



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Bundesamt für Energie BFE

ENSI 33/110

Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen

Impressum:

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Industriestrasse 19

CH-5200 Brugg

Telefon +41 (0)56 460 84 00

info@ensi.ch

www.ensi.ch

Inhalt

1	Vorgaben und Zweck des Entsorgungsprogramms	5
2	Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle	9
3	Die geologischen Tiefenlager	11
4	Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern	17
5	Realisierungsplan der geologischen Tiefenlager	19
6	Zwischenlagerung	29
7	Kosten und Finanzierung der Entsorgung	31
8	Informationskonzept	35
9	Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen	37
10	Referenzen	43
11	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	45
12	Anhang: Realisierungsplan und behördliche Vorgaben	49

1 Vorgaben und Zweck des Entsorgungsprogramms

Einleitung

Die am 1. Februar 2005 in Kraft getretene neue Kernenergiegesetzgebung (Kernenergiegesetz KEG vom 21. März 2003 und Kernenergieverordnung KEV vom 10. Dezember 2004) verlangt von den Entsorgungspflichtigen die Einreichung eines Entsorgungsprogramms. Dieses wird gemäss Art. 52 KEV vom Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI¹) und vom Bundesamt für Energie (BFE) geprüft. Zusätzlich wurde die Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) vom BFE eingeladen, zum Entsorgungsprogramm Stellung zu nehmen.

Das Entsorgungsprogramm ist vom Bundesrat zu genehmigen. Er muss der Bundesversammlung regelmässig Bericht über das Programm erstatten. Das Entsorgungsprogramm ist gemäss KEV von den Entsorgungspflichtigen alle fünf Jahre an die Neuerungen anzupassen. Damit können neue Erkenntnisse und die aus den behördlichen Stellungnahmen stammenden Empfehlungen und Kommentare berücksichtigt werden.

In der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsnachweis Projekt Opalinuston (Schweizerischer Bundesrat 2006) wurde von den Kernkraftwerkgesellschaften gleichzeitig mit dem Entsorgungsprogramm ein Bericht verlangt, welcher die offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und aufzeigt, wie diese im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht beantwortet werden. Bei seiner Entscheidung zum Konzeptteil Sachplan geologische Tiefenlager (SGT, BFE 2008) vom 2. April 2008 hat der Bundesrat festgelegt, dass das Entsorgungsprogramm zeitgleich mit den Vorschlägen der Entsorgungspflichtigen zu den geologischen Standortgebieten einzureichen sei. Die Nagra ist diesen Forderungen im Oktober 2008 nachgekommen und hat zusammen mit dem Entsorgungsprogramm (NTB 08-01) ihren «Bericht zum Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis» (NTB 08-02) veröffentlicht. ENSI und BFE nehmen hier zu NTB 08-01 Stellung.

Als Folge des verheerenden Erdbebens am 11. März 2011 in Japan und des Reaktorunfalls in Fukushima beschloss der Bundesrat am 25. Mai 2011 den schrittweisen Ausstieg aus der Kernenergie. Die bestehenden Kernkraftwerke sollen am Ende ihrer durch die Sicherheit bestimmte Betriebsdauer stillgelegt und nicht durch neue Kernkraftwerke ersetzt werden. Bei den bestehenden Kernkraftwerken geht der Bundesrat von einer sicherheitstechnischen Betriebsdauer von voraussichtlich 50 Jahren aus. Wenn die Entsorgungspflichtigen im Entsorgungsprogramm 2008 bei ihren Betrachtungen bezüglich der Entwicklung der Abfallmengen mit zukünftigen Kernkraftwerken rechneten, stand dies im Einklang mit der damaligen Energiepolitik des Bundesrats.

Dass zwischen der Einreichung des Entsorgungsprogramms durch die Entsorgungspflichtigen und der Veröffentlichung der Stellungnahme von ENSI und BFE drei Jahre liegen, liegt daran, dass dem Fortschritt des Auswahlverfahrens für Tiefenlagerstandorte (Sachplan geologische Tiefenlager) höhere Priorität beigemessen wurde. Die Aufsichtsbehörden konnten mit der Überprüfung des Entsorgungsprogramms erst beginnen, nachdem sie die Begutachtung der Standortvorschläge der Nagra für Etappe 1 abgeschlossen hatten.

¹ In Art. 52 KEV wird die HSK als zuständig für die Überprüfung des Entsorgungsprogramms bezeichnet. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit und Sicherung der schweizerischen Kernanlagen. Es hat am 1. Januar 2009 seine Tätigkeit als Nachfolgeorganisation der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK aufgenommen.

Gesetzliche Grundlagen

Die Vorgaben für die Erstellung des Entsorgungsprogramms der Entsorgungspflichtigen sind in der Kernenergiegesetzgebung geregelt:

- Art. 32 Abs. 1 KEG: Die Entsorgungspflichtigen erstellen ein Entsorgungsprogramm. Dieses enthält auch einen Finanzplan bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen. Der Bundesrat legt die Frist fest, innert der das Programm zu erstellen ist.
- Art. 52 Abs. 1 KEV: Die Entsorgungspflichtigen haben im Entsorgungsprogramm Angaben zu machen über:
 - a) Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle;
 - b) die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts;
 - c) die Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern;
 - d) den Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager;
 - e) die Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und der dezentralen Zwischenlagerung;
 - f) den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen, mit Angaben über die zu tätigenen Arbeiten, die Höhe der Kosten und die Art der Finanzierung;
 - g) das Informationskonzept.
- Art. 52 Abs. 2 KEV: Die Entsorgungspflichtigen haben das Programm alle fünf Jahre anzupassen.
- Art. 52 Abs. 3 KEV: Zuständig für die Überprüfung und für die Überwachung der Einhaltung des Programms sind das ENSI und das Bundesamt für Energie.

Das im Entsorgungsprogramm dokumentierte Realisierungsprogramm dient als Basis für die periodische Aktualisierung der Kostenstudien zur Entsorgung und für die Festlegung der entsprechenden Rückstellungen gemäss der Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverfügung (SEFV).

Angaben der Nagra

Gegenstand und Ziel des Entsorgungsprogramms ist es, aus Sicht der Entsorgungspflichtigen eine gesamtheitliche übergeordnete Darstellung der für die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle der Schweiz notwendigen Arbeiten zu geben (strategisches Arbeitsprogramm) und die konzeptuellen Vorgaben und Annahmen für die Auslegung der Anlagen und deren schrittweise Realisierung aufzuzeigen. Im Entsorgungsprogramm wird aufgezeigt:

- wie sich die Ausgangslage für die verschiedenen Elemente der Entsorgung präsentiert, welcher Handlungsspielraum für die optimale Gestaltung der Entsorgung vorhanden ist und welche Flexibilität zur Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen notwendig ist;
- wie bei der Realisierung der noch ausstehenden Teile der Entsorgung (insbesondere der geologischen Tiefenlager) vorgegangen werden soll (der sogenannte Realisierungsplan), was in welchem Zeitraum im Rahmen welcher gesetzlichen bzw. behördlichen Verfahren entschieden bzw. realisiert werden soll und wie der vorhandene Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlagen genutzt und die erforderliche Flexibilität zur Berücksichtigung möglicher zukünftiger Entwicklungen erhalten werden kann;

- welche Unterlagen für die verschiedenen Verfahren erforderlich sind, welche übergeordneten Aktivitäten für die Realisierung der noch ausstehenden Anlagen – die geologischen Tiefenlager – und zur Erstellung der dazu benötigten Unterlagen notwendig sind und welche Ressourcen (Zeit, Kosten) dazu benötigt werden.

Das Entsorgungsprogramm nimmt keine Festlegungen oder Entscheide vorweg, die in einem anderen Zusammenhang zu fällen sind. Dies betrifft insbesondere:

- die Evaluation möglicher geologischer Standortgebiete und Standorte im Rahmen des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager (SGT) gemäss BFE (2008),
- die Festlegung der geologischen Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) bzw. für hochaktive Abfälle (HAA) in ihren Grundzügen (Standort, Anlagenkonzept, zugeteilte Kategorien des Lagergutes, maximale Lagerkapazität) durch die Rahmenbewilligung gemäss KEG,
- die detaillierte Festlegung der Auslegung der geologischen Tiefenlager durch die verschiedenen nuklearen Bewilligungen gemäss KEG,
- die Definition der in den verschiedenen Phasen notwendigen Feldarbeiten durch die Gesuche bzw. Bewilligungen für erdwissenschaftliche Untersuchungen gemäss KEG.

Das Entsorgungsprogramm wurde von der Nagra im Auftrag der Entsorgungspflichtigen erstellt; es richtet sich primär an die Behörden, ist aber so abgefasst, dass es auch der breiteren Öffentlichkeit zur Information dient.

Beurteilung des ENSI und des BFE

Das ENSI prüft, ob im Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen die in der Gesetzgebung aufgelisteten Inhalte dargelegt und stufengerecht umgesetzt werden.

Zusätzlich beurteilt das ENSI das Entsorgungsprogramm hinsichtlich folgender Fragen:

- Sind das Vorgehen und der Zeitplan für die Realisierung der Tiefenlager plausibel?
- Gibt das Entsorgungsprogramm Aufschluss über die zurzeit wichtigen offenen Fragen für die Realisierung von geologischen Tiefenlagern?
- Gibt das Entsorgungsprogramm Aufschluss darüber, wie die Beantwortung dieser offenen Fragen angegangen wird und welche Fragen voraussichtlich bis zur Einreichung des nächsten Entsorgungsprogramms vertieft untersucht werden?
- Ist genügend Zeit vorhanden, um die offenen Fragen stufengerecht mittels Forschung vertieft klären zu können?
- Sind Lagerkonzept und Realisierungsplan gesetzeskonform und vollständig, ist das Lagerkonzept technisch machbar und wird der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt?

Die Dokumentation des Entsorgungsprogramms 2008 der Entsorgungspflichtigen wurde in NTB 08-01 gemäss den Vorgaben der KEV gegliedert. Die vorliegende Stellungnahme folgt dieser Gliederung.

Die gemäss Art. 52 KEV zu beurteilenden Punkte a) «Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle», b) «Benötigte geologische Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts» und c) «Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern» wurden bereits im Rahmen des ENSI-Gutachtens zu den Standortvorschlägen der Nagra vertieft beurteilt. In ENSI 33/070 sind die Bewertungen des ENSI zu a) in Kap. 2.2, zu b) in Kap. 3.1 bis 3.3 und zu c) in Kap. 2.4 aufgeführt. Die Stellungnahme stützt sich deshalb auf die entsprechenden Beurteilungen des Gutachtens ab und verweist auf diese.

Das Schwergewicht in dieser Stellungnahme legt das ENSI auf die Bewertung von Punkt d) «Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager» und Punkt e) «Zwischenlagerung».

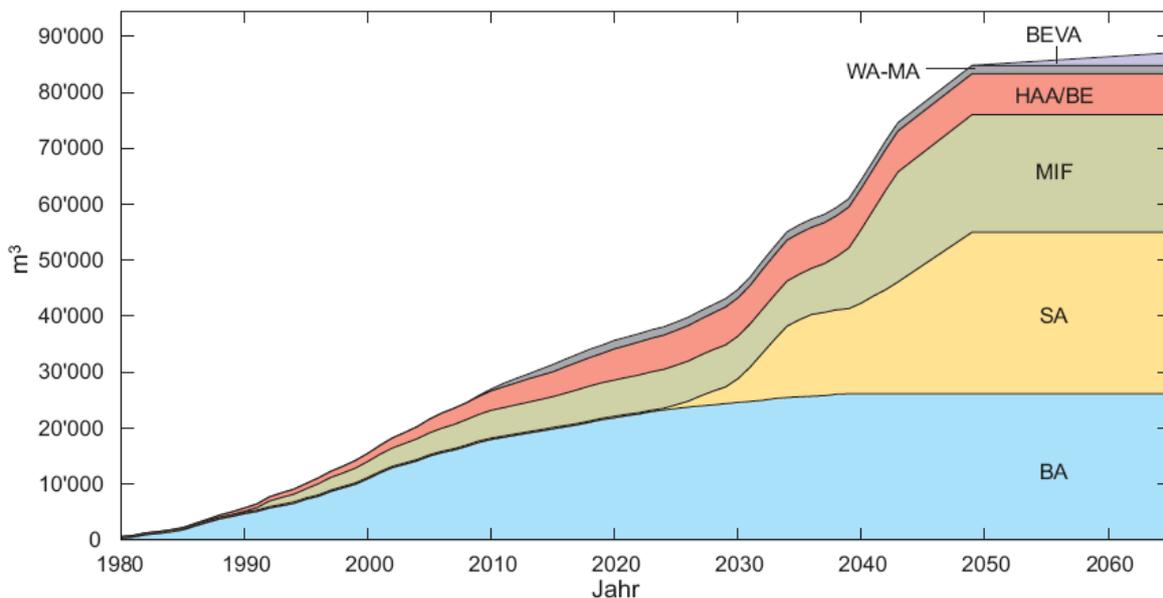
Die Punkte f) «Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen» und g) «Informationskonzept» werden durch das BFE geprüft.

2 Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle

Angaben der Nagra

In der Schweiz fallen radioaktive Abfälle und Materialien bei der Nutzung der Kernenergie und bei der Verwendung radioaktiver Materialien in Medizin, Industrie und Forschung (MIF) an. Im Entsorgungsprogramm wird in Übereinstimmung mit der Kostenstudie (swissnuclear 2006a, b) von den Abfällen aus den bestehenden Kernkraftwerken (KKW) bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren und einer Sammelperiode für die MIF-Abfälle bis zum Abschluss der Einlagerung ausgegangen (bis 2050); dies bildet den sogenannten Referenzfall.

Der zeitliche Anfall der Abfälle ist in Figur 2-1 als Summenkurve dargestellt, gegliedert nach Herkunft der Abfälle. In der Figur ist die Stilllegung der Kernkraftwerke und der Forschungseinrichtungen (Zeitpunkt der Stilllegung der Forschungseinrichtungen: Annahme der Nagra) durch das stärkere Ansteigen der Kurven nach 2030 und 2040 klar ersichtlich. Ende 2007 lagen folgende Mengen an Abfällen bzw. radioaktiven Materialien vor: Betriebsabfälle der KKW und Abfälle aus dem MIF-Bereich: 5720 m³; im Zwischenlager eingelagerte Brennelemente: ca. 280 Tonnen Uran. Der Wiederaufarbeitung werden gegenwärtig etwas mehr als 1100 Tonnen Uranbrennstoff zugeordnet.



Figur 2-1: Zeitlicher Anfall der radioaktiven Abfälle der bestehenden Kernkraftwerke bei einer Betriebsdauer von 50 Jahren und aus dem MIF-Bereich für eine Sammelperiode bis 2050 in Kubikmeter. Die Angaben beziehen sich auf die Volumen der konditionierten, in Endlagerbehältern verpackten Abfälle. Die Abfälle sind gegliedert nach ihrer Herkunft (BA: Betriebsabfälle der KKW inkl. austauschbarer Kernkomponenten der KKW; BE: abgebrannte Brennelemente; BEVA: Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlage für BE und HAA; HAA: verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung; MIF: Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung; SA: Stilllegungsabfälle der KKW; WA-MA: mittelaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung). Der Zuwachs der Abfallmengen nach 2050 stammt aus dem Betrieb und Abbruch der Verpackungsanlage für BE/HAA (BEVA), ohne die Reserve von 12'000 m³ für MIF-Abfälle (NTB 08-01, S. 11).

Die Nagra betrachtet im Entsorgungsprogramm 2008 auch eine allfällige Verlängerung der Betriebsdauer der bestehenden KKW um zehn Jahre. In diesem Fall ist zu erwarten, dass eine Verlängerung des Betriebs der KKW bzw. der Sammelperiode der MIF-Abfälle gegenüber dem Referenzfall bei den alphatoxischen Abfällen (ATA) und schwach- und mittelaktiven Abfällen (SMA) nur eine kleine Zunahme der Abfallmengen ergibt (+6%); bei den HAA erhöht sich die in Endlagerbehälter verpackte Abfallmenge um +29%.

Bei einer zusätzlichen Elektrizitätsproduktion durch geplante neue KKW von 5 GWe während 60 Jahren (Zunahme der Produktion um ca. 185%) ergäbe sich eine Zunahme der in Endlagerbehälter verpackten Abfälle gegenüber dem Referenzfall um rund 140% für HAA und um rund 100% für ATA/SMA (ohne MIF-Abfälle). Wegen der Verlängerung der Sammelperiode sind zusätzlich anfallende MIF-Abfälle aufgeführt, die auch 25'000 m³ Abfälle aus der Stilllegung von angenommenen neuen, noch nicht geplanten Forschungseinrichtungen einschliessen.

Beurteilung des ENSI

Die Angaben der Nagra zum Abfallinventar wurden vom ENSI im Rahmen des sicherheitstechnischen Gutachtens zum Vorschlag geologischer Standortgebiete (ENSI 33/070) geprüft. Das Vorgehen der Nagra für die Herleitung der modellhaften Daten zu den radioaktiven Abfällen (MIRAM, NTB 08-06) auf der Basis der Datenbank ISRAM ist zweckmässig.

Die Charakterisierung und Inventarisierung der verschiedenen Abfallkategorien werden als angemessen beurteilt. Die Abfalldokumentation in MIRAM ist vollständig, zweckmässig und enthält die erforderlichen Informationen für die Sicherheitsbetrachtungen. Die Angaben zu den Abfallvolumen und zu den abdeckenden Aktivitätsinventaren für das Referenzszenario sowie das Szenarium mit 60 Jahre Betrieb der bestehenden Werke und das Szenarium mit einer zusätzlichen Elektrizitätsproduktion von 5 GWe durch neue KKW entsprechen den Vorgaben im Konzeptteil Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2008, Kap. 2.5) und werden als ausreichend beurteilt.

Im Bereich der Stilllegungsabfälle von Grossforschungsanlagen (PSI und Cern) ist aus Sicht des ENSI festzuhalten, dass im Rahmen der Etappe 1 SGT primär eine Abschätzung des Platzbedarfs für diese Abfälle im Lager notwendig war. Die Bemühungen zur Charakterisierung des Nuklidinventars und Materialstroms dieser Abfälle sind weiterzuführen; die aktualisierten Daten sind für das nächste Entsorgungsprogramm zu dokumentieren.

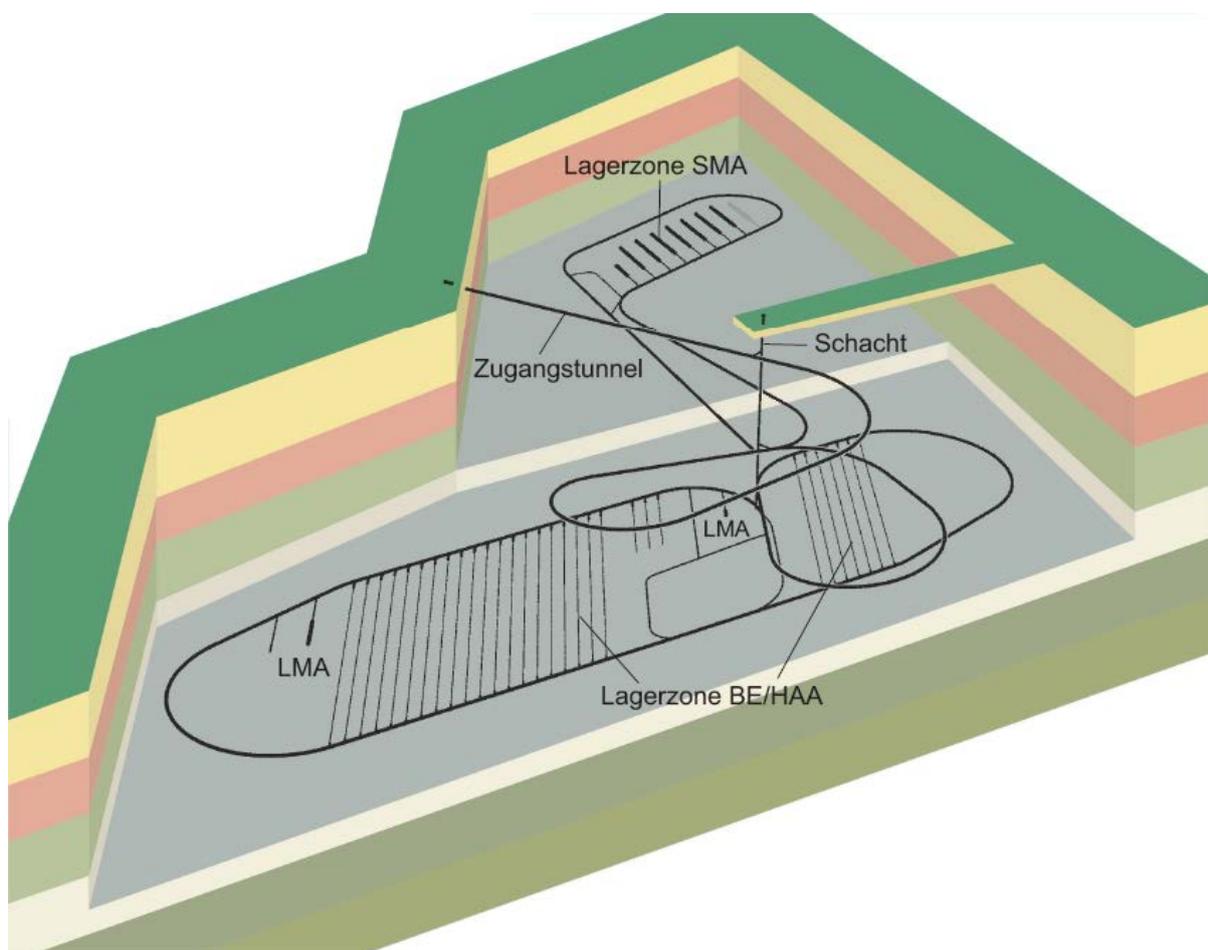
Das ENSI empfiehlt den Entsorgungspflichtigen, eine periodische Beurteilung des Stands der Technik bzgl. Abfallbehandlung vorzunehmen. Massnahmen, wie die Reduktion des Gehalts an organischem Material und die Möglichkeit des Einschmelzens und gegebenenfalls Freimessens von metallischen Abfällen werden vom ENSI als sicherheitsgerichtet beurteilt.

3 Die geologischen Tiefenlager

Angaben der Nagra

Das schweizerische Entsorgungskonzept geht von zwei verschiedenen geologischen Tiefenlagern aus, dem SMA-Lager (Lager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle) und dem HAA-Lager (Lager für die abgebrannten Brennelemente, die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente und für die langlebigen mittelaktiven Abfälle).

Das SMA- und das HAA-Lager können an zwei verschiedenen Standorten, bei einer entsprechenden geologischen Situation aber auch am gleichen Standort (mit den Lagerkammern für beide Lager räumlich getrennt entweder in der gleichen oder aber in unterschiedlichen geologischen Schichten) erstellt werden, ein sogenanntes 'Kombilager' (Figur 3-1).

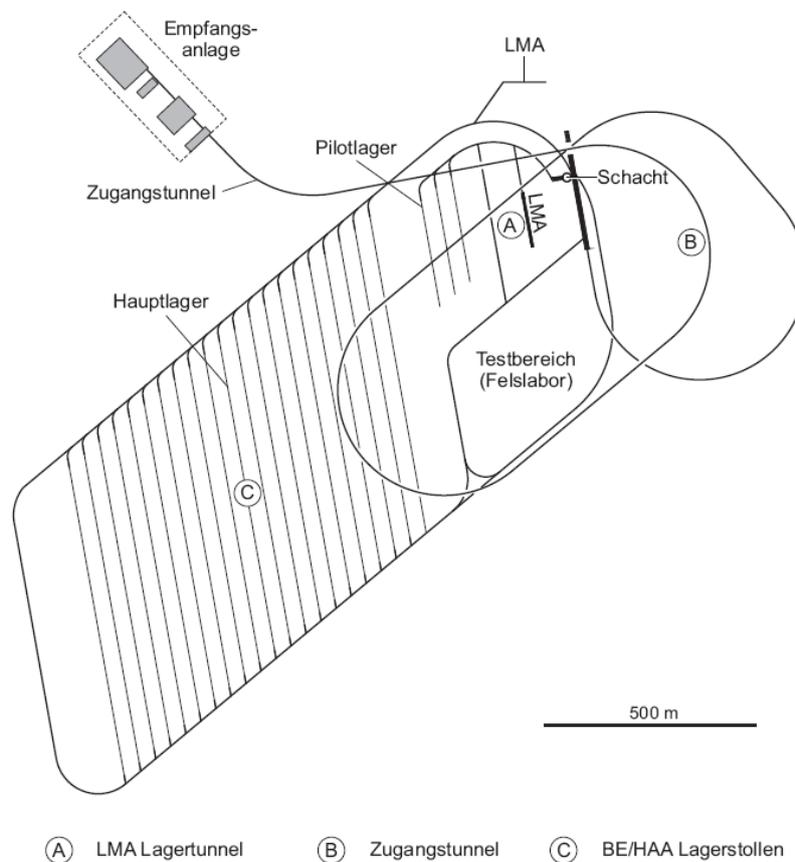


Figur 3-1: Konzeptionelle Darstellung der untertägigen Lagerbauten für das Kombilager (aus NTB 08-01, S. 42).

HAA-Lager

Eine Möglichkeit, wie die konzeptuellen Vorgaben und Annahmen umgesetzt werden können, zeigt das im Rahmen des Entsorgungsnachweises BE/HAA/LMA ausgearbeitete Projekt (NTB 02-05), welches unter Berücksichtigung der Empfehlungen der Behörden in gewissen Teilen modifiziert wurde (Anpassung Standort Schacht bezüglich Linienführung Zugangstunnel, Querschnitte ausgewählter Tunnel). Das resultierende Projekt dient hier der Illustration; es wird im Laufe der weiteren Projektar-

beiten verfeinert und neuen Erkenntnissen und später insbesondere den standortspezifischen Gegebenheiten angepasst. Der Grundriss der untertägigen Anlagen ist in Figur 3-2 dargestellt.



Figur 3-2: Modellhafte Auslegung des HAA-Lagers für das Referenzszenarium (aus NTB 08-01, S. 31).

Der Zugang zu den untertägigen Lagerstollen und -kavernen erfolgt über Zugangstunnel und Schacht. Um den Handlungsspielraum zur Optimierung zu erhalten, werden für gewisse Elemente verschiedene Alternativen offen gelassen, insbesondere:

- die Behälter für BE und HAA, wo neben dem Stahlbehälter auch alternative Behältermaterialien (beispielsweise Behälter mit Kupfermantel, NTB 02-11) betrachtet werden;
- der Bentonit als Verfüllmaterial, wo neben reinem Bentonit auch Bentonit-Zuschlagstoff-Mischungen oder andere Ton-Materialien betrachtet werden und wo das im Entsorgungsnachweis vorgeschlagene Granulat durch Bentonitblöcke ersetzt werden könnte;
- die felsmechanische Sicherung der Lagerstollen für BE und HAA, wo im Projekt für den Entsorgungsnachweis keine Aussenschale notwendig war. Dies müsste aber in Zukunft je nach Standort in Betracht gezogen werden;
- die Ausgestaltung der Verschlussbauwerke der LMA-Lagertunnels derart, dass das im Lager durch Korrosion bzw. Degradation gebildete Gas bei Erreichen eines definierten Drucks entlang der Verschlussbauwerke in darüber liegende Gesteinsschichten abgeleitet werden kann (Verwendung eines dazu spezifisch ausgelegten Versiegelungsmaterials) anstelle der vollständigen Ableitung des gebildeten Gases über das Wirtgestein. Dieses Gas enthält nur kleinste Mengen an Radioaktivität;

- Auslegungsvarianten der untertägigen Erschliessung (Verwendung von Zugangstunnel und/oder Schächten, Länge der Zugangstunnel, parallele Zugangstunnel, Lage von Zugangstunnel und Schächten, Trassierung von Bau- und Betriebstunnel, Umfahrung der Lagerzone, etc.);
- der Transport der Endlagerbehälter, der durch pneubetriebene Fahrzeuge anstatt schienengebunden erfolgt.

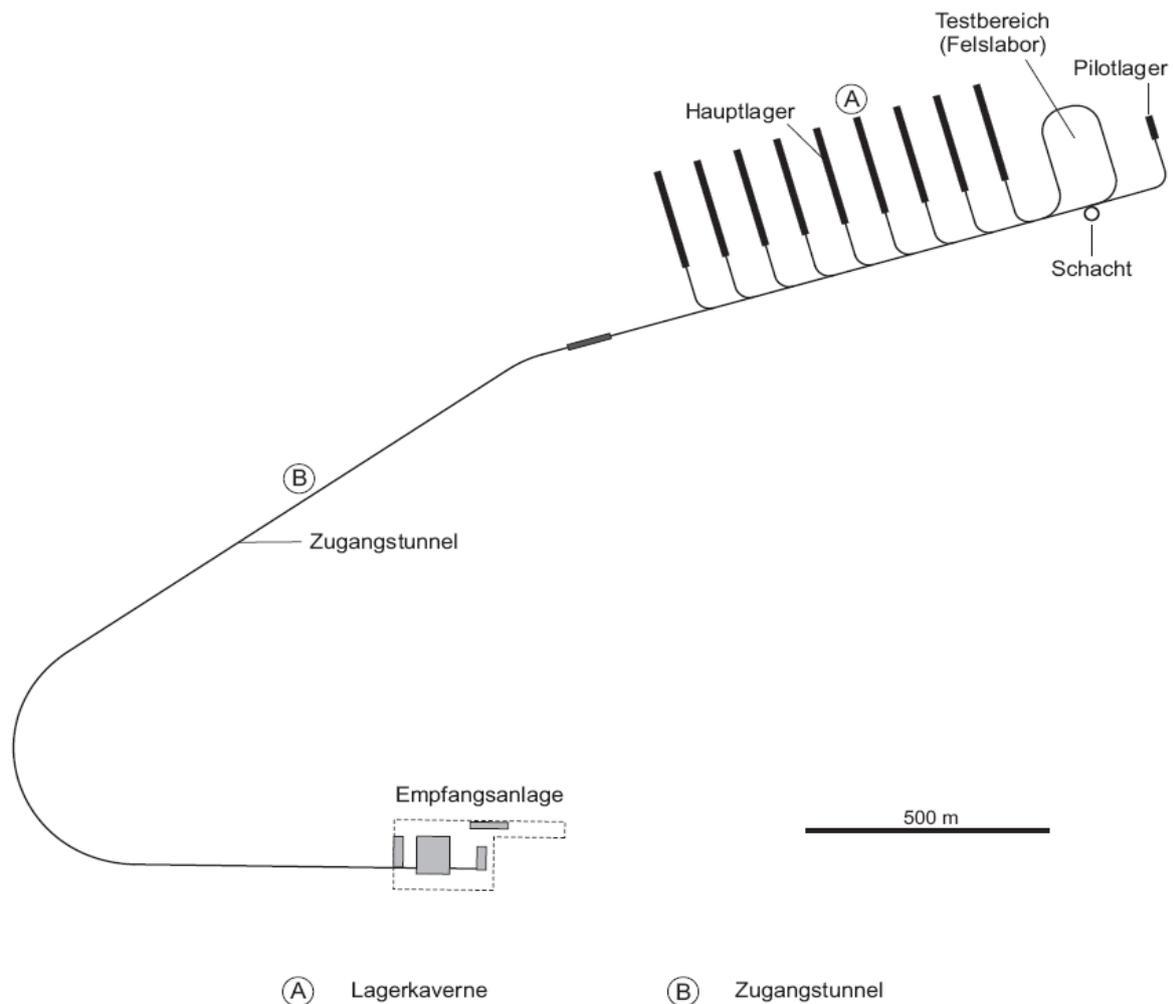
Das Lager ist so konzipiert, dass eine Erweiterung der Lagerkapazität möglich ist. Die effektive räumliche Anordnung hängt von den standortspezifischen Gegebenheiten ab. Weiter ist das Lager so ausgelegt, dass die Betriebszeiten verlängert werden können. Für gewisse Bauteile und Komponenten sind dazu Revisionen und Ersatz bzw. Erneuerungen vorzusehen, was in den Konzepten eingeplant ist.

SMA-Lager

Ausgehend vom Projekt Wellenberg wurde im Rahmen der Planung eine standortunabhängige modellhafte Auslegung des Lagers erarbeitet. Dieses Projekt dient der Illustration und wird im Laufe der weiteren Projektarbeiten verfeinert und neuen Erkenntnissen und später insbesondere den standortspezifischen Gegebenheiten angepasst. Der modellhafte Grundriss ist in Figur 3-3 dargestellt.

Der Zugang zu den untertägigen Lagerkavernen erfolgt über Zugangstunnel und Schacht. Zum Erhalt des Handlungsspielraums zur Optimierung des SMA-Lagers werden folgende Alternativen bezüglich Auslegung offen gehalten:

- Anpassung der Stollen- und Kavernenquerschnitte sowie der Kavernenlängen an die effektiven Standortbedingungen;
- Verwendung verstärkter technischer Barrieren, evtl. teilweise kombiniert mit Silo-artigen Lagerkammern. Beispielsweise die Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle in Finnland (VLJ-Lager in Olkiluoto, Vieno et al. 1998) und Schweden (SFR in Forsmark, SKI 2003);
- Ausgestaltung der Verschlussbauwerke derart, dass das im Lager durch Korrosion bzw. Degradation gebildete Gas bei Übersteigen eines definierten Drucks entlang der Verschlussbauwerke in überlagernde Gesteinsschichten abgeleitet werden kann (Verwendung eines dazu spezifisch ausgelegten Versiegelungsmaterials) anstelle der vollständigen Ableitung des gebildeten Gases über das Wirtgestein; dieses Gas enthält nur kleinste Mengen an Radioaktivität;
- Auslegungsvarianten der untertägigen Erschliessung (Verwendung von Zugangstunnel und/oder Schächten, Länge der Zugangstunnel, parallele Zugangstunnels, Lage von Zugangstunnel und Schächten, Anpassung Trassierungselemente, Umfahrung der Lagerzone etc.);
- Der Transport der Endlagercontainer, der durch pneubetriebene Fahrzeuge anstatt schienengebunden erfolgt.



Figur 3-3: Modellhafte Auslegung des SMA-Lagers für das Referenzszenarium (aus NTB 08-01, S. 39).

Das Lager ist so konzipiert, dass weitere Lagerkavernen zur Aufnahme zusätzlicher Abfälle angeordnet werden können. Die effektive räumliche Gestaltung hängt von den standortspezifischen Gegebenheiten ab. Weiter ist das Lager so ausgelegt, dass die Betriebszeiten verlängert werden können. Für gewisse Bauteile und Komponenten sind dazu Revisionen und Ersatz bzw. Erneuerungen vorzusehen, was in den Konzepten eingeplant ist.

Unter Berücksichtigung der gesetzlichen und behördlichen Vorgaben wurden für die verschiedenen Lager die zu berücksichtigenden konzeptuellen Vorgaben und Annahmen definiert, die modellhaft in verschiedenen Projekten umgesetzt wurden. Die vorgeschlagenen Auslegungskonzepte berücksichtigen die Vorgabe in der Kernenergiegesetzgebung, dass die Langzeitsicherheit durch gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren zu gewährleisten ist.

Für die zukünftige Realisierung existieren für einzelne Elemente der beiden Lagertypen verschiedene Alternativen zur Ausgestaltung, bei welchen die standortspezifischen Gegebenheiten berücksichtigt werden.

In den zukünftigen Verfahren ist sicherzustellen, dass zur Berücksichtigung der in Zukunft anfallenden Informationen und Erkenntnisse (Resultate der Exploration der Standorte, Kenntniszuwachs durch Forschung und Entwicklung) der notwendige Handlungsspielraum zur optimalen Gestaltung der Lageranlagen erhalten bleibt. Bei der Planung sind auch die Abfälle infolge zukünftiger Entwicklungen

bezüglich Kernenergie und bezüglich Verwendung radioaktiver Materialien in Medizin, Industrie und Forschung zu berücksichtigen.

Beurteilung des ENSI

Im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) ist festgehalten (BFE 2008, S. 12-13), dass das schweizerische Entsorgungskonzept für die geologische Tiefenlagerung heute zwei Lager vorsieht: ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und ein Lager für hochaktive Abfälle (HAA). Im SGT wird zudem auf die Möglichkeit hingewiesen, ein Lager für alle Abfallkategorien am selben Standort zu errichten.

Das ENSI beurteilt das von der Nagra im Lagerkonzept vorgesehene Mehrfachbarrierensystem als geeignet, um den in den gesetzlichen Grundlagen und in der Richtlinie ENSI-G03 geforderten dauernden Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung radioaktiver Abfälle zu gewährleisten. Der Grundsatz, dass sowohl die technischen als auch die geologischen Barrieren in signifikanter Masse zur Barrierenwirkung des Gesamtsystems beitragen, entspricht den behördlichen Vorgaben. Beide Lager gewährleisten die Langzeitsicherheit durch ein System gestaffelter, passiv wirkender technischer und natürlicher Barrieren (Mehrfachbarrierensystem, gemäss Art. 11 Abs. 2 Bst. b KEV).

Das ENSI hat das Lagerkonzept für das HAA-Lager im Rahmen des Entsorgungsnachweises vertieft überprüft (HSK 35/99). Aus Sicht des ENSI hat die Nagra nachvollziehbar aufgezeigt, dass der geforderte langfristige Schutz von Mensch und Umwelt mit dem beschriebenen Lagersystem erbracht werden kann. Die Methodik, die sie zum Nachweis der Langzeitsicherheit angewendet hat, entspricht dem Vorgehen, das sich international etabliert hat.

Gemäss SGT (BFE 2008, S. 57) haben die Entsorgungspflichtigen für beide Lagertypen die erwarteten Beiträge der verschiedenen Elemente des Barrierensystems zur Sicherheit des gesamten Lagers darzulegen. Die Nagra hat dies mit ihren Analysen zur Wirksamkeit der Elemente des Barrierensystems für BE, HAA, LMA und SMA (NTB 08-05, Kap. 4.7) transparent und nachvollziehbar dokumentiert. Im Falle eines HAA-Lagers wurde die Barrierenwirkung des Wirtgesteins Opalinuston (HSK 35/99, S. 207) und allgemein des Mehrfachbarrierensystems (HSK 35/99, S. 210) im Rahmen des Entsorgungsnachweises beurteilt.

Das ENSI hat mit seinen unabhängigen Modellierungen (ENSI 33/070) die Ausbreitung von Radionukliden aus dem SMA-Lager durch die technischen und natürlichen Barrieren bis in die Biosphäre nachvollzogen und so die Wirksamkeit der einzelnen Barrieren geprüft. Der bei der Erarbeitung des Vorschlags für geologische Standortgebiete angewandte Indikator «Platzangebot untertags» verlangt für eine günstige Bewertung Platz für mindestens das zweifach umhüllende Abfallinventar, entsprechend der doppelten lateralen Ausdehnung. Ein mehr als zweifaches Platzangebot erscheint bei derzeitigem Kenntnisstand ausreichend, um die hinsichtlich der Geologie möglichen Limitierungen und Ungewissheiten zu berücksichtigen. Dies sorgt für den notwendigen Handlungsspielraum zur optimalen Gestaltung der Lageranlagen.

Bisher wurden sicherheitstechnische Berichte für ein SMA-Lager (Wellenberg) und ein HAA-Lager (Zürcher Weinland) eingereicht und vom ENSI geprüft (HSK 30/9 resp. HSK 35/99). Die Nagra hat im Rahmen der Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen für Etappe 2 SGT Berechnungen der Dosiskurven für Kombilager dokumentiert (NTB 10-01, Fig. 7.1-1). Die Resultate zeigen, dass die Schutzkriterien der Richtlinie ENSI-G03 eingehalten werden können.

4 Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern

Als ersten Schritt in Etappe 1 SGT mussten die Entsorgungspflichtigen die Zuteilung der Abfälle auf das Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-Lager) und das Lager für hochaktive Abfälle (HAA-Lager) festlegen. Dabei sind grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten denkbar, die Abfälle der Abfallkategorien nach Art. 51 KEV (hochaktive Abfälle HAA, alphanuklidische Abfälle ATA sowie schwach- und mittelaktive Abfälle SMA) auf die beiden Lagertypen aufzuteilen. Es ist Aufgabe der Entsorgungspflichtigen, geeignete Lösungen vorzuschlagen; diese werden durch die Behörden geprüft.

Angaben der Nagra

Die für die Erarbeitung von Vorschlägen für geologische Standortgebiete gemachte Zuteilung basiert auf sicherheitsbezogenen Überlegungen (NTB 08-05) unter Berücksichtigung der Vorgaben im SGT-Konzept (BFE 2008). Bei den dem HAA-Lager zugeteilten SMA handelt es sich insbesondere um austauschbare Reaktorkomponenten der KKW (stark aktivierte Teile von Steuerstäben und Messlanzen, stark aktivierte Kleinteile) sowie um gewisse Abfälle aus dem MIF-Bereich (uranhaltige Forschungsabfälle).

Die formelle Festlegung der Kategorien des Lagerguts und der maximalen Lagerkapazität für das SMA- bzw. das HAA-Lager erfolgt mit der Rahmenbewilligung. Die detaillierten Bedingungen für die Einlagerung der Abfälle werden erst in der Bau- bzw. Betriebsbewilligung festgelegt, wenn alle dazu notwendigen Informationen (Resultate der detaillierten Standortabklärungen und der detaillierten Auslegung der technischen Barrieren, effektiv vorliegende Abfälle) verfügbar sind; dies kann noch zu kleineren Verschiebungen in der Abfallzuteilung führen.

Beurteilung des ENSI

Für die Zuteilung sind gemäss SGT in erster Linie folgende Abfalleigenschaften massgebend (BFE 2008, S. 57):

- das Inventar und die Halbwertszeiten der Radionuklide,
- die Auswahl der sicherheitstechnisch relevanten Nuklide (Wertung der radiologischen Toxizität),
- das Abfallvolumen,
- die Materialeigenschaften (Abfallmatrix, -behälter) und ihre möglichen Auswirkungen auf das Wirtgestein,
- die Wärmeentwicklung,
- der Gehalt an potenziell Gas produzierenden Bestandteilen (Metalle, Organika)
- sowie der Gehalt an Komplexbildnern.

Zur Überprüfung der von der Nagra vorgeschlagenen Abfallzuteilung hat das ENSI eigene Berechnungen durchgeführt. Die Nagra hat das zugrunde liegende Inventar und die Zuteilung der Abfälle auf das SMA-Lager und HAA-Lager in der Dokumentation zum Vorschlag geologischer Standortgebiete in NTB 08-05 transparent und nachvollziehbar dargelegt. Das ENSI erachtet die von der Nagra gewählte Abfallzuteilung als plausibel und kann ihr zustimmen (ENSI 33/070, Kap. 2.4).

5 Realisierungsplan der geologischen Tiefenlager

Der Realisierungsplan ist ein zentrales Planungs- und Kontrollinstrument für die Planung und Implementierung der erforderlichen Infrastruktur zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Er unterstützt die Entsorgungspflichtigen bei der schrittweisen und systematischen Abwicklung der notwendigen Vorhaben und Verfahren und hilft der Behörde bei ihrer Aufsichtsfunktion über die nukleare Entsorgung, indem er eine vorausschauende proaktive Begleitung bzw. Steuerung der damit verbundenen technischen Aufgaben und behördlichen Auflagen ermöglicht.

Angaben der Nagra

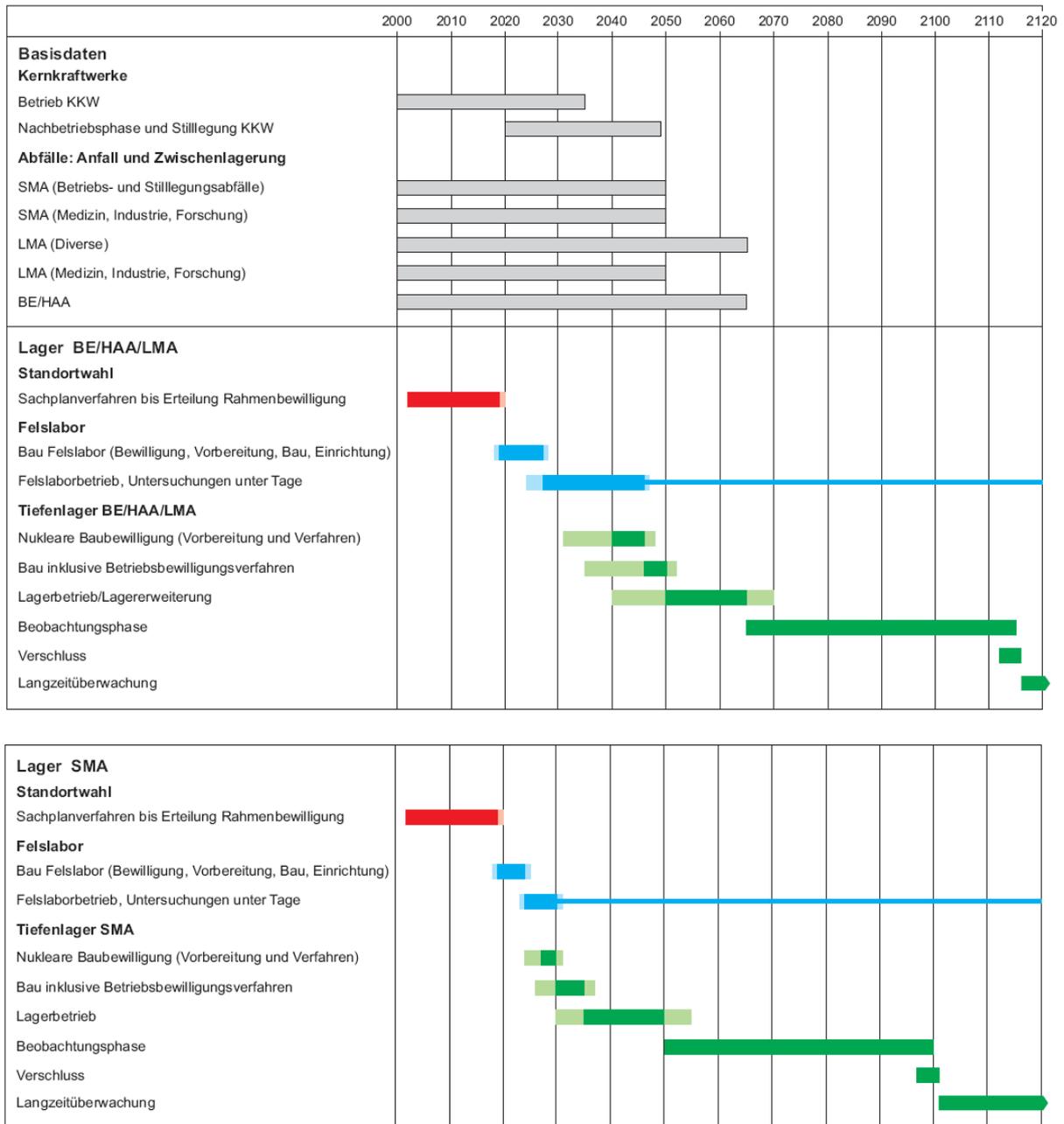
Standortauswahlverfahren

Die Standortwahl erfolgt gemäss Konzept SGT (BFE 2008) in drei Etappen, deren Ausgestaltung im Detail beschrieben ist. Ausgehend von Vorschlägen der Entsorgungspflichtigen führt Etappe 1 SGT (Vororientierung) zu geologischen Standortgebieten für das SMA- und das HAA-Lager, welche in Objektblättern festgehalten werden. Etappe 2 SGT (Zwischenergebnis) führt zu mindestens je zwei Standorten für das SMA- bzw. das HAA-Lager, wiederum festgehalten in entsprechenden Objektblättern. Anschliessend sind für das SMA- und das HAA-Lager je mindestens zwei Standorte auf einen für den abschliessenden Vergleich genügenden Kenntnisstand zu bringen. Dazu sind bewilligungspflichtige Feldarbeiten durchzuführen. Der Vergleich führt zur Wahl von je einem Standort (bzw. einem Standort für ein 'Kombilager') für die Vorbereitung der Rahmenbewilligungsgesuche und der Festsetzungen gemäss Sachplan für das SMA- und das HAA-Lager (oder das Kombilager). Nach Prüfung der Rahmenbewilligungsgesuche durch die Behörden werden diese durch den Bundesrat erteilt und die Festsetzungen gemäss Sachplan bzw. Raumplanungsgesetz genehmigt und in Objektblättern festgehalten. Die Rahmenbewilligungen sind durch das Parlament zu bestätigen und unterliegen dem fakultativen nationalen Referendum. Für jeden Lagertyp wird in Etappe 3 SGT einer der zurückgestellten Standorte gemäss SGT als Reserveoption bezeichnet und bleibt bis zur Erteilung der Betriebsbewilligung des entsprechenden Lagers als Zwischenergebnis im Sachplan gesichert. Beim Standortauswahlverfahren (alle drei Etappen des SGT) wird der Sicherheit erste Priorität eingeräumt, raumplanerische und sozioökonomische Aspekte sind nachrangig.

Realisierungsplan

Nach Festlegung des Standortes durch die Rahmenbewilligung und die Festsetzung gemäss SGT folgen schrittweise weitere Bewilligungsverfahren gemäss KEG und KEV: Die Verfahren für weitere bewilligungspflichtige Feldarbeiten (Ergänzung der Untersuchungen von der Oberfläche, Bau und Betrieb der Felslabors), die Baubewilligung, die Betriebsbewilligung und – nach Abschluss der Betriebs- und Beobachtungsphase – die Anordnung des Verschlusses durch den Bundesrat. Diese Bewilligungsverfahren berücksichtigen auch die Aspekte aus anderen Bereichen, insbesondere die Raumplanung und die Prüfung der Umweltverträglichkeit.

Ausgehend von den gesetzlich erforderlichen Bewilligungsverfahren und unter Berücksichtigung der notwendigen Zeiten für die Abwicklung der technischen Arbeiten und für die Durchführung der behördlichen Begutachtung ergibt sich der in Figur 5-1 als Balkendiagramm dargestellte Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager SMA und HAA.



Figur 5-1: Der Realisierungsplan für das HAA- und das SMA-Lager trägt den Annahmen in der Kostenstudie 2006 und den Vorgaben des Konzeptteils des Sachplans geologische Tiefenlager Rechnung (Kombination der Tabellen 5-1a und 5-1b, NTB 08-01, S. 52 und 53).

Der Realisierungsplan berücksichtigt insbesondere:

- die gesetzlich und behördlich vorgegebenen Genehmigungen und Bewilligungen und die damit zusammenhängenden Entscheidungspunkte,
- die für diese Genehmigungen und Bewilligungen notwendigen Unterlagen und den Zeitbedarf für die Abwicklung der erforderlichen technisch-wissenschaftlichen Arbeiten,
- den Zeitbedarf für die behördlichen (Bewilligungs-)Verfahren,
- den Zeitbedarf für den Einbezug der verschiedenen Interessengruppen in die Entscheidungsfindung,

- andere technisch bedingte zeitliche Rahmenbedingungen (z. B. die notwendige Abklingzeit für die abgebrannten Brennelemente und die verglasten hochaktiven Abfälle).

Für die Rahmenbewilligung müssen genügend Kenntnisse für robuste Aussagen zu Sicherheit und Machbarkeit vorliegen. Dies betrifft die Wirtgesteinseigenschaften (teilweise aus standortunabhängigen Untersuchungen, vgl. NTB 08-01, Kap. 5.6) und die Platzverhältnisse sowie die Auslegung der Anlage in ihren Grundzügen. Diese Informationen können mit Untersuchungen von der Oberfläche (Seismik, Bohrung) ergänzt durch standortunabhängige Arbeiten gewonnen werden. Auf Stufe Rahmenbewilligung können für die Konzepte ausgewählter Elemente der Lagerauslegung noch verschiedene Alternativen vorhanden sein (Auslegung der technischen Barrieren und der Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss der Anlage).

Die Nagra (NTB 08-01, S. 59) geht davon aus, die Projekte und Gesuche im Hinblick auf die untertägige Exploration parallel zum Rahmenbewilligungsverfahren vorzubereiten. Diese Gesuche umfassen ergänzende Untersuchungen von der Oberfläche aus und insbesondere den Bau und Betrieb eines Felslabors, welches mit einem Zugangstunnel (evtl. mit Schacht) erschlossen wird. Ferner geht die Nagra davon aus, dass die technische Prüfung der Gesuche durch die Behörden erfolgen kann, bevor die Rahmenbewilligung abschliessend vorliegt, so dass bei Vorliegen der Rahmenbewilligung nach kurzer Zeit mit den Untersuchungen von der Oberfläche und dem Bau des Zugangs zum Felslabor begonnen werden kann.

Im Rahmen des nuklearen Baugesuchs – das nach erfolgter untertägiger Erkundung eingereicht wird – wird die detaillierte Anordnung der untertägigen Lagerbauten und die detaillierte Auslegung der Lagerkammern und der technischen Barrieren sowie der Infrastruktur und Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss des Lagers festgelegt.

Umsetzung

Für die Umsetzung des Realisierungsplans ist ein breites Spektrum von Themen zu bearbeiten (vgl. NTB 08-01, Tab. A.3-1 in Anhang A.3). Dazu gehören Fragen zur Geologie, zur Sicherheit, zum Inventar der radioaktiven Abfälle sowie zur Auslegung, dem späteren Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager. Für HAA werden dabei auch die von den Behörden und ihren Experten in ihren Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis aufgeführten Hinweise zu zukünftigen Arbeiten berücksichtigt (vgl. dazu auch den diesbezüglichen Bericht der Nagra NTB 08-02).

Der vorgeschlagene Realisierungsplan und die zugehörigen Entscheidungspunkte bieten genügend Handlungsspielraum zur Optimierung der Entsorgung und geben die erforderliche Flexibilität für die Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bzgl. einzulagernder Abfälle. Damit lassen sich auch die Erfahrungen, die in den für die Schweiz relevanten ausländischen Programmen (insbesondere Frankreich, Schweden, Finnland) gemacht werden, mit berücksichtigen.

Standortunabhängige Arbeiten

Die standortunabhängigen Arbeiten haben zum Ziel, das Verständnis sicherheitsbezogener standortunabhängiger Phänomene zu verbessern und die diesbezüglich noch vorhandenen Ungewissheiten zu reduzieren. Die Arbeiten betreffen die geologischen und die technischen Barrieren. Die Resultate dieser Arbeiten ergänzen die standortspezifischen Informationen und Daten für die Standortevaluation und die Beurteilung der Sicherheit.

Im Rahmen der standortunabhängigen Arbeiten werden auch Module der geologischen Tiefenlager (Elemente der Oberflächeninfrastruktur, technische Barrieren und die zugehörigen Lagerkammern,

Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss der Lager) entwickelt, die im Rahmen der Lager-Implementierung an die standortbezogenen Verhältnisse angepasst werden.

Vorgehen bei der Realisierung des HAA- bzw. SMA-Lagers

Für das Rahmenbewilligungsgesuch sind am gewählten Standort insbesondere folgende Untersuchungen und Arbeiten durchzuführen:

- Konsolidierung der geologischen Unterlagen: Auswertung und Analyse aller geologischen Unterlagen und Erarbeitung einer geologischen Synthese mit geologischen Datensätzen für die Langzeitsicherheit und die Anlagenprojektierung.
- Vertiefung der Projekte zur Anlage (inkl. Betrieb und Verschluss). Dazu ist die Anlage in ihren Grundzügen festzulegen. Für die Oberflächenanlagen sind ihre Anordnung und die Konzepte festzulegen, für die untertägigen Anlagen ist der untertägige Perimeter zur Anordnung der Lagerkammern sowie das Barrierenkonzept anzugeben.
- Bewertung der Sicherheit (Sicherheitsbericht) und Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen,
- Abklärungen zur Umweltverträglichkeit (UVP, 1. Stufe),
- Raumplanerische Abstimmung im Zusammenhang mit der Konzipierung der Oberflächeninfrastruktur,
- Erarbeitung eines Monitoringkonzepts,
- Erstellung eines Sicherungsberichts (Konzept).

Die für die Vorbereitung und Realisierung der geologischen Tiefenlager zu bearbeitenden Themen und die detaillierten Arbeitsschwerpunkte widerspiegeln die Schlussfolgerungen der Nagra aus den bisher abgewickelten Projektstufen (z. B. Rahmenbewilligungsgesuch Wellenberg, Projekt Kristallin-I, Entsorgungsnachweis HAA, Vorschlag für Standortgebiete SMA und HAA gemäss Etappe 1 SGT). Die Nagra unterscheidet dabei die folgenden Arbeitsbereiche:

- Geologische Untersuchungen,
- Sicherheit und Abklärung sicherheitsrelevanter Phänomene,
- radioaktive Materialien und Abfälle (standortunabhängig),
- Auslegung und späterer Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager,
- Organisation (Management und Planung),
- Information.

Die im Rahmen der standortunabhängigen Arbeiten (vgl. NTB 08-01, Kap. 5.6) im Hinblick auf das Rahmenbewilligungsgesuch durchzuführenden Untersuchungen werden gegenüber dem Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle und langlebige mittelaktive Abfälle (NTB 02-05) nochmals zu einem verbesserten Verständnis von Schlüsselphänomenen führen. Es betrifft dies insbesondere:

- Die Gasfreisetzung durch das Wirtgestein und den Bentonit (inkl. Abklärung von Möglichkeiten zur Reduktion der Gasbildung, z.B. alternative Behältermaterialien),
- Auslegung und Verhalten der technischen Barrieren,

- die Auswirkung der pH-Fahne auf das Wirtgestein,
- Monitoring (Untersuchungskonzepte, Erfahrungen mit operativen Randbedingungen).

Weitere Angaben

Zusätzlich zum vorliegenden Entsorgungsprogramm hat die Nagra im Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (Research, Development & Demonstration, engl. Abkürzung RD&D, NTB 09-06) die Planung der wissenschaftlichen und technischen Arbeiten für die schrittweise Realisierung der geologischen Tiefenlager für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) und für die abgebrannten Brennelemente, die verglasten hochaktiven Abfälle und die langlebigen mittelaktiven Abfälle (BE/HAA/LMA) ausführlich dokumentiert. Das Hauptziel des RD&D-Plans liegt in der Festlegung des Zwecks, des Umfangs, der Art und der zeitlichen Abfolge der verschiedenen zukünftigen RD&D-Aktivitäten, basierend auf den entsprechenden Anforderungen und Planungsannahmen für die Lagerrealisierung.

Im Rahmen der Beurteilung des Projekts Opalinuston für den Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle und langlebige mittelaktive Abfälle haben die Behörden und ihre Experten in ihren Gutachten und Stellungnahmen zahlreiche Hinweise und Empfehlungen zum weiteren Vorgehen gegeben. Die Entsorgungspflichtigen haben die Stellungnahmen und Gutachten analysiert, die Hinweise und Empfehlungen in ihrem Arbeitsplan berücksichtigt und die offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen systematisch erfasst und dokumentiert (NTB 08-02). Der entsprechende Bericht zeigt auf, wie diese Elemente im weiteren Verfahren zeit- und sachgerecht bearbeitet werden.

Beurteilung des ENSI

Die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers ist ein schrittweiser Prozess (Figur 12-1 im Anhang). Durch die periodische Aktualisierung des Entsorgungsprogramms kann dem Projektstand und der Diskussion anstehender Fragen Rechnung getragen werden. Die behördlichen Vorgaben zum Realisierungsplan sind im Anhang zusammengefasst. Der vorgelegte Realisierungsplan macht Angaben zur Standortauswahl gemäss SGT sowie zu den Bewilligungsschritten (Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung), dem Verschluss und der Entlassung des Tiefenlagers aus der Kernenergiegesetzgebung.

Der von der Nagra vorgelegte Realisierungsplan für das SMA- bzw. HAA-Lager orientiert sich an den gesetzlichen und behördlichen (nuklearen) Bewilligungsverfahren, d.h.:

- Bewilligungsverfahren für erdwissenschaftliche Untersuchungen nach KEG/KEV im Hinblick auf einen wissenschaftlich abgestützten Vergleich der Sicherheit des Tiefenlagers an den zur Auswahl stehenden Lagerstandorten,
- Rahmenbewilligung,
- Verfahren für bewilligungspflichtige untertägige Feldarbeiten als Ergänzung der Untersuchungen von der Oberfläche im Hinblick auf das Baugesuch (Bau und Betrieb der Felslabors),
- nukleare Baubewilligung,
- nukleare Betriebsbewilligung,
- Anordnung des Lagerverschlusses,
- evtl. Langzeitüberwachung gemäss Anordnung des Bundesrates.

Zudem berücksichtigt der Realisierungsplan weitere Grundsätze und Prinzipien, die in der Gesetzgebung oder in behördlichen Vorgaben verankert sind:

- Entsorgung der radioaktiven Abfälle grundsätzlich im Inland,
- Vorbereitung und Umsetzung der sicheren und dauerhaften Entsorgung der radioaktiven Abfälle aus dem Betrieb der Kernkraftwerke sowie aus Anwendungen in Medizin, Industrie und Forschung durch die nutzniessenden Generationen,
- Standortauswahlverfahren für SMA- und HAA-Tiefenlager im Rahmen des SGT,
- stufengerechte Konkretisierung der Konzepte bzw. Projekte mit jeweils angemessenem Detaillierungsgrad und technisch-wissenschaftlicher Belastbarkeit (Schwerpunkte: Sicherheit und technische Machbarkeit, Möglichkeit der Überwachung und Rückholung der Abfälle),
- Optimierung: bei jedem Realisierungsschritt des Tiefenlagers sind Alternativen im Hinblick auf eine Optimierung der Sicherheit abzuwägen,
- breite gesellschaftliche Abstützung durch Einbezug der Interessengruppen.

Der Vorschlag der Nagra für die schrittweise Realisierung der vorgesehenen geologischen Tiefenlager und die Zweckmässigkeit des vorliegenden Realisierungsplans für das SMA- bzw. HAA-Lager wurden durch das ENSI anhand der folgenden Fragen geprüft und beurteilt:

Wurden die behördlichen Anforderungen an die Sicherheit und die Vorgaben hinsichtlich der Bewilligungsverfahren gemäss KEG, KEV, SGT und der behördlichen Richtlinie ENSI-G03 berücksichtigt und sind die daraus abgeleiteten Annahmen richtig und vollständig?

Das ENSI kommt in seiner Prüfung und Beurteilung zum Schluss, dass die Entsorgungspflichtigen die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (KEG, KEV, SGT sowie der 2008 gültigen Richtlinie HSK-R-21) im vorgeschlagenen Realisierungsplan korrekt berücksichtigt haben. Der Realisierungsplan bildet das schrittweise nukleare Bewilligungsverfahren korrekt und transparent ab; dies gilt auch für das Verfahren zur Standortwahl (BFE 2008).

Da das Entsorgungsprogramm bzw. der entsprechende Realisierungsplan vor der Inkraftsetzung der behördlichen Richtlinie ENSI-G03 «Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis» erarbeitet wurde, ist die Umsetzung spezifischer Forderungen der Richtlinie in zukünftigen Fassungen des Entsorgungsprogramms stufengerecht zu konkretisieren.

Ist der Realisierungsplan in seinen Grundzügen korrekt und vollständig?

Der Realisierungsplan für das SMA- bzw. HAA-Lager orientiert sich am gesetzlich geforderten schrittweisen Vorgehen gemäss KEG und KEV und bildet die damit verbundenen Schritte korrekt und vollständig ab. Der Realisierungsplan ist in der vorliegenden Form stufengerecht: Für die unmittelbaren Umsetzungsphasen – insbesondere für die Festsetzung der Lagerstandorte – orientiert sich der Realisierungsplan detailliert an den Vorgaben des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2008). Im Hinblick auf die späteren Realisierungsphasen erwartet das ENSI in zukünftigen Entsorgungsprogrammen eine stufengerechte Konkretisierung der erforderlichen Aktivitäten.

Stimmt der Realisierungszeitplan mit der angestrebten Inbetriebnahme des SMA- bzw. HAA-Lagers überein?

Der vorgelegte Zeitplan der Entsorgungspflichtigen für die Abwicklung der technischen Arbeiten und die Durchführung der erforderlichen behördlichen Verfahren orientiert sich am Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2008; S. 6) und hat eine Betriebsaufnahme des SMA-Lagers ab 2030 bzw. des HAA-Lagers ab 2040 zum Ziel. Dabei wird angenommen, dass sich alle Beteiligten (Entsorgungspflichtige, Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden) für eine verzugslose Abwicklung der Arbeiten einsetzen und die Rechtsmittel in den erforderlichen Bewilligungsverfahren nicht ausgeschöpft werden.

Die von den Entsorgungspflichtigen vorgeschlagene technische Prüfung der Gesuche im Hinblick auf die untertägige Exploration (erdwissenschaftliche Untersuchungen nach KEG/KEV, Bau und Betrieb der Felslabors) bevor die Rahmenbewilligung für das SMA- bzw. HAA-Lager abschliessend vorliegt (vgl. NTB 08-01, Kap. 5.4.2), muss mit dem Rahmenbewilligungsverfahren koordiniert werden. Die Erteilung der Bewilligung für die untertägige Exploration durch das zuständige Departement erfolgt erst nach Vorliegen der vom Parlament genehmigten Rahmenbewilligung.

Der vorgesehene Zeithorizont für Bewilligung, Vorbereitung, Bau und Betrieb des untertägigen Felslabors von weniger als zehn Jahren (bis auf einzelne Langzeitbeobachtungen) am Standort des SMA-Lagers entspricht aus Sicht des ENSI einer zu optimistischen Annahme, um die für die Einreichung des Baubewilligungsgesuchs notwendigen geologischen, sicherheitstechnischen und bautechnischen Datengrundlagen zu erheben. So geht der Realisierungszeitplan für das SMA-Lager der Nagra gemäss NTB 08-01, Tab. A.4-2 davon aus, dass

- das Bewilligungsverfahren für das Felslabor im optimalen Fall zwei Jahre dauert (2019-2020),
- die ergänzenden Untersuchungen (Bohrungen) und der Bau des Felslabors (Zugangsbauwerke und Felslabor) etwa fünf Jahre dauern (2020 – 2025),
- der Aufbau und die Durchführung der Experimente danach ab 2025 erfolgen,
- das Baubewilligungsgesuch für das SMA-Lager im Jahr 2026 eingereicht wird.

Das Ziel des Felslabors ist die untertägige Charakterisierung des Wirtgesteins und die Erhebung der für das Baugesuch erforderlichen Datensätze (beispielsweise Homogenität/Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit, felsmechanische Kennwerte, In-situ-Spannungsfeld, Trennflächen und Gebirgseigenschaften). Im Rahmen der Überprüfung des Entsorgungsprogramms stellte das ENSI der Nagra deshalb die Frage, ob diese Datensätze in ein Baugesuch 2026 einfliessen können, wenn mit Aufbau und Durchführung der Messungen auf Lagerebene erst 2025 begonnen werden kann.

Die Nagra hat auf die entsprechende Frage des ENSI folgendes festgehalten: «Grundsätzlich ist zu beachten, dass die Zeiten der verschiedenen Phasen auf der Kostenstudie 2006 (KS06, swissnuclear 2006a, b) beruhen. Falls es zu Verspätungen kommt – wie es die Frage impliziert – dann ist dies bezüglich der Rückstellungen konservativ (Zinseffekt), so dass die in KS06 getroffenen Annahmen für den Zweck der Kostenevaluation vorsichtig sind. Aus Sicht der Nagra ist zu berücksichtigen, dass es sich um ein SMA-Lager handelt, bei dem die Anforderungen kleiner sind als bei einem HAA-Lager. Im Ausland sind für SMA-Lager in der Regel keine Felslaboratorien vorgesehen. Es kann deshalb als vertretbar betrachtet werden, das Felslabor zur Bestätigung der schon vorgängig erhobenen Daten zu verwenden, wobei die anfallende Information auch im Freigabeverfahren für den Bau bzw. für die Betriebsbewilligung verwendet werden kann. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte erscheint eine Zeitdauer von rund zehn Jahren bis zur Betriebsaufnahme als vertretbar.»

Das ENSI nimmt die Ausführungen der Nagra zur Kenntnis und fordert, dass für die Erstellung des nächsten Entsorgungsprogramms dieser Punkt vertieft dargelegt wird. Insbesondere sind im Hinblick auf das Baugesuch der Kenntnisstand der standortspezifischen felsmechanischen Eigenschaften des Wirtgesteins, aber auch die geplanten Experimente im Felslabor hinsichtlich Homogenität / Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit, der Felsmechanik, des In-situ-Spannungsfelds und des Gebirgsverhaltens darzulegen.

Wurden die offenen Fragen und die notwendigen Arbeiten (stufengerecht) identifiziert?

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens gemäss Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2008) sind die geologischen Kenntnisse der Standortgebiete schrittweise und stufengerecht zu vertiefen.

Hinsichtlich der *standortabhängigen* Forschung kam das ENSI in der Stellungnahme (ENSI 33/115) zum Bericht der Nagra zur Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen im Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2 (NTB 10-01) zum Schluss, dass

- basierend auf dem aktuellen Kenntnisstand,
- zusammen mit den von der Nagra vorgeschlagenen ergänzenden Untersuchungen und
- den vom ENSI geforderten Ergänzungen

der notwendige Kenntnisstand erreicht werden kann, um in Etappe 2 SGT belastbare Aussagen zur sicherheitstechnischen Eignung und zur bautechnischen Machbarkeit machen zu können. Das ENSI stellt jedoch eine Reihe von Forderungen für vertiefte Untersuchungen, die bei der Einreichung der Unterlagen für Etappe 2 erfüllt sein müssen.

Die Hauptforderungen des ENSI gliedern sich in die folgenden Arbeitsbereiche:

- Verbesserte Charakterisierung der Wirtgesteine ‚Brauner Dogger‘ und Effinger Schichten,
- systematische Beschreibung der potenziellen Fliesswege in den Standortgebieten,
- verbesserte Darstellung der geochemischen Bedingungen innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs,
- vertiefte Untersuchung der bautechnischen Aspekte.

Der Handlungsbedarf für die *standortunabhängige* Forschung und Entwicklung leitet sich aus dem aktuellen Stand der Tiefenlagerprojekte SMA und HAA ab; für das weitere Vorgehen haben die Entsorgungspflichtigen ausgehend vom Referenzfall den Handlungsspielraum analysiert und aufgezeigt (vgl. NTB 08-01, Tabelle A.2-1).

Das ENSI ist einverstanden mit der generellen, stufengerechten Vorgehensweise bzgl. dem vorgelegten Detaillierungsgrad der Konzepte und Projekte wie z. B. Anordnung und Auslegung des Tiefenlagers, Monitoring, Rückholung der radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand und Lagerverschluss. Im Hinblick auf die Rahmenbewilligungsgesuche erwartet das ENSI weiterführende Arbeiten für beide Lagertypen zu den Themen

- Inventarfestlegung,
- Gasproduktion und Gasfreisetzung durch das Wirtgestein (lagerbedingte Effekte),
- Eignung alternativer Behältermaterialien,
- Auslegung und Verhalten der technischen Barrieren,
- Auslegung und Anordnung des Pilotlagers,

- Konkretisierung der Lagerauslegung HAA und SMA,
- Monitoring (Untersuchungskonzept, operative Randbedingungen),
- Markierungskonzept,
- Langzeitarchivierung der Informationen zu geologischen Tiefenlager.

Im Hinblick auf das Gesuch für die nukleare Baubewilligung ist von der Nagra festzuhalten, welche Nahfeldkomponenten (Behälter- und Verfüllmaterialien) zur Verwendung kommen und wie Versiegelungsbauwerke bei der Realisierung der Tiefenlager ausgeführt werden.

Aus Sicht des ENSI ist der zusätzlich zum vorliegenden Entsorgungsprogramm erschienene Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan, NTB 09-06) ein wertvolles Hilfsmittel, um den Stand von Wissenschaft und Technik und die Umsetzbarkeit des Realisierungsplan der Nagra zu überprüfen.

Das ENSI fordert deshalb, dass bei der nächsten Einreichung des Entsorgungsprogramms vorgängig ein RD&D Bericht durch die Nagra erstellt wird, in dem der Zweck, der Umfang, die Art und die zeitliche Abfolge der verschiedenen zukünftigen RD&D-Aktivitäten, basierend auf den entsprechenden Anforderungen und Planungsannahmen für die Lagerrealisierung, dokumentiert wird. Dieser Bericht soll ebenfalls den Umgang mit bestehenden offenen Fragen dokumentieren, wie dies die Nagra beispielsweise mit den Empfehlungen und offenen Fragen im Rahmen des Projekts Opalinuston für den Entsorgungsnachweis (NTB 02-05) für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle und langlebige mittelaktive Abfälle in (NTB 08-02) getan hat.

Bleibt der gewünschte Handlungsspielraum in der stufenweisen Umsetzung des Entsorgungsprogramms (Realisierungsplan) erhalten?

Für wichtige Fragestellungen bzgl. Alternativen in der zukünftigen Entwicklung der Projekte und Möglichkeiten zur Optimierung der Anlagen werden durch die Entsorgungspflichtigen Entscheidungspunkte festgelegt, bei denen die Flexibilität bzgl. der zukünftigen Entwicklung und der Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlage stufengerecht ausgenutzt werden können (vgl. NTB 08-01, Tabelle A.2-2). Mit den Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligungsgesuchen und mit dem Gesuch zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers sind dem ENSI gemäss KEG für die Betriebsphase (Betriebssicherheit) und für die Nachverschlussphase (Langzeitsicherheit) eines geologischen Tiefenlagers entsprechende Sicherheitsnachweise vorzulegen – und mit dem Gesuch um Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses ist ein weiterer Langzeitsicherheitsnachweis vorzulegen. Dabei hängt der erforderliche Detaillierungsgrad von der Stufe des Bewilligungsverfahrens ab. Ferner sind die Sicherheitsnachweise periodisch gemäss aktuellem Zustand der Anlage und dem Stand von Wissenschaft und Technik zu ergänzen (vgl. Richtlinie ENSI-G03, Kap. 7).

In dieser Hinsicht gewährleistet der Realisierungsplan nach Einschätzung des ENSI den erforderlichen Handlungsspielraum und genügend Flexibilität, z. B. in Bezug auf eine Optimierung der Bewirtschaftung von organikahaltigen Abfällen (Pyrolyse) und metallischen Abfällen (Abklinglagerung, Einschmelzen) sowie in Bezug auf die Verfügbarkeit neuer Technologien insbesondere für den Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager.

Schlussfolgerungen

Das ENSI stellt fest, dass im vorgelegten Realisierungsplan die grundsätzlichen Abläufe festgelegt, die notwendigen Arbeiten sowie der erforderliche Handlungsspielraum stufengerecht identifiziert und die für die Umsetzung des Entsorgungsprogramms relevanten Entscheidungspunkte korrekt bezeichnet werden. Bezüglich der Standortauswahl folgt der Plan exakt den Vorgaben des SGT.

Da das Entsorgungsprogramm bzw. der entsprechende Realisierungsplan vor der Inkraftsetzung der behördlichen Richtlinie ENSI-G03 «Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis» entwickelt wurde, ist die Umsetzung spezifischer Forderungen der Richtlinie in zukünftigen Fassungen des Entsorgungsprogramms stufengerecht zu konkretisieren.

Das ENSI fordert, dass bei der Erstellung des nächsten Entsorgungsprogramms der Zeitbedarf für die Datenerhebung für das Baugesuch des SMA-Lagers vertieft dargelegt wird. Insbesondere sind im Hinblick auf das Baugesuch der Kenntnisstand der standortspezifischen felsmechanischen Eigenschaften des Wirtgesteins, aber auch die geplanten Experimente im Felslabor hinsichtlich Homogenität / Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit, der Felsmechanik, des In-situ-Spannungsfelds und des Gebirgsverhaltens darzulegen.

Im Hinblick auf die Rahmenbewilligungsgesuche erwartet das ENSI weiterführende Arbeiten für beide Lagertypen insbesondere zur Konkretisierung der Lagerauslegung HAA und SMA, und zu den Themen Monitoring (Untersuchungskonzept, operative Randbedingungen) und Markierung.

6 Zwischenlagerung

Angaben der Nagra

Die anfallenden radioaktiven Abfälle müssen zwischengelagert werden, bis sie in die entsprechenden geologischen Tiefenlager verbracht werden können. Für das SMA-Lager ist dies gemäss dem auf der Kostenstudie 2006 und dem Sachplan basierenden Realisierungsplan ca. 2035, für die abgebrannten Brennelemente, für die verglasten hochaktiven Abfälle und die langlebigen mittelaktiven Abfälle ist dies unter Berücksichtigung der notwendigen Abkühlzeiten der einzulagernden Abfälle ca. 2050 möglich.

Für die bestehenden KKW und für die bis 2050 erwarteten Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) kann genügend Zwischenlagerkapazität zur Verfügung gestellt werden, um die anfallenden Abfälle bis zu ihrer Einlagerung in die geologischen Tiefenlager sicher zwischenzulagern (Tabelle 6-1). Auch für die Stilllegungsabfälle ist eine gewisse Zwischenlagerkapazität eingeplant.

Tabelle 6-1: Zwischenlager: Betriebszeiten (gemäss Kostenstudie 2006), Kapazitäten und erwartete maximal eingelagerte Abfallmengen für 50 Jahre Betrieb der bestehenden KKW und einer Sammelperiode für MIF-Abfälle bis 2050 (ohne Zwischenlager für Reservevolumen für MIF-Abfälle).

Zwischenlager	Betriebszeit der Zwischenlager	Kapazität [m ³]	Erwartete maximal eingelagerte Abfallmenge [m ³]
BZL	1992 – 2050	4 200	4 105
KKB/ZWIBEZ	1970 – 2025 ¹⁾	12 980	12 975
KKG	1979 – 2034 ¹⁾	590	510
KKL	1984 – 2039 ¹⁾	2 515	2 315
KKM	1972 – 2027 ¹⁾	1 350	1 345
ZWILAG-M	2000 – 2065	11 000	7 410
ZWILAG-S	2005 – 2065	27 000	4 055
ZWILAG-H	2000 – 2065 ²⁾	200 (236) ³⁾	176
ZWIBEZ-H	2008 – 2062 ²⁾	48 ²⁾	46 ²⁾
KKG-H	2008 – 2047	1 008 ⁴⁾	–

¹⁾Das Ende der Betriebszeit des Zwischenlagers entspricht dem Ende der Nachbetriebsphase des jeweiligen KKW. ²⁾ Zwischenlager für BE und HAA, Angabe der Anzahl Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter. ³⁾ 200 Stellplätze für Transport- und Lagerbehälter gemäss gegenwärtiger Bewilligung; bei Optimierung der Belegung sind bis zu 236 Stellplätze möglich. ⁴⁾ Anzahl Brennelemente.

Falls sich die Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager verzögern sollte, können die Zwischenlager auch länger betrieben werden. Die für den Transport der Abfälle erforderliche Infrastruktur und Technologie ist vorhanden und erprobt, und für die zukünftig notwendige Infrastruktur sind Konzepte vorhanden.

Beurteilung des ENSI

Nach Beurteilung des ENSI sind die Angaben der Nagra bezüglich der Betriebszeiten und der Kapazitäten der Zwischenlager nachvollziehbar. Die Angaben der Nagra zum Abfallinventar wurden vom ENSI im Rahmen des sicherheitstechnischen Gutachtens zum Vorschlag geologischer Standortgebiete (ENSI 33/070) geprüft. Ihre Umsetzung in Tabelle 6-1 erachtet das ENSI als plausibel. Das ENSI stimmt der Nagra zu, dass für die bestehenden KKW und für die bis 2050 erwarteten Abfälle aus dem MIF-Bereich genügend Zwischenlagerkapazität zur Verfügung gestellt werden kann. Die Betriebszeiten der bestehenden Zwischenlager sind grundsätzlich flexibel und können mit administrativen und technischen Massnahmen angepasst werden. Eine Erweiterung der Zwischenlagerkapazität für Abfälle aus dem MIF-Bereich ist geplant.

Die Integrität der Lagergebinde wird durch die Auslegung der Zwischenlager gewährleistet. Für die Sanierung von nicht mehr spezifikationskonformen Gebinden sind Konzepte vorhanden, die bereits umgesetzt wurden. Das ENSI stimmt zu, dass die für den Transport der Abfälle erforderliche Infrastruktur und Technologie vorhanden und erprobt ist.

7 Kosten und Finanzierung der Entsorgung

Angaben der Nagra

Gemäss den gesetzlichen Vorgaben sind die Verursacher von radioaktiven Abfällen verantwortlich für deren Entsorgung und müssen auch die Kosten vollumfänglich tragen (Verursacherprinzip). Die letzte Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten wurde 2006 durchgeführt. Die Kostenstudien 2006 wurden vom ENSI geprüft und am 6. Dezember 2007 von den Verwaltungskommissionen des Stilllegungs- und Entsorgungsfonds genehmigt. Die Kostenstudie 2006 bildet die Basis für die von der Nagra im Entsorgungsprogramm aufgeführten Zahlen.

Tabelle 7-1: Gesamtkosten der Entsorgung (in Mio. CHF, Preisbasis 2006, ohne Kosten für die Entsorgung der MIF-Abfälle). Kosten aufgeteilt auf die verschiedenen übergeordneten Positionen (NTB 08-01, Tab. 7-1).

Position	Kosten
Wiederaufarbeitung	2740
Zwischenlagerung (ZWILAG; ZWIBEZ-H, KKG-Nasslager), inkl. zentrale Abfallbehandlung	2245
Beschaffung Transport- und Lagerbehälter für BE/HAA	760
Transporte	388
SMA-Lager	2110
HAA-Lager, inkl. Verpackungsanlage BE/HAA	5107
Total Entsorgung (ohne MIF-Abfälle)	13350
Stilllegung der Kernkraftwerke und Zwischenlager (ohne MIF-Abfälle)	2192
Gesamttotal	15542

Die Gesamtkosten belaufen sich demnach auf 13350 Millionen Franken für die Entsorgungskosten (Preisbasis 2006, ohne Kosten für die Entsorgung der Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung²). Die Kosten für die Stilllegung der Kernkraftwerke und der Zwischenlager belaufen sich zusätzlich auf 2192 Mio. Franken (Preisbasis 2006). Beitragspflichtig beim Stilllegungsfonds ist auch die Zwischenlager Würenlingen AG ZWILAG.

Beurteilung des BFE

Gesamtkosten der Entsorgung

Die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten wird alle fünf Jahre gestützt auf die Angaben des Eigentümers für jede Kernanlage berechnet, erstmals bei der Inbetriebnahme (Art. 4 Abs. 1 SEFV). Sie werden zudem neu berechnet, wenn eine Kernanlage endgültig ausser Betrieb genommen wird oder infolge unvorhergesehener Umstände eine wesentliche Änderung der Kosten zu erwarten ist (Art. 4 Abs. 2 SEFV). Die Kosten werden gestützt auf das Entsorgungsprogramm und die aktuellen technisch-wissenschaftlichen Erkenntnisse sowie auf die im Zeitpunkt der Berechnung gültigen Preise ermittelt (Art. 4 Abs. 3 SEFV).

² Der Bund ist verantwortlich für die Entsorgung der Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF).

Im Jahr 2006 wurden die Stilllegungs- und Entsorgungskosten letztmals aktualisiert (swissnuclear 2006a, b). Mit der Aktualisierung der Stilllegungskosten wurde eine externe Firma beauftragt, welche bezüglich der Stilllegung von Nuklearanlagen grosse Erfahrung hat. Die Kosten für die geologischen Tiefenlager wurden von der Nagra ermittelt. Die umfangreichen Kostenstudien wurden vom ENSI geprüft (HSK-AN-6284), wobei für die Prüfung der Konzepte und Kostensätze der beiden geologischen Tiefenlager eine unabhängige Expertise eingeholt wurde. Die Kostenstudien enthalten detaillierte Angaben zu Art und Höhe der relevanten Kostenelemente sowie zu den zu tätigen Arbeiten. Diese werden im Entsorgungsprogramm summarisch und in Form von Übersichtstabellen wiedergegeben.

Kosten nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke: Stilllegungs- und Entsorgungsfonds

Die Kosten für die Stilllegung der KKW sowie die nach ihrer Ausserbetriebnahme anfallenden Kosten für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle werden durch zwei unabhängige Fonds sichergestellt: den Stilllegungsfonds für Kernanlagen und den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke (Art. 77 Abs. 1 und 2 KEG).

Der Stilllegungsfonds bezweckt, die Kosten für die Stilllegung und den Abbruch von ausgedienten Kernanlagen sowie die Entsorgung der dabei entstehenden Abfälle zu decken, bis zur Entlassung des Anlagestandorts aus der Kernenergiegesetzgebung. Der Entsorgungsfonds bezweckt, die Kosten für die Entsorgung der Betriebsabfälle, der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und der abgebrannten Brennelemente nach Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke zu decken.

Beide Fonds werden durch Beiträge der Eigentümer geäufnet (Art. 77 Abs. 3 KEG). Durch die beiden Fonds sind insgesamt 8.5 Milliarden Franken sicherzustellen. Für die Stilllegung sind die Gesamtkosten von 2.2 Milliarden Franken in den Stilllegungsfonds einzubezahlen. Durch den Entsorgungsfonds müssen 6.3 Milliarden Franken finanziert werden.

Seit Inkrafttreten der SEFV am 1. Februar 2008 sind die beiden Fonds der Aufsicht des Bundesrats unterstellt. Die Jahresberichte und Jahresrechnungen der beiden Fonds sind gemäss Artikel 29 SEFV vom Bundesrat zu genehmigen. Die Jahresberichte für das Jahr 2009 des Stilllegungsfonds (StiF 2009) und des Entsorgungsfonds für Kernanlagen (EntsF 2009) wurden vom Bundesrat am 17. September 2010 genehmigt.

Laufende Entsorgungskosten: Finanzplan und Rückstellungen

Entsorgungskosten, die während des Betriebs anfallen, müssen von den Betreibern laufend bezahlt werden. Diese Kosten umfassen unter anderem:

- die Wiederaufarbeitung des verbrauchten Kernbrennstoffs,
- Forschungs- und Vorbereitungsarbeiten der Nagra, inkl. der Kosten für den Sachplan geologische Tiefenlager,
- Bau und Betrieb Zwischenlager, inkl. zentrale Abfallbehandlung,
- Transport- und Lagerbehälter,
- Transporte.

Dieser Anteil beläuft sich bis zum Zeitpunkt der Ausserbetriebnahme der fünf KKW auf rund 7.1 Milliarden Franken. Davon haben die Eigentümer bis Ende 2010 rund 4.8 Milliarden Franken bezahlt. Der Rest fällt ab 2011 bis zur Ausserbetriebnahme der Werke an und wird von den Eigentümern ebenfalls aus den laufenden Rechnungen beglichen. Dieser Anteil beträgt rund 2.3 Milliarden Franken. Zur Sicherstellung der Finanzierung der Entsorgungstätigkeiten bis zur Ausserbetriebnahme ei-

nes Kernkraftwerks müssen die Eigentümer Rückstellungen vornehmen. Die Höhe der Rückstellungen ergibt sich aus der Berechnung der Entsorgungskosten sowie der daraus abgeleiteten und von der vom Bundesrat ernannten Verwaltungskommission des Entsorgungsfonds genehmigten Rückstellungspläne für die einzelnen Eigentümer (Art. 82 KEG).

Die Revisionsstellen der Eigentümer prüfen gemäss Art. 82 Abs. 3 KEG, ob die Rückstellungen gemäss dem genehmigten Rückstellungsplan gebildet und verwendet werden. In Anlehnung an Art. 82 Abs. 2 Bst. c KEG und Art. 19 Abs. 2 SEFV legen die Eigentümer der Kommission jährlich die Prüfberichte der Revisionsstellen über die Einhaltung der erforderlichen Rückstellungen für die während des Betriebs der Kernkraftwerke anfallenden Entsorgungskosten vor. Per Ende 2009 haben die Eigentümer der Kernkraftwerke die Rückstellungen gemäss Rückstellungsplan gebildet und verwendet (EntsF 2009).

Kosten für die Rückholung der Abfälle

Die Entsorgungspflicht ist nach Art. 31 Abs. 2 KEG erfüllt, wenn die Abfälle in ein geologisches Tiefenlager verbracht worden sind und die finanziellen Mittel für die Beobachtungsphase und den Verschluss sichergestellt sind. Eine Rückholung der Abfälle nach dem Verschluss ist nicht vorgesehen und muss von den Abfallverursachern nicht vorfinanziert werden. Bis zum Verschluss eines Tiefenlagers muss die Rückholung der radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand möglich sein (Art. 37 Abs. 1 Bst. c KEG).

Es gibt heute keine spezifische Kostenschätzung über den finanziellen Aufwand für eine allfällige Rückholung der Abfälle aus einem geologischen Tiefenlager. Im Rahmen der Beantwortung einer parlamentarischen Anfrage wurde für die Rückholung in einer groben Schätzung von Kosten in der Grössenordnung von rund 3.5 Milliarden Franken ausgegangen. Diese Schätzung orientiert sich an den Gesamtkosten für die Realisierung der geologischen Tiefenlager (inkl. bisher aufgelaufene Kosten), die sich gemäss den Kostenstudien aus dem Jahre 2006 für das Lager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle auf insgesamt 2.1 Milliarden Franken und für das Lager für hochradioaktive Abfälle (ohne Verpackung der verbrauchten Brennelemente und hochaktiven Abfälle) auf insgesamt 3.9 Milliarden Franken belaufen. Eine Kostenschätzung der Nagra für die Rückholung der Abfälle wäre zur Information von Politik und Öffentlichkeit nützlich (siehe Empfehlungen).

Tabelle 7-2: Übersicht Entsorgungskosten und -ausgaben (Preisbasis 2006) vor der Ausserbetriebnahme – Stand per 31.12.2010.³

Werk	KKB (Mio. CHF)	KKG (Mio. CHF)	KKL (Mio. CHF)	KKM (Mio. CHF)	Total (Mio. CHF)
Total der Entsorgungskosten	3567.0	4178.8	4053.6	1550.8	13 350.2
Bisher getätigte Ausgaben der Betreiber	1488.5	1631.6	1022.4	646.6	4 789.1
Noch zu deckende Kosten der Betreiber bis zur Ausserbetriebnahme	332.3	701.8	1050.0	168.5	2 252.6
Zu deckende Kosten durch den Entsorgungsfonds	1746.2	1845.4	1981.2	735.7	6 308.5

³ Aus: Jahresbericht 2010 Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke vom 28. Juni 2011

Schlussfolgerungen

Die Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten sowie deren Finanzierung resp. Sicherstellung der Finanzierung ist von zentraler Bedeutung für die langfristig sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Die notwendigen Grundlagen liegen vor und werden regelmässig aktualisiert.

Die Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten basiert auf den Kostenstudien swissnuclear 2006a, b. Die Übereinstimmung der Angaben im Entsorgungsprogramm 2008 mit dem entsprechenden Teil der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien wurde im Auftrag der Verwaltungskommission des Entsorgungsfonds geprüft und bestätigt (EntsF 2009; StiF 2009).

Die Finanzierung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nach Ausserbetriebnahme der KKW wird durch den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds sichergestellt. Die beiden Fonds unterstehen der Aufsicht des Bundesrats.

Die Höhe der Ausgaben für Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke wird im Entsorgungsprogramm summarisch ausgewiesen. Die detaillierten Angaben sind in swissnuclear 2006a enthalten. Zur finanziellen Sicherstellung dieser Entsorgungstätigkeiten müssen die Eigentümer Rückstellungen vornehmen. Die Revisionsstellen der Eigentümer prüfen gemäss Art. 82 Abs. 3 KEG, ob die Rückstellungen gemäss dem genehmigten Rückstellungsplan gebildet und verwendet werden. Die Revisionsstellen haben dies bei der Revision der Jahresrechnungen 2009 und 2010 der Betreibergesellschaften bestätigt (EntsF 2009, 2010; StiF 2009, 2010).

Empfehlungen

Das Entsorgungsprogramm muss von den Entsorgungspflichtigen alle fünf Jahre angepasst werden (Art. 52 Abs. 2 KEV). Die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten wird ebenfalls alle fünf Jahre neu berechnet (Art. 4 Abs. 1 SEFV). Da Entsorgungsprogramm und Kostenstudien auf unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen beruhen, werden sie heute nicht gleichzeitig erstellt. Das BFE empfiehlt, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2016 gleichzeitig mit den neuen Kostenstudien eingereicht wird und damit die beiden Prozesse synchronisiert werden. Im nächsten Entsorgungsprogramm sollen zudem die jährlichen Kosten für die Entsorgungsarbeiten vor Ausserbetriebnahme tabellarisch ausgewiesen werden.

Bisher liegt keine Berechnung seitens der Nagra vor, welche Kosten eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle aus einem Tiefenlager während der Beobachtungsphase resp. nach dem Verschluss verursachen würde. Eine solche Berechnung ist zur Information von Politik und Öffentlichkeit nützlich. Der Nagra wird empfohlen, zuhanden des BFE einen entsprechenden Bericht zu verfassen.

8 Informationskonzept

Angaben der Nagra

Die Nagra verfolgt mit ihrem Informationskonzept das Ziel, die Anliegen aller Anspruchsgruppen kennen zu lernen und diese umfassend und zeitgerecht über ihre Tätigkeiten bei der nuklearen Entsorgung zu informieren. Die Nagra will die Gründe, warum radioaktive Abfälle in geologischen Tiefenlagern eingeschlossen werden, transparent darlegen und Bevölkerung und Politik in die Lage versetzen, die konkreten Tiefenlagerprojekte im Sachplanverfahren nachvollziehen und sich eine informierte Meinung darüber bilden zu können. Die Nagra setzt dazu verschiedene Kommunikationsinstrumente ein und überprüft regelmässig deren Wirkung. Ihre Informations- und Kommunikationsmassnahmen koordiniert sie mit der verfahrensleitenden Behörde und richtet sie an den Vorgaben des Sachplans geologische Tiefenlager, am Verfahrensfortschritt und an den sich wandelnden Informationsbedürfnissen der Anspruchsgruppen aus.

Beurteilung des BFE

Die Nagra baut ihr Informationskonzept auf den Grundsätzen des aktiven Dialogs, der Transparenz und der umfassenden Information der Öffentlichkeit in allen Fragen auf. Diese Grundsätze werden auch auf internationaler Ebene⁴ gefordert. Die Pflicht, dass die zuständigen Behörden die Öffentlichkeit regelmässig über Sachverhalte informieren, welche radioaktive Abfälle betreffen, ist in Artikel 74 KEG gesetzlich verankert. Die Nagra stellt richtigerweise fest, dass nicht nur Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden einen Informationsauftrag haben, sondern auch die Entsorgungspflichtigen selbst einen Teil dazu beitragen müssen, da letztlich sie für die sichere Umsetzung der Entsorgung zuständig sind.

Die Rollen der Akteurinnen und Akteure im Sachplanverfahren sind im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager klar definiert. Die Nagra ordnet ihr Informationskonzept diesem vorgegebenen System unter. Demnach liegt die Federführung über die Informationstätigkeiten rund um das Verfahren oder die im Verfahren generierten Informationen bei den Bewilligungsbehörden. Die Aufsichtsbehörden, insbesondere das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, liefern Gutachten und beantworten Fragen aus Politik, Behörden und Bevölkerung zu sicherheitstechnischen und geologischen Aspekten der Tiefenlager. Die Nagra schliesslich informiert über ihre konkreten Arbeiten bei Planung, Bau und Betrieb der Anlagen. Durch die ihr zugewiesenen Aufgaben nimmt sie die Rolle eines technischen Kompetenzzentrums für die Entsorgung radioaktiver Abfälle ein.

Der im Informationskonzept festgehaltene Leitsatz der Nagra lautet: *«Wir können unseren Auftrag nur erfüllen, wenn unsere Arbeit bei der Bevölkerung breite Akzeptanz findet. Wir informieren deshalb frühzeitig, regelmässig und ohne Vorbehalte über den Stand unserer Arbeiten und über unsere Vorhaben»*. Diese Aussage zeigt das Rollenverständnis der Nagra, welches den im Sachplan und Gesetz definierten Vorgaben entspricht.

In der Praxis hat die Nagra seit Bekanntgabe der Standortvorschläge im Herbst 2008 bewiesen, dass sie diesem Leitsatz nachlebt und ihre Informationsaktivitäten sorgfältig auf die ihr im Sachplan zuge dachte Rolle abstimmt und mit dem BFE koordiniert.

Die Nagra erstattet nicht nur den Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden regelmässig Bericht über den Fortgang ihrer Arbeiten. Sie nimmt auch ihre Verantwortung für eine objektive, transparente und gesetzeskonforme Information der Behörden und der Bevölkerung in den Standortregionen und der gan-

⁴ Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle, IAEA 1997

zen Schweiz sowie dem angrenzenden Ausland wahr. Die Nagra liefert neben ihren technischen Berichten (NTB), die online für alle Interessierten zugänglich sind, auch für Laien nachvollziehbare Informationen zu Standortwahl und Lagerkonzept. Dazu gehört die umfassende Website mit verständlich aufbereiteten Inhalten mit Multimedia- und Grafikunterstützung. Daneben stellt die Nagra auch gedruckte Informationen wie ihren Newsletter und Themenbroschüren bereit. Für Medien, Politik und Behörden bietet die Nagra Besichtigungen von Anlagen im In- und Ausland an, z.B. des Felslabors im Mont Terri, oder steht für Vorträge zur Verfügung. Weiter arbeitet die Nagra im vom ENSI geleiteten «Technischen Forum Sicherheit» mit, das Fragen von Behörden, Bürgerinnen und Bürgern beantwortet. Und schliesslich misst sich die Nagra auch ständig am aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik, indem sie regelmässig an Fachkongressen und wissenschaftlichen Tagungen teilnimmt und Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert.

Das vorliegende Informationskonzept belegt, dass die Nagra der Information und Kommunikation die notwendige grosse Bedeutung zumisst, und die Erfahrung im Sachplanverfahren zeigt, dass sie dieses Konzept konsequent und kompetent umzusetzen weiss.

Verbesserungsmöglichkeiten sieht das BFE hingegen bezüglich der Kommunikation der Eigentümer der Kernanlagen. Die Betreibergesellschaften der Kernkraftwerke und deren Aktionäre, oft Kantone und Kommunen, werden in der öffentlichen Wahrnehmung kaum als Abfallverursacher wahrgenommen. Die Offenlegung der politischen Verantwortung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle ist jedoch eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Nagra in der Öffentlichkeit als technisch-wissenschaftliches Kompetenzzentrum wahrgenommen wird.

Empfehlungen

Neben der Umsetzung des Informationskonzepts durch die Nagra, welche als technisch-wissenschaftliches Kompetenzzentrum im Auftrag der Entsorgungspflichtigen eine Lösung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle vorbereitet, müssen auch die Kernkraftwerkbetreiber und deren Aktionäre ihre Rolle als politisch Verantwortliche wahrnehmen und diese in ihrer Kommunikation verstärkt zum Ausdruck bringen.

9 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen

Zusammenfassende Bewertung

Das ENSI und das BFE kommen in ihrer Prüfung und Beurteilung zum Schluss, dass die Nagra mit dem Einreichen des Entsorgungsprogramms den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV erfüllt hat.

Die in Kapitel 1 aufgelisteten Fragen werden vom ENSI wie folgt beurteilt:

Sind das Vorgehen und der Zeitplan für die Realisierung der Tiefenlager plausibel?

Der Realisierungsplan für das SMA- bzw. HAA-Lager orientiert sich am gesetzlich geforderten schrittweisen Vorgehen gemäss KEG und KEV und bildet die damit verbundenen Schritte korrekt und vollständig ab. Der Realisierungsplan ist in der vorliegenden Form stufengerecht: Für die unmittelbaren Umsetzungsphasen – insbesondere für die Festsetzung der Lagerstandorte – orientiert sich der Realisierungsplan detailliert an den Vorgaben des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2008). Im Hinblick auf die späteren Realisierungsphasen erwartet das ENSI eine stufengerechte Konkretisierung der erforderlichen Aktivitäten bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms.

Die von den Entsorgungspflichtigen vorgeschlagene technische Prüfung der Gesuche im Hinblick auf die untertägige Exploration (erdwissenschaftliche Untersuchungen nach KEG/KEV, Bau und Betrieb der Felslabors), bevor die Rahmenbewilligung für das SMA- bzw. HAA-Lager abschliessend vorliegt (vgl. NTB 08-01, Kap. 5.4.2), muss mit dem Rahmenbewilligungsverfahren koordiniert werden. Die Erteilung der Bewilligung für die untertägige Exploration durch das zuständige Departement erfolgt erst nach Vorliegen der vom Parlament genehmigten Rahmenbewilligung.

Der vorgesehene Zeithorizont für die Bewilligung, Vorbereitung, Bau und Betrieb des untertägigen Felslabors von weniger als zehn Jahren (bis auf einzelne Langzeitbeobachtungen) am Standort des SMA-Lagers entspricht aus Sicht des ENSI einer zu optimistischen Annahme, um die für die Einreichung des nuklearen Baugesuchs notwendigen geologische und sicherheitstechnische Datengrundlage zu erheben. Die Nagra soll deshalb diesen Punkt bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms detaillierter erläutern.

Gibt das Entsorgungsprogramm Aufschluss über die zurzeit wichtigsten offenen Fragen für die Realisierung von geologischen Tiefenlager?

Der Handlungsbedarf für die standortunabhängige Forschung und Entwicklung leitet sich aus dem aktuellen Stand der Entsorgungsprojekte SMA (z. B. Rahmenbewilligungsgesuch Wellenberg) und HAA (z. B. Entsorgungsnachweis Zürcher Weinland) ab; für das weitere Vorgehen haben die Entsorgungspflichtigen ausgehend vom Referenzfall den Handlungsspielraum analysiert und aufgezeigt (vgl. NTB 08-01, Tabelle A.2-1). Der Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis ist zudem in NTB 08-02 dokumentiert.

Gibt das Entsorgungsprogramm Aufschluss darüber, wie die Beantwortung dieser offenen Fragen angegangen wird und welche Fragen voraussichtlich bis zur Einreichung des nächsten Entsorgungsprogramms vertieft untersucht werden?

Die Planung der wissenschaftlichen und technischen Arbeiten für die Realisierung der geologischen Tiefenlager für SMA und HAA werden im Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (NTB 09-06) ausführlich dokumentiert.

Das Hauptziel des RD&D-Plans liegt in der Festlegung des Zwecks, des Umfangs, der Art und der zeitlichen Abfolge der verschiedenen zukünftigen RD&D-Aktivitäten, basierend auf den entsprechenden Anforderungen und Planungsannahmen für die Lagerrealisierung.

Die offenen Fragen, Hinweise und Empfehlungen aus den Stellungnahmen und Gutachten zum Projekt Opalinuston wurden von der Nagra in NTB 08-02 analysiert. Das ENSI nimmt dazu in seiner Stellungnahme zum «Bericht zum Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis», (ENSI 35/114) Stellung, wo es zum Schluss kommt, dass die Nagra mit ihrem Bericht NTB 08-02 fachlich korrekt und stufengerecht darlegt, welche Relevanz diese Fragen für die Realisierung von Tiefenlager haben. Die in NTB 08-02 angesprochenen Fragen wurden stufengerecht bei der Erstellung des Entsorgungsprogramms berücksichtigt.

Ist genügend Zeit vorhanden, um offene Fragen mittels Forschung vertieft klären zu können?

Für wichtige Fragestellungen bzgl. Alternativen in der zukünftigen Entwicklung der Entsorgungsprojekte und Möglichkeiten zur Optimierung der Anlagen werden durch die Entsorgungspflichtigen Entscheidungspunkte festgelegt, bei denen die Flexibilität bzgl. der zukünftigen Entwicklung und der Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlage stufengerecht ausgenutzt werden können (vgl. NTB 08-01, Tabelle A.2-2).

Gemäss vorgeschlagener Zeitplanung (vgl. Figur 5-1) laufen der Betrieb des Felslabors für das SMA-Lager und die entsprechenden untertägigen Untersuchungen zeitlich parallel mit der Vorbereitung und dem Verfahren für die nukleare Baubewilligung. Aus Sicht des ENSI hat die Nagra bei der Erstellung des nächsten Entsorgungsprogramms zu erläutern, wie offene Fragen mittels Felslaboruntersuchungen für das Baugesuch des SMA-Lagers rechtzeitig beantwortet werden können.

Das ENSI ist einverstanden mit der stufengerechten Vorgehensweise bzgl. des Detaillierungsgrads der Konzepte und Projekte wie z.B. Anordnung und Auslegung des Pilotlagers, Monitoring, Rückholung der radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand und Lagerverschluss. Im Hinblick auf die Rahmenbewilligungsgesuche erwartet das ENSI weiterführende Arbeiten für beide Lagertypen zu den Themen

- Inventarfestlegung,
- Gasproduktion und Gasfreisetzung durch das Wirtgestein (lagerbedingte Effekte),
- Eignung alternativer Behältermaterialien,
- Auslegung und Verhalten der technischen Barrieren,
- Auslegung und Anordnung des Pilotlagers,
- Konkretisierung der Lagerauslegung HAA und SMA,
- Monitoring (Untersuchungskonzept, operative Randbedingungen),
- Markierungskonzept.

Sind Lagerkonzept und Realisierungsplan gesetzeskonform und vollständig, ist das Lagerkonzept technisch machbar und wird der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt?

Das ENSI beurteilt das von der Nagra im Lagerkonzept vorgesehene Mehrfachbarrierensystem als geeignet, um den in den gesetzlichen Grundlagen und in der Richtlinie geforderten dauernden Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung radioaktiver Abfälle zu gewährleisten. Der Grundsatz, dass sowohl die technischen als auch die geologischen Barrieren in signifikantem Masse

zur Barrierenwirkung des Gesamtsystems beitragen, entspricht den gesetzlichen Vorgaben. Beide Lager gewährleisten die Langzeitsicherheit durch ein System gestaffelter, passiv wirkender technischer und natürlicher Barrieren (Mehrfachbarrierensystem, gemäss Art. 11 Abs. 2 Bst. b KEV).

Das ENSI hat das Lagerkonzept für das HAA-Lager im Rahmen des Entsorgungsnachweises vertieft überprüft (HSK 35/99). Aus Sicht des ENSI hat die Nagra nachvollziehbar aufgezeigt, dass der geforderte langfristige Schutz von Mensch und Umwelt mit dem beschriebenen Lagersystem erbracht werden kann. Die Methodik, die sie zum Nachweis der Langzeitsicherheit angewendet hat, entspricht dem international anerkannten Vorgehen.

Gemäss Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE 2008, S. 57) haben die Entsorgungspflichtigen für beide Lagertypen die erwarteten Beiträge der verschiedenen Elemente des Barrierensystems zur Sicherheit des gesamten Lagers darzulegen. Die Nagra hat dies mit ihren Analysen zur Wirksamkeit der Elemente des Barrierensystems für BE, HAA, LMA und SMA (NTB 08-05, Kap. 4.7) transparent und nachvollziehbar dokumentiert. Das ENSI hat mit seinen unabhängigen Modellierungen die Ausbreitung von Radionukliden aus dem SMA-Lager durch die technischen und natürlichen Barrieren bis in die Biosphäre nachvollzogen und so auch die Wirksamkeit der einzelnen Barrieren geprüft.

Bisher wurden sicherheitstechnische Berichte für SMA-Lager (Wellenberg) und HAA-Lager (Zürcher Weinland) eingereicht und vom ENSI geprüft (HSK 30/9 resp. HSK 35/99). Die Nagra hat im Rahmen der Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalyse für Etappe 2 SGT Berechnungen der Dosiskurven für Kombilager dokumentiert (NTB 10-01, Fig. 7.1-1). Die Resultate zeigen, dass die Schutzkriterien der Richtlinie ENSI-G03 eingehalten werden können.

Das BFE beurteilt die Angaben der Nagra zu den Kosten und Finanzierung der Entsorgung (Kapitel 7) sowie dem Informationskonzept (Kapitel 8) wie folgt:

Kosten und Finanzierung der Entsorgung

Die Berechnung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten sowie deren Finanzierung resp. Sicherstellung der Finanzierung ist von zentraler Bedeutung für die langfristig sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Die notwendigen Grundlagen liegen vor und werden regelmässig aktualisiert. Die Übereinstimmung der Angaben im Entsorgungsprogramm 2008 mit dem entsprechenden Teil der Stilllegungs- und Entsorgungskostenstudien wurde im Auftrag der Verwaltungskommission des Entsorgungsfonds geprüft und bestätigt (EntsF 2009; StIF 2009).

Die Finanzierung der Stilllegungs- und Entsorgungskosten nach Ausserbetriebnahme der KKW wird durch den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds sichergestellt. Die beiden Fonds unterstehen der Aufsicht des Bundesrats.

Die Höhe der Ausgaben für Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernkraftwerke wird im Entsorgungsprogramm summarisch ausgewiesen. Die detaillierten Angaben sind in swissnuclear 2006a enthalten. Zur finanziellen Sicherstellung dieser Entsorgungstätigkeiten müssen die Eigentümer Rückstellungen vornehmen. Die Revisionsstellen der Eigentümer haben gemäss Art. 82 Abs. 3 KEG überprüft, ob die Rückstellungen gemäss dem genehmigten Rückstellungsplan gebildet und verwendet werden. Dies wurde bei der Revision der Geschäftsberichte 2009 und 2010 der Betreibergesellschaften bestätigt (EntsF 2009, 2010; StIF 2009, 2010).

Informationskonzept

Mit dem vorliegenden Informationskonzept belegt die Nagra, dass sie der Information und Kommunikation die notwendige grosse Bedeutung zumisst, und die Erfahrung im Sachplanverfahren zeigt, dass sie dieses Konzept konsequent und kompetent umzusetzen weiss.

Verbesserungsmöglichkeiten sieht das BFE hingegen bezüglich der Kommunikation der Eigentümer der Kernanlagen. Die Betreibergesellschaften der Kernkraftwerke und deren Aktionäre, oft Kantone und Kommunen, werden in der öffentlichen Wahrnehmung kaum als Abfallverursacher wahrgenommen. Die Offenlegung der politischen Verantwortung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle ist jedoch eine wichtige Voraussetzung dafür, dass die Nagra in der Öffentlichkeit als technisch-wissenschaftliches Kompetenzzentrum wahrgenommen wird.

Empfehlungen

a) Entsorgungsprogramm

Da das Entsorgungsprogramm vor Inkraftsetzung der behördlichen Richtlinie ENSI-G03 «Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis» entwickelt wurde, ist die Umsetzung spezifischer Forderungen der Richtlinie von den Entsorgungspflichtigen in zukünftigen Versionen des Entsorgungsprogramms stufengerecht auszuarbeiten.

b) Forschungsprogramm als Teil des Entsorgungsprogramms

Das ENSI fordert, dass bei der nächsten Einreichung des Entsorgungsprogramms vorgängig ein RD&D Bericht durch die Nagra erstellt wird, in dem der Zweck, der Umfang, die Art und die zeitliche Abfolge der verschiedenen zukünftigen RD&D-Aktivitäten, basierend auf den entsprechenden Anforderungen und Planungsannahmen für die Lagerrealisierung, dokumentiert wird. Dieser Bericht soll ebenfalls den Umgang mit bestehenden offenen Fragen dokumentieren und aufzeigen, wie diese im Forschungsprogramm stufengerecht abgearbeitet werden.

c) Baugesuch

Gemäss vorgeschlagener Zeitplanung (vgl. Balkendiagramm Figur 5-1) laufen der Betrieb des Felslabors und die entsprechenden untertägigen Untersuchungen zeitlich parallel mit der Vorbereitung und dem Verfahren für die nukleare Baubewilligung. Die Nagra hat bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms zu erläutern, wie die Ergebnisse der Felslaboruntersuchungen im nuklearen Baugesuch zeitlich berücksichtigt werden können.

d) Betrieb des Felslabors SMA

Das ENSI fordert, dass bei der Erstellung des nächsten Entsorgungsprogramms die Planung für die Entwicklung des untertägigen Felslabors für ein SMA-Lager und die geplanten Experimente stufengerecht zu konkretisieren und im Entsorgungsprogramm darzulegen sind. Insbesondere sind Fragen des Kenntnisstands der felsmechanischen Eigenschaften in den im Sachplanverfahren betrachteten Wirtgesteinen, aber auch die geplanten Experimente im Felslabor hinsichtlich Homogenität / Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit, der Felsmechanik, des In-situ-Spannungsfelds und der Gebirgseigenschaften zu diskutieren.

e) Hinweise für die Aktualisierung des Realisierungsplans

Das ENSI empfiehlt, gemäss ENSI-G03 Darlegungen zu den folgenden Punkten in den Realisierungsplan aufzunehmen:

- Langzeitarchivierung der Informationen zu geologischen Tiefenlager,
- Qualitäts-Management-Konzept für die weitere Entwicklung des Entsorgungsprogramms und der Umsetzung des Realisierungsplans;

Spezifisch hinsichtlich der Erteilung der nuklearen Baubewilligung:

- Festlegung der Nahfeldkomponenten (Behälter- und Verfüllmaterialien),
- ein Projekt für die Beobachtungsphase,
- ein Plan für den Verschluss der Anlage,
- ein Rückholungskonzept,
- ein Markierungskonzept,
- ein Konzept für den temporären Verschluss während der Betriebsphase.

f) Zeitpunkt der Einreichung des nächsten Entsorgungsprogramms

Das Entsorgungsprogramm muss von den Entsorgungspflichtigen alle fünf Jahre angepasst werden (Art. 52 Abs. 2 KEV). Die voraussichtliche Höhe der Stilllegungs- und Entsorgungskosten wird ebenfalls alle fünf Jahre neu berechnet (Art. 4 Abs. 1 SEFV). Da Entsorgungsprogramm und Kostenstudien auf unterschiedlichen gesetzlichen Grundlagen beruhen, werden sie heute nicht gleichzeitig erstellt. Das BFE empfiehlt, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2016 gleichzeitig mit den neuen Kostenstudien eingereicht wird und damit die beiden Prozesse synchronisiert werden.

g) Kosten der Rückholung

Bisher liegt keine Berechnung seitens der Nagra vor, welche Kosten eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle aus einem Tiefenlager während der Beobachtungsphase resp. nach dem Verschluss verursachen würde. Eine solche Berechnung ist zur Information von Politik und Öffentlichkeit nützlich. Der Nagra wird empfohlen, zuhanden des BFE einen entsprechenden Bericht zu verfassen.

h) Informationskonzept

Neben der Umsetzung des Informationskonzepts durch die Nagra, welche als technisch-wissenschaftliches Kompetenzzentrum im Auftrag der Entsorgungspflichtigen eine Lösung für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle vorbereitet, müssen auch die Kernkraftwerkbetreiber und deren Aktionäre ihre Rolle als politisch Verantwortliche wahrnehmen und diese in ihrer Kommunikation verstärkt zum Ausdruck bringen.

Brugg, 01. Dezember 2011

Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat

Der Direktor



Dr. Hans Wanner

Bern, 01. Dezember 2011

Bundesamt für Energie

Der Vizedirektor



Franz Schnider

10 Referenzen

- BFE (2008):** Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil, Bundesamt für Energie, Bern.
- ENSI-G03:** Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Richtlinie, Würenlingen, 2009.
- ENSI 33/070:** Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag geologischer Standortgebiete, Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 1, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg, 2010.
- ENSI 33/115:** Stellungnahme zu NTB 10-01 «Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 SGT», Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Stellungnahme, Brugg, 2011.
- ENSI 35/114:** Stellungnahme zum «Bericht zum Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis» (NTB 08-02), Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg (in Vorbereitung).
- EntsF 2009:** Jahresbericht 2009 Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke, Geschäftsstelle Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke, Bern.
- EntsF 2010:** Jahresbericht 2010 Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke, Geschäftsstelle Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke, Bern.
- HSK-AN-6284:** Beurteilung der Kostenstudie KS06 der Stilllegungs- und Entsorgungskosten, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Aktennotiz, Würenlingen, 2007.
- HSK 30/9:** Gutachten zum Gesuch um Rahmenbewilligung für ein SMA-Endlager am Wellenberg, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 1996.
- HSK 35/99:** Gutachten zum Entsorgungsnachweis der Nagra für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle (Projekt Opalinuston), Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen, 2005.
- HSK-R-21:** Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Richtlinie für schweizerische Kernanlagen, 1993.
- KEG:** Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, Schweiz, SR 732.1.
- KEV:** Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004, Schweiz, SR 732.11.
- NTB 02-05:** Project Opalinus Clay: Safety Report Demonstration of Disposal feasibility for spent fuel; vitrified high-level waste and long-lived intermediate level waste (Entsorgungsnachweis), Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2002.
- NTB 02-11:** Canister Options for the Disposal of Spent Fuel, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2003.
- NTB 08-01:** Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2008.
- NTB 08-02:** Bericht zum Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2008.
- NTB 08-05:** Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager: Begründung der Abfallzuteilung, der Barrierensysteme und der Anforderungen an die Geologie; Bericht zur Sicherheit und technischen Machbarkeit, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2008.
- NTB 08-06:** Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien MIRAM 08, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2008.

- NTB 09-06:** The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2009.
- NTB 10-01:** Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in SGT Etappe 2 – Klärung der Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2010.
- RSK (2005):** Gase im Endlager, Stellungnahme Reaktor-Sicherheitskommission.
- Schweizerischer Bundesrat (2006):** Verfügung des Schweizerischen Bundesrats zum Gesuch der Nagra vom 19. Dezember 2002 betreffend den Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle sowie langlebige mittelaktive Abfälle, Verfügung Bern.
- SEFV:** Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen vom 1. Februar 2008, Schweiz, SR 732.17.
- SKI (2003):** SSI and SKI's review of SKB's updated final safety report for SFR 1: Review report, SKI Report 2004:47, Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm, Sweden.
- StiF 2009:** Jahresbericht 2009 Stilllegungsfonds für Kernkraftwerke, Geschäftsstelle Stilllegungsfonds für Kernkraftwerke, Bern.
- StiF 2010:** Jahresbericht 2010 Stilllegungsfonds für Kernkraftwerke, Geschäftsstelle Stilllegungsfonds für Kernkraftwerke, Bern.
- Swissnuclear (2006a):** Kostenstudie 2006 (KS06) – Aktualisierung der Entsorgungskosten der Schweizer Kernkraftwerke, BET/06/002, swissnuclear – Fachgruppe Kernenergie der swisselectric, Olten.
- Swissnuclear (2006b):** Kostenstudie 2006 (KS06) – Aktualisierung der Stilllegungskosten, BET/06/001, swissnuclear – Fachgruppe Kernenergie der swisselectric, Olten.
- UVEK (2009):** Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17.06.2009, Schweiz, SR 732.112.2.
- Vieno T., Nordman H., Taivassalo V.(1998):** VLJ repository safety analysis, TVO Report 1/98, TVO, Helsinki, Finland.

11 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

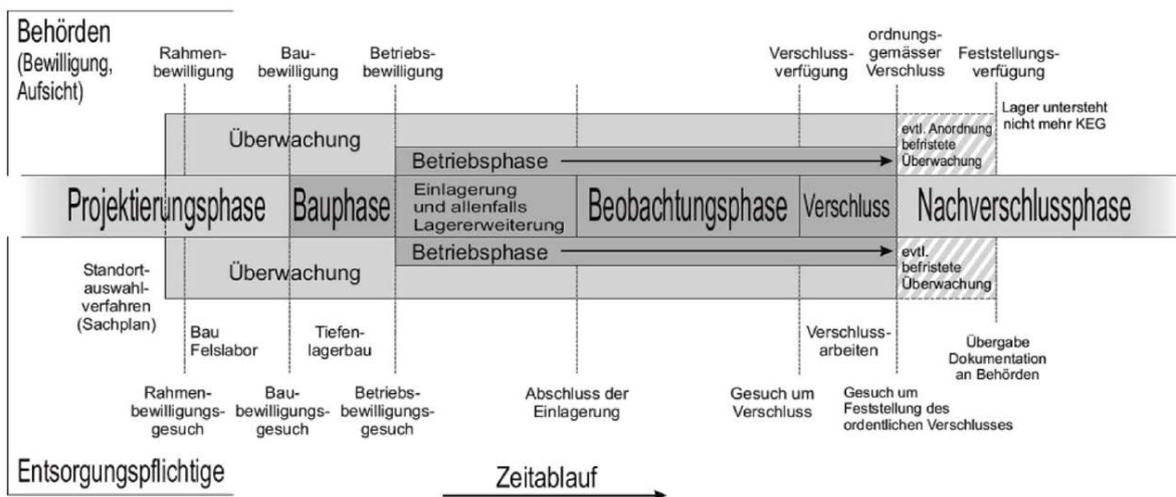
ATA	<i>Alphatoxische Abfälle: Radioaktive Abfälle mit einem hohen Gehalt an Alphastrahlern (Art. 31 KEV).</i>
BE	<i>Brennelement, abgebrannte Brennelemente, die ohne vorgängige Wiederaufarbeitung in ein HAA-Lager verbracht werden.</i>
Barrieren	<i>Barrieren bilden das passive Sicherheitssystem eines Lagers zum Schutz von Mensch und Umwelt. Es sind technische und natürliche (geologische) Einschluss- und Rückhaltesysteme, welche die radioaktiven Abfälle nach dem Multibarrieren-Konzept von der Biosphäre isolieren.</i>
Cern	<i>Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire: Internationale Organisation für Kernforschung bei Genf auf dem Gebiet von Schweiz und Frankreich, mit diversen grösseren Beschleunigeranlagen, aus deren Betrieb sich radioaktive Abfälle ergeben.</i>
Dosis	<i>Mass für die Beurteilung des gesundheitlichen Risikos durch ionisierende Strahlung. In diesem Gutachten ist die effektive Dosis gemeint: Summe der mit den Wichtungsfaktoren w_T gewichteten Äquivalentdosen in allen Organen und Geweben. Die Einheit der Dosis ist das Sievert (Sv).</i>
EG	<i>Einschlusswirksamer Gebirgsbereich: Teil der geologischen Barriere, der bei normaler Entwicklung des geologischen Tiefenlagers für den betrachteten Isolationszeitraum, im Zusammenwirken mit technischen und geologischen Barrieren, den Einschluss der Abfälle sicherstellt.</i>
Entsorgungsnachweis	<i>In der Kernenergiegesetzgebung geforderter Nachweis über die grundsätzliche Machbarkeit der Entsorgung radioaktiver Abfälle in einer bestimmten geologischen Schicht. Der Entsorgungsnachweis soll aufzeigen, dass in der Schweiz ein genügend grosser Gesteinskörper mit den erforderlichen Eigenschaften existiert. Der Entsorgungsnachweis ist sowohl für SMA (1988) als auch HAA (2006) erbracht worden.</i>
Fernfeld	<i>Das Fernfeld umfasst das Wirtgestein und die dazugehörigen Rahmengesteine bis zur Biosphäre. Das Fernfeld wird für die Berechnungen der Radionuklidausbreitung definiert, um die jeweiligen Modellannahmen für die verschiedenen Bereiche zu definieren.</i>
Freimessung von Materialien	<i>Gesamtheit der Tätigkeiten zur Entlassung von Material aus dem Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung. Dazu zählen insbesondere Nachweis und Dokumentation, dass das Material als inaktiv betrachtet werden kann.</i>

Geologisches Standortgebiet	<i>Das geologische Standortgebiet wird durch die für die Lagerung der radioaktiven Abfälle geeigneten geologischen Gesteinskörper im Untergrund definiert.</i>
Geologisches Tiefenlager	<i>Anlage im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird (Art. 3 KEG).</i>
HAA	<i>Hochaktive Abfälle: darunter fallen nach Art. 31 KEV abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung. Durch den radioaktiven Zerfall entsteht eine grosse Wärmeentwicklung</i>
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency, Wien</i>
ISRAM	<i>Informationssystem für radioaktive Materialien, Datenbank der existierenden radioaktiven Abfälle in der Schweiz.</i>
KEG	<i>Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, in Kraft seit 1. Februar 2005, das Gesetz regelt die friedliche Nutzung der Kernenergie und bestimmt das Vorgehen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle (SR 732.1).</i>
KEV	<i>Kernenergieverordnung vom 10. November 2004, in Kraft seit 1. Februar 2005 (SR 732.11)</i>
LMA	<i>Langlebige mittelaktive Abfälle, als LMA werden diejenigen ATA und SMA bezeichnet, die in einem separaten Teil des HAA-Lagers eingelagert werden.</i>
MIRAM	<i>Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien, zusammenfassende Datenbank zu den bereits vorhandenen und noch zu erwartenden radioaktiven Abfällen in der Schweiz.</i>
mSv	<i>Millisievert: Sievert ist die Masseinheit für die biologischen Schäden bei der Absorption ionisierender Strahlung (in lebenden Zellen) und wird meistens in tausendstel Sievert (mSv) angegeben.</i>
Nagra	<i>Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle.</i>
Nahfeld	<i>Das Nahfeld in einem geologischen Tiefenlager umfasst die Abfallgebinde, die technischen Barrieren, insbesondere Verfüllungen und die Auflockerungszone des Wirtgesteins. Das Nahfeld wird für die Berechnungen der Radionuklidenausbreitung definiert, um die jeweiligen Modellannahmen für die verschiedenen Bereiche zu definieren.</i>
NTB	<i>Nagra Technischer Bericht</i>
PSI	<i>Paul Scherrer Institut, das PSI ist ein Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Das PSI sammelt die schweizerischen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung und betreibt das Bundeszwischenlager.</i>

SGT	<i>Der Sachplan geologische Tiefenlager umfasst sowohl den am 2. April 2008 vom Bundesrat verabschiedeten Konzeptteil als auch das Verfahren selbst.</i>
SMA	<i>Schwach- und mittelaktive Abfälle: Diese Abfälle enthalten vorwiegend kurzlebige radioaktive Stoffe mit kürzerer Halbwertszeit. Sie stammen vom Betrieb und späterem Abbruch der Kernkraftwerke und aus Medizin, Industrie und Forschung (gesetzlich definiert in Art. 31. KEV).</i>
Wirtgestein	<i>Das Wirtgestein ist die Gesteinsformation, welche das Lager mit seinen Abfällen aufnimmt. Als Wirtgestein wird derjenige Bereich der Geosphäre bezeichnet, der für den Schutz der technischen Barrieren, für die Begrenzung des Wasserzuflusses zum Lager und für die Rückhaltung der Radionuklide massgebend ist.</i>

12 Anhang: Realisierungsplan und behördliche Vorgaben

Der Realisierungsplan der Nagra (NTB 08-01, Tab. 5-1) umfasst die Phasen a) Standortwahl, b) Bau und Betrieb des Felslabors, c) Bau des Lagers, d) Betrieb des Lagers, e) Beobachtungsphase, f) Verschluss und g) Nachverschlussphase und Dokumentation. Nach der Einreichung von NTB 08-01 «Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen» im Oktober 2008 wurde im April 2009 die Richtlinie ENSI-G03 Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis in Kraft gesetzt. Im Folgenden führt das ENSI auf, welche aktuellen behördlichen Vorgaben aufgrund der Kernenergiegesetzgebung und der ENSI-Richtlinien in den jeweiligen Schritten der Lagerrealisierung berücksichtigt werden müssen (Figur 12-1).



Figur 12-1: Vereinfachte schematische Darstellung der Abläufe bei Projektierung, Bau, Betrieb und Verschluss eines geologischen Tiefenlagers (aus: Richtlinie ENSI-G03, Anhang 2).

Generelle Vorgaben

Die Entsorgungspflichtigen haben periodische Aktualisierungen von Grundlegendokumenten einzureichen, beispielsweise eine Anpassung des Entsorgungsprogramms (alle fünf Jahre gemäss Art. 52 KEV), eine Dokumentation der Stilllegungs- und Entsorgungskosten («Kostenstudie», alle fünf Jahre gemäss Art. 4 SEFV) und die Überprüfung und das Nachführen des Projekts für die Beobachtungsphase und den Plan für den Verschluss (alle zehn Jahre ab Betriebsbewilligung gemäss Art. 42 KEV).

Mit den Bewilligungsgesuchen (Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch) und mit dem Gesuch zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers sind gemäss KEG für die Betriebsphase (Betriebssicherheit) und für die Nachverschlussphase (Langzeitsicherheit) eines geologischen Tiefenlagers entsprechende Sicherheitsnachweise vorzulegen. Der erforderliche Detaillierungsgrad des Sicherheitsnachweises hängt von der Stufe des Bewilligungsverfahrens ab. Die Sicherheitsnachweise sind periodisch gemäss aktuellem Zustand der Anlage und dem Stand von Wissenschaft und Technik zu ergänzen.

Die Anforderungen an die Sicherheitsnachweise sind in ENSI-G03 erläutert. Grundlage für die Bewilligungsgesuche ist das Aufzeigen der Einhaltung der Grundsätze der nuklearen Sicherheit und Sicherung, wie sie in der KEV festgelegt sind. Hier sind insbesondere die Anforderungen an die nukleare

Sicherheit (Art. 7 KEV), die Anforderungen an den Schutz gegen Störfälle (Art. 8 KEV), die Anforderungen an die Sicherung (Art. 9 KEV) und die Grundsätze für die Auslegung von geologischen Tiefenlagern (Art. 11 KEV) umzusetzen. Die entsprechenden Auslegungsgrundsätze sind in der Richtlinie ENSI-G03 beschrieben.

Für sämtliche sicherheitsrelevanten Arbeiten zu Projektierung, Bau, Betrieb, Beobachtung und Verschluss eines geologischen Tiefenlagers ist ein nach international anerkannten Standard entsprechendes Qualitätsmanagementprogramm zu erstellen, anzuwenden und dessen Umsetzung zu dokumentieren (Art. 16 und 20 KEG, bzw. Art. 25 und 31 KEV). Soweit praktikabel, sind darin bei der Umsetzung Ermessensentscheide als solche festzuhalten.

Für den Umgang mit Daten und die Durchführung von quantitativen oder qualitativen Analysen im Rahmen der Sicherheitsanalysen sind qualitätssichernde Massnahmen vorzusehen und zu dokumentieren. Die für die geplanten Arbeiten vorgesehenen Programme zum Qualitätsmanagement sind dem ENSI jeweils vorgängig zur Stellungnahme einzureichen (ENSI-G03, Kap. 6.2).

a) Standortwahl und Rahmenbewilligung

Der Sachplan legt das Vorgehen der Entsorgungspflichtigen bei der Standortwahl von Tiefenlager fest und endet mit der Erteilung der Rahmenbewilligung für ein SMA- und HAA-Lager. In der Richtlinie ENSI-G03 (Kap. 5.2.1) ist festgehalten, dass die Umweltüberwachung eines geologischen Tiefenlagers so früh vor Inangriffnahme der Untertagebauten aufgenommen werden muss, dass für die Beweissicherung genügend aussagekräftige Daten zur Verfügung stehen. Im Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03 (S. 10) wird darauf hingewiesen, dass für eine statistisch gesicherte Aussage vorgängig zu Untertagearbeiten am Standort ein Überwachungszeitraum von mehreren Jahren wünschenswert ist. Es ist daher notwendig, dass die Überwachung so früh wie möglich und spätestens mit der Rahmenbewilligung beginnt. Das ENSI geht davon aus, dass die Nagra die Planung der Umweltüberwachung frühzeitig angeht, um die Forderung der Richtlinie umsetzen zu können.

Die Anforderungen bezüglich der Freisetzung chemisch toxischer Stoffe aus einem geologischen Tiefenlager werden in der Umweltschutzgesetzgebung geregelt. Anforderungen, die sich bezüglich Sicherung und Kontrolle spaltbarer Materialien ergeben, werden in der Verordnung des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen (UVEK 2009) geregelt. Die Entsorgungspflichtigen haben deren Relevanz bezüglich Betriebs- und Langzeitsicherheit aufzuzeigen (Richtlinie ENSI-G03, Kap. 2).

Die Rahmenbewilligung kann erteilt werden, falls die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen die Eignung des Standorts bestätigen (Art. 13 KEG). In der Rahmenbewilligung werden neben dem vorläufigen Schutzbereich (Art. 70 KEV) auch die Kriterien festgelegt, bei deren Nichterfüllung ein vorgesehener Lagerbereich wegen fehlender Eignung ausgeschlossen wird (Art. 14 KEG). Der Umfang der Gesuchsunterlagen ist in Artikel 23 KEV festgelegt.

Ein Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen, die Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften und Angaben zu den Höhen der Kosten werden in Artikel 62 KEV gefordert.

b) Bau und Betrieb des Felslabors

Die Phase Felslabor umfasst die Bewilligung des Felslabors, den Bau des Felslabors und den Betrieb des Felslabors. Nach der Erteilung der Rahmenbewilligung kann mit dem Bau des Felslabors begonnen werden. Die Entsorgungspflichtigen haben Gesuchsunterlagen für erdwissenschaftliche Untersu-

chungen gemäss Artikel 58, 59 und 60 KEV einzureichen. Im Hinblick auf die nukleare Baubewilligung ist ein Rückholungskonzept (ENSI-G03, Kap. 5.1.4) zu entwickeln, das durch entsprechende Versuche gestützt wird.

c) Bau des Lagers (inklusive Betriebsbewilligungsverfahren)

Die Phase «Bau des Lagers» umfasst die nukleare Baubewilligung, den eigentlichen Bau des Lagers mit den notwendigen Oberflächenanlagen und die Vorbereitung der nuklearen Betriebsbewilligung.

Zur Erteilung der nuklearen Baubewilligung muss ein Projekt für die Beobachtungsphase und ein Plan für den Verschluss der Anlage vorliegen (Art. 16 KEG). Der Umfang der Unterlagen ist in Artikel 24 KEV festgelegt. Zudem sind ein aktualisierter Sicherheitsnachweis, ein Rückholungskonzept, ein Markierungskonzept (ENSI-G03, Kap. 5.3.2) und ein Konzept für den temporären Verschluss während der Betriebsphase (ENSI-G03, Kap. 5.1.6) einzureichen.

Mit der Baubewilligung gemäss Art. 17 KEG werden der Bewilligungsinhaber, der Standort, die geplante Kapazität der Anlage und die wesentlichen Elemente der technischen Verwirklichung festgelegt. Hinzu kommen Vorgaben zum Qualitätsmanagementprogramm (Art. 25 KEV), zu Freigaben (Art. 26 KEV) und zur Baudokumentation (Art. 27 KEV).

Die Voraussetzungen für die Erteilung der nuklearen Betriebsbewilligung sind in Artikel 20 KEG aufgeführt. Zentral ist hier, dass die Bestimmungen der Rahmen- und der Baubewilligung eingehalten werden, der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet wird, die Anlage und der vorgesehene Betrieb den Anforderungen der nuklearen Sicherheit und Sicherung entsprechen, die Anforderungen an Personal und Organisation erfüllt werden können und qualitätssichernde Massnahmen für sämtliche im Betrieb ausgeübten Tätigkeiten und die Notfallschutzmassnahmen vorbereitet sind.

Die Angabe der Kapazität der Anlage, die Limiten für die Abgabe von radioaktiven Stoffen an die Umwelt, die Massnahmen zur Überwachung der Umgebung und die Sicherheits-, Sicherungs- und Notfallschutzmassnahmen, die der Bewilligungsinhaber während des Betriebs zu treffen hat, sind in der Betriebsbewilligung gemäss Artikel 21 KEG festgelegt. Der Umfang der Gesuchsunterlagen ist in Artikel 28 KEV aufgelistet.

Für geologische Tiefenlager wird die Betriebsbewilligung erteilt, wenn zusätzlich zu den Voraussetzungen nach Artikel 20 KEG die während des Baus gewonnenen Erkenntnisse die Eignung des Standorts bestätigen und die Rückholung der radioaktiven Abfälle bis zu einem allfälligen Verschluss ohne grossen Aufwand möglich ist (Art. 37 KEG). Vor der Inbetriebnahme des Tiefenlagers sind die sicherheitsrelevanten Techniken zu erproben und deren Funktionstüchtigkeit nachzuweisen. Das betrifft insbesondere das Einbringen des Verfüllmaterials; das Entfernen des Verfüllmaterials zwecks allfälliger Rückholung von Abfallgebinden und die Technik zur Rückholung von Abfallgebinden (Art. 65 KEV).

Der Eigentümer hat Annahmebedingungen für die Entgegennahme von Abfallgebinden zur Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager zu erlassen. Die für die Einlagerung von Abfallgebinden in einem geologischen Tiefenlager erforderlichen Verpackungsverfahren sowie die Nachweise für die Erfüllung der Annahmebedingungen für das vorgesehene geologische Tiefenlager (Konformitätsprüfungen) sind dem ENSI zur Prüfung vorzulegen (ENSI-G03, Kap. 5.2.4).

Die Betriebsbewilligung legt den definitiven Schutzbereich des geologischen Tiefenlagers fest. Sie legt Anforderungen, insbesondere Grenzwerte für die Aktivität der einzulagernden Abfälle fest. Für die Einlagerung der einzelnen Abfallsorten bedarf es der Freigabe durch die Aufsichtsbehörden (Art. 37 KEV).

d) Betrieb des Lagers

Die Phase «Betrieb des Lagers bis Verschluss» umfasst den Betrieb des Lagers, den Verschluss des Hauptlagers und den (Teil-)Abbruch der Empfangsanlage, die Beobachtungsphase und den Verschluss des Gesamtlagers.

Die Betriebsphase beginnt mit der Erteilung der Betriebsbewilligung und endet mit dem ordnungsgemässen Verschluss. Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase hat sich auf eine systematische und umfassende Sicherheitsanalyse sowohl des Normalbetriebs der Anlage wie auch der Auswirkungen von Störfällen zu stützen. Die für den Sicherheitsnachweis erforderlichen Unterlagen richten sich nach den Angaben in Anhang 4 KEV. Sicherheitsrelevante Aspekte des Betriebs einer am gleichen Standort erstellten Verpackungsanlage sind im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers einzuschliessen. Der Sicherheitsnachweis ist in einem Sicherheitsbericht zu dokumentieren, wo die Einhaltung der Anforderungen gemäss Artikel 95 Absatz 2 StSV und ENSI-G03, Kapitel 7.1 aufgezeigt wird. Während des Betriebs des Tiefenlagers sind die Versiegelung von Kavernen und Stollen zu erproben und deren Funktionstüchtigkeit nachzuweisen (Art. 65 KEV).

Der Bewilligungsinhaber hat systematische Programme für die Instandhaltung der sicherheits- und sicherungsrelevanten Ausrüstungen zu erstellen und die festgelegten Massnahmen durchzuführen, insbesondere für die Wartung, die wiederkehrenden zerstörungsfreien Prüfungen und die wiederkehrenden Funktionsprüfungen. Er hat bei festgestellten Abweichungen vom Sollzustand entsprechende Instandsetzungsarbeiten durchzuführen. Während des Betriebs sind für die Instandhaltung qualifizierte Verfahren, Ausrüstungen und qualifiziertes Personal einzusetzen. Er hat die Ergebnisse der Instandhaltung zu dokumentieren und periodisch zu bewerten. Nötigenfalls hat er die Programme zu ergänzen (Art. 32 KEV).

Der Bewilligungsinhaber hat systematische Sicherheitsbewertungen zu erstellen, beispielsweise hinsichtlich der Auswirkungen von Anlageänderungen, von Ereignissen und von Befunden auf die Sicherheit der Anlage. Insbesondere die Auswirkungen auf das Risiko sind zu bestimmen. Die Risikobewertung erfolgt unter anderem mit einer probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA, Art. 33 KEV).

e) Beobachtungsphase

Der Eigentümer eines geologischen Tiefenlagers hat im aktualisierten Projekt für die Beobachtungsphase die nach Abschluss der Einlagerung vorgesehenen Massnahmen zur Überwachung des Tiefenlagers zu umschreiben. Dabei hat er auch die Dauer der Beobachtungsphase vorzuschlagen. Das Departement ordnet die Überwachung an und legt die Dauer der Beobachtungsphase fest. Es kann diese bei Bedarf verlängern (Art. 68 KEV). Der Bundesrat ordnet nach Ablauf der Beobachtungsphase die Verschlussarbeiten an, wenn der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist (Art. 39 KEG).

f) Verschluss

Der Betreiber hat ein Gesuch zum Verschluss einzureichen. Das Gesuch hat eine aktualisierte Sicherheitsanalyse zu enthalten, welche die Erkenntnisse der gesamten Beobachtungsphase berücksichtigt. Vor der Durchführung der Verschlussarbeiten ist nachzuweisen, dass die vorgesehene Versiegelung die an sie gestellten Anforderungen erfüllt. Mit dem Verschluss ist das geologische Tiefenlager in einen Zustand zu überführen, in welchem keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderlich sind. Der Verschluss umfasst das Verfüllen sämtlicher nach der Beobachtungsphase noch offener Teile des geologischen Tiefenlagers, das Überführen des Pilotlagers in einen langfristig sicheren Zustand und das Versiegeln der für die Langzeitsicherheit und die

Sicherung massgebenden Teile (Art. 69 KEV). Mit dem Verschluss hat der Betreiber insbesondere zu gewährleisten, dass keine unzulässige Freisetzung von Radionukliden über die verfüllten Zugänge erfolgt, die vor der Errichtung des Tiefenlagers bestehende Trennung der wasserführenden Gesteinsschichten langfristig wieder hergestellt wird und die Markierung des geologischen Tiefenlagers dauerhaft ist.

Nach dem ordnungsgemässen Verschluss muss die Langzeitsicherheit erneut durch eine Sicherheitsanalyse bestätigt werden, in der die effektive Ausführung des Verschlusses berücksichtigt wird. Diese Sicherheitsanalyse bildet die Grundlage für die Feststellungsverfügung zur Entlassung eines geologischen Tiefenlagers aus der Kernenergiegesetzgebung (ENSI-G03, Kap. 5.3.1).

g) Nachverschlussphase und Dokumentation

Nach ordnungsgemässigem Verschluss kann der Bundesrat eine weitere befristete Überwachung anordnen (Art. 39 Abs.3 KEG).

Der Eigentümer eines geologischen Tiefenlagers muss ferner eine Dokumentation erstellen, die für eine langfristige Sicherstellung der Kenntnisse über das geologische Tiefenlager geeignet ist. Die Dokumentation muss Angaben enthalten zur Lage und Ausdehnung der Untertagebauten, zum Inventar der eingelagerten radioaktiven Abfälle (in Art und Menge aufgeteilt nach den Lagerräumen) und zur Auslegung der technischen Sicherheitsbarrieren einschliesslich der Versiegelung der Zugänge. Die Grundlagen und die Ergebnisse der endgültigen Analyse der Langzeitsicherheit sind darzulegen (Art. 71 KEV).

Der Erläuterungsbericht zur Richtlinie ENSI-G03 hält fest, dass für die Dokumentation nach dem ordnungsgemässen Verschluss eine möglichst lange Haltbarkeit anzustreben ist. Ähnlich wie bei der Markierung des geologischen Tiefenlagers muss auf zwei Schwerpunkte geachtet werden: Dauer der Nutzbarkeit der Informationsträger und Dauer der Verständlichkeit der Informationen. Nach Verschluss des geologischen Tiefenlagers bzw. nach Ablauf einer zusätzlich angeordneten Überwachungsfrist wird die Dokumentation dem zuständigen Departement übergeben, welches anschliessend die Verantwortung für die korrekte Archivierung der Informationsträger übernimmt. Die Langzeitbeständigkeit und die dazu erforderlichen Massnahmen sind vom Betreiber aufzuzeigen.