der geplanten Endlager-Sicherheitsverordnung festgelegt werden.

5.3 Grenzwerte für die Individualdosis

Für die wahrscheinliche und die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen wird jeweils ein Grenzwert in mSv/a eingeführt. Für die wahrscheinliche Entwicklung muss ein Grenzwert von 0,1 mSv/a eingehalten werden. Der Grenzwert für die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen liegt bei 1 mSv/a. Damit ist der empfohlene Wert der IAEA (siehe /IAEA 2006/) eingehalten. Ein solches Vorgehen ist aufgrund der niedrigeren Eintrittswahrscheinlichkeit der weniger wahrscheinlichen Entwicklungen zulässig.

Für die auszuschließenden Entwicklungen müssen im Langzeitsicherheitsnachweis keine Berechnungen bezüglich der Einhaltung der Grenzwerte durchgeführt werden. Stattdessen muss der Ausschluss im Langzeitsicherheitsnachweis begründet werden.

5.4 FEP-Katalog als Grundlage

Die Eigenschaften, Ereignisse und Prozesse, die bei der Einteilung in die wahrscheinlichen, weniger wahrscheinlichen und auszuschließenden Entwicklungen berücksichtigt werden müssen, werden zunächst standortspezifisch und wirtsgesteinspezifisch identifiziert und im Hinblick auf ihre Eintrittswahrscheinlichkeit untersucht. Um zu überprüfen, ob in der Prognose über mögliche Entwicklungen alle in Frage kommenden „Eigenschaften, Ereignisse und Prozesse“ (FEPs) berücksichtigt wurden, kann anschließend der FEP-Katalog der OECD/NEA sowie die entsprechenden wirtsgesteinspezi-

fischen Kataloge herangezogen werden. In diesem FEP-Katalog werden standort-unabhängig alle Ereignisse, Eigenschaften und Prozess aufgeführt, die einen Einfluss auf die Endlagersicherheit haben können. Die Heranziehung des Katalogs als Grundlage zur Überprüfung, ob alle möglichen Ereignisse, Eigenschaften und Prozesse berücksichtigt wurden, ist international üblich (vgl. z. B. Safety Case Opalinuston /NAGRA 2002/) und wurde /OECD/NEA 2004b/ explizit für den Langzeitsicherheitsnachweis in der Schweiz empfohlen.

5.5 Anforderungen an die technischen und geotechnischen Barrieren

Der Schwerpunkt des Konzepts liegt in Deutschland auf der geologischen Barriere.

Durch die Auffahrung des Grubengebäudes wird die geologische Barriere gestört. Deswegen müssen beim Verschluss des Endlagerbergwerkes die Störstellen durch geotechnische Barrieren, wie Streckenverschlüsse und Schachtverschlüsse, abgedichtet werden. Die geotechnischen Barrieren müssen dabei solche Eigenschaften aufweisen, dass sie die gleiche Isolation gewährleisten wie die geologische Barriere.

Bezogen auf die Dauer des Nachweiszeitraums gibt es daher langfristig keine Aufgaben und damit auch keine Anforderungen an die technischen Barrieren (z.B. das Abfallgebäude oder direkt das Gebinde umgebende Materialien). Es ist aber zu beachten, dass auch während der Betriebsphase und während des Zeitraums, in dem die geologische Barriere und die geotechnischen Barrieren in ihrem Zusammenwirken ihre volle Leistungsfähigkeit noch nicht erreicht haben, keine Freisetzung von Schadstoffen erfolgen darf, die sofort oder später zur unzulässigen Freisetzung aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich führen kann.

Beim Salz ist die volle Funktionsfähigkeit der geologischen Barriere erreicht, wenn die Hohlräume vollständig konvergiert sind. Wie schnell die Hohlräume konvergieren, hängt von dem Druck, der Temperatur und der Zusammensetzung des Gesteins sowie der Größe der Hohlräume ab. Der Zeitpunkt lässt sich somit nicht pauschal sondern nur standortspezifisch bestimmen. In der Regel ist dies innerhalb von Jahrzehnten bis wenigen Jahrhunderten erfolgt.

In Tongesteinen kommt es durch die Auffahrung der Hohlräume zu sogenannten Auflockerungszonen in der direkten Umgebung der Hohlräume, die im Lauf der Zeit wieder verheilen. In Tongesteinen kann es zudem durch den Wärmeeintrag der eingelagerten hochradioaktiven Abfälle zur Ausdehnung des Wirtsgesteins und zu bruchhaften Verformungen mit Rissbildungen kommen. In den ersten Jahrhunderten, in denen die im Laufe der Zeit exponentiell abnehmende Wärmeentwicklung am höchsten ist und damit die Auswirkungen der thermomechanischen Effekte am größten sind, muss deswegen die Verhinderung der Freisetzung von Schadstoffen gewährleistet sein.

Wegen der dargestellten Sachverhalte muss beim Langzeitsicherheitsnachweis der sogenannten „Transitionsphase“ besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Unter

„Transitionsphase“ ist dabei der Zeitraum vom Verschluss des Endlagers bis ca. 500 bis 1.000 Jahren nach Verschluss des Endlagers zu verstehen, in dem 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. In dieser Phase muss möglicherweise von dem Behälter und den direkt ihn umgebenden Verschlussmaterialien über den Zeitraum, über den nachgewiesen wurde, dass sie den Dichtheitsanforderungen entsprechen, Kredit genommen werden.

In der geplanten Regelung müssen generelle Anforderungen für die geotechnische Barriere über den gesamten Betrachtungszeitraum enthalten sein. Außerdem sind die speziellen Nachweisanforderungen für die Transitionsphase unter Berücksichtigung des dann notwendigen Zusammenwirkens der geologischen Barrieren, der geotechnischen Barrieren und ggf. der technischen Barrieren zu formulieren.

5.6 Referenzkollektiv

In den Langzeitsicherheitsnachweis gehen Angaben über das exponierte Kollektiv ein. Es gibt jedoch keine verlässlichen Prognosen darüber, wie sich dieses innerhalb des zu betrachtenden Zeitraums von einer Million Jahre entwickeln wird. Änderungen gegenüber dem heutigen Kollektiv kann es in den Ernährungsgewohnheiten und den Technologien, die zur Wasser- und Nahrungsmittelgewinnung und –aufbereitung benutzt werden und auch bei den biochemischen Vorgängen der Spezies Mensch geben. Um eine verlässliche Wahl der Parameter zu gewährleisten, müssen Standardbedingungen festgelegt werden, die in dem Langzeitsicherheitsnachweis berücksichtigt werden. Diese Standardbedingungen sollten den heutzutage existierenden Bandbreiten in den Ernährungsgewohnheiten und verwendeten Technologien entsprechen.

5.7 Kodifizierung im Atomrecht

Bisher ist der Langzeitsicherheitsnachweis im Atomrecht nicht kodifiziert. Deshalb sollte die Chance für eine Regelung in der zukünftigen Verordnung genutzt werden.

Ansätze dafür gibt es in anderen Rechtsgebieten (siehe die Versatzverordnung /VER 2002/ oder die Deponieverordnung /DEP 2002/). Diese Ansätze können in Bezug auf eine sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle wegen des größeren Gefährdungspotentials allerdings nur als Orientierung dienen und müssten zur Erfüllung aller sich aus der Endlagerung ergebenden Anforderungen wesentlich weiterentwickelt werden. Die Kodifizierung sollte systematisch erfolgen, also zunächst generelle Anforderungen an einen Langzeitsicherheitsnachweis festlegen und im Weiteren spezifische Voraussetzungen regeln, die von einem solchen Nachweis erfüllt werden müssen.

Es sollten z.B. folgende Festlegungen getroffen werden:

- Ermächtigung für die Festlegung von standardisierten Bedingungen für die Strahlenschutzberechnungen (AVV Endlagerung mit Ernährungsgewohnheiten,

wirtsgesteins- und standortunabhängigen Pfadparametern, des Beaufschlagungskollektivs, etc., einschließlich der zu betrachtenden Bandbreiten).

- Festlegung, dass die Nachweisführung mit Hilfe von wissenschaftlich-technischen Methoden zu führen ist. Für die Auswahl der Szenarien für den Nachweis ist der Stand von Wissenschaft und Technik maßgebend (u. a. generische und wirtsgesteinsspezifische FEP-Listen).
- Nachweiszeitraum eine Million Jahre.
- Nach einer Million Jahre soll kein unmittelbarer Schnitt in der Nachweisbetrachtung erfolgen. Vor allem muss gewährleistet sein, dass unmittelbar nach dem betrachteten Nachweiszeitraum keine gravierenden Änderungen der geologischen Randbedingungen mit negativen Auswirkungen auf das Endlager zu erwarten sind.
- Festlegung, dass für die wahrscheinliche Entwicklung und die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen ein rechnerischer Nachweis zu führen ist und dass die Einordnung in diese beiden Kategorien plausibel und nach dem Stand der Wissenschaft durchzuführen ist.
- Festlegung, dass eine Kategorisierung eines Szenarios als auszuschließende Entwicklung nur dann erfolgen darf, wenn entweder das Eintreten wissenschaftlich begründet mit einer hohen Sicherheit ausgeschlossen werden kann oder wenn das Szenario unwahrscheinlich ist und nachgewiesenermaßen zu geringeren Auswirkungen führt wie vergleichbare wahrscheinliche oder weniger wahrscheinliche Szenarien (Abdeckung).

Literatur

- /ATG 1985/ Atomgesetz vom 15. Juli 1985, BGBl. I S. 1565; zuletzt geändert durch Gesetz vom 12. August 2005, BGBl. I S. 2365 (bereinigt S. 2976).
- /AtVfV 1995/ Atomrechtliche Verfahrensverordnung vom 3. Februar 1995, BGBl. I S. 180; zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Dezember 2006, BGBl. I S. 2819.
- /AVV 1990/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen vom 21. Februar 1990 (BAnz. 1990, Nr. 64a), in Überarbeitung
- /Bauer 1998/ Bauer, Hartmut in: Dreier, Horst (Hrsg.), Grundgesetz, Kommentar, 1998.
- /Bryde 2003/ Bryde, Brun-Otto in: v. Münch, Ingo/ Kunig, Philipp, Kommentar zum Grundgesetz, Band 3, 2003.
- /Burghart 2000/ Burghart, Axel in: Leibholz/Rinck, Grundgesetz anhand der Rechtsprechung des BVerfG, 2000.
- /BVerfGE 12/ Entscheidungssammlung des Bundesverfassungsgerichtes, Band 12.
- /DEP 2002/ Deponieverordnung vom 24. Juli 2002, BGBl. I S. 2807; zuletzt geändert durch Verordnung vom 13. Dezember 2006, BGBl. I S. 2860.
- /GRS 2007/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen – Entwurf der GRS - , Januar 2007, Köln.
- /GRU 1949/ Gesetz vom 23. Mai 1949, BGBl. S. 1; zuletzt geändert durch Gesetz vom 28. August 2006, BGBl. I S. 2034.
- /IAEA 1994/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (1994): Safety indicators in different time frames for the safety assessment of underground radioactive waste repositories – First report of the INWAC Subgroup on Principles and Criteria for Radioactive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-767, Wien, October 1994.
- /IAEA 2003/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (2003): Safety indicators for the safety assessment of radioactive waste disposal Sixth report of the Working Group on Principles and Criteria for Radioactive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-1372.
- /IAEA 2006/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (2006): Geological Disposal for Radioactive Waste, Safety Requirements, No. WS-R-4.

- /ICRP 1998/ International Commission of Radiological Protection (ICRP): Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81. Annals of the ICRP, Vol. 28, No 4, 1998.
- /Kermakta 2004/ Kermakta Konsult AG (2004): Sicherheitsindikatoren zur Bewertung der Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle, Stockholm, März 2004.
- /KRW 1994/ Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27. September 1994, BGBl. I S. 2705; zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Juli 2007, BGBl. I S. 1462.
- /Maunz 1978/ Maunz, Theodor in: Maunz, Theodor/ Dürig, Günter, Grundgesetz, Losenblattkommentar.
- /NAGRA 2002/ Nagra (2002): Project Opalinus Clay – Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis) Safety Report, TECHNICAL REPORT 02-05.
- /OECD/NEA 1999/ Nuclear Energy Agency (NEA): Confidence in the Long-term Safety of Deep Geological Repositories. Its Development and Communication. OECD, Paris, 1999: Im Internet : www.nea.fr/html/rwm/reports/1999/confidence.pdf (Stand 17.10.2007)
- /OECD/NEA 2004a/ Nuclear Energy Agency (NEA): Post-closure Safety Case for Geological Repositories – Nature and Purpose, OECD, Paris, 2004
- /OECD/NEA 2004b/ Nuclear Energy Agency (NEA): Die Sicherheit der geologischen Tiefenlagerung von BE, HAA und LMA in der Schweiz; Eine internationale Expertenprüfung der radiologischen Langzeitsicherheitsanalyse der Tiefenlagerung im Opalinuston des Zürcher Weinlands, OECD, 2004
- /STR 2001/ Strahlenschutzverordnung vom 20. Juli 2001, BGBl. I S. 1714, (2002, 1459); zuletzt geändert durch Gesetz vom 1. September 2005, BGBl. I S. 2618.
- /UVPG 2005/ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 25. Juni 2005, BGBl. I S. 1757, 2797; zuletzt geändert durch Gesetz vom 21. Dezember 2006, BGBl. I S. 3316.
- /VER 2002/ Versatzverordnung vom 24. Juli 2002, BGBl. I S. 2833; zuletzt geändert durch Gesetz vom 15. Juli 2006, BGBl. I S. 1619.
- /VwVfG 2003/ Verwaltungsverfahrensgesetz vom 23. Januar 2003, BGBl. I S. 102; zuletzt geändert durch Gesetz vom 5. Mai 2004, BGBl. I S. 718.

Anhang

Stellungnahme zu einzelnen Aspekten des GRS-Entwurfs „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen“ /GRS 2007/

Zu den Schutzzielen

Bezüglich der Schutzziele nimmt der Entwurf der GRS /GRS 2007/ Bezug sowohl auf die nationalen Regelwerke als auch explizit auf die internationalen Empfehlungen. Der Heranziehung der internationalen Standardempfehlungen ist ausdrücklich zuzustimmen, gleichwohl bedarf es einer klaren und strukturierten Differenzierung der Schutzziele einerseits und der einzelnen Schutzgüter, die es vor Gefahren zu bewahren gilt.

Seitens der GRS werden richtigerweise die Betriebsphase und die Phase nach Verschluss des Endlagers unterschieden. Dabei bedarf es zur Umsetzung der Schutzziele quantitativer Festlegungen, die sich für die Phase nach Verschluss des Endlagers an den Eintrittswahrscheinlichkeiten der jeweiligen Auswirkungen zu orientieren haben.

Zum Verfahrensablauf

Gestuftes Verfahren

Dem im GRS-Entwurf beschriebenen Ansatz eines schrittweisen Verfahrens ist grundsätzlich zuzustimmen.

Es sind jedoch zwei zusätzliche Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen greift das von der GRS vorgeschlagene Verfahren nur Teilbereiche eines Gesamtverfahrens auf. Es ist jedoch sinnvoll, das gesamte Verfahren zur Realisierung eines Endlagers inklusive der Standortauswahl und Standortbewertung stufenweise zu gestalten.

Zum anderen sind die rechtlichen Voraussetzungen zu beachten. Eine stufenweise Verfahrensgestaltung ist nur mit Hilfe eines entsprechenden Regelungsrahmens realisierbar. Festlegungen zu den Haltepunkten sollten nicht, wie im GRS-Entwurf vorgesehen, auf Vereinbarungen zwischen Antragsteller und Behörde beruhen, sondern kodifizierten Anforderungen einschließlich der Möglichkeit einer Öffentlichkeitsbeteiligung unterliegen. Dabei gelten die bereits zu den Haltepunkten genannten Voraussetzungen (siehe Hauptteil, Kapitel 3.2).

Zur Optimierung

Im GRS-Entwurf wird der Begriff der Optimierung z. T. mit unterschiedlicher Bedeutung benutzt. Zum einen wird im GRS-Papier gemäß /ICRP 1998/ und /IAEA 2006/ unter

Optimierung ein Prozess zur Verbesserung der Sicherheit verstanden, indem während der Betriebsphase die Dosis so gering wie vernünftig möglich gehalten wird. Für die Phase nach Verschluss wird in dem GRS-Papier als Ziel der Optimierung, die Gewährleistung einer hohen Sicherheit durch eine „möglichst dauerhafte, vollständige und zuverlässige Isolation“ sowie die Schaffung von „Vertrauen in die Nachweise insbesondere für die Phase nach Verschluss des Endlagers“ genannt.

Für die Optimierung des Strahlenschutzes während der Betriebsphase wird in /GRS 2007/ eine Untergrenze von 0,1 mSv pro Kalenderjahr festgelegt, unterhalb derer eine weitere Optimierung nicht mehr notwendig ist. Für die Phase nach Verschluss gelten die Sicherheitsanforderungen nach /GRS 2007/ als umgesetzt, wenn der Optimierungsprozess durchlaufen ist.

Zum anderen wird in dem GRS-Entwurf unter dem Optimierungsprozess das gesamte Endlagerverfahren von der Standorterkundung und –charakterisierung, Planung und Auslegung, Errichtung und Betrieb, sowie Stilllegung und Verschluss des Endlagers verstanden. Die Schritte des Optimierungsprozesses sollen nach /GRS 2007/ von dem Betreiber in Abstimmung mit der zuständigen Behörde festgelegt werden.

Nach Ansicht des Öko-Instituts umfasst die Optimierung mehrere Bereiche (siehe Hauptteil, Kapitel 4). In einer Endlager-Sicherheitsverordnung sollte klar definiert werden, was unter einer Optimierung verstanden werden soll und in welchen Schritten der Prozess zu erfolgen hat. Das Öko-Institut stimmt mit der GRS darin überein, dass die Optimierung in die Phase der Errichtung und des Betriebs sowie die Phase nach Verschluss unterschieden werden muss. Für diese Phasen sollte deshalb definiert werden, welche Anforderungen an die Optimierung bestehen und welche Ziele verfolgt werden sollen. Für die Bau- und Betriebsphase kann dabei auf bestehende Verordnungen, Richtlinien und sonstige Regelwerke zurückgegriffen werden. Die Anforderungen bezüglich der Langzeitsicherheit nach Verschluss müssen in die Endlager-Sicherheitsverordnung aufgenommen werden. Des Weiteren sind die Kriterien festzulegen, die beim Optimierungsprozess angewendet werden sollen (vgl. Hauptteil, Kapitel 4).

Zum Langzeitsicherheitsnachweis

In dem GRS-Entwurf wird der Begriff des Safety Case synonym mit dem Begriff des Langzeitsicherheitsnachweises und des Sicherheitsnachweises verwendet. Nach unserer Ansicht geht der Begriff des Safety Case jedoch über das hinaus, was der Langzeitsicherheitsnachweis beinhaltet. Er stellt eine Zusammenfassung aller relevanten Informationen zu dem Endlager dar, die begründen, warum das Endlager sicher ist und liefert eine nachvollziehbare, transparente Begründung dieser Argumente (siehe Hauptteil, Kapitel 3.1).

Es muss explizit zwischen einem Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase des Endlagers und dem Langzeitsicherheitsnachweises für die Phase nach Verschluss des Endlagers unterschieden werden.

In dem GRS-Papier heißt es, dass ein Langzeitsicherheitsnachweis transparent und nachvollziehbar zu erbringen ist. Dieser Ansatz wird begrüßt. Gleichzeitig ist die Verwendung von wissenschaftlichen Methoden bei der Führung des Langzeitsicherheitsnachweises sicherzustellen.

Nach /GRS 2007/ soll der Nachweis der Langzeitsicherheit schrittweise erfolgen. An anderer Stelle heißt es, dass an jedem wichtigen Schritt ein „Sicherheitsnachweis“ zu erbringen ist. Das Öko-Institut teilt diese Auffassung insoweit, als es ein schrittweises Verfahren geben muss und für wichtige Schritte des Verfahrens ein Safety Case zu erbringen ist, der dem jeweiligen Wissenstand entspricht. Die Forderung nach der Erstellung eines Safety Case bedeutet darüber hinaus auch, dass nicht nur der Langzeitsicherheitsnachweis in dem schrittweisen Prozess fortzuschreiben ist, sondern auch alle anderen Inhalte des Safety Case – wenn durch neue Erkenntnisse erforderlich - zu überarbeiten sind.

In dem GRS-Papier wird der Ansatz eingeführt, die Isolation der Abfälle im Endlager in den Mittelpunkt der Nachweisführung zu rücken. Der Ansatz des Isolationsnachweises wird vom Öko-Institut ausdrücklich befürwortet, da damit der Fokus auf den Nachweis gelegt wird, dass die aus den radioaktiven Abfällen freigesetzten Schadstoffe den einschlusswirksamen Gebirgsbereich nicht oder nur in geringfügigen Mengen verlassen (siehe Hauptteil, Kapitel 5).

In dem GRS-Papier wird ferner davon ausgegangen, dass mit dem Nachweis der Isolation die Schutzziele inhärent eingehalten sind. Nach Auffassung des Öko-Institutes ist es notwendig, für die entscheidenden Teilbereiche des Endlagers, insbesondere des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nachzuweisen, dass sie die Isolation der Schadstoffe gewährleisten. Doch muss der Langzeitsicherheitsnachweis zusätzlich auch für das Gesamtsystem geführt werden, um die Einhaltung der Schutzziele explizit nachzuweisen. Die Einhaltung der radiologischen Schutzziele im Langzeitsicherheitsnachweis soll dabei durch die Einhaltung der Individualdosis nachgewiesen werden. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass es nach unserer Auffassung neben den radiologischen Schutzziele weitere Schutzziele gibt, deren Einhaltung ebenfalls nachgewiesen werden muss (siehe Hauptteil, Kapitel 2).

Weiterhin findet sich in /GRS 2007/ der Vorschlag, dass im Rahmen des Langzeitsicherheitsnachweises eine Unterteilung in wahrscheinliche, weniger wahrscheinliche und auszuschließende Entwicklungen erfolgen soll. Diese Vorgehensweise wird ausdrücklich begrüßt, da damit der Schwerpunkt des Langzeitsicherheitsnachweises auf die wahrscheinlich zu erwartende Entwicklung gelegt wird. Es ist jedoch noch genauer zu definieren, nach welchen Kriterien die Unterscheidung erfolgen soll.

Im GRS-Entwurf heißt es, dass auch für die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen keine Konsequenzen zu erwarten sein dürfen, die größer sind als die aufgrund von natürlichen Prozessen. Dieser Ansatz ist kritisch zu sehen, da ein Endlagerstandort, bei dem diese Bedingung gegeben ist, praktisch nicht existiert. Nach unserer Ansicht ist es zunächst notwendig, klare Kriterien zu formulieren, die durch die Endlagerung

eingehalten werden müssen. Ein solches Kriterium ist z.B. der Dosisgrenzwert. Des Weiteren wird es als zulässig gehalten, dass dieser Grenzwert für die weniger wahrscheinlichen Entwicklungen um den Faktor 10 höher ist als für die zu erwartende Entwicklung. Allerdings sind die Kriterien, nach denen in wahrscheinliche und weniger wahrscheinliche Entwicklungen unterschieden wird, klar zu definieren.

Im GRS-Entwurf wird ein Behälterkonzept gefordert, das im Verbund mit den einschlusswirksamen Eigenschaften des Wirtsgesteins den hermetischen Einschluss der Abfälle am Einlagerungsort für den Zeitraum von 1000 Jahren gewährleistet. Nach unserer Ansicht sind solche Anforderungen an das Behälterkonzept nicht zielführend. Vielmehr sollte ein integraler Nachweisansatz für die Transitionsphase gewählt werden (siehe Hauptteil, Kapitel 5).

Zum Indikatorenmodell

Für die Nachweisführung der Isolation im einschlusswirksamen Gebirgsbereichs wird im Anhang von /GRS 2007/ ein Indikatorenmodell verwendet. Der Langzeitsicherheitsnachweis ist nach /GRS 2007/ erbracht, wenn für die wahrscheinlichen Szenarien die Einhaltung der definierten Grenzwerte und Bewertungsmaßstäbe für die Indikatoren nachgewiesen wurde.

Die GRS schlägt folgende Indikatoren vor, mit denen der Nachweis der Isolation der Schadstoffe zu erbringen ist und die Einhaltung der Schutzziele nachgewiesen wird:

- einen Indikator „Rückhaltung der Schadstoffe im Endlager“;
- einen Indikator „Veränderung der Konzentration der Elemente Uran und Thorium in der Randzone des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“;
- einen Indikator „Beitrag zur Leistungsdichte aufgrund radioaktiver Strahlung im Porenwasser der Randzone des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch aus dem Endlager freigesetzte Radionuklide“;
- einen Indikator „Radiotoxizität der aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereichs freigesetzten Radionuklide“;
- einen Indikator „Veränderung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden im oberflächennahen Grundwasser“ und
- einen Indikator „effektive Individualdosis“.

Im Anhang des GRS-Papiers werden für jeden der genannten Indikatoren Bewertungsmaßstäbe genannt. In dem GRS-Papier heißt es weiter, dass der Sicherheitsnachweis erbracht ist, wenn alle diese Bewertungsmaßstäbe eingehalten sind.

Neben den oben aufgezählten Indikatoren fordert die GRS außerdem die Entwicklung von weiteren Funktionsindikatoren und die Festlegung von Bewertungsmaßstäben für diese.

Jedoch sollte der Langzeitsicherheitsnachweis zum einen für das Gesamtsystem geführt werden, indem die Einhaltung der Individualdosis eingehalten wird. Zum anderen

muss ergänzend die Funktionsfähigkeit einzelner Teilbereiche oder Barrieren nachgewiesen werden. Die Individualdosis wird wie auch bei /IAEA 2003/ und /IAEA 1994/ als einziger geeigneter radiologischer Sicherheitsindikator angesehen. Es ist nicht ersichtlich, warum neben dem Indikator „Individualdosis“ noch andere radiologischen Indikatoren herangezogen werden sollten.

Die vorgestellten Indikatoren eignen sich aus Sicht des Öko-Instituts aus folgenden Gründen nicht als Sicherheitsindikatoren:

- Die Indikatoren begrenzen den Übergang von Uran oder Thorium in das tiefe Grundwasser, weil diese auch in Grundwässern ohne Beeinflussung eines Endlagers vorkommen können. Sie machen aber keine Aussagen über die radiologisch relevanteren mobilen Radionuklide (I-129, Se-79, Cs-135, u. U. Np-237) in einem Endlager.
- Sie begrenzen den Austrag an Radionukliden aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich auf bestimmte Massen- oder Aktivitätsanteile. Der Anteil ist so definiert, dass er für die dosisbestimmenden Radionuklidanteile im Abfall auch ohne oder mit nur sehr geringer Rückhaltung im Gebirge bereits eingehalten ist.
- Die gewählten quantitativen Größen der Indikatoren sind nicht begründet: teils wurden aus Gründen der Sicherheit extrem restriktive Größen, teils aber auch extrem großzügige Größen gewählt. Eine Spiegelung oder Orientierung am Dosisziel wurde nicht vorgenommen. Es bestehen insofern Zweifel, dass sich plausible Begründungen für deren quantitative Festlegung entwickeln lassen.
- Indikatoren müssen generell plausibel und für Fachleute verständlich vermittelbar sein. Diese Voraussetzungen sind aus unserer Sicht z.B. für den Indikator „Leistungsdichte“ nicht gegeben.

Nach Auffassung des Öko-Instituts sind aus den dargelegten Gründen geeignete Indikatoren für den Isolationsnachweis des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bisher nicht entwickelt.

Das Öko-Institut schließt sich der Forderung der GRS an, dass zur Demonstration der Funktionsfähigkeit der Teilsysteme des Endlagers geeignete Performance- oder Funktionsindikatoren zu entwickeln sind. Eine Festlegung von regulativen Vorgaben in Form von Grenzwerten oder Bewertungsmaßstäben für diese wird jedoch nicht als notwendig erachtet.

Literatur

- /GRS 2007/ Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in tiefengeologischen Formationen – Entwurf der GRS - , Januar 2007, Köln.
- /IAEA 1994/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (1994): Safety indicators in different time frames for the safety assessment of underground radioactive waste repositories – First report of the INWAC Subgroup on Principles and Criteria for Radioactive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-767, Wien, October 1994
- /IAEA 2003/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (2003): Safety indicators for the safety assessment of radioactive waste disposal Sixth report of the Working Group on Principles and Criteria for Radioactive Waste Disposal, IAEA-TECDOC-1372
- /IAEA 2006/ International Energy Atomic Agency (IAEA) (2006): Geological Disposal for Radioactive Waste, Safety Requirements, No. WS-R-4.
- /ICRP 1998/ International Commission of Radiological Protection (ICRP): Radiation Protection Recommendations as Applied to the Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste, Publication 81. Annals of the ICRP, Vol. 28, No 4, 1998.